

TUGAS AKHIR

PENGARUH ZAT ADDITIVE TYPE F (ASTM-C494) TERHADAP PEMBUATAN STRUKTUR BREAK WATER DENGAN MENGUNAKAN BETON MUTU TINGGI FC'50

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Akademis

*Dalam menyelesaikan pendidikan Tingkat Sarjana (Strata-1) Teknik Sipil – Fakultas
Teknik Universitas Sangga Buana - YPKP Bandung*

Disusun Oleh :

Nama : Ari Munandar

NPM : B1021312RB300



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANGGA BUANA
YAYASAN PENDIDIKAN KEUANGAN DAN PERBANKAN
BANDUNG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN & PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR

PENGARUH ZAT ADDITIVE TYPE F (ASTM-C494) TERHADAP
PEMBUATAN STRUKTUR BREAK WATER DENGAN
MENGGUNAKAN BETON MUTU TINGGI FC'50

Disusun Oleh :

Nama : Ari Munandar

NPM : B1021312RB300

Naskah Topik Khusus ini diperiksa dan disetujui sebagai kelengkapan persyaratan kelulusan, guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP Bandung

Menyetujui & Mengesahkan,
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Bakhtiar Abu Bakar, M.T
NIK.432.200.090

Mengetahui :
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sangga Buana YPKP

Mengetahui :
Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas Sangga Buana YPKP

Dr. Ir. Bakhtiar Abu Bakar, M.T
NIK.432.200.090

Chandra Afriade Siregar, ST. MT
NIK 432.200.167

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Zat Additive Type F (Astm-C494) Terhadap Pembuatan Struktur Break Water Dengan Menggunakan Beton Mutu Tinggi Fc’50”** ini sepenuhnya karya saya sendiri. Tidak ada bagian didalamnya yang merupakan plagiat dari karya orang lain dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, Saya siap menanggung resiko / sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, April 2020

Pembuat pernyataan,

Ari Munandar

B1021312RB300

=====
===

**KAJIAN KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI METODE
PERHITUNGAN AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI)
DENGAN PEMANFAATAN SISA PEMBAKARAN BATU
BARA (FLYASH) SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN**

Oleh

Ari Munandar

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik

© Ari Munandar 2020

Universitas Sangga Buana - YPKP

2020

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

ABSTRAK

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut, Perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton yang disubstitusi agregat halus dengan serbuk batu gamping adalah beton normal menghasilkan kuat tekan 25,47 MPa, beton kandungan serbuk batu gamping 50% menghasilkan kuat tekan 24,90 MPa, beton kandungan serbuk batu gamping 100% menghasilkan kuat tekan 24,33 MPa. Pengaruh serbuk batu gamping pada beton akan mengubah kuat tekan menjadi lebih tinggi jika komposisinya benar. Pada pengujian ini kadar CaO dan MgO tidak sampai pada 95% seperti pada syarat yang telah ditentukan. Untuk mencapai kuat tekan beton rencana 20 Mpa dengan serbuk gamping sebagai substitusi agregat halus melampaui tetapi perbandingan kuat tekan beton dengan beton normal menjadi semakin rendah.

Kata kunci : pasir, campuran serbuk batu gamping

ABSTRACT

Based on the results of research and analysis that has been done, the following conclusions are obtained, Comparison of normal concrete compressive strength with concrete substituted with fine aggregate with limestone powder is normal concrete produces 25.47 MPa compressive strength, concrete content of 50% limestone powder produces strong press 24.90 MPa, concrete content of 100% limestone powder produces a compressive strength of 24.33 MPa. The effect of limestone powder on concrete will change the compressive strength to be higher if the composition is correct. In this test the levels of CaO and MgO did not reach 95% as specified conditions. To achieve a concrete compressive strength of 20 Mpa with limestone as subtle aggregate substitution, the ratio of concrete to normal concrete becomes lower.

Keywords: sand, limestone powder mix

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr. wb.

Dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, penulis panjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“PENGARUH ZAT ADDITIVE TYPE F (ASTM-C494) TERHADAP PEMBUATAN STRUKTUR BREAK WATER DENGAN MENGGUNAKAN BETON MUTU TINGGI FC’50”**. Laporan Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu jurusan teknik sipil Universitas Sangga Buana.

Sadar akan keterbatasan ilmu dan kemampuan yang dimiliki, penulisan laporan ini tentu masih sangat jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kepada semua pihak yang terkait dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, yang telah memberikan bimbingan, dan arahan, serta dukungan, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. H. Asep Effendi R., SE., M.Si, selaku Rektor Universitas Sangga Buana (USB) YPKP - Bandung.
2. Dr. Ir. R. Didin Kusdian, MT, Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana (USB) YPKP - Bandung.
3. Memi Sulaksmi, SE., M.Si selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana (USB) YPKP - Bandung.
4. Dr. Deni. N.H Drs. M.Si selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana (USB) YPKP - Bandung.
5. Dr. Ir. Bakhtiar AB, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana (USB) YPKP - Bandung
6. Slamet Risnanto ST, M.Kom, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana (USB) YPKP - Bandung.
7. Chandra Afriade Siregar, ST, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana (USB) YPKP - Bandung.

8. Dody Kusmana, ST, MT, selaku Kepala Laboratorium Prodi Teknik dan Pembimbing yang selalu memberikan motivasi, bimbingan, dan masukan yang membangun dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Amran Navambar, ST, MT, selaku Koordinator Laboratorium Prodi Teknik dan Pembimbing yang selalu memberikan motivasi, bimbingan, dan masukan yang membangun dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
11. Segenap dosen, staff Program Studi Teknik Sipil, dan staff Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana (USB) YPKP - Bandung, yang selalu membantu dalam informasi dan kebutuhan penelitian selama menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan laporan ini penulis menyadari masih banyak kekurangan, Oleh sebab itu penyusun mengharapkan kritik dan saran sebagai perbaikan dalam penyusunan laporan selanjutnya.

Akhir kata penulis berharap agar laporan ini bermanfaat bagi para pembaca umumnya dan kami pribadi khususnya selaku penulis. Atas segala perhatiannya, diucapkan terima kasih

Semoga Allah SWT berkenan memberikan balasan yang setimpal atas segala kebaikan dan jasa-jasanya dengan pahala yang berlipat. Amiin.

Wassalamualaikum wr. wb.

Bandung,.....2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR ISTILAH	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Tujuan Penelitian	I-3
1.4 Manfaat Penelitian	I-3
1.5 Sistematika Penulisan	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-5
2.1 Pengertian Beton	II-5
2.2 Pengaruh Bahan Tambah	II-6
2.3 Semen Portland (PC)	II-8
2.4 Air	II-11
2.5 Agregat	II-13
2.6 Serbuk Batu Gamping	II-20
2.7 Kekuatan Tekan Beton	II-21
2.8 Sifat – Sifat Beton Segar	II-22
2.9 Perencanaan Campuran Beton (MIX Desain)	II-23
2.9.1 Pemeriksaan Kecelakaan Beton Segar.....	II-23
2.9.2 Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	II-24
2.9.3 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji	II-25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-26
3.1 Lokasi Penelitian	III-26
3.2 Metode Penelitian	III-26
3.3 Material dan Peralatan	III-26

3.3.1	Material yang Digunakan	III-26
3.3.2	Peralatan yang Digunakan	III-27
3.4	Diagram Alir Penelitian	III-29
3.5	Mengumpulkan Informasi	III-30
3.6	Persiapan Material dan Peralatan Penelitian.....	III-30
3.7	Pengujian Material.....	III-31
3.7.1	Pengujian Semen	III-31
3.7.2	Pengujian Agregat Halus dan Kasar	III-31
3.7.3	Pengujian Air	III-43
3.8	Perencanaan Campuran Beton	III-43
3.9	Pembuatan Benda Uji dan Pengujian.....	III-47
3.10	Pengecoran Lokasi Penelitian	III-48
3.11	Percobaan Slump Beton	III-49
3.12	Pembuatan dan Persiapan Benda Uji	III-50
3.13	Perawatan Beton (<i>Curing</i>).....	III-52
3.14	Pengujian Berat Jenis	III-53
3.15	Pengujian Kuat Tekan	III-53
3.16	Analisis Data Penguji.....	III-54
3.17	Tahapan Simpulan Hasil Penelitian	III-54

DAFTAR ISTILAH

- ACI : *American Concrete Institut* yaitu institusi yang mempunyai kegiatan penyusunan standarisasi terkait struktur dan material beton.
- ASTM : Singkatan dari *American Society for Testing and Materials* adalah organisasi internasional yang mengembangkan standarisasi teknik untuk material, produk, system dan jasa.
- Admixture* : adalah suatu bahan tambah berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan kedalam campuran beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya.
- Berat Jenis : Nama lain yaitu *bulk spesific gravity* adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- Beton Normal : Beton dengan berat satuan antara (2200-2500) kg/m^3 .
- Nilai Kuat Tekan Beton : Adalah nilai yang menyatakan kemampuan beton untuk menerima beban tekan, biasanya ditulis dalam satuan MPa (*Mega Pascal*) atau kg/cm^2 .
- SSD : Singkatan dari *Saturated Surface Dry* adalah keadaan pada agregat dimana tidak terdapat air pada permukaannya, tetapi pada rongganya terisi oleh air sehingga tidak mengakibatkan penambahan maupun pengurangan kadar air dalam beton.

SNI : Singkatan dari Standar Nasional Indonesia adalah standar yang berlaku secara nasional di Indonesia.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Senyawa Kimia Semen Portland (OPC) dan Semen Komposit (PCC).....	II-10
Tabel 2.2	Karakteristik Material Dalam PCC Tiga Roda (Indrawati, V, 2007).....	II-13
Tabel 2.3	Kandungan Kimia dalam Air terhadap Kekuatan Beton.....	II-13
Tabel 2.4	Kandungan Bahan yang Dijinkan dalam Air	II-13
Tabel 2.5	Gradasi Pasir.....	II-16
Tabel 2.6	Gradasi Krikil	II-20
Tabel 2.7	Kandungan Kimia Dalam Batu Gamping.....	II-22
Tabel 3.1	Nilai Standar Deviasi Menurut ACI	III-44
Tabel 3.2	Slump yang Disyaratkan Untuk Berbagai Konstruksi Menurut ACI	III-45
Tabel 3.3	Ukuran Maksimum Agregat Menurut ACI.	III-45
Tabel 3.4	Perkiraan Air Campuran dan Persyaratan Kandungan Udara untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum, AC.	III-46
Tabel 3.5	Nilai Faktor Air Semen Menurut ACI.....	III-47
Tabel 3.6	Estimasi Berat Awal Beton Segar (kg/m^3), Metode ACI.....	III-47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Semen PCC Merek Tiga Roda	II-11
Gambar 2.2	Serbuk Batu Gamping	II-22
Gambar 3.1	Skema Alur Pelaksanaan Penelitian	III-31
Gambar 3.2	Bentuk Agregat Halus dalam pengujian BJ dan Penyerapan	III-34
Gambar 4.1	Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus	IV-59
Gambar 4.2	Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.....	IV-60
Gambar 4.3	Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir.....	IV-64
Gambar 4.4	Pelaksanaan Pencampuran Beton	IV-72
Gambar 4.5	Pengujian Slump Beton	IV-73
Gambar 4.6	Cetakan Beton Silinder 15 cm x 30.....	IV-74
Gambar 4.7	Proses Perawatan Beton	IV-74
Gambar 4.8	Alat Compression Testing Machine	IV-76
Gambar 4.9	Grafik Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	IV-80
Gambar 4.10	Grafik Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari.....	IV-84
Gambar 4.11	Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Masing-Masing Campuran	IV-84

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I ANALISA DATA

Agregat Kasar :

- L-1 Analisa Saringan Agregat Kasar
- L-2 Grafik Hasil Pengujian Analisa Ayak Agregat Kasar
- L-3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
- L-4 Berat Isi Agregat Kasar
- L-5 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Agregat Halus :

- L-6 Analisa Saringan Agregat Halus Pasir
- L-7 Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Pasir
- L-8 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus Pasir
- L-9 Berat Isi Agregat Halus Pasir
- L-10 Kadar Lumpur Agregat Halus Pasir
- L-11 Analisa Saringan Agregat Halus Serbuk Batu Gamping
- L-12 Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Serbuk Batu Gamping
- L-13 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus Serbuk Batu Gamping
- L-14 Berat Isi Agregat Agregat Halus Serbuk Batu Gamping
- L-15 Kadar Lumpur Agregat Halus Serbuk Batu Gamping

Lain-lain :

- L-16 Pengujian Slump Test Beton
- L-17 Pengujian Berat Sampel Beton Kering Pada Umur 7 Hari
- L-18 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Perbandingan 1:2:3 Umur 7 Hari
- L-19 Pengujian Berat Sampel Beton Kering 28 Hari

- L-20 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Perbandingan 1:2:3 Umur 28 Hari
- L-21 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari
- L-22 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari
- L-23 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari
- L-24 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari
- L-25 Konversi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 3,7,14,21,28 Hari
- L-25 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Masing – Masing Campuran

LAMPIRAN II DOKUMEN PENELITIAN

Foto-foto hasil dari penelitian.

LAMPIRAN III REFERENSI DATA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampai dengan saat ini, beton masih merupakan bahan utama konstruksi sipil di Indonesia. Seiring dengan peningkatan pembangunan infrastruktur, maka kebutuhan bahan-bahan material dalam negeri juga meningkat dari tahun ke tahun. Dalam teknik sipil beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok, dan plat / plat cangkang. Semakin meluasnya penggunaan beton dan makin meningkatnya skala pembangunan menunjukkan semakin banyak kebutuhan beton di masa yang akan datang, sehingga hampir setiap tahun terjadi kekurangan pasokan bahan agregat. Penggunaan agregat alternatif dapat mengurangi kerusakan alam yang disebabkan dari pengambilan dan pengerukan material alam. Selain itu mempengaruhi perkembangan teknologi beton dimana akan menuntut inovasi – inovasi baru mengenai beton itu sendiri. Kriteria beton mulai berubah seiring perkembangan jaman dan kemajuan tingkat mutu yang berhasil dicapai sesuai dengan perkembangan teknologi beton yang sedemikian pesatnya.

Agregat merupakan salah satu bahan utama pembuat beton. Secara umum agregat dibagi menjadi dua yaitu agregat kasar dan agregat halus yang keseluruhan menempati 60-70% dari total volume beton.

Pada tahun 1950, beton dikategorikan mempunyai mutu tinggi jika kuat tekannya 30 MPa. Pada tahun 1960 – 1970, kriterianya naik menjadi 40 MPa. Saat ini beton dikatakan sebagai mutu tinggi jika kuat tekannya diatas 50 MPa dan di atas 80 MPa adalah beton dengan mutu sangat tinggi (Supartono, 1998) pada

tahun 1980an beton mutu tinggi banyak digunakan untuk bangunan tingkat, terutama untuk element struktur kolom. Maka dari itulah penulis akan meneliti tentang beton dengan memanfaatkan serbuk fly ash sebagai alternatif pengganti agregat halus pada beton ringan.

Material yang dibutuhkan dalam campuran beton antara lain semen, pasir, kerikil, air, semen dan serbuk fly ash. Dengan adanya serbuk fly ash disini untuk menguji seberapa besar pengaruh serbuk fly ash untuk membuat beton ringan dengan kualitas beton setara bahkan lebih untuk mutu beton yang di inginkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas maka dapat dirumuskan masalah apa saja yang akan diteliti pada Topik khusus ini adalah :

1. Bagaimana perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton yang disubstitusi agregat halus dengan serbuk fly ash.
2. Bagaimana pengaruh serbuk fly ash terhadap kuat tekan beton.
3. Bagaimana komposisi campuran beton dengan bahan pengikat semen PCC dengan menggunakan serbuk fly ash sebagai substitusi agregat halus yang dapat mencapai kuat tekan beton rencana.
4. *Slump* rencana mempengaruhi besarnya kadar semen, kadar air, dan jumlah agregat halus dan kasar pada komposisi beton. Bagaimana pengaruh *slump* rencana terhadap besarnya perubahan komposisi beton dan bagaimana pengaruhnya terhadap kuat tekan beton

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari latar belakang dan rumusan masalah di atas maka dapat disimpulkan tujuan penelitian yang akan dicapai dalam Topik khusus ini adalah :

1. Mengetahui perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton yang disubstitusi agregat halus dengan serbuk fly ash.
2. Mengetahui pengaruh serbuk fly ash terhadap kuat tekan beton.
3. Merencanakan komposisi campuran beton yang dapat mencapai kuat tekan beton rencana sebesar 40 MPa
4. Mengetahui pengaruh *slump* rencana terhadap besarnya perubahan komposisi beton dan pengaruhnya terhadap kekuatan beton aktual

1.4 Mafaat Penelitian

Dari hasil penelitian yang dilakukan ini penulis berharap dapat memberikan manfaat, diantaranya :

1. Penelitian ini diharapkan memberikan informasi bagi para pengembang teknologi beton bagaimana pengaruh substitusi serbuk fly ash pada beton terhadap kuat tekannya.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menggantikan sebagian semen dengan pembuatan beton, tidak tergantung pada pasir yang cukup mahal.
3. Memberi pengetahuan baru akan variasi campuran bahan beton yang beragam dan dengan bertambah majunya teknologi, bahan campuran beton dapat digantikan dengan bahan alam lainnya untuk mendapatkan beton yang baik sesuai dengan kebutuhannya.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan bertujuan untuk mempermudah pengertian ke arah mana pemahaman penulis sesuai dengan tujuan dan ruang lingkup batasan masalah, maka uraian penulis ini disusun sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan hal-hal mengenai latar belakang dari pengambilan judul, rumusan masalah pada penelitian, tujuan dari hasil penelitian, manfaat penelitian yang dihasilkan, dan sistematika penulisan agar mempermudah pengertian dan pemahaman sesuai dengan tujuan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan pengertian umum tentang beton dan bagaimana pengaruh substitusi bahan campuran beton tambahan lain pada hasil beton yang akan diteliti. Pada bab ini juga akan dijelaskan landasan teori dasar dari bahan apa saja yang akan ditambahkan pada campuran beton yang akan diteliti, berisi landasan teori tentang beton, semen, air, kerikil, pasir, serbuk fly ash, worktability dari pembuatan beton, faktor air semen yang akan dicampurkan, *Slump Test* yang akan dilakukan, pemahaman tentang kuat desak beton, landasan teori tentang modulus elastisitas beton, perencanaan campuran beton yang akan dibuat, persyaratan kinerja, prosedur proporsi campuran beton, proporsi campuran substitusi serbuk fly ash, penyesuaian proporsi campuran coba, penentuan proporsi campuran yang optimum.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana cara membuat benda uji yang akan diteliti dari mulai bahan, peralatan, pemeriksaan material yang akan digunakan, perhitungan campuran beton (*mix design*), pembuatan dan perawatan benda uji, pengujian kuat desak benda uji, serta langkah-langkah penelitian dalam bentuk flowchart.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Menurut Nugraha et al (2007), beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Sebagai material komposit, sifat beton tergantung pada sifat unsur masing-masing dan interaksinya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton ada empat, yaitu material penyusun, cara pembuatan, cara perawatan dan kondisi pengujian. Beton memiliki kuat tekan lebih besar sama dengan 41,4 MPa dan tercampurkan, terangkutkan, dapat dituang / dilaksanakan dan terpadatkan dengan memadai sehingga menunjukkan kinerja yang sangat baik pada struktur dimana beton terpasang, pada lingkungan dimana beton terekspos dan beban yang bekerja pada beton tersebut.

Beton mutu tinggi umumnya memiliki faktor air semen yang rendah (fas) dengan rentang 0,2 – 0,45. Semakin rendah maka porositas beton juga cenderung semakin rendah. Pencampuran beton mutu tinggi perlu ditambahkan *admixture* seperti *superplasticizer* dengan dosis dan jumlah yang tepat agar *workability* beton tetap tinggi. Selain itu penambahan material berukuran lebih kecil dari semen, seperti serbuk batu gamping berfungsi mengurangi rongga di dalam beton dapat dikurangi sehingga beton menjadi lebih padat. Ketika terjadi peningkatan kepadatan, porositas dalam beton berkurang dan menyebabkan beton menjadi lebih tahan lama.

2.2 Pengaruh Bahan Tambahan

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, serbuk batu gamping, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu pengikatan), kemudahan pengerjaan, dan kedekatan terhadap air.

Menurut SNI 03-2834-2000 tahun 2000 (Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton, 1990), bahan tambah kimia dapat dibedakan menjadi 5 (lima) jenis yaitu:

1. Bahan tambah kimia untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan tambah ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.
2. Bahan tambah kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada satu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.

3. Bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera, misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang, jembatan dan sebagainya.
4. Bahan tambah kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.
5. Bahan kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Selain 5 (lima) jenis diatas, ada dua jenis bahan tambah kimia lain yang lebih khusus, yaitu:

1. Bahan kimia tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sampai sebesar 20% atau bahkan lebih, untuk menghasilkan adukan beton dengan kekentalan sama (air dikurangi sampai 12% lebih namun tidak menambah kekentalan pada adukan beton).
2. Bahan tambah kimia dengan fungsi ganda, yaitu mengurangi air sampai 12% atau lebih dan memperlambat waktu ikat awal. Penambahan *Admixture Sika Viscocrete 10* pada dosis 0,5%-1,5% kuat tekan beton mengalami kenaikan terutama pada umur 28 hari. Penambahan *Superplasticizer* pada beton mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workability beton sampai pada tingkat yang lebih besar. Bahan ini digolongkan sebagai sarana untuk menghasilkan beton mengalir tanpa terjadinya pemisahan yang diinginkan, dan umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar, karena

memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan workability yang sama. (L.J Murdock & Brook, 1991).

2.3 Semen Portland (PC)

Menurut Nugraha et al (2007), semen merupakan salah satu komponen dalam beton yang fungsinya sebagai bahan pengikat. Semen sendiri secara fisik berbentuk serbuk terdiri dari senyawa kalsium dan belum mempunyai sifat sebagai pengikat. Pada reaksinya dengan air, senyawa kalsium silikat ini akan bereaksi dengan air membentuk senyawa kalsium silikat hidrat, CSH. Senyawa ini yang menentukan fungsi kekuatan semen sebagai bahan pengikat.

Semen yang digunakan umumnya adalah semen Portland (*Portland Cement*) seperti terlihat pada Gambar 2.1. Semen Portland memiliki beberapa tipe yaitu tipe I, II, III, IV dan V. Tipe-tipe semen tersebut diurutkan berdasarkan kekuatan awalnya dalam merekatkan suatu bangunan yang dibentuk.

Pada penelitian ini semen yang digunakan adalah *Portland Composite Cement* (PCC). Menurut Supartono, F. X. (2007), PCC merupakan suatu variasi produk semen, yang pada dasarnya merupakan semen portland tipe I yang dicampur dengan bahan-bahan aditif bersifat *cementious*. Pencampuran tersebut dilakukan karena produksi semen menghabiskan banyak bahan alam, terutama batu kapur yang tidak dapat diperbaharui (*non renewable source*). Produksi semen mengkonsumsi energi yang besar, khususnya untuk pembakaran *clinker*, menggunakan batu bara dan/atau bahan bakar minyak (BBM) yang tidak dapat pula diperbaharui. Pembakaran batu bara atau BBM berakibat emisi gas CO₂ yang pada gilirannya memberi dampak pemanasan global (efek rumah kaca).

Untuk mengurangi emisi "gas rumah kaca" CO₂ yang diakibatkan oleh proses produksi semen (aspek lingkungan) maka dilakukan pengurangan terhadap kadar semen dan dicampurkan limbah dari proses produksi metal yang dapat digunakan sebagai bahan *cementitious* (yang dapat berperilaku seperti semen) untuk campuran beton, yang efektif pula untuk memperbaiki atau meningkatkan kinerja beton khususnya keawetan beton (*durability*), dan dapat meningkatkan nilai ekonomis. Limbah tersebut seperti mikrosilika (*silica fume*) atau terak metal yang dihaluskan (GGBFS: *Ground Granulated Blast Furnace Slag*), atau juga limbah pembakaran batu bara yaitu abu terbang (*fly ash*).

Portland Composite Cement (PCC) ini memiliki beberapa keunggulan, diantaranya yaitu:

1. Lebih mudah dikerjakan;
2. Suhu beton lebih rendah, sehingga tidak mudah retak;
3. Permukaan acian dan beton lebih halus;
4. Lebih kedap air;
5. Lebih tahan terhadap serangan sulfat;
6. Tidak cepat mengeras.

Perbandingan komposisi kimia semen Portland (OPC) dengan semen Komposit (PCC) yaitu tertera pada Table 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Senyawa Kimia Semen Portland (OPC) dan Semen Komposit (PCC)

Nama Senyawa	OPC	PCC
	Jumlah (%)	Jumlah (%)
Silika (SiO ₂)	19.6	23.25
Alumina (Al ₂ O ₃)	5.30	6.34
Ferri Oksida (Fe ₂ O ₃)	2.90	3.36
Kapur (CaO)	63.30	58.16
Magnesium Oksida (MgO)	2.50	2.02
Sulfur Trioksida (SO ₃)	2.00	1.98
Hilang Pijar (LOI)	3.20	3.65
Bagian Tak Larut (IR)	1.00	7.53
Kapur Bebas (F-CaO)	-	0.82
Total Alkali	1.27	0.60

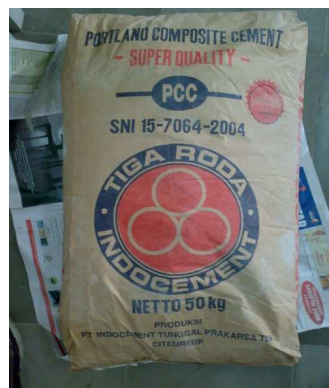
Sumber: Indrawati, Vera, Dra., Seminar Nasional Rekayasa Material dan Konstruksi Beton 2005

Pada penelitian ini, semen PCC yang digunakan adalah merek Tiga Roda dari PT. Indocement Tunggul Prakarsa. Dalam memproduksi semen PCC PT. Indocement Tunggul Prakarsa memilih bahan mineral aditif dengan mempertimbangkan sifat-sifat yang akan diberikan oleh bahan-bahan tersebut terhadap semen yang dihasilkan. Bahan aditif mineral yang digunakan adalah *limestone* dan *fly ash* atau *trass*. Karakteristik dari masing-masing bahan dan kontribusinya terhadap kualitas semen diperlihatkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik Material Dalam PCC Tiga Roda (Indrawati, V, 2007)

NO	MATERIAL	SIFAT	SIFAT MATERIAL PADA SEMEN
1	<i>Klinker Portland</i>	Hidrolis aktif.	Memberikan kontribusi terhadap kuat tekan.
2	<i>Gypsum</i>	Sebagai <i>retarder</i> dalam proses hidrasi semen.	Mengendalikan waktu pengikatan.

3	<i>Fly Ash/Trass</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrolis aktif jika bereaksi dengan Ca(OH)_2 pada proses hidrasi semen. • Mikrosilika yang dapat menutup porositas beton. 	<ul style="list-style-type: none"> • Memberikan kontribusi terhadap kuat tekan umur panjang. • Memberikan kontribusi terhadap kedapn beton.
4	<i>Limestone</i>	Mampu mempertahankan air (<i>water retentive</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Menambah kemudahan pengerjaan. • Menambah kontribusi terhadap kuat tekan awal jika digiling halus



Gambar 2.1 Semen PCC merek Tiga Roda.

2.4 Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini

akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan yang lemah.

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat workability adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan dan kekuatan
4. selang beberapa waktu.
5. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lainlain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum.

Pada Tabel 2.4 dijelaskan kriteria zat kimia yang terdapat dalam air terhadap kekuatan beton. Beberapa kandungan bahan yang diijinkan dalam air seperti yang tertera dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.3 Kandungan Kimia dalam Air terhadap Kekuatan Beton

Kimiawi	Kadar Kandungan	Pengurangan Kekuatan
	(%)	(%)
SO ₄	0.5	4
SO ₄	1.0	10
NaCl	5.0	30

Tabel 2.4 Kandungan Bahan yang Diiijinkan dalam Air

Jenis kandungan	Batasan Maksimum (%)
Organik	0.02
Inorganik	0.30
Sulfat	0.05
Klorida	0.10

Jumlah air dalam campuran sangat mempengaruhi plastisitas atau kelacakan campuran beton. Kekuatan, ketahanan (durabilitas), kedap beton berhubungan dengan faktor perbandingan air dan semen. Faktor air-semen yang kecil akan menghasilkan beton yang lebih kuat dan tahan. Tetapi jumlah air yang terlalu sedikit akan menghasilkan beton yang sangat kaku, sulit dikerjakan dalam pencampuran, pengecoran, dan pemadatan serta dapat menyebabkan proses hidrasi yang tidak sempurna sehingga dapat mengurangi kekuatan beton. Sebaliknya jumlah air yang terlalu banyak menjadikan campuran lebih encer sehingga mudah dikerjakan, tetapi pasta pengikat lebih lemah sehingga mengurangi kekuatan beton. Selain itu kelebihan air yang terperangkap di antara butiran dapat menguap dan meninggalkan rongga-rongga (*void*).

2.5 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70%-75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian

penting dalam pembuatan beton. agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan.

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm.

Penggunaan bahan batuan dalam adukan beton berfungsi:

1. Menghemat Penggunaan semen portland.
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada betonnya.
3. Mengurangi susut pengerasan.
4. Mencapai susunan pampat beton dengan gradasi beton yang baik.
5. Mengontrol workability adukan beton dengan gradasi bahan batuan baik

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai butirbutir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar dari 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm.

Kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar.

Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

Tabel 2.5 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen Bahan Butiran yang Lewat Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 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- 79	80 - 100
0,3	20-May	30-Aug	Dec-40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 1989

Keterangan :

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah IV : Pasir Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar 4,8 mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam (**Kardiyono Tjokrodimulyo, 1989**), yaitu:

1. Pasir galian.

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

2. Pasir sungai.

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

3. Pasir laut.

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain dari garam ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton, oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur

berdasarkan kebutuhan bahwa agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat di antara batang-batang baja tulangan.

Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan (**Kardiyono Tjokrodimulyo**, 1989), yaitu:

1. Agregat normal.

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gr/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gr/cm³.

2. Agregat berat.

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm³, misalnya magnetik (FeO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gr/cm³. Penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radiasi.

3. Agregat ringan.

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 gr/cm³ yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain:

- a. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari 4-3 kali jarak bersih antara baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.

- b. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari 3-1 kali tebal pelat.
- c. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari 5-1 kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Agregat yang dapat dipakai harus memenuhi syarat-syarat (**Kardiyono Tjokrodimulyo, 1989**) :

1. Kerikil harus merupakan butir yang keras dan tidak berpori. Kerikil tidak boleh hancur adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula. Sifat tidak berpori, untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air.
2. Agregat harus bersih dari unsur organik.
3. Kerikil tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering. Lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayakan diameter 0,063 mm, bila lumpur melebihi 1% berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu.
4. Kerikil mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan memerlukan pasta semen maka akan mengikat agregat dengan lebih baik.

Besar ukuran maksimum agregat mempengaruhi kuat tekan betonnya. Pada pemakaian ukuran butir agregat maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta semen lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga antar butirannya, berarti sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar berada

dalam pasta, tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Namun sebaliknya, karena butir-butir agregatnya besar maka luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan antara permukaan agregat dan pastanya kurang kuat. (**Kardiyono Tjokrodimulyo**, 1992)

Indek yang dipakai untuk ukuran kehalusan dan kekasaran butir agregat ditetapkan dengan modulus halus butir. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus 1,5 sampai 3,8 dan kerikil antara 5 sampai 8. Modulus halus butir campuran dihitung dengan rumus:

$$W = \frac{K-C}{C-P} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

- Dengan;
- W : Persentase berat pasir terhadap berat kerikil.
 - K : Modulus halus butir kerikil.
 - P : Modulus halus butir pasir.
 - C : Modulus halus butir campuran.

Tabel 2.6 Gradasi Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen Bahan Butiran yang Lewat Ayakan	
	Berat Butir Maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95 – 100	100
20	30 – 70	95 - 100
10	Oct-35	25 - 55
4,8	0 – 5	0 - 10

Sumber : **Kardiyono Tjokrodimulyo**, 1989

2.6 Serbuk Batu Gamping

Fenomena yang terjadi di Manyaran, Wonogiri adalah penggunaan batu gamping sebagai pondasi, hal itu sudah terjadi hingga beberapa decade. Hasil bangunan yang menggunakan pondasi batu gamping ini, hingga beberapa tahun ternyata masih nampak kokoh. Hal itu membuktikan bahwa batu gamping dapat menjadi alternatif pengganti batu kali yang banyak digunakan saat ini. Ismanto (2003), mengaplikasikan suatu campuran beton dimana agregat kasarnya memanfaatkan batu gamping pecah yang dibandingkan dengan campuran beton agregat kasarnya kerikil alam dengan fas 0,4.



Gambar 2.2 Serbuk Batu Gamping

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini mengambil rumusan masalah tentang bagaimana pengaruh penambahan serbuk batu gamping terhadap kuat tekan beton dan pengaruh variasi fas pada kuat tekan beton. Peneliti akan meneliti lebih lanjut tentang manfaat batu gamping yaitu sebagai pengganti sebagian pasir pada campuran beton. Serbuk batu gamping disubstitusikan sebagai pengganti sebagian pasir karena dalam batu gamping mengandung kalsium karbonat beserta silica, alumunium dan magnesia yang serupa dengan semen.

Tabel 2.7 Kandungan Kimia Dalam Batu Gamping

Parameter	Kadar (%)
Na ₂ O	0,095
Fe ₂ O ₃	0,41
MgO	2,72
K ₂ O	0,32
CaO	50,84
Al ₂ O ₃	0,682
SiO ₂	1,00

2.7 Kekuatan Tekan Beton

Beton merupakan konstruksi yang tersusun dari agregat halus, agregat kasar, yang diikat oleh pasta semen. Beton setelah mengeras mempunyai sifat getas, dimana kuat dalam menahan kuat tekan tetapi lemah dalam menahan tarik. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi mutu beton adalah sebagai berikut:

1. Faktor air semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara berat air dan semen. Faktor air semen yang tinggi menyebabkan beton mempunyai kuat tekan yang rendah, dan semakin rendah faktor air semen menyebabkan kuat tekan semakin tinggi. Tapi nilai faktor air semen rendah tidak selalu berarti kuat tekan semakin tinggi pula. Nilai faktor air semen yang rendah menyebabkan kesulitan dalam pengadukan, maupun pemadatan yang akhirnya menyebabkan kuat tekan beton menurun. Oleh sebab itu faktor air semen harus optimum untuk menghasilkan kekuatan yang maksimum. Pada umumnya faktor air

semen untuk beton normal adalah 0,4 sampai 0,65 (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1989)

2. Umur Beton

Kuat tekan beton akan mengalami penambahan sesuai dengan umurnya. Kecepatan penambahan dipengaruhi oleh perawatan maupun faktor air semen.

3. Jenis Semen

Penggunaan jenis semen berbeda akan menghasilkan mutu beton yang berbeda.

4. Jumlah Semen

Penggunaan jumlah semen juga mempengaruhi mutu beton yang direncanakan. Jumlah semen yang terlalu banyak menyebabkan jumlah air sedikit, sehingga adukan sulit untuk dipadatkan. Tetapi jika terlalu sedikit jumlah semen, menyebabkan air terlalu banyak, sehingga mutu beton menurun.

5. Sifat Agregat

Sifat agregat yang berhubungan dengan kekerasan berpengaruh terhadap mutu beton. Permukaan kasar pada agregat kasar berpengaruh pada lekatan beton.

2.8 Sifat - Sifat Beton Segar

Dalam pengerjaan beton, ada tiga sifat penting yang perlu diperhatikan diantaranya adalah kemudahan pengerjaan, *segregation* dan *bleeding* (naiknya air) (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1989).

- **Kemudahan Pengerjaan (*Workability*)**

Pemeriksaan kemudahan pekerjaan beton dapat dilakukan pengecekan beton segar berupa metoda *slump* yang identik dengan keplastisan beton. Sehingga jika semakin plastis beton semakin mudah pengerjaannya. Unsur-unsur yang mempengaruhinya yaitu :

1. Banyaknya air pencampur

Semakin banyak air semakin mudah dikerjakan.

2. Kandungan semen

Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya semakin tinggi.

3. Gradasi campuran pasir – kerikil

Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.

4. Bentuk butiran agregat kasar

Berbentuk bulat lebih mudah dikerjakan.

2.9 Perencanaan Campuran Beton (Mix Desain)

Metode ACI (*American Concrete Institute*) mempertimbangkan perencanaan campuran beton dengan mempertimbangkan ketersediaan material, kemudahan pekerjaan, keawetan dan kekuatannya, maupun terhadap sisi ekonomisnya

2.9.1 Pemeriksaan Keleccakan Beton Segar

Keleccakan beton adalah kemudahan dalam produksi pembuatan beton yang berhubungan dengan penuangan dan pemadatan. Pengecekan terhadap

keleccakan adukan beton dapat dilakukan dengan *slump test*, uji meja alir (*flow table*), remolding test, Kelly ball penetration test, dan compacting faktor test. Dari keempat cara tersebut, *slump test* merupakan cara yang paling sering digunakan.

Slump test adalah cara pengujian dengan menggunakan kerucut Abram untuk mengecek keleccakan betonnya. *Slump test* memperoleh tingkat keleccakan beton dengan cara mengukur besar penurunan ketinggian pada pusat permukaan atas beton, segera setelah cetakan uji slump diangka. Slump ditetapkan dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan dan dipadatkan atau dapat memenuhi syarat *workability*. Nilai slump dapat diketahui dengan rumus berikut :

$$h = h_0 - h_1 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

H = nilai slump

h_0 = tinggi alat slump

h_1 = tinggi beton setelah terjadi penurunan

2.9.2 Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan ini dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1989) mengemukakan bahwa:

Perwatan ini dilakakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal selama 7 hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama 3 hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab yaitu bisa dengan direndam dalam air.

Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kekedapan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur.

2.9.3 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

Pengujian kuat tekan benda uji bertujuan untuk menentukan kekuatan beton berbentuk silinder yang di buat dan di rawat di laboratorium. Kekuatan benda uji dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Kekuatan tekan beton} = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (cm²)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Universitas Sangga Buana (USB) - YPKP. Sampel penelitian menggunakan benda uji yang berupa tabung silinder dengan ukuran diameter 15 cm x 30 cm, terdiri dari benda uji dengan proporsi campuran normal sebagai kontrol, dan beton dengan mensubstitusi sebagian agregat halus 50% dengan serbuk batu gamping 50% dan 100 % .

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen dilakukan dengan membandingkan beton dengan rencana $f'c$ 45 Mpa sebagai kontrol dengan beton eksperimen yaitu beton dengan substitusi serbuk batu gamping terhadap semennya pada kedua beton tersebut akan dilakukan beberapa pengujian yaitu uji kuat tekan. Dari hasil pengamatan pengujian, diharapkan dapat mengetahui pengaruh substitusi semen dengan serbuk batu gamping terhadap kuat tekan beton dan berat jenis beton itu sendiri.

3.3 Material dan Peralatan

3.3.1 Material yang Digunakan

- a. Semen Portland yang digunakan adalah semen Tipe I, semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen tiga roda.
- b. Agregat Halus

Agregat Halus yang digunakan adalah pasir beton. Pasir beton adalah butiran-butiran mineral keras dan tajam berukuran antara 0,075 – 5

mm, jika terdapat butiran berukuran lebih kecil dari 0,063 mm. Sehingga sebelum melakukan pembuatan beton, dilakukan penyaringan untuk menentukan zona saringan pasir dan kandungan lumpurnya. Pasir yang di dapat dari cimilaka.

c. Agregat Kasar

Kerikil merupakan butir yang keras dan tidak berpori. Kerikil tidak boleh hancur adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula. Sifat tidak berpori, untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air. Kerikil mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan memerlukan pasta semen maka akan mengikat agregat dengan lebih baik.

d. Air

Air yang digunakan adalah air tanah dari Lab Universitas Sangga Buana (USB) – YPKP, Bandung.

e. Serbuk Batu Gamping

Serbuk batu gamping adalah jenis batuan yang mengandung kalsium karbonat beserta silica, aluminium dan magnesium yang serupa dengan semen. Serbuk batu gamping diambil dari daerah Padalarang di kawasan Sekebuluk.

3.3.2 Peralatan yang Digunakan

a. Mesin uji kuat tekan

Digunakan untuk pengujian kuat tekan sampel benda uji

b. Pengaduk beton (mixer)

Digunakan untuk mengaduk bahan penyusun beton dalam trial mix beton.

c. Timbangan analitis 25 kg dengan skala 100 gram

Digunakan untuk menimbang berat material benda uji dan berat sampel beton.

d. Oven yang suhunya dapat diatur sampai $(110 \pm 5)^0$ c

Digunakan mengeringkan agregat kasar untuk mengetahui berat kering oven material.

e. Gelas ukur 1000cc

Digunakan untuk melakukan pengujian kadar lumpur agregat kasar.

f. Takaran berbentuk silinder dengan volume 5 liter.

Digunakan untuk melakukan pengujian berat volume agregat kasar.

g. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.

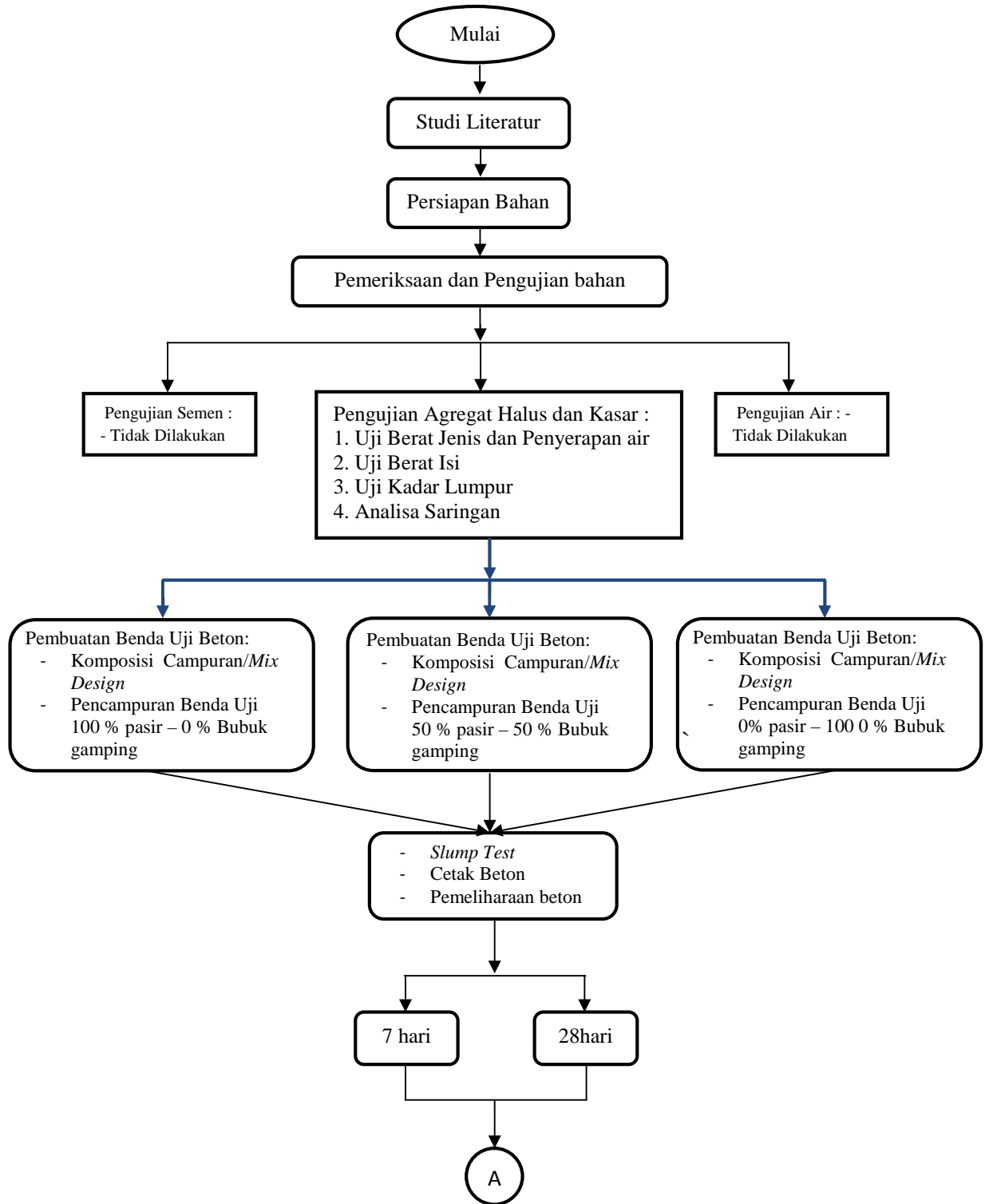
Digunakan untuk menimbang berat material benda uji.

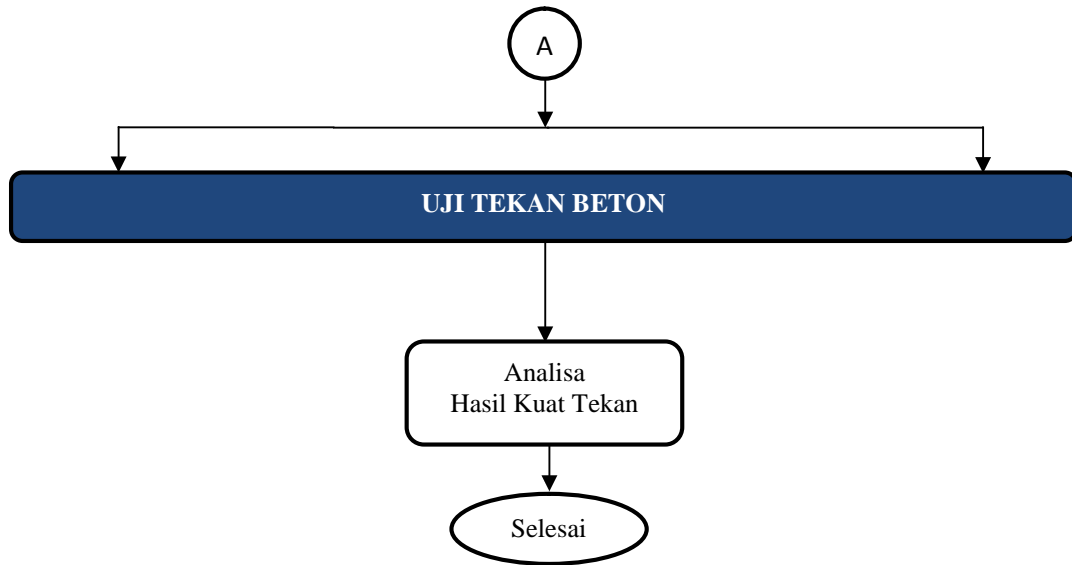
h. Cetakan beton silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm

3.4 Diagram Alir Penelitian

Metodologi penelitian adalah urutan – urutan kegiatan penelitian, terdiri dari pengumpulan data, proses rekayasa, pengujian sampel dan diteruskan dengan penarikan kesimpulan. Sedangkan untuk mempermudah dan menjaga kesesuaian hasil yang akan dicapai, secara substansial kegiatan penelitian juga dilengkapi dengan peralatan – peralatan uji yang sesuai. Penelitian ini berbentuk percobaan yang dilakukan di laboratorium yang bertujuan untuk menghasilkan semua data-data yang dibutuhkan.

Untuk lebih jelasnya, mengenai bagian tahapan – tahapan pekerjaan penelitian dapat diperhatikan pada sekema alur pada gambar 3.1 dibawah ini :





Gambar 3.1 Skema Alur Pelaksanaan Penelitian

3.5 Mengumpulkan Informasi

Dalam melaksanakan penelitian, dibutuhkan acuan yang digunakan baik itu peraturan standar seperti SNI, ASTM, ACI, selain itu informasi dalam buku, jurnal-jurnal penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian beton ringan. Informasi yang didapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian di laboratorium.

3.6 Persiapan Material dan Peralatan Penelitian

Material penyusun beton (semen, pasir, split, serbuk batu gamping) di simpan di tempat yang terlindung dari pengaruh cuaca secara langsung sehingga tidak mempengaruhi kualitas material dan di simpan di kolam khusus yang berada di Universitas Sangga Buana (USB) – YPKP. Untuk peralatan dilakukan pengecekan kelengkapan peralatan baik peralatan pengujian material, peralatan pengujian beton segar, peralatan pengadukan beton serta perlengkapan pengujian kekuatan beton.

3.7 Pengujian Material

Setelah melakukan persiapan alat dan bahan, maka tahapan selanjutnya adalah pengujian bahan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui mutu bahan yang digunakan untuk campuran beton sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.

Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa pengujian bahan, berikut penjelasannya :

3.7.1 Pengujian Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen merk Tiga Roda yang telah memenuhi spesifikasi SNI 15 – 7064 – 2014. Sehingga dalam penelitian ini tidak dilakukan pengujian kembali.

3.7.2 Pengujian Agregat Halus dan Kasar

1) Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Referensi :

- SNI 03-1969-1990, Metoda pengujian BJ dan penyerapan air agregat kasar.
- SNI 03-1970-1990, Metoda pengujian BJ dan penyerapan air agregat halus.
- SNI 03-6889-2002, Tata cara pengambilan contoh agregat.

Tujuan :

Dapat menentukan sifat agregat kasar dan halus berdasarkan berat jenis dan penyerapan air dalam kaitan penggunaannya untuk bahan campuran beton semen.

Alat dan Bahan :

- **Alat**

- Timbangan, ketelitian 0,01 gram, kapasitas >2000 gram.
- Oven, digunakan untuk membuat agregat kering oven.
- Kain penyerap, digunakan untuk membuat agregat kering permukaan.
- Piknometer / Gelas Ukur, kapasitas minimal 500 ml.
- Pelat Kaca, ukuran 15 x 15 cm.
- Kerucut terpancung, diameter atas 40 mm dan diameter bawah 90 mm, tebal 0,8 mm, terbuat dari logam + batang penumbuknya
- Saringan No. 4 : 4,75 mm.
- Batang Penumbuk, terbuat dari baja dengan berat (340±15) gram dan Ø permukaan penumbuk (25±3) mm.
- Nampan/Bejana, terbuat dari bahan yang tidak mudah menyerap air (baja atau gelas).

- **Bahan**

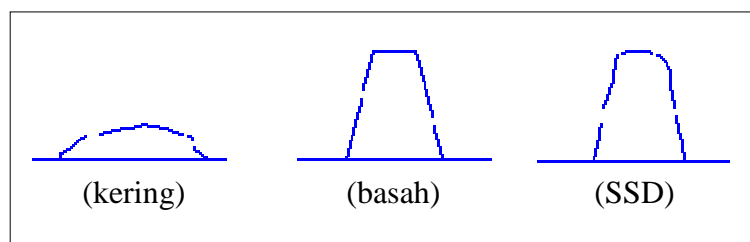
- Agregat kasar : Agregat tertahan saringan no.4 (4.75 mm) yang diperoleh dari proses sampling.
- Agregat Halus : Agregat lolos saringan no.4 (4.75 mm) dan yang tertahan saringan no. 4 (4.74 mm) yang diperoleh dari proses sampling.
- Air suling atau air bersih dan tisu.

Prosedur Pengujian :

a. Agregat Halus

- 1) Siapkan semua peralatan dan bahan yang diperlukan.

- 2) Ayak benda uji dengan ayakan 4,75 mm, lalu hitung persentase yang tertahan dan yang lolos.
- 3) Benda uji dicuci untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan agregat.
- 4) Setelah dicuci bersih kemudian rendam benda uji dalam air pada suhu ± 24 jam.
- 5) Keluarkan benda uji dari air, lalu pisahkan antara yang kasar ($<4,75$ mm) dan yang halus ($>4,75$ mm).
- 6) Masukkan agregat yang lolos ($<4,75$ mm) ke dalam kerucut terpancung dalam 3 lapisan, yang masing-masing lapisan ditumbuk 8 kali dan ditambah satu kali penumbukan untuk bagian atasnya, seluruhnya 25 kali penumbukan.
- 7) Angkat kerucut perlahan-lahan secara vertikal ke atas. Perhatikan ! Sebelum diangkat, cetakan harus dibersihkan dari butiran-butiran yang berada di luar cetakan.
- 8) Periksa bentuk agregat yang terjadi, setelah kerucut diangkat. Disini ada 3 (tiga) kemungkinan bentuk agregat yang terjadi, seperti di bawah ini :



Sumber : Laporan Praktikum Uji Bahan Polban, 2008

Gambar 3.2. Bentuk Agregat Halus Dalam Pengujian BJ dan Penyerapan

Jika agregat kering, maka agregat perlu ditambah air dengan cara dipercikan. Jika agregat basah, maka agregat perlu dikeringkan dahulu sampai didapat bentuk SSD.

- 9) Setelah SSD dicapai, timbang agregat halus SSD tersebut.
- 10) Isi bejana gelas (piknometer) dengan air hingga penuh, lalu hilangkan gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam piknometer dengan menggunakan spatula atau kawat.
- 11) Tambahkan air hingga piknometer penuh, lalu tutup rapat dengan tutup kaca, kemudian timbang berat piknometer + air + tutup kaca.
- 12) Keluarkan air dari piknometer ($\pm \frac{1}{2}$ isi piknometer), lalu masukkan benda uji yang sudah dalam keadaan SSD tersebut diatas, lalu hilangkan gelembung-gelembung udara yang terjebak.
- 13) Tambahkan kembali air hingga penuh, lalu tutup kembali dengan tutup kaca perlahan-lahan (tanpa ada gelembung yang terjebak) kemudian timbang berat piknometer + air + agregat + tutup kaca.
- 14) Keluarkan benda uji dari piknometer perlahan-lahan dan tampung dalam cawan, kemudian keringkan dalam oven pada suhu 110° C sampai berat tetap.
- 15) Keluarkan benda uji dari oven, lalu timbang berat benda uji kering tersebut (Bk).

b. Agregat kasar

- 1) Siapkan semua bahan dan peralatan yang diperlukan.
- 2) Benda uji di cuci untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan agregat.
- 3) Setelah dicuci bersih, kemudian rendam benda uji dalam air pada suhu kamar kurang lebih 24 jam.

- 4) Keluarkan benda uji dari air, lalu lap dengan kain lembab sampai selaput air pada permukaan agregat hilang (agregat ini dinyatakan dalam keadaan jenuh air kering permukaan atau SSD). Perhatikan untuk butiran yang besar-besar, pengeringan dengan lap lembab harus satu persatu.
- 5) Timbang benda uji dalam keadaan SSD tersebut.
- 6) Isi bejana dengan air, masukkan benda uji yang sudah dalam keadaan SSD tersebut, lalu hilangkan gelembung-gelembung udara yang terjebak.
- 7) Keluarkan benda uji dari keranjang secara perlahan dan tampung dalam cawan, kemudian keringkan dalam oven sampai berat tetap.
- 8) Timbang benda uji kering tersebut (Bk).

Catatan : untuk butiran yang besar, pengeringan dengan lap dilakukan satu persatu.

Perhitungan :

- Berat jenis curah $= \frac{BK}{B + 500 - BT}$
(*bulk specific gravity*)
- Berat jenis kering permukaan jenuh $= \frac{500}{B + 500 - BT}$
(*saturated surface dry*)
- Berat jenis semu $= \frac{BK}{B + 500 - BT}$
(*apparent specific gravity*)
- Penyerapan air $= \frac{(500 - BK)}{BK} \times 100\%$
(*apparent specific gravity*)

1) Pengujian Berat Isi

Referensi :

- SNI 03-1973-1990 , Metoda pengujian bobot isi agregat
- SNI 03-3676-1999, Metoda pengujian berat isi agregat.

Tujuan :

Menentukan berat isi atau bobot isi agregat kasar dan agregat halus dalam kondisi lepas dan padat.

Alat dan Bahan :

• Alat

- Timbangan
- Batang Pematik
- Container
- Alat Perata
- Sendok Sekop
- Spliter
- Kuas
- Ember
- Nampan

• Bahan

Contoh agregat dikeringkan di udara, lalu dicampur rata. Kemudian contoh agregat diambil sebagian, pengambilan contoh benda uji dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

a. Cara *Quartering*

Contoh agregat diaduk dan dionggokkan menyerupai bukit berbentuk lingkaran. Lingkaran ini dibagi empat, dua bagian yang berhadapan dicampur dan yang lainnya dipisahkan. Pekerjaan ini dilakukan beberapa kali sehingga didapatkan jumlah contoh yang cukup untuk percobaan bobot isi padat dan gembur agregat kasar dan agregat halus.

b. Cara *Riffle Sampler*

Contoh agregat diaduk dan dimasukkan ke dalam *Riffle Sampler*, dimana alat ini dengan sendirinya membagi contoh agregat menjadi dua bagian. Terhadap salah satu bagian dilakukan pemisahan dengan *Riffle Sampler* lagi. Pekerjaan ini dilakukan sehingga dicapai jumlah contoh yang cukup untuk percobaan bobot isi padat dan gembur agregat kasar dan agregat halus

Prosedur Pengujian :

Bobot isi gembur :

- 1) Timbang berat container (W_c) yang telah diketahui volumenya (V_c).
- 2) Masukkan campuran agregat dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas container dengan menggunakan sendok/ sekop sampai penuh.
- 3) Ratakan permukaan container dengan alat perata.
- 4) Timbang berat container + isi = (W_{cac})
- 5) Hitung :

$$\text{Bobot isi} = \frac{W_{cac} - W_c}{V_c} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

$$V_c$$

Bobot isi padat :

- 1) Ambil container isi, untuk agregat kasar volumenya 7.115 L, sedangkan untuk agregat halus volumenya 2.642 L.
- 2) Timbang container (W_c) + tutupnya.
- 3) Masukkan campuran agregat ke dalam container tersebut $\pm 1/3$ bagian lalu tusuk-tusuk dengan batang pemadat sebanyak 25 kali.
- 4) Ulangi hal yang sama untuk lapisan kedua dan ketiga.
- 5) Untuk lapisan terakhir, masukkan campuran agregat kasar sehingga melebihi permukaan atas container (sampai meluap) lalu tusuk-tusuk kembali sebanyak 25 kali.
- 6) Ratakan permukaan campuran agregat dengan alat perata.
- 7) Untuk agregat yang besar, ambil kelebihan kelebihan agregat atur sedemikian rupa sehingga volume agregat yang berada di atas batas container kurang lebih sama dengan volume rongga di permukaan.
- 8) Timbang container + isi = (W_{cac})
- 9) Hitung :

$$\text{Bobot isi} = \frac{W_{cac} - W_c}{V_c} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

2) Pengujian Kadar Lumpur

Referensi :

- PBI 1971 : Tentang persyaratan kadar lumpur agregat halus dan kasar lolos saringan No. 200
- SNI 03-4142-1996 : Metoda pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200

Tujuan :

Untuk menentukan atau mengetahui kadar lumpur yang dikandung oleh agregat halus dan kasar dengan cara laboratorium.

Alat dan Bahan :

• **Alat**

- Timbangan
- Saringan No.16 dan No.200
- Cawan
- Oven
- Ember
- Alat Pembagi Contoh (*Riffle sampler*)

• **Bahan**

- Agregat halus dengan berat 1000 gr
- Agregat kasar kering oven dengan berat 1500 gr dengan besar butir maksimum 9.6 mm.
- Air bersih

Prosedur Pengujian :

- 1) Siapkan semua peralatan yang akan digunakan dan pastikan semua dalam kondisi baik.
- 2) Timbang cawan yang akan digunakan.
- 3) Bagi agregat yang akan diuji dengan alat pembagi (*Riffler Sampler*), lalu masukkan agregat tersebut kedalam cawan kemudian timbang beratnya.

- 4) Masukkan agregat kering oven dengan berat tertentu (W_1) kedalam cawan (ember) dan tuangkan air bersih kedalamnya hingga agregat terendam.
- 5) Aduk agregat agar terpisah dari bagian-bagian yang halus (lumpur), lalu tuangkan suspensi yang kelihatan keruh tersebut dengan perlahan-lahan kedalam susunan ayakan No. 16 dan No.200.
- 6) Ulangi langkah 3 dan 4 diatas beberapa kali sampai air cucian (bilasan) dalam cawan / ember nampak jernih.
- 7) Bilas butiran-butiran yang tertinggal diatas susunan ayakan hingga air bilasan nampak jernih.
- 8) Tampung butiran-butiran yang tertinggal diatas ayakan dan cawan / ember, lalu keringkan butiran / agregat tersebut dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^\circ \text{C}$ sampai berat tetap.
- 9) Agregat halus / kasar yang sudah dicuci lalu dioven.

Perhitungan :

$$\text{Nilai Bahan Lolos no.200} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

Dimana :

- W_1 = Berat benda uji sebelum dicuci kering oven (Gr)
- W_2 = Berat benda uji tertahan no.200 setelah di cuci kering oven (Gr)

3) Pengujian Analisa Saringan

Referensi :

- ASTM C.136-96a : *Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Agregates*

- SNI 03-1968-1990. : Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar

Tujuan :

Dapat menentukan distribusi atau prosentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar untuk digunakan dalam campuran beton.

Alat dan Bahan :

• **Alat**

- Timbangan, Kapasitas 5 Kg dengan ketelitian 0.1 gr
- Riffle sampler, Alat yang terbuat dari logam yang berbentuk persegi yang berfungsi membagi dua agregat menjadi dua bagian yang sama.
- Ayakan
- Mesin Penggetar
- Kuas
- Cawan

• **Bahan**

Benda uji diperoleh diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak 1 kg.

Prosedur Pengujian :

a. Analisa Ayak Agregat Halus

- 1) Agregat halus dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^0$, sampai berat tetap.
- 2) Ambil agregat dengan cara yang telah ditentukan, lalu timbang agregat halus tersebut sesuai dengan jumlah (gram) yang telah ditentukan pula.

- 3) Saring benda uji tersebut dengan menggunakan ayakan 4.75mm.
- 4) Setelah diayak, agregat tersebut dibersihkan dengan sikat kawat dimulai dari ayakan lalu ditimbang.
- 5) Untuk agregat halus yang tertahan saringan 4.75mm dipisahkan dan ditimbang

b. Analisa ayak agregat kasar

- 1) Ambil agregat yang dibutuhkan dengan cara pengambilan yang telah ditentukan sesuai dengan jumlah (gr) yang telah ditentukan pula.
- 2) Saring agregat tersebut kedalam ayakan 4.75mm,
- 3) Setelah diayak, agregat yang tertahan ayakan 4.75mm ditimbang masing-masing ayakan.
- 4) Untuk agregat yang lolos ayakan 4.75mm dipisahkan dan ditimbang pula.
- 5) Setelah praktek uji gradasi ini selesai masukkan data kedalam form yang sudah disediakan.

Perhitungan :

$$\% \text{ Tertahan di } a \text{ mm} = \frac{W_1}{W_{total}} \times 100\%$$

Dimana :

W_1 = berat agregat tertahan di ukuran ayakan a mm (gram)

W_{total} = berat agregat total (gram)

3.7.3 Pengujian Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari sumber air yang ada di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP. Dimana air yang terdapat di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP secara visual airnya bersih, tidak mengandung minyak, sehingga dalam penelitian ini tidak dilakukan pengujian kembali.

3.8 Perancangan Campuran Beton

Beton yang bertindak sebagai kelompok kontrol ditentukan memiliki kekuatan tekan ($f'c$) sebesar 20 Mpa. Perancangan beton $f'c$ 20 Mpa menggunakan metode *American Concrete Institute* (ACI). Langkah-langkah perancangan beton metode ACI adalah sebagai berikut :

- 1) Hitung kuat tekan rata-rata beton, berdasarkan kuat tekan dan margin

$$f'_{cr} = m + f'c$$

Standar deviasi (Sd) diambil dari tabel 3.2 berdasarkan mutu pelaksanaan yang diinginkan.

Tabel 3.1 Nilai Standar Deviasi Menurut ACI

Volume pekerjaan	Mutu Pelaksanaan (Mpa)		
	Baik Sekali	Baik	Cukup
Kecil (<1000m ³)	4,5<sd≤5,5	5,5<sd≤6,5	6,5<sd≤8,5
Sedang (1000-3000m ³)	3,5<sd≤4,5	4,5<sd≤5,5	5,5<sd≤6,5
Besar (>3000m ³)	2,5<sd≤3,5	3,5<sd≤4,5	4,5<sd≤5,5

Sumber : Kardiyono, Tjokrodimuluyo, (1989).

Kuat tekan rencana ($f'c$) ditentukan berdasarkan rencana atau dari hasil uji yang lalu.

- 2) Tetapkan nilai slump
 - a) Nilai slump ditentukan atau dapat mengambil data dari tabel 3.2.

Tabel 3.2 Slump yang Disyaratkan Untuk Berbagai Konstruksi Menurut ACI

Jenis Konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum*	Minimum
Dinding penahan dan Pondasi	76,2	25,4
Pondasi sederhana, sumuran dan dinding sub struktur	76,2	25,4
Balok dan dinding beton	101,6	25,4
Kolom struktural	101,6	25,4
Perkerasan dan slab	76,2	25,4
Beton massal	50,8	25,4

*) Dapat ditambahkan sebesar 25,4 mm untuk pekerjaan beton yang tidak menggunakan vibrator, tetapi menggunakan metode konsolidasi

Sumber : Kardiyono, Tjokrodumuluyo, (1989).

- 3) Ukuran maksimum agregat dihitung dari $\frac{1}{3}$ tebal plate dan atau $\frac{3}{4}$ jarak bersih antar baja tulangan, tendon, *bundle bar*, atau *ducting* dan atau $\frac{1}{5}$ jarak terkecil bidang bekisting ambil yang terkecil atau dapat diambil dari data pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Ukuran Maksimum Agregat Menurut ACI

Dimensi Minimum, mm	Balok/Ko lom	Plat
62,5	12,4 mm	20 mm
150	40 mm	40 mm
300	40 mm	80 mm
750	80 mm	80 mm

Sumber : Kardiyono, Tjokrodumuluyo, (1989).

- 4) Tetapkan jumlah air yang dibutuhkan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump, dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Perkiraan Air Campuran dan Persyaratan Kandungan Udara untuk Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum, ACI

Slump (mm)	Air (lt/m ³)							
	9,5 mm	12,7 mm	19,1 mm	25,4 mm	38,1 mm	50,8 mm	76,2 mm	152,4 mm
25,4 s/d 50,8	210	201	189	180	165	156	132	114
76,2 s/d 127	231	219	204	195	180	171	147	126
152,4 s/d 177,8	246	231	216	204	189	180	162	-
Mendekati jumlah kandungan udara dalam beton air-entrained (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
25,4 s/d 50,8	183	177	168	162	150	144	123	108
76,2 s/d 127	204	195	183	177	165	159	135	120
152,4 s/d 177,8	219	207	195	186	174	168	156	-
Kandungan udara total rata-rata yang disetujui (%)								
Diekspose sedikit	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Diekspose	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
menengah	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
Sangat diekspose								

Sumber : Kardiyono, Tjokrodumuluyo, (1989).

- 5) Tetapkan nilai faktor air semen (FAS) berdasarkan tabel 3.5

Tabel 3.5 Nilai Faktor Air Semen Menurut ACI

Kekuatan Tekan 28 hari (Mpa)	FAS	
	Beton Air-entrained	Beton Non Air-entrained
41,4	0,41	-
34,5	0,48	0,4
27,6	0,57	0,48
20,7	0,68	0,59
13,8	0,62	0,74

Sumber : *Kardiyono, Tjokrodumuluyo, (1989).*

Apabila nilai kuat tekan berada diantara nilai yang diberikan maka dilakukan interpolasi.

- 6) Hitung jumlah semen yang dibutuhkan dengan cara jumlah air dibagi FAS.
- 7) Estimasi berat beton segar berdasarkan tabel 3.6.

Tabel 3.6 Estimasi Berat Awal Beton Segar (kg/m^3), Metode ACI

Ukuran agregat maksimum (mm)	Beton air-entrained	Beton non air- entrained
9,5	2.304	2.214
12,7	2.334	2.256
19,1	2.376	2.304
25,4	2.406	2.340
38,1	2.442	2.376
50,8	2.472	2.400
76,2	2.496	2.424
152,4	2.538	2.472

Sumber : *Kardiyono, Tjokrodumuluyo, (1989).*

Hitunglah agregat halus dengan cara berat beton segar – (berat air + berat semen + berat agregat kasar).

- 8) Hitung proporsi bahan, semen, air, agregat kasar dan agregat halus, kemudian koreksi berdasarkan nilai daya serap air pada agregat.
- a) Semen didapat dari langkah 5
 - b) Air didapat dari langkah 3
 - c) Agregat halus didapat dari langkah 7 – langkah (3+5+6)

3.9 Pembuatan Benda Uji dan Pengujian

1. Persiapan Bahan

Setelah ditetapkan unsur-unsur campuran, prosedur berikutnya adalah mempersiapkan bahan-bahan yang akan digunakan pada waktu pengecoran.

1) Peralatan

- a) Serbuk Batu Gamping
- b) Pasir
- c) Kerikil
- d) Semen
- e) Air
- f) Timbangan
- g) Wadah

2) Prosedur praktikum

- a) Saring pasir beton dengan saringan ukuran 0,15 mm
- b) Timbang pasir beton
- c) Membersihkan kerikil dengan air, kemudian dikeringkan.
- d) Timbang kerikil
- e) Semen PCC
- f) Air

3.10 Pengecoran Lokasi Penelitian

Merupakan proses pencampuran material-material yang digunakan untuk pembuatan benda uji beton.

1) Peralatan

- a) Molen (*Concrete Mixer*)
- b) Sendok semen
- c) Sendok pasir
- d) Ember
- e) Gelas ukur

2) Prosedur Pengecoran

- a) Persiapkan bahan campuran sesuai dengan rencana berat pada wadah yang terpisah.
- b) Persiapkan wadah yang cukup menampung volume beton basah rencana.
- c) Membersihkan bagian dalam molen.
- d) Hidupkan mesin molen
- e) Masukkan agregat kasar dan agregat halus kedalam molen.
- f) Tambahkan semen pada agregat campuran dan ulangi proses pencampuran, sehingga diperoleh adukan kering agregat dan semen yang merata.
- g) Tuangkan 1/3 jumlah air total kedalam molen, dan lakukan pencampuran sampai terlihat konsistensi adukan yang merata.
- h) Tambahkan lagi 1/3 jumlah air kedalam wadah beserta superplasticizer yang telah dicampurkan air dan ulangi proses untuk mendapatkan konsistensi adukan.

- i) Meletakkan wadah didepan concrete mixer sedemikian rupa sehingga adukan campuran beton dapat jatuh kedalam wadah.
- j) Setelah diperoleh campuran kelihatan homogen, buka kunci tuas pengungkit lalu gulingkan molen, sehingga campuran beton yang ada didalamnya tumpah kedalam wadah, adukan siap dicetak.

3.11 Percobaan Slump Beton

1) Maksud

Penentuan ukuran derajat kemudahan pengecoran adukan beton basah/segar.

2) Peralatan

- a) Cetakan berupa kerucut terpancung dengan diameter bagian bawah 20 cm, bagian atas 10 cm dan tinggi 10 cm. Bagian bawah dan atas cetakan terbuka.
- b) Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm. Ujung dibulatkan dan sebaiknya bahan tongkat dibuat dari baja tahan karat.
- c) Pelat logam dengan permukaan rata dan kedap air.
- d) Sendok cekung.

3) Prosedur praktikum

- a) Cetakan dan pelat dibasahi dengan kain basah.
- b) Letakan cetakan diatas pelat.
- c) Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapisan. Tiap lapisan kira-kira $\frac{1}{3}$ isi cetakan. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata. Tongkat pemadat harus masuk tepat sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan. Pada lapisan

pertama, penusukan bagian tepi dilakukan dengan tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan dinding cetakan.

- d) Setelah selesai pemadatan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat, tunggu selama setengah menit, dan dalam jangka waktu ini semua kelebihan beton segar disekitar cetakan harus dibersihkan.
- e) Cetakan diangkat secara perlahan-lahan tegak lurus keatas.
- f) Balikan cetakan dan letakan disamping benda uji.
- g) Ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata dari benda uji.

4) Perhitungan

Nilai Slump = tinggi cetakan – tinggi rata-rata benda uji.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti, lakukan dua kali pemeriksaan untuk adukan yang sama, yang kemudian nilai Slump yang diukur = hasil rata-rata pengamatan.

3.12 Pembuatan dan Persiapan Benda Uji

1) Maksud

Membuat benda uji untuk pemeriksaan kekuatan beton.

2) Peralatan

- a) Cetakan silinder, diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
- b) Tongkat pemadat diameter 16 mm, panjang 60 cm dengan ujung dibulatkan, sebaiknya dibuat dari baja tahan karat.
- c) Bak pengaduk beton kedap air atau mesin pengaduk.
- d) Timbangan dengan ketelitian 0,3 % dari berat benda uji.
- e) Mesin tekan yang kapasitas sesuai kebutuhan.

- f) Satu set alat pelapis (capping).
- g) Peralatan tambahan : ember, skop, sendok perata dan talam.

3) Prosedur Pencetakan

- a) Cetakan disapu sebelumnya dengan oli agar beton mudah nanti dilepaskan dari cetakan.
- b) Adukan beton diambil langsung dari wadah adukan beton dengan menggunakan ember atau alat lainya yang tidak menyerap air. Bila dirasakan perlu bagi konsistensi adukan, lakukan pengadukan ulang sebelum dimasukkan kedalam cetakan.
- c) Padatkan adukan dalam cetakan, sampai permukaan adukan beton mengkilap.
- d) Isilah cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap-tiap lapis dipadatkan dengan 25 tusukan secara merata dan digetarkan dengan mesin penggetar (Vibrator). Pada saat melakukan pemadatan lapisan pertama, tongkat pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan. Pada saat pemadatan lapisan kedua serta ketiga tongkat pemadat lebih masuk antara 25,4 mm kedalam lapisan bawahnya. Penggetaran dengan vibrator dilakukan tiap lapis dengan tiap kali penggetaran waktunya tidak lebih dari 7 detik.
- e) Setelah selesai melakukan pemadatan, ketuklah sisi cetakan perlahan lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup. Ratakan permukaan beton dan tutuplah segera dengan bahan yang kedap air dan tahan karat. Kemudian biarkan beton dalam cetakan selama 24 jam dan tempatkan ditempat yang bebas dari getaran.

- f) Setelah 24 jam, bukalah cetakan dan keluarkan benda uji.
- g) Lakukan perawatan dengan membasahi beton dengan air setiap hari dan beton tersebut ditutupi dengan karung goni, untuk pembahasan lebih lanjut dapat dilihat di sub-bab perawatan (Curing).

3.13 Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dilakukan minimal selama tujuh hari dan beton berkekuatan awal tinggi minimal selama tiga hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab, kecuali dilakukan dengan perawatan yang dipercepat.

- 1) Tujuan perawatan beton:
 - a) Mencegah kehilangan *moisture* pada beton (tidak kurang dari 80%).
 - b) Mempertahankan suhu yang baik selama durasi waktu tertentu (diatas suhu beku dan dibawah 50 derajat celcius).
- 2) Prosedur Pelaksanaan
 - a) Simpan benda uji di tempat yang terlindungi dan aman
 - b) Siapkan karung goni dan air secukupnya
 - c) Tutup benda uji dengan karung goni sampai semua permukaan benda uji terlindungi
 - d) Karung goni disiram air secukupnya
 - e) Lakukan perawatan secara periodik sehingga beton tidak dibiarkan kering

Adapun pengaruh temperatur :

- (1) Suhu perawatan diatas 50 derajat C dapat merusak beton karena semen mengeras terlalu cepat
- (2) Perawatan yang dipercepat dapat menghasilkan beton yang lebih kuat namun memiliki durabilitas yang rendah
- (3) Bila beton membeku selama 24 jam pertama, maka beton tersebut tidak akan pernah mencapai kembali sifat awalnya

3.14 Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis dilakukan untuk mengetahui nilai berat jenis beton yang dihasilkan, pengujian dilakukan dengan menimbang berat beton dengan menghitung volume beton tersebut. Nilai berat jenis diperoleh dengan membagi massa dengan volumenya.

Adapun langkah-langkah pengujian berat jenis beton sebagai berikut :

- (1) Menimbang sampel beton uji.
- (2) Mengukur diameter dan tinggi dari sampel beton yang digunakan.
- (3) Menghitung volume sampel beton yang digunakan.

Rumus perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\gamma = \frac{w}{v}$$

Keterangan :

γ : berat jenis (kg/m^3)

w : berat sampel beton (kg)

v : volume beton (m^3)

3.15 Pengujian Kuat Tekan

1) Tujuan

Untuk mengetahui kuat tekan beton dari silinder beton yang mewakili specimen beton dalam mix desain.

2) Peralatan

Universal Testing Machine dengan kapasitas 300 KN dan ketelitian 1 KN

3) Bahan

Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 7,5 cm dan tinggi 30 cm

4) Prosedur pelaksanaan

- a) Permukaan benda uji yang akan di tes dibersihkan dan diletakan pada alat tes. Benda uji harus ditempatkan tepat di tengah konsentrasi dari alat tes.
- b) Kecepatan pembebanan harus kontinu dan tanpa hentakan dengan kecepatan pembebanan yang disyaratkan 0.14 s/d 0.34 Mpa/detik.
- c) Dilihat dan dicatat nilai kemampuan hancur dari benda uji.

3.16 Analisis Data Pengujian

Analisis data yang akan dibahas dalam penelitian ini meliputi kuat tekan beton. Data yang tersebut diatas akan dianalisis dan disajikan secara deskriptif kuantitatif dalam bentuk grafik dan tabel untuk selanjutnya diketahui dan dibandingkan seberapa jauh kemampuan mix desain tanpa dan yang dengan mensubstitusi serbuk batu gamping pada semen yang mempengaruhi 2 aspek tersebut.

3.17 Tahapan Simpulan Hasil Penelitian

Tahap simpulan hasil penelitian merupakan simpulan akhir dari rangkaian proses pelaksanaan penelitian. Tahap ini akan dibahas lebih lanjut pada bab IV.

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

4.1 Pemeriksaan Bahan

4.1.1 Agregat

Agregat adalah bahan utama dan terbanyak dalam pembuatan beton yaitu sekitar 70 % dari total volume yang ada dalam beton. Agregat ini berfungsi sebagai bahan pengisi beton yang mampu menahan beban atau gaya tekan serta tahan terhadap abrasi. Penilaian terhadap penggunaan agregat meliputi ukuran, gradasi, bentuk butiran, tekstur permukaan, dan kebersihan. Berdasarkan ukuran butirannya, agregat dikelompokkan menjadi dua yaitu agregat kasar dan agregat halus.

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan butiran - butiran yang tertinggal diatas saringan dengan ukuran lubang 4,75 mm, seperti split, dan kerikil. Bentuk dan kehalusan tekstur permukaan agregat mempengaruhi kekuatan beton. Permukaan agregat yang kasar akan memberikan ikatan yang semakin kuat antara agregat dan pasta semen. Dan sebaiknya agregat tidak mengandung bahan - bahan seperti lempung, bahan – bahan organik dan garam organik. Jenis batuan yang biasa digunakan sebagai agregat kasar dalam campuran beton adalah :

- a. Batu pecah adalah batu yang berasal dari batu cadas atau batuan yang digali dan sengaja dihancurkan dengan pemecah batu atau digiling.

Batuan ini dapat berasal dari gunung berapi, batuan sedimen atau batuan metamorf.

- b. Kerikil alami adalah kerikil yang diperoleh dari hasil alami, yaitu hasil pengikisan tepi atau dasar sungai yang mengalir. Kerikil ini menghasilkan kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan batu pecah.
- c. Agregat yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari batu pecah yang sengaja dihancurkan yang berasal dari batuan gunung dengan ukuran maksimal 18,5 mm. Sebelum digunakan, agregat terlebih dahulu diperiksa sifat - sifat fisiknya. Pemeriksaan tersebut meliputi : pemeriksaan berat jenis, penyerapan, berat isi, analisa saringan, kadar air, dan kadar lumpur yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana - YPKP Bandung.

2. Agregat Halus Pasir

Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya lolos saringan dengan ukuran lubang 4,75 mm, seperti pasir. Agregat halus yang baik harus terbebas dari bahan organik, lempung dan bahan lainnya yang dapat mengurangi kualitas beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus memiliki gradasi yang baik agar butiran - butiran yang halus dapat mengisi celah - celah yang kosong. Agregat halus sebaiknya diperiksa terlebih dahulu sifat - sifat fisiknya sebelum digunakan seperti pada pemeriksaan agregat kasar.

3. Agregat Halus Serbuk Gamping

Agregat halus Serbuk Gamping adalah agregat yang semua butirannya lolos saringan dengan ukuran lubang 4,75 mm, seperti pasir. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus memiliki gradasi yang baik agar butiran - butiran yang halus dapat mengisi celah - celah yang kosong. Agregat halus sebaiknya diperiksa terlebih dahulu sifat - sifat fisiknya sebelum digunakan seperti pada pemeriksaan agregat kasar.

4.1.2 Air

Air dalam campuran beton memiliki fungsi sebagai pereaksi kimia untuk pasta semen sehingga terjadi pengikatan dan terjadinya proses pengerasan beton juga sebagai pelicin campuran batu pecah, pasir dan semen agar dapat mudah dicetak. Untuk semen portland dibutuhkan sebesar 25 % per satuan berat semen untuk melakukan proses hidrasi. Oleh karena itu, perhitungan rasio air semen harus tepat agar dapat memudahkan beton untuk dikerjakan disamping agar kuat tekannya tidak menurun. Semakin besar perbandingan jumlah antara air dan semen, maka beton akan semakin mudah untuk dikerjakan tetapi mutu beton akan semakin rendah.

Rasio jumlah air dan semen yang optimum akan menghasilkan mutu beton yang baik. Selain kuantitas air, kualitas air juga harus diperhatikan. Air dalam campuran beton harus terbebas dari bahan - bahan atau zat - zat kimia yang dapat merusak beton seperti garam, mangan, zeng, tembaga, dan NaC. Pengaruh zat - zat kimia dalam air yang dapat merusak beton akan mengakibatkan :

- Mengurangi kekuatan beton.
- Mengurangi ketahanan beton sehingga umur beton menjadi berkurang.

Air untuk campuran beton sebaiknya menggunakan air tawar yang memenuhi persyaratan untuk diminum. Pada penelitian ini air yang digunakan berasal dari saluran air bersih yang ada di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana - YPKP Bandung.

4.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Dalam penelitian ini pengujian yang dilakukan terhadap agregat kasar meliputi pengujian analisa saringan, berat jenis (*bulk specific gravity*), penyerapan (*water absorption*), berat isi, kadar air, dan kadar lumpur. Kualitas dari agregat kasar ini akan menentukan karakteristik kuat tekan beton yang dibuat.

4.2.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisa saringan agregat kasar dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-1968-1990 tentang pengujian analisa saringan agregat kasar dan halus.



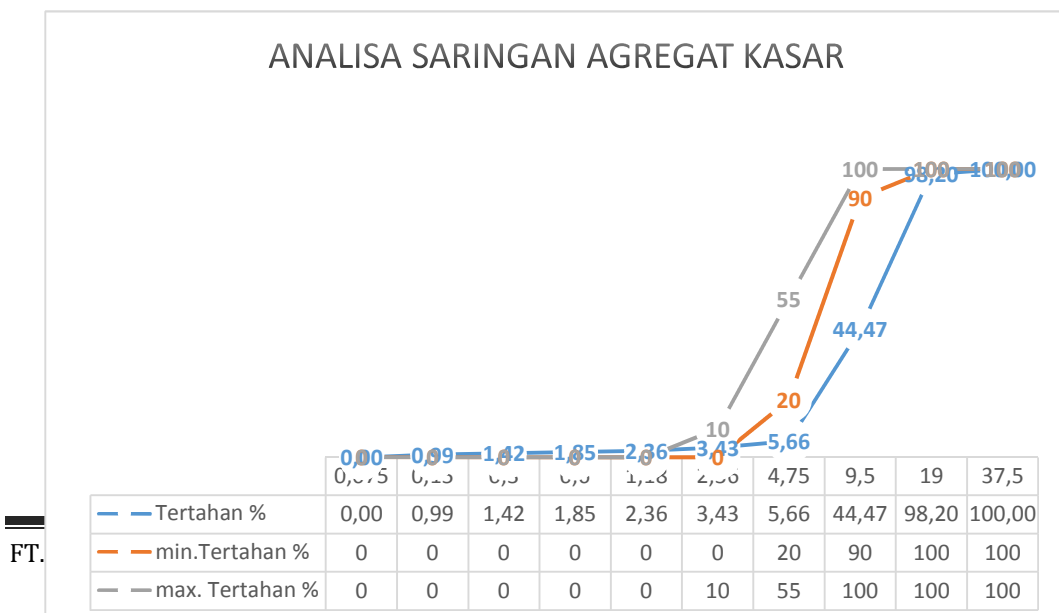
Gambar 4.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

Tujuannya adalah untuk menentukan distribusi besar butir agregat kasar dengan saringan dan untuk menentukan modulus kehalusan. Sedangkan untuk modulus kehalusan (*Fineness Modulus*) agregat kasar yang di isyaratkan berkisar antara 6.0 sampai 7.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Saringan Agregat Kasar

Ukuran ayakan (mm)	Tertahan Berat (gram)		Prosen (%)			Kumulatif Tertahan (%)	Kumulatif Lolos (%)	SPEK. ASTM C.33 20 mm	
	I	II	I	II	Rata-Rata			Min	Maks
37,5	0	0	0	0	0	0	100,00	100	100
19	65	384	0,52	3,08	1,80	1,80	98,20	90	100
9,5	9587	3753	77,31	30,14	53,73	55,53	44,47	20	55
4,75	1898	7758	15,31	62,31	38,81	94,34	5,66	0	10
2,36	370	182	2,98	1,46	2,22	96,57	3,43		
1,18	183	83	1,48	0,67	1,07	97,64	2,36		
0,6	75	52	0,60	0,42	0,51	98,15	1,85		
0,3	60	48	0,48	0,39	0,43	98,58	1,42		
0,15	43	64	0,35	0,51	0,43	99,01	0,99		
0,075	119	126	0,96	1,01	0,99	100,00	0,00		
Jumlah	12400	12450	100	100	100	741,763	0		
FM						6,416			

$$FM = \frac{\% \text{ Tertahan kumulatif}}{100} = 741.760 - 100 = 741,763 = \frac{641,763}{100} = 6,416$$



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

4.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-1969-1990 dan SNI M-10-1989-F tentang Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara berat agregat kasar jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry – SSD*) dengan berat air suling yang volumenya sama dengan volume agregat kasar dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Serta untuk mengetahui persentase berat air yang dapat diserap pori-pori agregat kasar hingga mencapai berat dalam keadaan jenuh kering permukaan.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Sampel Benda Uji	Keterangan	Hasil Pengujian
Berat benda uji Kering Oven (gram)	B_k	2857
Berat benda uji Kering Jenuh (gram)	B_j	3000
Berat benda uji di dalam Air (gram)	B_a	1985
Berat Jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,815
Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,956
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	3,276

Penyerapan (<i>Absorption</i>)	$\left(\frac{B_j - B_k}{B_k}\right) \times 100\%$	5,01%
----------------------------------	---	-------

4.2.3 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi agregat kasar dilakukan dengan mengacu pada SNI 03-1973-1993-1990 tentang Metode Pengujian Berat Isi Agregat. Tujuannya adalah untuk mengetahui bobot isi lepas dan padat pada agregat kasar. Berat isi dari agregat untuk beton normal berkisar antara 1,20 sampai 1,75 gr/cm³.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

Nomor Benda Uji		I	II	III
Berat Kontainer + Agregat (gram)	A	15665	15412	15495
Berat Kontainer (gram)	B	4695	4695	4695
Berat Agregat (gram)	C = A - B	10970	10717	10800
Volume Kontainer (cm ³)	D	7115	7115	7115
Berat Isi Agregat (gram/cm ³)	C / D	1,542	1,506	1,518
Berat Isi Rata-Rata Agregat		1,522		

4.2.4 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Dari hasil pengujian Agregat kasar didapat data sebagai berikut :

1. Analisa saringan didapat nilai modulus kehalusan 6,416. Agregat kasar tersebut memenuhi syarat nilai modulus kehalusan yang berkisar antara 6.0 sampai 7.1.
2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air didapat nilai berat jenis 2,815 telah memenuhi syarat minimum dan penyerapan airnya sebesar 5.01 %.

3. Pengujian berat isi didapat nilai berat isi rata-rata 1,522 gr/cm³, agregat tersebut memenuhi syarat untuk beton normal berkisar antara 1,20 sampai 1,75 gr/cm³.
4. Pengujian kadar lumpur didapat nilai 1,00%, agregat tersebut memenuhi syarat minimum 1%.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Cara Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990		
	25		0	%
	19		1,80	%
	9.5		53,73	%
	4.75		38.81	%
	2.36		2,22	%
2	Modulus Kehalusan			6,416
3	Berat Jenis	SNI 03-1969-1990	2,815	gr
4	Penyerapan	SNI-03-1969-1990	5,01	%
5	Berat Isi	SNI 03-1973-1990	1,522	gr/cm ³
6	Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996	1,00	%

4.3 Hasil Pengujian Agregat Halus Pasir

Pengujian agregat halus dalam penelitian ini meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis (*bulk specific gravity*), penyerapan (*water absorption*), berat isi, kadar air, dan kadar lumpur.

4.3.1 Pengujian Analisa Saringan Pasir

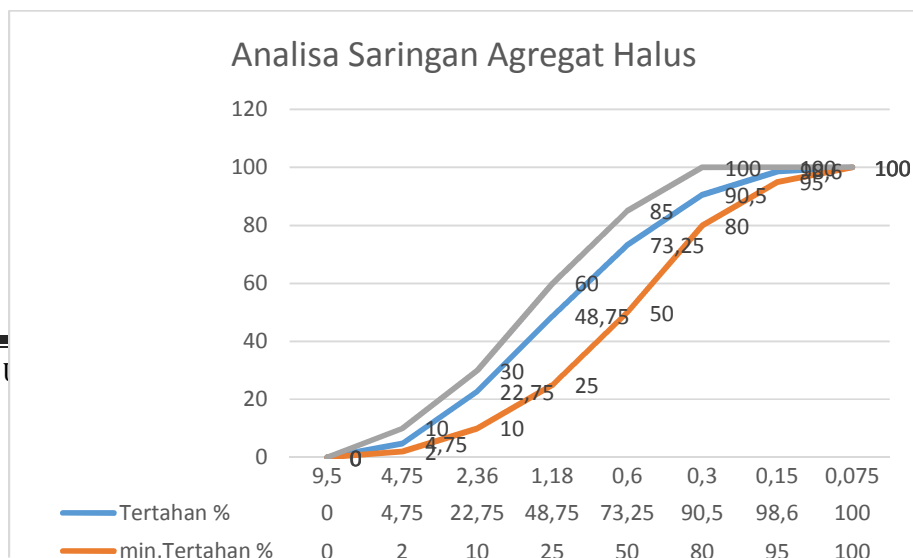
Pengujian analisa saringan agregat halus dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-1968-1990 tentang pengujian analisa saringan agregat kasar dan halus. Tujuannya adalah untuk menentukan susunan besar butir agregat halus serta untuk menentukan modulus kehalusannya. Pengujian ini dilakukan untuk butir - butir

tanah dengan diameter lebih besar dari 0,074 mm atau butir tanah yang tidak lolos dari saringan no. 200 dan lebih kecil dari 4,75 mm. Sedangkan untuk modulus kehalusan yang diisyaratkan berkisar antar 1,5 sampai 3,8. Jika nanti nilai modulus kehalusan lebih besar dari 3,8 maka agregat halus tersebut terlalu kasar dan harus diperbaiki dengan cara menambahkan agregat halus, sehingga nilai modulus kehalusannya antara 1,5 sampai 3,8. Begitu pula bila nilai modulus kehalusannya kurang dari 1,5 maka agregat halus tersebut harus diperbaiki dengan cara menambahkan agregat yang lebih kasar.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir

Ukuran Ayakan (mm)	Tertahan					Kumulatif		SPEK. ASTM C.33 AGREGAT HALUS	
	Berat (gram)		Prosen (%)			Tertahan (%)	Lolos (%)	Min.	Maks.
	I	II	I	II	Rata-Rata				
9.5	0	0	0	0	0	0	100	100	100
4.75	24,75	30,9	4,5	6	5,25	5,25	94,75	95	100
2.36	88	92,7	16	18	17	22,25	77,75	80	100
1.18	154	133,9	28	26	27	49,25	50,75	50	85
0.6	137,5	113,3	25	22	23,5	72,75	27,25	25	60
0.3	88	92,7	16	18	17	89,75	10,25	10	30
0.15	57,75	51,5	10,5	10	10,25	100	0	2	10
0.075	0	0	0	0	0	0	0		
Jumlah	550	515	100	100	100	335			
FM						3,35			

$$FM = \frac{\% \text{ Tertahan kumulatif}}{100} = \frac{335}{100} = 3,35$$



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir

4.3.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Pasir

Pengujian ini dilakukan berdasarkan acuan yang disesuaikan dengan SNI 03-1970-1990 tentang Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Penelitian ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui perbandingan antara berat agregat halus jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry - SSD*) dengan berat air suling yang volumenya sama dengan volume agregat halus dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Dan juga untuk mengetahui persentase berat air yang dapat diserap oleh pori-pori agregat halus hingga mencapai keadaan jenuh kering permukaan.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis Pasir

Sampel Benda Uji	Keterangan	Hasil Pengujian
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) (gram)	S	500
Berat benda uji kering oven (gram)	A	490,2
Berat piknometer diisi air (25 ⁰ C) (gram)	B	2155,2
Berat pik + benda uji (SSD) + air (25 ⁰ C) (gram)	C	2446,5
Berat Jenis (<i>Bulk</i>)	$\frac{A}{(B + S - C)}$	2,35
Berat Jenis kering permukaan jenuh	$\frac{S}{(B + S - C)}$	2,40

Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	$\frac{A}{(B + A - C)}$	2,46
Penyerapan air (%)	$\left[\frac{S - A}{A} \right] \times 100\%$	2,00

4.3.3 Pengujian Berat Isi Pasir

Pengujian berat isi agregat halus ini disesuaikan dengan SNI 03-1973-1993-1990 tentang Metode Pengujian Berat Isi Agregat. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui perbandingan berat agregat halus dengan volumenya, baik dalam keadaan lepas maupun dalam keadaan padat.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Pasir

Nomor Benda Uji		I	II	III
Berat Kontainer + Agregat (gram)	A	7287,2	7273,8	7215,4
Berat Kontainer (gram)	B	2701	2701	2701
Berat Agregat (gram)	C = A - B	4586,2	4572,8	4514,4
Volume Kontainer (cm ³)	D	2642	2642	2642
Berat Isi Agregat (gram/cm ³)	C / D	1,74	1,73	1,71
Berat Isi Rata-Rata Agregat		1.73		

4.3.4 Hasil Pengujian Pasir

Dari hasil pengujian Agregat kasar didapat data sebagai berikut:

1. Analisa saringan didapat nilai modulus kehalusan 3,35, agregat halus tersebut memenuhi syarat nilai modulus kehalusan yang berkisar antara 6.0 sampai 7.1.
2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air didapat nilai berat jenis 2,35 telah memenuhi syarat minimum dan penyerapan airnya sebesar 2,00 %.

3. Pengujian berat isi didapat nilai berat isi rata-rata 1,73 gr/cm³, agregat tersebut memenuhi syarat untuk beton normal berkisar antara 1,20 sampai 1,75 gr/cm³.
4. Pengujian kadar lumpur didapat nilai 2,08%, agregat tersebut memenuhi syarat minimum 5%.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Agregat Halus

No.	Jenis Pengujian	Cara Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990		
	4.75		5	%
	2.36		18,50	%
	1.18		25,00	%
	0.6		21,50	%
	0.3		18,20	%
	0.15		12,00	%
2	Modulus Kehalusan			3,35
3	Berat Jenis	SNI 03-1969-1990	2,35	gr
4	Penyerapan	SNI 03-1969-1990	2,00	%
5	Berat Isi	SNI 03-1973-1990	1,73	gr/cm ³
6	Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996	2,08	%

4.4 Rencana Campuran Beton

Setelah pengujian terhadap karakteristik bahan - bahan campuran beton dilakukan, tahap berikutnya adalah membuat rencana campuran beton (*mix design concrete*). Rencana campuran tersebut menggunakan campuran serbuk batu gamping terhadap pada agregat halus. Karena penelitian ini dilakukan untuk mencari kuat tekan karakteristik akibat penambahan abu batu kapur.

Dengan menggunakan beberapa perbandingan campuran beton dan penambahan limbah plastik pada agregat kasar dan campuran serbuk batu

gamping terhadap pada agregat halus., penulis membuat rencana campuran beton sebagai berikut :

Tabel 4.9 Rencana Jumlah Sampel Beton

Sample	Rencana Campuran	Jenis Pengujian	Dimensi Benda Uji	Jumlah Benda Uji Pada Umur		
				7	28	Total
Normal	1:2:3	Kuat tekan	15 x 30	1	1	2
Pasir 50% dan Serbuk Batu Gamping 50%	1 : (1 + 1) : 3	Kuat tekan	15 x 30	1	1	2
Serbuk Batu Gamping 100%	1 : 2 : 3	Kuat tekan	15 x 30	1	1	2
Jumlah Total				8	8	16

4.5 Perhitungan Rencana Campuran Beton

Berdasarkan hasil pengujian bahan yang dilakukan terhadap material campuran beton di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana diperoleh data sebagai berikut :

1. Agregat Kasar

Diameter agregat maksimal	= 18,50 mm
Berat jenis agregat	= 2,815 kg/m ³
Penyerapan Air	= 5,01 %
Berat Isi (<i>dry roded mass</i>)	= 1,522 gr/cm ³

2. Agregat Halus Pasir

Diameter agregat maksimal	= 4,75 mm
Berat jenis agregat	= 2,35 kg/m ³

Penyerapan Air = 2,00 %
 Berat Isi (*dry roded mass*) = 1,73 gr/cm³

3. Semen Tipe I

Berat jenis (*specivic gravity*) = 3,15 kg/m³

4. Air

Berat jenis (*specivic gravity*) = 205 kg/m³

Untuk mengetahui seberapa banyak kebutuhan bahan material beton yang akan digunakan dalam penelitian ini, sebaiknya dilakukan terlebih dahulu analisa volume kebutuhan semen, pasir, batu pecah dan air. Analisa tersebut dapat dimulai dengan menghitung volume benda uji silinder beton, yaitu : $1/4\pi d^2 \times t = 1/4 \pi \times 15^2 \text{ cm} \times 30\text{cm} = 5298 \text{ cm}^3$, kemudian dirubah ke dalam satuan meter kubik = 0,005298 m³. Jadi volume satu buah Silinder ialah sebesar 0,005298 m³ beton.

Setelah hasil perhitungan volume Silinder didapat, kebutuhan jumlah air dalam sebuah volume Silinder dapat dihitung dengan mengacu pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.10 Perkiraan Air Campuran Dan Persyaratan Kandungan Udara Untuk Berbagai Slump Dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum

Slump (cm)	Air yang diperlukan tiap m ³ adukan beton (ltr/kg) Untuk ukuran agregat maksimum (mm)							
	9,6	12,5	19,6	25	38,1	50	76,2	150
Beton biasa (<i>non-air entrained</i>)								
2,5 – 5,0	207	199	190	179	166	154	130	113
7,5 – 10,0	228	216	205	193	181	169	145	124
15,0 – 17,5	243	228	216	202	190	178	160	-
Kira-kira udara terperangkap (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
Beton Bergelembung Udara (<i>air entrained</i>)								
2,5 – 5,0	181	175	168	160	150	142	122	107

7,5 – 10,0	202	193	184	175	165	157	133	119
15,0 – 17,5	216	205	197	184	174	166	154	-
Kira-kira udara Terperangkap (%)	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Menurut data hasil pengujian agregat yang telah dilakukan dalam penelitian ini, ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 19 mm dengan jenis beton yang akan dibuat adalah beton biasa. Jadi berdasarkan tabel diatas jumlah kebutuhan air per 1 m³ beton adalah 205 kg air, dengan jenis beton biasa tidak perlu rongga udara (*non air entrained*) dan nilai slump diperkirakan berkisar antara 7,5 hingga 10 cm.

Berdasarkan uraian perhitungan analisa untuk 1 buah benda uji silinder diatas, maka kebutuhan bahan untuk melaksanakan pembuatan benda uji beton normal dengan perbandingan 1 : 2 : 3 dengan campuran yang berbeda yaitu antara pasir sungai dan pasir pantai adalah sebagai berikut :

1. Benda Uji Silinder untuk perbandingan 1 : 2 : 3 normal adalah :

$$\text{Volume} = 1/4 \pi \times 15^2 \times 30 = 0,005298 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ Semen} = (1/6) \times 0,005298 = 0,000882 \text{ m}^3$$

$$2 \text{ Pasir} = (2/6) \times 0,005298 = 0,001763 \text{ m}^3$$

$$3 \text{ Batu Pecah} = (3/6) \times 0,005298 = 0,002645 \text{ m}^3$$

Kebutuhan :

- Semen = $0,000882 \text{ m}^3 \times 3.150 \text{ kg/m}^3 = 2,77 \text{ Kg}$

- Pasir = $0,001763 \text{ m}^3 \times 2.630 \text{ kg/m}^3 = 4,63 \text{ Kg}$

- Kerikil = $0,002645 \text{ m}^3 \times 2.360 \text{ kg/m}^3 = 6,24 \text{ Kg}$

- Air = $0,005298 \text{ m}^3 \times 205 \text{ kg} = 1,08 \text{ Kg}$

2. Benda Uji Silinder dengan substitusi *Serbuk Gamping* 50% pada agregat halus dengan perbandingan 1 : (1+1) : 3 adalah :

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 1/4 \pi \times 15^2 \times 30 &= 0,005298 \text{ m}^3 \\ 1 \text{ Semen} &= (1/6) \times 0,005298 &= 0,000882 \text{ m}^3 \\ 2 \text{ Pasir} &= (2/6) \times 0,005298 &= 0,001763 \text{ m}^3 \\ 3 \text{ Kerikil} &= (3/6) \times 0,005298 &= 0,002645 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kebutuhan :

- Semen $= 0,000882 \text{ m}^3 \times 3.150 \text{ kg/m}^3 = 2,77 \text{ Kg}$
- Pasir $= 50\% (0,001763 \text{ m}^3 \times 2.630 \text{ kg/m}^3) = 2,315 \text{ Kg}$
- *Serbuk Gamping* $= 50\% (0,001763 \text{ m}^3 \times 2.630 \text{ kg/m}^3) = 2,315 \text{ Kg}$
- Kerikil $= 0,002645 \text{ m}^3 \times 2.360 \text{ kg/m}^3 = 6,24 \text{ Kg}$
- Air $= 0,005298 \text{ m}^3 \times 205 \text{ kg} = 1,08 \text{ Kg}$

3. Benda Uji Silinder dengan substitusi *Serbuk Gamping* 100% pada agregat halus dengan perbandingan 1 : 2 : 3 adalah :

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 1/4 \pi \times 15^2 \times 30 &= 0,005298 \\ &&\text{m}^3 \\ 1 \text{ Semen} &= (1/6) \times 0,005298 &= 0,000882 \text{ m}^3 \\ 2 \text{ Pasir} &= (2/6) \times 0,005298 &= 0,001763 \text{ m}^3 \\ 3 \text{ Kerikil} &= (3/6) \times 0,005298 &= 0,002645 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kebutuhan :

- Semen $= 0,000882 \text{ m}^3 \times 3.150 \text{ kg/m}^3 = 2,77 \text{ Kg}$
- Pasir $= 0\% (0,001763 \text{ m}^3 \times 2.370 \text{ kg/m}^3) = 0 \text{ Kg}$

- *Serbuk Gamping* = 100% ($0,001763 \text{ m}^3 \times 2.370 \text{ kg/m}^3$)= 4,63 Kg
- Kerikil = $0,002645 \text{ m}^3 \times 2.733 \text{ kg/m}^3$ = 6,24 Kg
- Air = $0,005298 \text{ m}^3 \times 205 \text{ kg}$ = 1,08 Kg

4.6 Pelaksanaan Campuran Beton

Setelah tahap perhitungan rencana campuran beton selesai, tahap berikutnya adalah pelaksanaan campuran beton. Pada penelitian ini proses pencampuran beton dilaksanakan dengan cara manual menggunakan alat - alat pencampur manual dan dilakukan oleh peneliti sendiri. Tujuannya untuk mendapatkan hasil yang optimal. Lamanya waktu pencampuran berkisar antara 5 sampai 10 menit atau sampai adukan beton benar - benar tercampur secara merata.

Pelaksanaan pencampuran ini dilakukan terhadap seluruh rencana campuran termasuk dengan penggunaan campuran pasir sungai dan pasir pantai. Berikut ini adalah gambar campuran pada saat proses pencampuran bahan - bahan utama beton.



Gambar 4.4 Pelaksanaan Pencampuran Beton(Daud Kurniawan)

4.7 Pengujian Slump Beton

Pengujian slump beton dilakukan setelah pencampuran beton selesai dilaksanakan. Dengan mengacu kepada SNI 03-1972-1990 tentang cara uji slump beton. Hasil pengujian slump pada masing - masing perbandingan campuran pada penelitian ini dapat dilihat melalui tabel dibawah ini.

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Slump

No.	Benda Uji	Slump
1	Normal Perbandingan 1 : 2 : 3	12.0
2	Serbuk Batu Gamping 50% Perbandingan 1 : (1+1) : 3	11.0
3	Serbuk Batu Gamping 100% Perbandingan 1 : 2 : 3	10.0



Gambar 4.5 Pengujian Slump Beton

Slump yang direncanakan pada berbagai macam komposisi perbandingan dalam penelitian ini yaitu sebesar 8,5 - 13 cm.

4.8 Pengecoran Dan Pemasatan

Pengecoran dan pematatan beton dilakukan setelah proses pengujian slump selesai dilaksanakan. Pengecoran beton dilakukan dengan memasukan beton segar ke dalam cetakan Silinder dengan dimensi 15 cm x 30 cm kemudian dipadatkan dengan besi pematat dengan cara ditusuk - tusuk dan di getarkan dengan cara memukul - mukul cetakan dengan menggunakan palu karet.



Gambar 4.6 Cetakan Beton Silinder 15 cm x 30

Setelah proses pengecoran dan pematatan selesai, kemudian ratakan permukaan atas beton hingga air semen naik keatas permukaan dan membuat permukaan beton menjadi halus. Kemudian cetakan Silinder tersebut disimpan dan baru bisa dibuka setelah 24 jam.

4.9 Perawatan Beton

Setelah benda uji beton dilepaskan dari cetakan Silinder, langkah selanjutnya adalah melakukan proses perawatan beton dengan cara merendam beton didalam air selama waktu tertentu. Dalam penelitian ini benda Uji Silinder akan di tes pada umur 7 dan 28 hari. Oleh karena itu, proses perawatan atau perendaman beton dilakukan selama 7 sampai dengan 28 hari.



Gambar 4.7 Proses Perawatan Beton

Proses perawatan beton ini dilakukan dengan tujuan untuk menghindari terjadinya proses hidrasi semen secara berlebihan yang bisa mengakibatkan beton menjadi retak. Proses hidrasi semen terjadi ketika semen mulai tercampur dengan air sampai menghasilkan pasta yang plastis dan mudah dikerjakan. Pada proses pengerasan semen setelah semen menjadi pasta dikenal dengan waktu pengerasan awal hingga tercapai waktu pengerasan akhir hingga semen benar - benar mengeras dan tidak berubah. Seiring berjalannya waktu proses pengerasan berjalan secara terus menerus hingga diperoleh kekuatan semen yang semakin baik.

4.10 Pengujian Berat Sampel Beton Kering

Pengujian berat sampel beton kering dilakukan setelah proses perawatan beton (perendaman dalam air) dilakukan. Berat sampel benda uji ditimbang

sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton. Berikut adalah hasil Pengujian berat sampel beton kering pada umur 7 hari.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Berat Sampel Beton Kering Pada Umur 7 Hari

Rencana Campuran Beton	7 hari	
	sebelum (kg)	sesudah (kg)
Normal Perbandingan 1 : 2 : 3	12,5	12,5
Serbuk Batu Gamping 50% Perbandingan 1 : (1+1) : 3	12,3	12,2
Serbuk Batu Gamping 100% Perbandingan 1 : 2 : 3	12,4	12,4

4.11 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dilakukan terhadap benda Uji Silinder pada masing - masing umur beton yaitu umur 7 hari masa perendaman beton.



Gambar 4.8 Alat Compression Testing Machine

Pengujian kuat tekan beton dalam penelitian ini menggunakan alat yang bernama *Compression Testing Machine* yang ada di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Sangga Buana Bandung dengan kapasitas pengujian hingga 2000 KN. Berikut adalah contoh gambar penunjukan jarum dial *Compression Testing Machine* pada masing-masing campuran ;

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari

No	Identifikasi benda uji	Umur (Hari)	Luas Bidang (mm ²)	Pembebanan (N)
1	Normal Perbandingan 1 : 2 : 3	7	17.671	400.000
2	Serbuk Batu Gamping 50% Perbandingan 1 : (1+1) : 3	7	17.671	380.000
3	Serbuk Batu Gamping 100% Perbandingan 1 : 2 : 3	7	17.671	350.000

Kuat tekan beton dapat dihitung dengan cara yang sederhana yaitu dengan cara membagi berat beban maksimum yang dapat dipikul oleh benda uji yang dikeluarkan oleh mesin uji kuat tekan dibagi dengan luas penampang dari masing - masing benda uji tersebut.

4.11.1 Perhitungan Kuat Tekan Pada Saat Umur 7 Hari

Untuk menghitung kuat tekan beton dari hasil pembebanan benda uji, bisa digunakan rumus Kuat tekan adalah Beban maksimum dibagi Luas penampang benda uji (Kuat tekan = P/A). Langkah pertama adalah menghitung luas penampang benda uji dengan menggunakan rumus :

$$\text{Luas penampang Silinder} = 1/4\pi d^2$$

Maka luas penampang untuk beton Silinder dengan panjang sisi 30 cm adalah

$$\text{Luas penampang} = 1/4\pi d^2 = 1/4\pi \times 15^2 \text{ cm} = 176,71 \text{ cm}^2$$

Nilai f'_{ck} adalah besar kuat tekan benda Uji Silinder dimana beban tekan dibagi dengan luas bidang tekan. Sedangkan nilai f'_c adalah besar kuat tekan benda uji silinder yang didapat dari konversi benda Uji Silinder. Adapun cara konversi tersebut, yaitu :

$$F'_{ck} = P/A$$

$$F'_c = \text{N/cm}^2 \text{ jika dirubah ke kg/cm}^2 = (F'_c \times 100)/\text{gravitasi (9.81)}$$

$$F'_c = f'_{ck} \times 0,83 ,$$

dimana f'_{ck} = kuat tekan benda Uji Silinder

0,83 = koefisien konversi dari Kubus ke silinder

Tabel 4.14 Angka Konversi Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Umur Beton Dan Angka Konversi Benda Uji

Konversi Benda Uji	Kekuatan Beton Pada Berbagai Umur				
Jenis Beton Uji	3	7	14	21	28
Silinder 30x15 cm	0,46	0,70	0,88	0,96	1,00

Perhitungan Kuat Tekan Silinder Beton pada umur 7 hari:

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang Silinder} &= 1/4\pi d^2 \\ &= 1/4\pi \times 150^2 \text{ mm} = 17.671 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Beban tekan Benda Uji perbandingan

Normal

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan 1 : 2 : 3} &= 400 \text{ KN} \\ &= 400 \times 1000 \\ &= 400000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kuat tekan} &= 400000 \text{ N} / 17.671 \\ &= \underline{22,64 \text{ N/mm}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F'c &= (22,64 \times 100) / 9,81 \\ &= \underline{230,74 \text{ kg/cm}^2} \end{aligned}$$

Beban tekan Benda Uji perbandingan

Serbuk Batu Gamping 50%

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan 1 : (2 - 50%) : 3} &= 380 \text{ KN} \\ &= 380 \times 1000 \\ &= 380000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kuat tekan} &= 380000 \text{ N} / 17.671 \\ &= \underline{21,50 \text{ N/mm}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F'c &= (21,50 \times 100) / 9,81 \\ &= \underline{219,21 \text{ kg/cm}^2} \end{aligned}$$

Beban tekan Benda Uji perbandingan

Serbuk Batu Gamping 100%

Perbandingan 1 : (2 - 100%) : 3 = 350 KN

$$= 350 \times 1000$$

$$= 350000 \text{ N}$$

Maka kuat tekan = $350000 \text{ N} / 17.671$

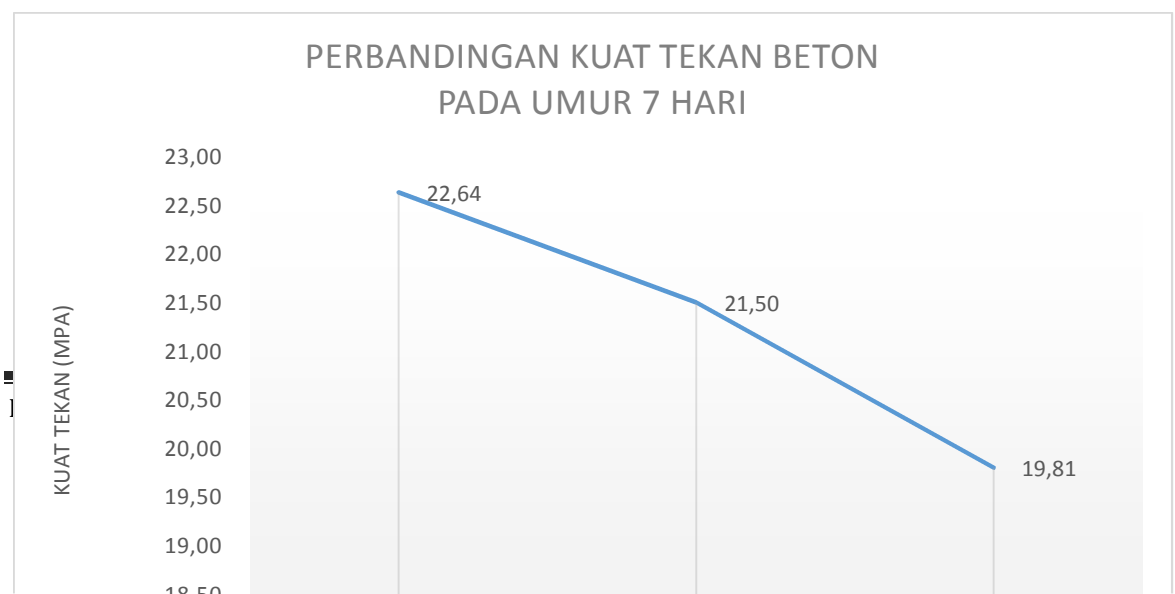
$$= \underline{19,81 \text{ N/mm}^2}$$

F'c = $(19,81 \times 100) / 9,81$

$$= \underline{201,90 \text{ kg/cm}^2}$$

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Dan Perhitungan Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari

Benda Uji	Tanggal Cor	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Luas Bidang (mm ²)	Beban (N)	f'ck (N/mm ²) (Mpa)	F'c (kg/cm ²)
B 1	24/03	31/03	7 hari	17.671	400.000	22,64	230,74
B 2	24/03	31/03	7 hari	17.671	380.000	21,50	219,21
B 3	24/03	31/03	7 hari	17.671	350.000	19,81	201,90



Gambar 4.9 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

4.12 Pengujian Berat Sampel Beton Kering Umur 28 Hari

Pengujian berat sampel beton kering dilakukan setelah proses perawatan beton (perendaman dalam air) dilakukan. Berat sampel benda uji ditimbang sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton. Berikut adalah hasil Pengujian berat sampel beton kering pada umur 28 hari.

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Berat Sampel Beton Kering Pada Umur 28 Hari

Rencana Campuran Beton	28 hari	
	sebelum (kg)	sesudah (kg)
Normal Perbandingan 1 : 2 : 3	12,5	12,4
Serbuk Batu Gamping 50% Perbandingan 1 : (1+1) : 3	12,4	12,3
Serbuk Batu Gamping 100% Perbandingan 1 : 2 : 3	12,3	12,2

4.12.1 Perhitungan Kuat Tekan Pada Saat Umur 28 Hari

Untuk menghitung kuat tekan beton dari hasil pembebanan benda uji, bisa digunakan rumus Kuat tekan adalah Beban maksimum dibagi Luas penampang benda uji (Kuat tekan = P/A). Langkah pertama adalah menghitung luas penampang benda uji dengan menggunakan rumus :

$$\text{Luas penampang Silinder} = 1/4\pi d^2 \times t$$

Maka luas penampang untuk beton Silinder dengan panjang sisi 30 cm adalah

$$\text{Luas penampang} = 1/4\pi d^2 \times t = 1/4\pi \times 15^2 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 176,71 \text{ cm}^2$$

Nilai f'_{ck} adalah besar kuat tekan benda Uji Silinder dimana beban tekan dibagi dengan luas bidang tekan. Sedangkan nilai f'_c adalah besar kuat tekan benda uji silinder yang didapat dari konversi benda Uji Silinder. Adapun cara konversi tersebut, yaitu :

$$F'_{ck} = P/A$$

$$F'_c = \text{N/cm}^2 \text{ jika dirubah ke kg/cm}^2 = (F'_c \times 100)/\text{gravitasi (9.81)}$$

$$F'_c = f'_{ck} \times 0,83 ,$$

dimana f'_{ck} = kuat tekan benda Uji Silinder

0,83 = koefisien konversi dari Kubus ke silinder

Perhitungan Kuat Tekan Silinder Beton pada umur 28 hari:

$$1 \text{ KN} = 1000 \text{ N}$$

$$\text{Luas penampang Silinder} = 1/4\pi d^2$$

$$= 1/4\pi \times 150^2 \text{ mm} = 17.671 \text{ mm}^2$$

Beban tekan Benda Uji perbandingan

Beton Normal

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan 1 : 2 : 3} &= 450 \text{ KN} \\ &= 450 \times 1000 \\ &= 450000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kuat tekan} &= 450000 \text{ N} / 17.671 \\ &= \underline{25,47 \text{ N/mm}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F'c &= (25,47 \times 100) / 9,81 \\ &= \underline{259,59 \text{ kg/cm}^2} \end{aligned}$$

Beban tekan Benda Uji perbandingan

Serbuk Batu Gamping 50%

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan 1 : (2 - 50%) : 3} &= 440 \text{ KN} \\ &= 440 \times 1000 \\ &= 440000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kuat tekan} &= 440000 \text{ N} / 17.671 \\ &= \underline{24,90 \text{ N/mm}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F'c &= (24,90 \times 100) / 9,81 \\ &= \underline{253,82 \text{ kg/cm}^2} \end{aligned}$$

Beban tekan Benda Uji perbandingan

Serbuk Batu Gamping 100%

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan 1 : (2 - 100%) : 3} &= 430 \text{ KN} \\ &= 430 \times 1000 \\ &= 430000 \text{ N} \end{aligned}$$

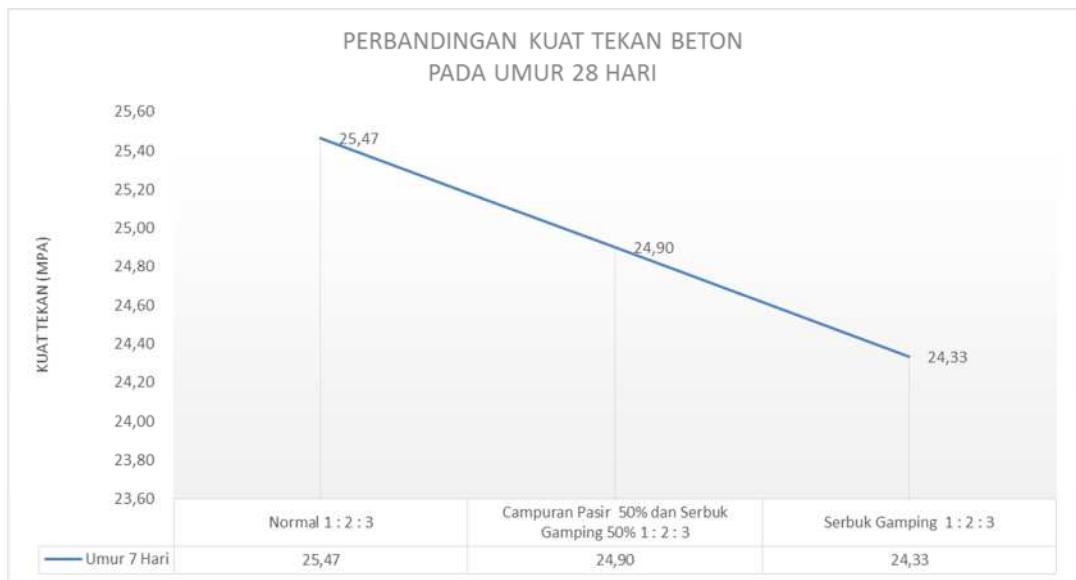
$$\begin{aligned} \text{Maka kuat tekan} &= 430000 \text{ N} / 17.671 \\ &= \underline{24,33 \text{ N/mm}^2} \end{aligned}$$

$$F'c = (24,33 \times 100) / 9,81$$

$$= \underline{248,05 \text{ kg/cm}^2}$$

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Dan Perhitungan Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

Benda Uji	Tanggal Cor	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Luas Bidang (mm ²)	Beban (N)	f'ck (N/mm ²) (Mpa)	F'c (kg/cm)
B 1	24/03	21/04	28	17.671	450.000	25,47	259,59
B 2	24/03	21/04	28	17.671	440.000	24,90	253,82
B 3	24/03	21/04	28	17.671	430.000	24,33	248,05



Gambar 4.10 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari



F1

Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Masing-Masing Campuran

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton yang disubstitusi agregat halus dengan serbuk batu gamping adalah beton normal menghasilkan kuat tekan 25,47 MPa, beton kandungan serbuk batu gamping 50% menghasilkan kuat tekan 24,90 MPa, beton kandungan serbuk batu gamping 100% menghasilkan kuat tekan 24,33 MPa.
2. Pengaruh serbuk batu gamping pada beton akan mengubah kuat tekan menjadi lebih tinggi jika komposisinya benar. Pada pengujian ini kadar CaO dan MgO tidak sampai pada 95% seperti pada syarat yang telah ditentukan.
3. Untuk mencapai kuat tekan beton rencana 20 Mpa dengan serbuk gamping sebagai substitusi agregat halus melampaui tetapi perbandingan kuat tekan beton dengan beton normal menjadi semakin rendah.

5.2 Saran

1. Dalam proses pembuatan benda uji pada beton diperlukan *quality control* yang sangat baik dari mulai mix desain yang dibuat, pembuatan benda uji di lapangan, hingga pada proses pencetakan benda uji. Jika campuran benda uji tidak merata akan meningkatkan

kemungkinan terjadi porositas dan komposisi agregat kasar dan agregat halus yang tidak seimbang.

2. Saat memasukan air pada pengecoran perlu dikaji ulang, bisa dilihat dari keadaan agregat halus dan agregat kasar jika dalam kondisi basah maka penggunaan air harus perlahan dimasukan saat pengecoran, lihat jika adonan campran beton sekiranya cukup mencapai slump yang diinginkan maka penggunaan air tidak perlu sampai full sesuai dengan mix desain rencana.
3. Untuk pengujian beton, diperlukan fasilitas penunjang yang lengkap di laboratorium seperti alat uji kuat tekan yang mempunyai kapasitas tinggi.
4. Disarankan menggunakan jenis semen lain selain Tiga Roda yang peneliti gunakan, dapat menggunakan jenis semen Gresik, Semen Padang dan jenis semen Portland lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute, **ACI 211.1.91 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete**, *Reapproved 2002, Reported by ACI Committee 211. USA : PCA, 2002*
- Aulia Ziaulhaq. **Teknologi Bahan I**. Program SP-4 Jurusan Teknik Sipil. Politeknik Negeri Jakarta : 2012.
- Departemen Pekerjaan Umum. **Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder**. *SNI 1974 : 2011*. Badan Standarisasi Nasional., Jakarta : 2011.
- Departemen Pekerjaan Umum. **Metode Pengambilan dan Pengujian Beton Inti**. *SNI 03 – 2492 : 2002.*, Badan Standarisasi Nasional. Jakarta : 2002.
- Departemen Pekerjaan Umum. **Metode Pengujian Kadar Agregat**. *SNI 03 – 1971 : 1990*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 1990.
- Departemen Pekerjaan Umum. **Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium**. *SNI 2493 – 2011*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 2011.
- Departemen Pekerjaan Umum. **Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Spesimen Uji Beton di Lapangan**. *SNI 4810 – 2013.*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 2013.
- Departemen Pekerjaan Umum. **Tata Cara Pembuatan Kaping untuk Benda Uji Silinder Beton**. *SNI 6369 : 2008*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 2008.
- Departemen Pekerjaan Umum. **Metode Pengujian Slump Beton**. *SNI 03 – 1972 : 1990*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 1990.
- Departemen Pekerjaan Umum. **Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara Beton**. *SNI 1973 : 2008*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 2008.

Departemen Pekerjaan Umum. **Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No.200**. SNI 03-4142-1996. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 1996.

Departemen Pekerjaan Umum. **Semen Portland**. SNI-15-2049 : 2004. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta : 2004

Departemen Pekerjaan Umum. **Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal**. SNI 03-2834 : 2000. **Badan Standarisasi Nasional**, Jakarta 2000.

Dwi Kusuma, **Peranan Air Dalam Pembuatan Beton**. Jakarta : 2012

Ir. Muhammad Ryanto, MT. Teknologi Bahan Beton. **Perencanaan Campuran Beton**. **Jurusan Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP** . Bandung : 2014

Marchin Alfredo Studi . **Kuat Tekan Beton Normal Mutu Sedang Dengan Campuran Abu Sekam Padi (RHA) dan Limbah Adukan Beton (CSW)** . Fakultas Teknik Sipil. Universitas Indonesia Depok 2012.

Perpustakaan Prosida, 1971. **Pendjelasan & Pembahasan mengenai Peraturan Beton Indonesia**. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung, 1971.

Romie Fadlan, 2011. **Modul Beton I Mix Design Beton Normal**. Teknik Sipil Universitas Mulawarman, Samarinda Kalimantan Timur : 2011.

Tika Oktaria, 2013. *Durabilitas Beton dengan Subtisiu Sebagian Semen dengan Abu Sekam Padi*. Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Indonesi, Bandung : 2013.

Tjokrodimuljo, Kardiyono. 2007. **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta : 2007.

Tri Mulyono. **Teknologi Beton**. Jakarta : 2005

*ASTM D 422, "Standard Method of Laboratory for Particle Size Analysis of Soils",
American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania,
USA.*

*AASHTO, AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures 1972, AASHTO
Washington DC., chapter III revised 1981*