

TUGAS AKHIR

KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN PENAMBAHAN PECAHAN BATAKO SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR UNTUK STRUKTUR BANGUNAN

*Diajukan untuk memenuhi syarat Akademis
dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana (Strata- 1) Teknik Sipil – Fakultas Teknik
Universitas Sangga Buana (USB-YPKP)*

**Disusun oleh :
ALFREDO ISIR
2112161164**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANGGA BUANA (USB) - YPKP
BANDUNG
2014**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN PENAMBAHAN PECAHAN BATAKO SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR UNTUK STRUKTUR BANGUNAN

Disusun oleh :

**ALFREDO ISIR
2112161164**

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. R. Didin Kusdian, MT.

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Sipil

Dr. Ir. Bakhtiar AB, MT.

Dr. Ir. R. Didin Kusdian, MT.

LEMBAR PERSEMBAHAN

"Hidup ini bagai skripsi, banyak bab dan revisi yang harus dilewati. Tapi akan selalu berakhir indah, bagi yang pantang menyerah."



Pertama Tama Saya Ucapkan Puji Syukur Kehadirat TUHAN YME, atas kehendaknya skripsi ini bisa saya selesaikan. Skripsi ini adalah persembahan kecil saya untuk kedua orangtua saya. Ketika dunia menutup pintunya pada saya, ayah dan ibu membuka lengannya untuk saya. Ketika orang-orang menutup telinga mereka untuk saya, mereka berdua membuka hati untukku. Terima kasih karena selalu ada untukku.

KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN PENAMBAHAN BATAKO SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR UNTUK STRUKTUR BANGUNAN

**ALFREDO ISIR
2112161164**

ABSTRAK

Infrastruktur di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, dan permintaan kebutuhan infrastruktur semakin meningkat. Sehingga banyak ditemukan limbah atau bekas berbagai bahan bangunan seperti batu bata dan batako, baik yang masih utuh maupun yang sudah pecah.

Dalam hal ini peneliti bermaksud untuk memanfaatkan pecahan batako tersebut untuk mengganti agregat kasar dalam campuran beton, dengan harapan dapat mengurangi biaya dan mengurangi limbah yang akan terbuang.

Pada penelitian ini menggunakan limbah batako sebesar 0.0%, 25%, 50%, 75%, 100% dengan hasil dari penelitian ini, beton normal tanpa bahan tambahan menjadi beton dengan hasil kuat tekan tertinggi. Diikuti dengan beton dengan tambahan limbah beton dengan persentase paling kecil.

Kata Kunci :

Beton, Limbah batako, penghematan biaya, ramah lingkungan Kuat Tekan

STRONG CONCRETE PRESSURE STUDY WITH BATAKO ADDITION AS A REPLACEMENT OF CRUDE AGGREGATE FOR BUILDING STRUCTURE

**ALFREDO ISIR
2112161164**

ABSTRACT

Infrastructure in Indonesia has increased from year to year, and demand for infrastructure needs has increased. So there are many waste or used building materials such as bricks and concrete blocks, both intact and broken

In this case the researchers intend to utilize the brick fractions to replace the coarse aggregate in the concrete mixture, hoping to reduce costs and reduce waste that will be wasted.

In this study using brick waste by 0.0%, 25%, 50%, 75%, 100% with the results of this study, normal concrete without additives becomes concrete with the highest compressive strength results. Followed by concrete with the addition of concrete waste with the smallest percentage.

Keywords :

Concrete, concrete brick waste, cost savings, environmentally friendly
Compressive Strength

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 topik khusus dengan judul "***KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN PENAMBAHAN PECAHAN BATAKO SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR UNTUK STRUKTUR BANGUNAN***". Laporan topik khusus 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 topik khusus 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 YPKP – Bandung.
2. Dr. H. Vip Paramarta, Drs, MM, selaku Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
3. Memi Sulaksmi, SE., M.Si, selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
4. Dr. Ir. Bakhtiar AB., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
5. Drs. Tia Sugiri, ST, MPd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
6. Dr. Ir. R. Didin Kusdian, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung.
7. Ir. Yushar Kadir, MT, selaku Kepala Laboratorium Teknik Sipil di Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung dan sebagai pembimbing Topik Khusus.

8. Seluruh Civitas Akademik Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil USB - YPKP
9. Kedua Orang Tua yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan arahan serta dorongan baik moril, spiritual, maupun materil.
10. Rekan-rekan seangkatan yang senantiasa saling mendukung dalam penyusunan laporan ini.
11. Pihak-pihak lain yang telah banyak membantu dalam pengerjaan laporan ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, atas segala kebaikan dan bantuannya selama 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, April 2014

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	I-3
1.4 Sasaran Penelitian.....	I-4
1.5 Batasan Masalah	I-4
1.6 Manfaat.....	I-5
1.7 Sistematika Penulisan	I-5
BAB II KAJIAN LITERATUR	
2.1 Pengertian Beton.....	II-7
2.2 Kuat Tekan Beton	II-8
2.3 Bahan Dasar Beton	II-16
2.3.1 Semen	II-16
2.3.1.1 Semen Portland.....	II-17
2.3.1.2 Sifat Kimia Semen.....	II-18

2.3.1.3	Sifat Fisik Semen.....	II-19
2.3.2	Agregat	II-20
2.3.3	Air.....	II-22
2.4	Batu Bata	II-23
2.5	Sifat-sifat Beton.....	II-24
2.5.1	Kemudahan Pekerjaan (<i>Workabilitas</i>).....	II-25
2.5.2	Pemisahan Kerikil (<i>Egegation</i>)	II-28
2.5.3	Pemisahan Air (<i>Bleeding</i>).....	II-29
2.6	Hipotesis	II-29

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1	Bagan Alur Penelitian	III-30
3.2	Tempat Penelitian	III-31
3.3	Standar dan Alat Penelitian	III-31
3.3.1	Standar Pengujian	III-31
3.3.2	Alat Pengujian	III-32
3.4	Pengujian Material.....	III-32
3.4.1	Penyiapan Benda Uji dari Contoh Agregat	III-32
3.4.1.1	Ruang Lingkup	III-32
3.4.1.2	Peralatan dan Bahan	III-32
3.4.1.3	Persiapan contoh Uji.....	III-32
3.4.1.4	Langkah-langkah Pelaksanaan	III-32
3.4.1.5	Perhitungan Hasil Uji	III-34

3.4.2	Pengujian Analisa Saringan.....	III-34
3.4.2.1	Ruang Lingkup ..	III-34
3.4.2.2	Peralatan dan Bahan ..	III-35
3.4.2.3	Persiapan contoh Uji.....	III-35
3.4.2.4	Langkah-langkah Pelaksanaan ..	III-36
3.4.2.5	Perhitungan Hasil Uji ..	III-36
3.4.3	Pengujian Berat Isi Agregat.....	III-36
3.4.3.1	Ruang Lingkup ..	III-36
3.4.3.2	Peralatan dan Bahan ..	III-36
3.4.3.3	Persiapan contoh Uji.....	III-37
3.4.3.4	Langkah-langkah Pelaksanaan ..	III-37
3.4.3.5	Perhitungan Hasil Uji ..	III-39
3.4.4	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	III-39
3.4.4.1	Ruang Lingkup ..	III-39
3.4.4.2	Peralatan dan Bahan ..	III-40
3.4.4.3	Persiapan contoh Uji.....	III-41
3.4.4.4	Langkah-langkah Pelaksanaan ..	III-41
3.4.4.5	Perhitungan Hasil Uji ..	III-42
3.4.5	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	III-43
3.4.5.1	Ruang Lingkup ..	III-43
3.4.5.2	Peralatan dan Bahan ..	III-43
3.4.5.3	Persiapan contoh Uji.....	III-44
3.4.5.4	Langkah-langkah Pelaksanaan ..	III-44

3.4.5.5	Perhitungan Hasil Uji	III-46
3.4.6	Pengujian Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 ...	III-47
3.4.6.1	Ruang Lingkup ..	III-47
3.4.6.2	Peralatan dan Bahan	III-47
3.4.6.3	Persiapan contoh Uji.....	III-47
3.4.6.4	Langkah-langkah Pelaksanaan	III-48
3.4.6.5	Perhitungan Hasil Uji	III-48
3.4.7	Pengujian Kotoran Organik dalam Agregat Halus	III-49
3.4.7.1	Ruang Lingkup ..	III-49
3.4.7.2	Peralatan dan Bahan	III-49
3.4.7.3	Persiapan contoh Uji.....	III-49
3.4.7.4	Langkah-langkah Pelaksanaan	III-49
3.4.7.5	Perhitungan Hasil Uji	III-50
3.4.8	Pengujian Gumpalan Lempung dan Butiran Mudah Pecah dalam Agregat	III-50
3.4.8.1	Ruang Lingkup ..	III-50
3.4.8.2	Peralatan dan Bahan	III-50
3.4.8.3	Persiapan contoh Uji.....	III-50
3.4.8.4	Langkah-langkah Pelaksanaan	III-51
3.4.8.5	Perhitungan Hasil Uji	III-52
3.4.9	Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles.....	III-53
3.4.9.1	Ruang Lingkup ..	III-53
3.4.9.2	Peralatan dan Bahan	III-53

3.4.9.3	Persiapan contoh Uji.....	III-54
3.4.9.4	Langkah-langkah Pelaksanaan	III-55
3.4.9.5	Perhitungan Hasil Uji	III-55
3.4.10	Pengujian Ketahanan Terhadap Tekanan	III-55
3.4.10.1	Ruang Lingkup	III-55
3.4.10.2	Peralatan dan Bahan	III-56
3.4.10.3	Persiapan contoh Uji.....	III-56
3.4.10.4	Langkah-langkah Pelaksanaan	III-57
3.4.10.5	Perhitungan Hasil Uji	III-57
3.4.11	Pengujian Kadar Air Agregat	III-58
3.4.11.1	Ruang Lingkup	III-58
3.4.11.2	Peralatan dan Bahan	III-58
3.4.11.3	Persiapan contoh Uji.....	III-58
3.4.11.4	Langkah-langkah Pelaksanaan	III-59
3.4.11.5	Perhitungan Hasil Uji	III-59
3.5	Pengujian Slump Beton	III-60
3.5.1	Peralatan.....	III-60
3.5.2	Benda Uji	III-60
3.5.3	Cara Pengujian atau Prosedur.....	III-60
3.5.4	Pengukuran Slump.....	III-61
3.6	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	III-62
3.6.1	Peralatan	III-62
3.6.2	Benda Uji	III-62

3.6.3	Cara Pengujian atau Prosedur	III-64
3.6.4	Perhitungan	III-64
3.7	Pengujian Pada Pecahan Batako	III-65
3.8	Pembuatan Benda Uji Beton Segar	III-65
3.9	Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji Beton Normal Dengan Bahan Campuran Pecahan Batako dengan Perbandingan 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% Terhadap Berat Kerikil (Agregat Kasar)	III-66

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jumlah Beton dan Proses Rencana Agregat Kasar dan Batako	I-4
Tabel 2.1 Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar.....	II-22
Tabel 3.1 Metode Pengujian Bahan Dasar Beton	III-31
Tabel 3.2 Jumlah Hasil Persiapan Contoh Uji	III-34
Tabel 3.3 Wadah Baja Beserta Ukuran Dimensi untuk Pengujian Bobot isi.	III-37
Tabel 3.4 Ketentuan Berat dan Gradasi untuk Pengujian Lolos N0.200	III-47
Tabel 3.5 Kebutuhan Jumlah Benda Uji Sesuai Gradasinya pada Pengujian Gumpalan Lempung	III-51
Tabel 3.6 Ukuran Saringan yang Digunakan untuk Memisahkan Antara Agregat dengan Gumpalan Lempung	III-52
Tabel 3.7 Kebutuhan Agregat dalam Pengujian Abrasi	III-54
Tabel 3.8 Berat Contoh Agregat Minimum Tergantung pada Ukuran Butiran Maksimum	III-58
Tabel 3.9 Metode Pengujian untuk Pecahan Batako	III-65
Tabel 3.10 Perhitungan Pembuatan Benda Uji Beton Normal	III-66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pemodelan Uji Kuat Retak Tekan Silinder Beton.....	II-9
Gambar 2.2	Pemodelan Pola Retak Uji Kuat Tekan Beton Kubus.....	II-9
Gambar 2.3	Hubungan Antara Faktor Air Semen dengan Kekuatan Beton Selama Masa Perkembngannya (<i>Tri Mulyono, 2003</i>)	II-11
Gambar 2.4	Hubungan Antara Umur Beton dan Kuat Tekan Beton	II-12
Gambar 2.5	Perkembangan Kekuatan Tekan Mortar untuk Berbagai Tipe Portland Semen.....	II-13
Gambar 2.6	Pengaruh Jumlah Semen Terhadap Kuat Tekan Beton pada Faktor Air Semen Sama.....	II-14
Gambar 2.7	Kekuatan Tekan Beton yang Dike ringkan dalam Udara di Laboratorium Sesudah Perawatan Awal dengan Membasahinya.	II-23
Gambar 2.8	Kerucut Abrams	II-26
Gambar 2.9	Slump Sebenarnya.....	II-26
Gambar 2.10	Slump Geser	II-27
Gambar 2.11	Slump Runtuh.....	II-28
Gambar 3.1	Metodologi Penelitian	II-30

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya pembangunan gedung maupun perkantoran, maka banyak pula bangunan-bangunan yang sudah tua dibongkar. Sehingga banyak ditemukan limbah atau bekas berbagai bahan bangunan seperti batu bata dan batako baik yang masih utuh maupun yang sudah pecah. Dalam hal ini peneliti bermaksud untuk memanfaatkan pecahan batako tersebut untuk mengganti sebagai agregat kasar dalam campuran beton. Diharapkan dengan mengganti sebagai agregat kasar dengan pecahan batako maka harga dari agregat berkurang (lebih irit) tetapi tanpa mengurangi mutu kuat tekan dari beton yang ada atau dengan kata lain kuat tekan beton yang terjadi tetap sesuai dengan rencana. Perumusan masalah pada penelitian ini adalah apakah dalam campuran beton sebagai agregat kasar dapat diganti dengan pecahan batako yaitu variabel prosentasi sebagai pecahan batako terhadap kuat tekan beton, variabel kekerasan agregat terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini bertujuan menentukan prosentase pecahan batako terhadap agregat kasar sehingga tidak akan mempengaruhi mutu beton yang diharapkan / kuat tekan beton, mengkaji hubungan antara proporsi pecahan batako terhadap agregat kasar dan mutu beton yang dihasilkan (kuat tekan beton), dan mengevaluasi pengaruh kekerasan agregat kasar terhadap kuat tekan beton.

Beton normal merupakan campuran dari agregat kasar (krikil) agregat halus (pasir), semen, dan. Dengan berbagai komposisi dan mutu beton masing-masing bahan campuran beton akan didapat hasil mutu beton yang berbeda-beda.

Dari sifat pecahan batako dan agregat kasar (kerikil) yang hampir sama yaitu mempunyai sifat keras, maka peneliti tertarik untuk

mengadakan penelitian batako sebagai pengganti kerikil dalam campuran beton. dengan mutu kuat tekan rencana K-175.

Pada kajian ini peneliti mencoba membuat beton normal dengan mutu K-175 dengan f.a.s 0.6, bahan untuk membuat beton pada dasarnya terdiri dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen dan air (Lj, Mardock dkk 1993). Agregat halus jika diameter agregat = 4,75 mm, sedangkan agregat kasar berdiameter > 4.75mm. untuk membuat beton diperlukan persyaratan agregat antara lain kandungan lumpur untuk agregat halus < 5% dan agregat kasar < 1% (Dep. Perindustrian, SII 0077-75 dan Dep. Perindustrian SII 0078-75). Semen (*Portland cement*) adalah bahan pengikat hidrasi yang mempunyai sifat pengikat dan kemudian mengeras apabila di campur dengan air. Air adalah bahan yang diperlukan semen untuk melakukan proses hidrasi. Jumlah air yang diperlukan semen untuk mendapatkan campuran yang baik (konsistensi normal) berkisar antara 24 – 33 % (Dep. PU, 1990 SKSNI T-15-1990-03). Banyaknya air yang diperlukan untuk mendapatkan kelacakan (slump) tertentu dari adukan. maka mengingat pentingnya permasalahan tersebut diatas, maka penulis akan mencoba untuk melakukan penelitian yang berkaitan dengan judul yaitu **“KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN PENAMBAHAN PECAHAN BATAKO SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR UNTUK STRUKTUR BANGUNAN”**

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah campuran beton yang sebagian agregat kasar diganti dengan pecahan batako, dengan variabel prosentasi pecahan batako tertentu tetap memiliki kuat tekan yang memadai untuk digunakan pada struktur bangunan.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah Mengkaji hubungan antara jumlah pecahan batako terhadap agregat kasar dan mutu yang dihasilkan (kuat tekan beton). Tujuan penelitian ini adalah menentukan prosentase pecahan batako yang dapat digunakan dalam campuran beton sehingga tidak mempengaruhi mutu beton yang diharapkan / kuat tekan beton, yang akan dilaksanakan pada laboratorium uji kuat tekan beton USB YPKP Bandung.

1.4 Sasaran Penelitian

Meminimalkan besarnya biaya yang digunakan untuk membuat beton tanpa mengurangi mutu beton (kuat tekan beton) itu sendiri

1.5 Batasan masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi permasalahan yang akan dikemukakan agar tidak terlalu menyimpang dari penelitian.

Maka pembatasan masalah pada penelitian ini adalah:

- 1) Pemeriksaan hanya meliputi campuran beton
- 2) Kuat tekan beton rencana (K-175) pada 28 hari.
- 3) Pengujian dilakukan pada umur 7 dan 28 hari, menggunakan cetakan beton berbentuk Kubus 15 x 15. Dengan jumlah sampel:

Tabel 1.1. jumlah beton dan proses rencana agregat kasar dan batu bata

Kode beton	Agregat kasar	Pecahan Batako	Jumlah sampel
K-175	100%	0%	2
K-175	80%	20%	2
K-175	60%	40%	2
K-175	40%	60%	2
K-175	20%	80%	2
K-175	0%	100%	2
Total			$\Sigma = 12$ buah

- 4) Penelitian menggunakan semen portland jenis I sesuai dengan SNI 15-2049-2004 yang merupakan jenis semen untuk berbagai macam aplikasi beton dimana syarat khusus tidak diperlukan (tiga roda)
- 5) Pemeriksaan hanya dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Sangga Buana dan tidak dilakukan percobaan di lapangan.

1.6 Manfaat

Diharapkan dengan mengganti sebagai agregat kasar dengan pecahan batako maka biaya pembuatan beton dapat berkurang (lebih irit) tetapi tanpa mengurangi mutu kuat tekan dari beton itu sendiri.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam pembahasan masalah ini terdapat 5(lima) bab yang terdiri dari.

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini dijelaskan latar belakang masalah, identifikasi masalah, ruang lingkup penelitian, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Dalam bab ini mengurangi pembahasan tentang teori beton dan batu bata serta hipotesis penelitian

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini menjelaskan secara ringkas mengenai persiapan penelitian, pelaksanaan penelitian, dan evaluasi penelitian

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan data hasil penelitian, uji hipotesis dan pengolahan data yang dilakukan di laboratorium.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab penutup yang berisikan kesimpulan hasil penelitian di laboratorium dan saran-saran yang diharapkan bermanfaat dan sesuai dengan tujuan penulisan laporan tugas akhir ini.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan hasil dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan agregat kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan semen secukupnya yang berfungsi sebagai perekat bahan susunan beton, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susunan campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susunan, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperature dan kondisi perawatan dan pengerasannya.

Nilai kuat tekan beton relatif lebih tinggi dibanding dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas (runtuh seketika). Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% dari kuat tekannya. Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan dapat membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik. Dengan demikian tersusun pembagian tugas, dimana batang tulangan baja untuk memperkuat dan menahan gaya tarik, sedangkan beton hanya diperhitungkan untuk menahan gaya tekan (*Dipohusodo, 1994*).

Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f_c) pada usia 28 hari. Kecepatan kekuatan beton ini sangat dipengaruhi pada Faktor Air Semen (FAS) dan suhu selama perawatan. Salah satu kinerja beton yang sering diperhatikan

adalah kekuatan tekan. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (*Ir. Tri Mulyono MT., 2004. Teknoogi Beton*)

2.2 Kuat Tekan Beton

Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji Kubus pasca umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan menggunakan alat *compression testing machine*. Standar yang digunakan ialah SNI 03 – 1974 – 1990 untuk benda uji silinder, dan persamaan umum yang dipakai untuk menghitung kuat tekan beton adalah:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana σ = Kuat tekan beton (Kg/cm²)

P = Beban tekanan (Kg)

A = Luas bidang tekan (cm²)

Standar deviasi hitungan berdasarkan rumus:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\sigma' b - \sigma' bm)^2}{N - 1}}$$

Dimana S = deviasi standar (Kg/cm²)

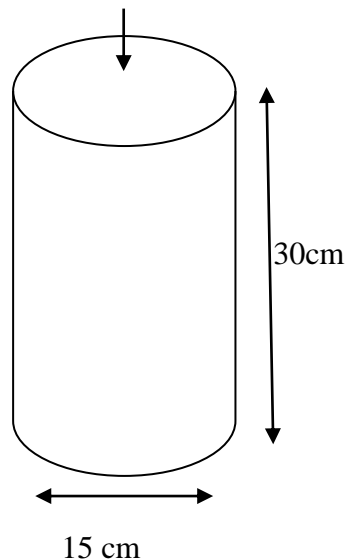
$\sigma' b$ = Kekuatan masing-masing benda uji

$\sigma' bm$ = Kekuatan beton rata-rata (Kg/cm²)

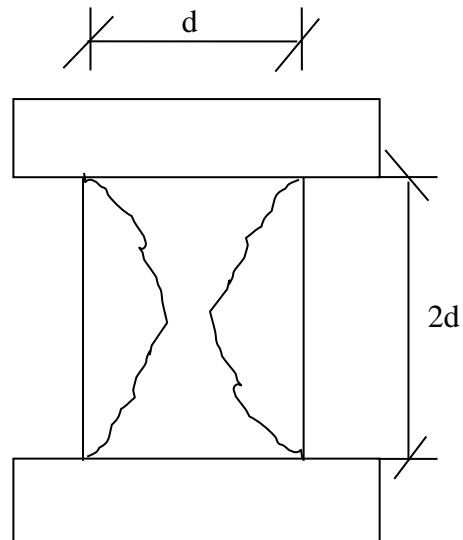
N = Jumlah total benda uji hasil pemeriksaan

Berdasarkan kuat tekan, beton dapat digolongkan dalam beton normal, beton mutu tinggi dan beton mutu sangat tinggi. Menurut *Supartono*

(1998), beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan diatas 50 Mpa, sedangkan beton mutu sangat tinggi adalah beton dengan kuat tekan diatas 80 Mpa.



Gambar 2.1 Pemodelan uji kuat
retak Tekan silinder beton



Gambar 2.2 Pemodelan pol
uji kuat tekan beton

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton, yaitu:

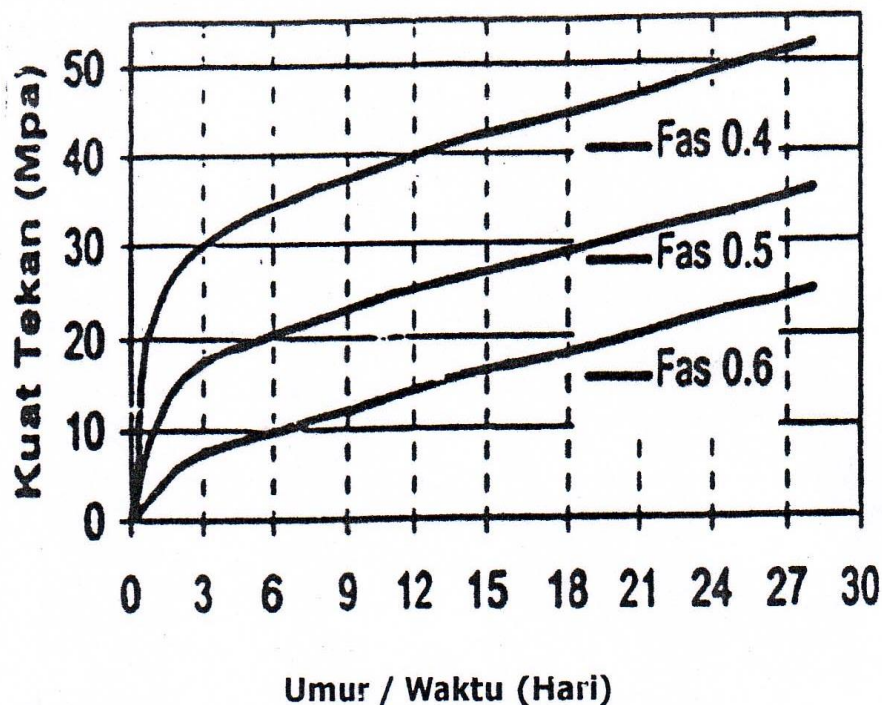
1. Faktor Air Semen (FAS) dan kepadatan

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Fungsi FAS yaitu:

- Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlansungnya pengerasan.
- Memberi kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*)

Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kekuatan beton (*Wang, 1986*). Hampir untuk semua tujuan, beton yang mempunyai FAS minimal dan cukup untuk memberikan *workabilitas* tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan merupakan beton yang terbaik (*Murdock & Brooks, 1979*).

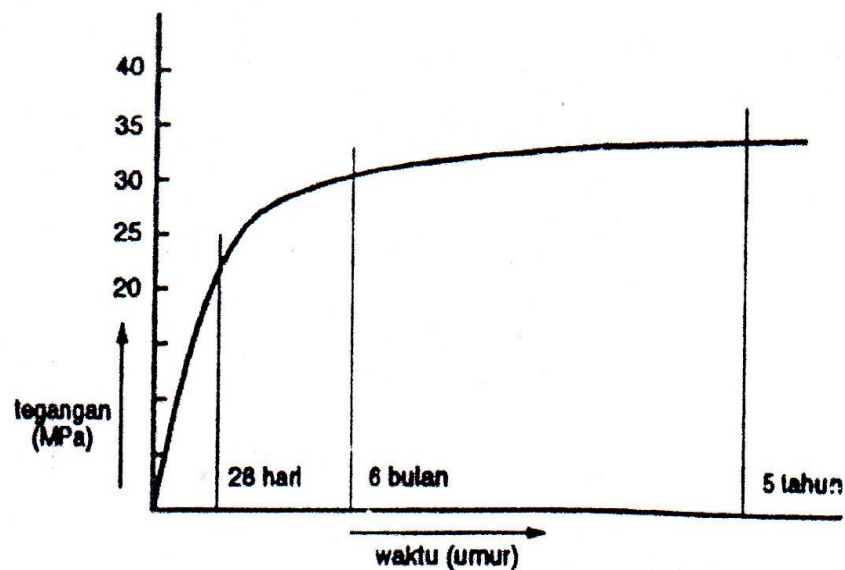
Semen rendah nilai faktor air semen semakin kuat tekan betonnya, namun kenyataannya pada suatu nilai faktor air semen tertentu semakin rendah nilai faktor air semen kuat tekan betonnya semakin rendah pula, hal ini karena jika faktor air semen terlalu rendah adukan beton sulit dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen tertentu (optimum) yang menghasikan kuat tekan beton maksimum. Duff dan Abrams (1919) meneliti hubungan antara faktor air semen dengan kekuatan beton pada umur 28 hari dengan uji silinder yang dapat dilihat pada gambar 2.3. kepadatan adukan beton sangat mempengaruhi kuat tekan betonnya setelah mengeras. Untuk mengatasi kesulitan pemadatan adukan beton dapat dilakukan dengan cara pemadatan dengan alat getar (vibrator) atau dengan memberi bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) yang bersifat mengencerkan adukan beton sehingga lebih mudah didapatkan.



Gambar 2.3 Hubungan antara faktor air semen dengan kekuatan beton selama masa perkembangannya (*Tri Mulyono, 2003*)

2. Umur beton

Kekuatan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Biasanya nilai kuat tekan ditentukan pada waktu beton mencapai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya tidak terlalu signifikan (gambar 2.6). Umumnya pada umur 7 hari kuat tekan mencapai 65% dan pada umur 14 hari mencapai 88% - 90% dari kuat tekan umur 28 hari.



Gambar 2.4 Hubungan antara umur beton dan kuat tekan beton (Istimawan, 1999).

3. Sifat agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan gradasi butiran agregat, (agregat halus maupun agregat kasar). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat yang berukuran besar (Nawy, 1998).

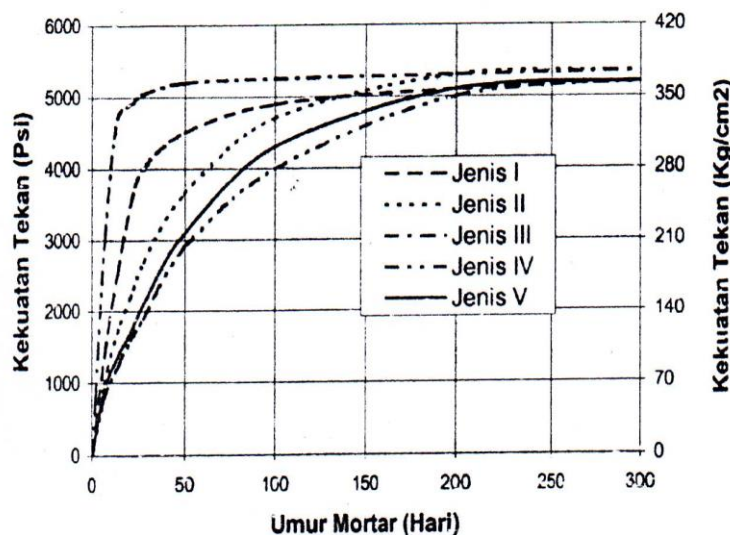
4. Proporsi semen dan jenis semen yang digunakan

Berhubungan dengan perbandingan jumlah semen yang digunakan saat pembuatan *mix design* dan jenis semen yang digunakan

berdasarkan peruntukkan beton yang akan dibuat. Penentuan jenis semen yang digunakan mengacu pada tempat dimana struktur bangunan yang menggunakan material beton tersebut dibuat, serta pada kebutuhan perencanaan apakah pada saat proses pengecoran membutuhkan kekuatan awal yang tinggi atau normal.

5. Semen

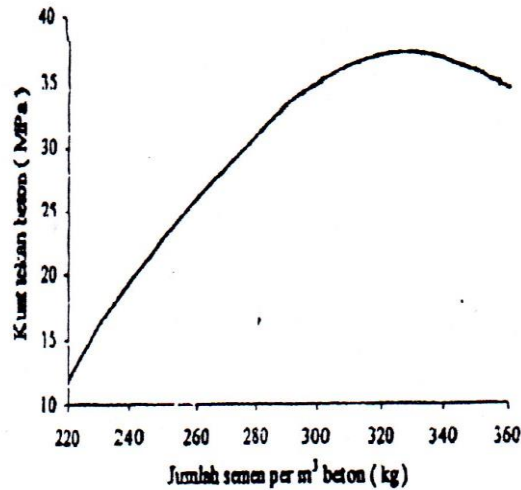
Jenis Portland semen yang digunakan ada 5 jenis yaitu : I, II, III, IV, V. Jenis-jenis semen tersebut mempunyai laju kenaikan kekuatan yang berbeda sebagai mana tampak pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 perkembangan kekuatan tekan mortar untuk berbagai tipe Portland semen (Tri Mulyono, 2003)

Jika faktor air semen sama (*slump* berubah), beton dengan jumlah kandungan semen tertentu mempunyai kuat tekan tertinggi sebagaimana tampak pada Gambar 2.6. pada jumlah semen yang terlalu sedikit sehingga adukan beton sulit didapatkan yang mengakibatkan kuat tekan beton rendah. Namun jika jumlah semen berlebihan berarti jumlah air juga berlebihan sehingga beton mengandung banyak pori yang mengakibatkan kuat tekan beton rendah. Jikan nilai slump sama (fas berubah), beton

dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan lebih tinggi.



Gambar 2.6 Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air semen sama (Kardiyono, 1998)

6. Rongga udara (*voids*)

Peningkatan air semen dapat menyebabkan rongga udara meningkat, sehingga penurunan durabilitas, sifat kedap air pada beton. Kebutuhan air dalam pencampuran diharapkan cukup untuk mendukung proses hidrasi pada semen, penambahan air pada pencampuran beton yang dapat menyebabkan terjadinya rongga pada beton, sehingga kualitas beton yang dihasilkan menurun.

7. Pekerjaan Perawatan (*curing*)

Tujuan perawatan beton adalah memelihara beton dalam kondisi tertentu pasca pembukaan bekisting (*demoulding of form work*) agar optimasi kekuatan beton dapat dicapai mendekati kekuatan yang telah direncanakan. Perawatan ini berupa pencegahan atau mengurangi kehilangan/penguapan air dari dalam beton yang ternyata masih diperlukan untuk kelanjutan proses hidrasi. Bila terjadi kekurangan/kehilangan air maka proses hidrasi akan terganggu/terhenti

dan dapat mengakibatkan terjadinya penurunan perkembangan kekuatan beton, terutama penurunan kuat tekan (Libis,1986; Mulyono, 2004; dan Amri, 2005).

Sehari setelah pengecoran merupakan saat yang penting untuk periode sesudahnya. Oleh sebab itu diperlukan perawatan dengan air sehingga untuk jangka panjang, kualitas beton, baik kekuatan maupun kekedapan airnya, dapat lebih baik. Perawatan dengan cara membasahi menghasilkan beton yang terbaik. Semakin erat pendekatan kondisi perawatan, semakin kuat beton yang dihasilkan. Hal ini diperhatikan pada Gambar 2.10 (*Murdock dan Brook, 1999*).

Dalam menafsirkan hasil pengujian laboratorium, harus diperhitungkan bahwa bahan yang diuji umumnya kecil. Oleh karenanya sifat-sifat bahan ini sangat dipengaruhi oleh perubahan dari lapisan permukaannya. Karena umumnya lapisan permukaan mudah terpengaruh oleh kondisi perawatan. Hal ini dibuktikan oleh kerusakan tumpang melintan yang tebal jauh lebih kecil dari pada yang ditunjukkan oleh contoh bahan uji yang lebih kecil.

2.3 Bahan Dasar Beton

2.3.1 Semen

Semen berasal dari kata *Caementum* yang berarti bahan perekat yang mampu mempersatukan atau mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kokoh atau suatu produk yang mempunyai fungsi sebagai bahan perekat antara dua atau lebih bahan sehingga menjadi suatu bagian yang kompak atau dalam pengertian yang luas adalah material plastis yang memberikan sifat rekat antara batuan-batuan konstruksi bangunan.

Usaha untuk membuat semen pertama kali dilakukan dengan cara membakar batu kapur dan tanah liat. Joseph Aspadain yang merupakan orang inggris, pada tahun 1824 mencoba membuat semen dari kalsium campuran batu kapur dengan tanah liat yang telah dihaluskan, digiling, dan dibakar menjadi lelehan dalam tungku, sehingga terjadi penguraian batu kapur (CaCO_3) menjadi batu tohor (CaO) dan karbon dioksida (CO_2). Batu kapur tohor (CaO) bereaksi dengan senewa-senewa lain membentuk klinker kemudian digiling sampai menjadi tepung yang kemudian dikenal dengan Portland.

2.3.1.1 Semen Portland

Portland cement merupakan bahan pengikat utama untuk adukan beton dan pasangan batu yang digunakan untuk menyatukan bahan menjadi satu kesatuan yang kuat. Jenis atau tipe semen yang digunakan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, dalam hal ini perlu diketahui tipe semen yang distandarisasi di Indonesia. Menurut *SNI 0031-81*, semen Portland dibagi menjadi lima tipe, yaitu:

- Tipe I : *Ordinary Portland Cement (OPC)*, semen untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal)
- Tipe II : *Moderate Sulphate Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.
- Tipe III : *High Early Strength Cement*, semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras)
- Tipe IV : *Low Heat of Hydration Cement*, semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah, dengan kekuatan awal rendah.

Tipe V : *High Sulphate Resistance Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap kadar sulfat tinggi.

2.3.1.2 Sifat Kimia Semen

Kadar kapur yang tinggi tetapi tidak berlebihan cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan zat kapur menghasilkan semen yang lemah, dan bilamana kurang sempurna pembakarannya, menyebabkan ikatan yang cepat (*L.J Murdock dan K.M. Brook, 1979*). Sifat kimia serta komposisi semen Teknologi Beton (*Tri Mulyono, 2004*)

2.3.1.3 Sifat Fisik semen

Sifat fisik semen Portland yaitu:

a. Kehalusan butir

Semakin halus semen, maka permukaan butirnya akan semakin luas, sehingga persenyawaannya dengan air akan semakin cepat dan membutuhkan air dalam jumlah yang besar pula.

b. Berat jenis

Berat semen pada umumnya berkisar 3.15 kg/liter

c. Waktu pengerasan

Pada pengerasan semen dikenal dengan adanya waktu pengikatan awal (*Initial setting*) dan waktu pengikatan akhir (*Final Setting*). Waktu pengikatan awal dihitung sejak semen tercampur dengan air hingga mengeras. Pengikat awal untuk semen harus diantara 60-120 menit.

d. Kekekalan bentuk

Pasata semen yang dibuat dalam bentuk tertentu dan bentuknya tidak berubah pada waktu mengeras, maka semen tersebut mempunyai sifat kekal bentuk.

e. Pengerasan awal palsu

Gips yang terurai lebih dulu dapat menimbulkan efek Pengerasan palsu, seolah-olah semen tidak berubah. Pengerasan palsu biasanya terjadi jika semen mengeras Kurang dari 60 menit.

f. Pengaruh suhu

Pengikatan semen berlangsung dengan baik pada suhu 30⁰C dan berjalan dengan lambat pada suhu dibawah 15⁰C.

2.3.2 Agregat

Agregat adalah bahan – bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen (*CUR 2, 1993*) Pada beton biasanya terdapat sekitar 65% sampai 80% volume agregat terhadap volume keseluruhan beton (*IIIstone & Domone, 2001*). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh , homogen, rapat, dimana agregat yang kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar (*Nawy,1998*):

1. Agregat halus (pasir alami dan buatan)

agregat halus didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk mortar atau beton semen hidrolis atau adukan. Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat yang butir-butirannya lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, sedangkan buti-butir yang lebih kecil dari 0,07 mm disebut *silt*, dan yang lebih kecil dari 0,002 mm (*SK SNI T-15-1991-30*)

Persyaratan mengenai proporsi agregat dengan gradasi ideal yang direkomendasikan dalam atandar *ASTM C 33/03 “Standard Sfesification for Concorete Agregates”* Sedangkan untuk syarat modulus halus butir agregat halus berkisar antara 1,5 – 3,8 (*SNI 03 –*

1750 – 1990). Persyaratan lainnya mengacu pada *SK SNI S -04- 1989-F*.

2. Agregat kasar (kerikil, batu pecah, atau pecahan dari *blast furnance*). Menurut PBI 1971 N.I – 2, agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari 5 mm. Ketentuan mengenai agregat kasar antara lain:

- Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.
- Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca seperti trik matahari dan hujan.
- Tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang relatif alkali.
- Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.

Persyaratan mengenai proporsi gradasi saringan untuk campuran beton berdasarkan standar yang direkomendasikan *ASTM C 33/03 “standard Spesification for Concrete Agregates”* (lihat Tabel 2.1). dan standar pengujian lainnya mengacu pada standar yang direkomendasikan pada ASTM.

Tabel 2.1 Gradasi saringan ideal agregat kasar

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
25,00	100	100
19,00	90 – 100	95
12,50	-	-
9,50	20 – 55	37,5
4,75	0 – 10	5
2,36	0 – 5	2,5

(Sumber: *ASTM C 33/03*)

2.3.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air mengandung senyawa-senyawa berbahaya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Air yang digunakan berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laut maupun air limbah asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan (Mulyono, 2003). Nilai banding berat air dan semen untuk suatu adukan beton dinamakan *water cement ratio (w.c.r)*. agar terjadi proses hidrasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai nilai w.c.r 0,40-0,65 tergantung mutu beton yang hendak dicapai umumnya menggunakan nilai w.c.r yang rendah, sedangkan dilain pihak menambah daya *workability* (kemudahan pekerjaan) diperlukan nilai w.c.r yang lebih tinggi (Dipohusodo, 1994).

Kekuatan dan mutu beton umumnya sangat dipengaruhi oleh air yang digunakan. Air yang digunakan harus disesuaikan pada batas yang memungkinkan untuk pelaksanaan pekerjaan campuran beton dengan baik. Jumlah air yang digunakan pada campuran beton dapat dibagi dua kategori yaitu:

1. Air bebas, yaitu air yang diperlukan untuk hidrasi semen
2. Air resapan agregat

2.4 Batako

Saat ini beton sangat umum dan telah dibuktikan oleh waktu sebagai bahan dinding yang tahan gempa. Beton dapat diproduksi dengan tangan dan mesin. Penggunaan khusus beton ditentukan oleh ukuran dan mutunya. Salah satu jenis beton yang cukup familiar dikalangan masyarakat adalah BATAKO. Batako mempunyai sifat-sifat panas dan

ketebalan total yang lebih baik dari pada beton padat. Jika dibandingkan dengan batu bata, batako memiliki keuntungan tertentu seperti, beratnya hanya 1/3 dari batu bata untuk jumlah yang sama. Batako dapat disusun 4 kali lebih cepat dan cukup kuat untuk semua penggunaan yang biasanya menggunakan batu bata. Dinding yang dibuat dari batako mempunyai keunggulan dalam hal meredam panas dan suara. Semakin banyak produksi beton semakin ramah lingkungan dari pada produksi bata tanah liat karena tidak harus dibakar.

Batako sendiri memiliki berbagai bentuk, yang dikenal dimasyarakat saat ini adalah batako padat dengan batako berlubang. Bedanya hanya di cetakan saja, dan ingat walaupun batako berlubang volume nya tidak sama dengan batako padat tapi harus memiliki kekuatan setara dengan batako padat.

Bahan-bahan yang diperlukan untuk membuat batako adalah :

1. Semen
2. Air
3. Kerikil kasar
4. Pasir (ukuran halus sampai 5 mm)

2.5 Sifat – sifat beton

Beton segar merupakan suatu campuran antara air, semen dan agregat dan bahan tambahan jika diperlukan setelah selesai pengadukan, usaha-usaha seperti pengangkutan, pengecoran, pemadatan, penyelesaian akhir dan perawatan beton dapat mempengaruhi beton segar itu sendiri setelah mengeras. Pada tiap-tiap pengolahan beton segar ini sangat diperhatikan agar bahan-bahan campuran tetap kompak dan tercampur merata dalam seluruh adukan.

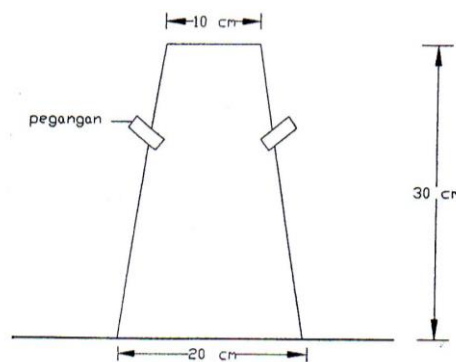
Tiga hal penting yang perlu diketahui dari sifat-sifat beton segar, yaitu: Kemudahan pengerjaan (*workabilitas*), pemisahan kerikil (*segregation*), pemisahan air (*bleeding*).

2.5.1 Kemudahan pengerjaan (*Workabilitas*)

Beton segar yang baik dapat dilihat dari kemudahan adukan tersebut dikerjakan (*workability*) yang mempunyai sifat:

1. Mobilitas, yaitu kemudahan spesi beton dapat dituangkan (dialirkan) kedalam cetakan pada saat pengecoran.
2. Kompaktibilitas, yaitu kemudahan spesi beton dipadatkan dan rongga udara dihilangkan.
3. Stabilitas, yaitu kemampuan spesi beton untuk tetap sebagai masa yang homogen dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi sgregasi dari bahan utamanya.

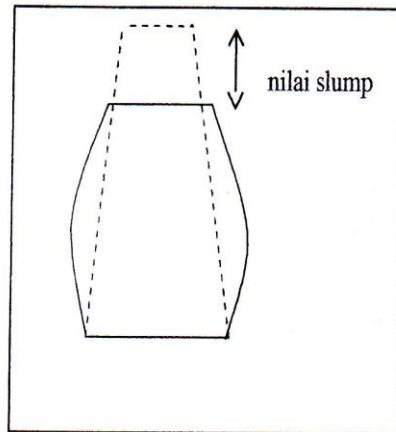
Konsistensi/keleccakan adukan beton dapat diperiksa dengan pengujian *slump* yang didasarkan pada ASTM C 143-74. Percobaan ini menggunakan corong baja yang berbentuk konus berlubang pada kedua ujungnya, yang disebut kerucut Abrams. Bagian bawah berdiameter 30 cm (disebut sebagai kerucut Abrams), seperti yang ditunjuk pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Kerucut Abrams

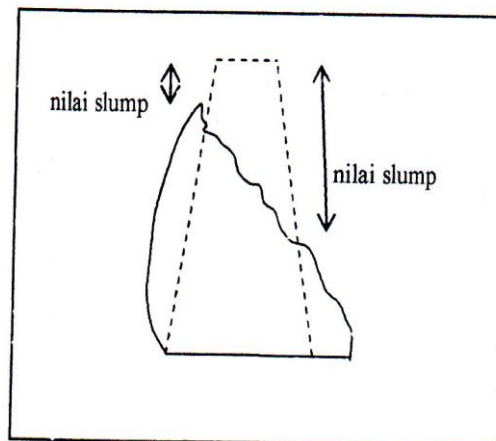
Variasi yang terjadi antara nilai *slump* adanya beberapa ukuran akibat tiga buah jenis *slump* yang terdiri dalam praktek yaitu:

1. Penurunan umum dan seragam tanpa ada yang pecah, oleh karena itu dapat disebut *slump* yang sebenarnya. Pengambilan nilai *slump* sebenarnya dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut.



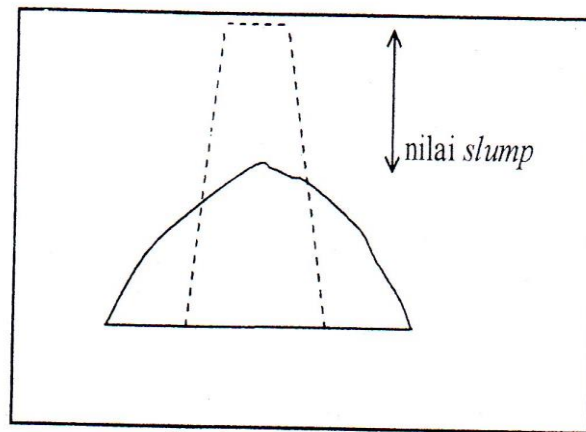
Gambar 2.9 *Slump* sebenarnya

2. *Slump* geser yang terjadi bilamana paruh puncaknya tergeser atau tergelincir ke bawah pada bidang miring. Pengambilan nilai slump geser ini ada dua cara yaitu dengan mengukur penurunan minimum dan penurunan rata-rata dari puncak kerucut.



Gambar 2.10 *Slump* geser

3. Campura beton pada kerucut runtuh seluruhnya. Pengambilan nilai *slump collopse* dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut.



Gambar 2.11 *Slump* runtuh

2.5.2 Pemisahan Kerikil (*Sgregation*)

Kesendrungan buti-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan *sgregation*. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil, yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. *Sgregation* ini disebabkan oleh beberapa hal, antara lain:

1. Campuran kurus atau kurang semen.
2. Terlalu banyak air.
3. Besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm.
4. Permukaan butir agregat kasar, semakin kasar permukaan butir agregat semakin mudah terjadi *segregation*.

Untuk mengurangi kecenderungan *segregation* maka diusahakan air yang diberikan sedikit mungkin, adukan beton jangan dijatuhkan dengan ketinggian yang terlalu besar dan cara pengangkutan, penuangan maupun pemadatan harus mengikuti cara-cara yang betul.

2.5.3 Pemisahan Air (*Bleeding*)

Kecendrungan air untuk naik kepermukaan beton yang baru dipadatkan dinamakan *bleeding*. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butiran pasir halus, yang pada saat beton mengeras akan membentuk selaput (*laitence*). Bleeding dapat dikurangi dengan cara:

- Memberi lebih banyak semen.
- Menggunakan air sedikit mungkin.
- Menggunakan pasir lebih banyak.

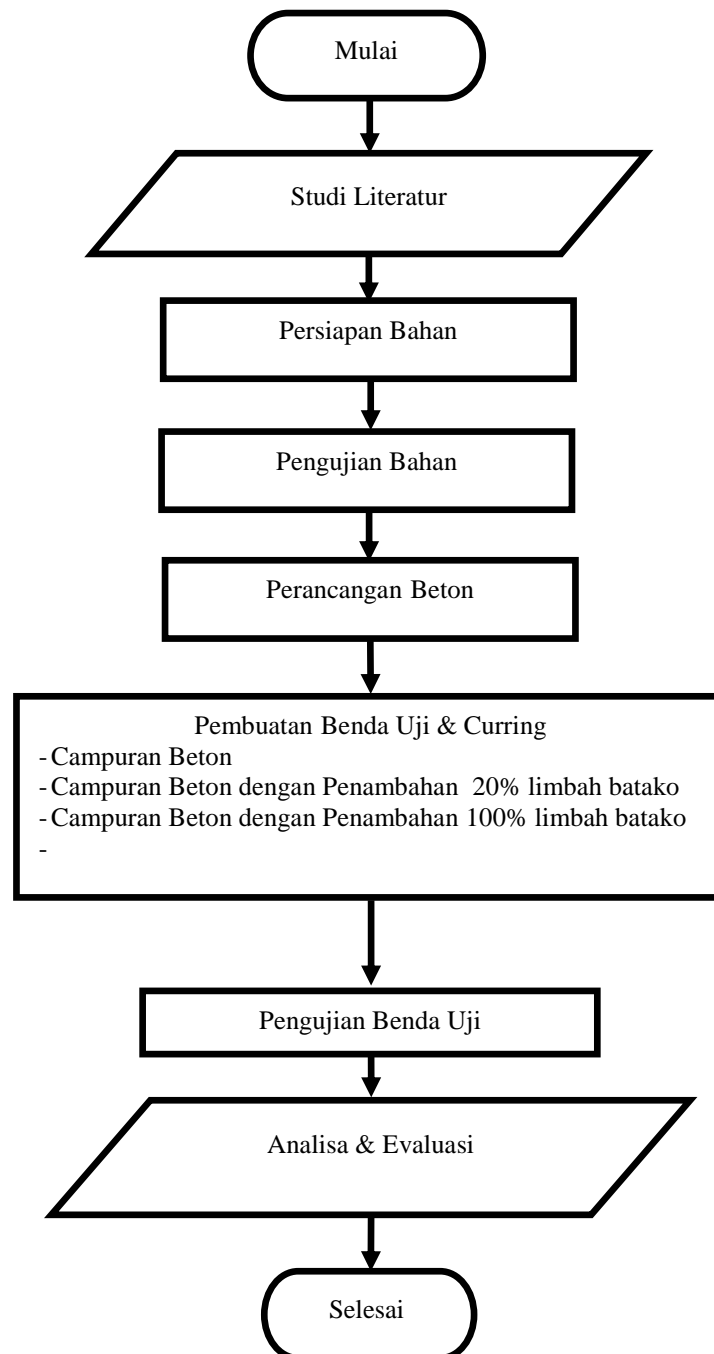
2.6 Hipotesis

Dengan bertitik tolak dari sifat-sifat genteng maka penulis menyimpulkan bahwa semakin besar prosentase pecahan batako dalam campuran beton maka akan semakin kecil pula nilai kuat tekan beton tersebut. Hal ini dikarenakan batako memiliki tingkat kekerasan lebih rendah dibandingkan dengan agregat kasar dan akan mudah pecah ketika mencetak beton ke dalam silinder, dan mempunyai nilai penyerapan yang tinggi sehingga akan menjadi lebih lunak bila menyerap banyak air.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alur Penelitian



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

3.2 Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian sepenuhnya dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buanan-YPKP Bandung.

3.3 Standar dan Alat Penelitian

Penelitian laboratorium yang dilakukan adalah:

1. Pemeriksaan terhadap sifat-sifat dasar material pembentuk beton, yang terdiri dari Agregat kasar dan agregat halus.
2. Pemeriksaan terhadap sifat-sifat beton pada fase plastis, yaitu: perubahan nilai slump.
3. Pemeriksaan terhadap sifat-sifat beton pada fase keras atau padat, yaitu: Kekuatan tekan beban benda uji beton silinder dengan dimensi 15 x 30 cm pada umur 28 hari.

3.3.1 Standar pengujian

Standar yang digunakan dalam pemeriksaan dan pengujian agregat kasar adalah standar SNI (Standar Nasional Indonesia). Berikut beberapa Standar yang dipergunakan dalam pengujian yang tertera pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Metoda pengujian bahan dasar beton

Pengujian	Metoda Pengujian
Uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	SNI 03-1969-1990
Pengujian berat jenis agregat halus	SNI 03-1970-1990
Pengujian gumpalan lempung dan butiran-butiran mudah pecah	SNI 03-4141-1990
Pengujian Indeks plastis	SNI 03-1966-1990
Pengujian batas cair	SNI 03-1967-1990
Metode pengujian nilai slump beton	SNI 03-1972-1990
Pengujian kuat tekan beton	SNI 03-1974-1990
Metode pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium	SNI 03-2493-1991

3.3.2 Alat Pengujian

Alat penguji guna menunjang penelitian ini menggunakan alat di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Sangga Buana-YPKP.

3.4 Pengujian Material

3.4.1 Penyiapan Benda Uji dari Contoh Agregat

3.4.1.1 Ruang Lingkup

Tata cara ini membahas ketentuan dan cara penyiapan benda uji agregat dari suatu contoh agregat benda uji yang dihasilkan mempunyai sifat sama dengan contohnya.

3.4.1.2 Peralatan dan Bahan

1. Sekop berujung lancip
2. Cangkul
3. Trowel
4. Kuas
5. Selimut kanvas $\pm 2 \times 2,5$ m
6. Alat pemisah contoh

3.4.1.3 Persiapan Contoh Uji

Bersihkan dan keringkan tempat dan peralatan yang akan digunakan.

3.4.1.4 Langkah-langkah Pelaksanaan

Metode pemisah contoh:

1. Letakkan contoh uji di dalam pan agar terdistribusi dengan baik dari ujung yang satu ke ujung yang lain.
2. Letakkan wadah penampung di sisi kanan dan kiri alat.
3. Tuangkan perlahan contoh agregat ke dalam corong alat pemisah contoh sehingga kira-kira jumlah yang sama akan masuk ke dalam masing masing wadah penampung.
4. Pisahkan bagian yang tidak akan digunakan.
5. Ulangi pekerjaan butir 1 sampai butir 4 untuk bagian yang akan dipakai hingga didapatkan jumlah benda uji yang sesuai untuk pengujian.

Metode kuartering:

1. Letakkan contoh uji di atas permukaan yang keras bersih dan rata sehingga meminimalkan kehilangan dan kontaminasi dari material pengganggu.
2. Aduk agregat dengan membolak balik seluruh sisi tumpukan sebanyak 3 kali, pada balikan terakhir, bentuk tumpukan tersebut menjadi berbentuk kerucut dengan cara memindahkan material dari semua sisi ke bagian tengah.
3. Ratakan kerucut yang terbentuk dengan hati-hati sampai didapat bentuk lingkaran dan ketebalan yang merata dengan menekan menggunakan sekop atau alat bantu lainnya, diameter tumpukan ± 4 sampai 8 kali ketebalannya.
4. Pisahkan lingkaran yang terbentuk menjadi masing-masing 4 bagian yang sama besar menggunakan sekop atau alat bantu lainnya.
5. Pisahkan 2 bagian yang berseberangan (diagonal) dari lingkaran.
6. Campurkan kembali 2 bagian lainnya yang tersisa.
7. Ulangi butir 2 sampai butir 6 sampai didapatkan jumlah benda uji yang sesuai untuk pengujian yang diinginkan.
8. Apabila tidak didapatkan permukaan seperti pada butir 1, gunakan selimut kanvas sebagai alasnya, dan pengadukan dapat dilakukan juga dengan cara mengangkat masing-masing sudut selimut.

3.4.1.5 Perhitungan Hasil Uji

Tabel 3.2 Hasil Persiapan Contoh Uji

Jenis Agregat	Ukuran Max. mm	Berat Benda uji Min. (kg)			
		Analisis Saringan	Berat Jenis	Lolos no 200	Kotoran Organik
Halus	2.36	0.100		0.100	0.45
	4.75	0.500	1 (0.5)	0.500	0.45
Kasar	9.5	1		1	
	12.5	2	2		
	19.0	5	3	2.5	
	25.0	10	4		
	37.5	15	5	5	
	50.0	20	8		
	63.0	35	12		
	75.0	60	18		
	90	100	25		

3.4.2 Pengujian Analisa Saringan

3.4.2.1 Ruang Lingkup

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan untuk perencanaan campuran beton.

3.4.2.2 Peralatan dan Bahan

- Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.
- Satu set saringan (Standar ASTM).

mm	75	63,5	50	37,5	25	19,1	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,0075
inci	3	2 ½	2	1 ½	1	¾	½	3/8	No .4	No .8	No .16	No .30	No. 50	No. 100	No. 200

- Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$.
- Alat pemisah contoh.

- e. Mesin pengguncang saringan.
- f. Talam-talam.
- g. Kuas, sikat kuningan, sendok dan alat-alat lainnya.

3.4.2.3 Persiapan Contoh Uji

Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak

1. Agregat halus:

Ukuran maksimum no. 4	berat minimum	500 gram
Ukuran maksimum no. 8	berat minimum	100 gram

2. Agregat kasar;

Ukuran maksimum 3 1/2"	berat minimum	35	kg
Ukuran maksimum 3"	berat minimum	30	kg
Ukuran maksimum 2,5"	berat minimum	25	kg
Ukuran maksimum 2"	berat minimum	20	kg
Ukuran maksimum 1,5"	berat minimum	15	kg
Ukuran maksimum 1"	berat minimum	10	kg
Ukuran maksimum 3/4"	berat minimum	5	kg
Ukuran maksimum 1/2"	berat minimum	2.5	kg
Ukuran maksimum 3/8"	berat minimum	1	Kg

Bila agregat berupa campuran dari agregat halus dan agregat kasar, agregat tersebut dipisahkan menjadi 2 bagian dengan saringan No.4.Selanjutnya agregat halus dan agregat kasar disediakan sebanyak jumlah seperti tercantum diatas. Benda uji disiapkan sesuai dengan SNI-03-1968-1990, kecuali apabila butiran yang melalui saringan No.200 tidak perlu diketahui jumlahnya dan bila syarat-syarat ketelitian tidak menghendaki pencucian1.

3.4.2.4 Langkah-langkah Pelaksanaan

1. Benda uji dikeringkan didalam oven dengan suhu (110 ± 5)°C, sampai berat tetap.
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

3.4.2.5 Perhitungan Hasil Uji

1. Hitunglah prosentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.
2. Perhitungan hasil uji dalam formulir perhitungan.

3.4.3 Pengujian Berat Isi Agregat

3.4.3.1 Ruang Lingkup

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar atau campuran.

Berat isi adalah perbandingan berat dan isi.

3.4.3.2 Peralatan dan Bahan

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1% berat contoh.
- b. Talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat.
- c. Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujung bulat sebaik nya terbuat dan baja tahan karat.
- d. Mistar perata (straight edge).
- e. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang, berkapasitas seperti table berikut :

Tabel 3.3 Wadah baja beserta ukuran dimensinya untuk pengujian bobot isi

Kapasitas (liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tebal wadah minimum (mm)		Ukuran butir maksimum (mm)
			dasar	sisi	
2,832	152,4 ± 2,5	154,9 ± 2,5	5,08	2,54	12,7
9,435	203,2 ± 2,5	292,1 ± 2,5	5,08	2,54	25,4
14,158	254,0 ± 2,5	279,4 ± 2,5	5,08	3,00	38,1
28,316	355,6 ± 2,5	284,4 ± 2,5	5,08	3,00	101,6

3.4.3.3 Persiapan Contoh Uji

Masukkan contoh agregat kedalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai table diatas. Keringkan dalam oven dengan suhu $(110 + 5)^{\circ} \text{C}$., sampai berat tetap dan gunakan sebagai benda uji.

3.4.3.4 Langkah-langkah Pelaksanaan

- a. Berat isi lepas.
 - i. Timbang dan catatlah beratnya (W_1).
 - ii. Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.
 - iii. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - iv. Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (W_2).
 - v. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
- b. Berat isi padat agregat ukuran butir maksimum 38,1 mm (1 1/2") dengan cara penusukan.
 - i. Timbanglah dan catatlah berat wadah (W_1).
 - ii. Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - iii. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada pemadatan tongkat harus tepat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - iv. Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (W_2). Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$)
- c. Berat isi padat agregat ukuran butir antara 38,1 mm (1 1/2") sampai 101,6 mm (4") dengan cara penggoyangan.

- i. Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).
- ii. Isilah wadah dengan benda uji dalam 3 lapis yang sama tebal.
- iii. Padatkan setiap lapisan dengan cara menggoyang-goyangkan wadah seperti berikut: Letakkan wadah diatas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian lepaskan. Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan setiap lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi.
- iv. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
- v. Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (W_2).
Hitunglah berat benda uji ($W_3 = (W_2 - W_1)$).

3.4.3.5 Perhitungan Hasil Uji

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_3}{V} \text{ kg/ dm}^3$$

Dimana :

$V =$ isi wadah (dm^3).

Laporkan berat isi agregat dengan satuan dalam kg/ dm^3

Wadah sebelum digunakan harus dikalibrasi dengan cara :

- a. Isilah wadah dengan air sampai penuh pada suhu kamar, sehingga pada waktu ditutup dengan plat kaca tidak terlihat gelembung udara.
- b. Timbang dan catatlah berat wadah beserta air.

3.4.4 Pengujian berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

3.4.4.1 Ruang Lingkup

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry = SSD), berat jenis semu (apparent) dari agregat kasar Berat jenis (bulk specific

gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

- a) Berat jenis kering-permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering-permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- b) Berat jenis semu (apparent specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- c) Penyerapan ialah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

3.4.4.2 Peralatan dan Bahan

1. Keranjang kawat ukuran 5,55 mm atau 2,36 mm (no.6 atau no.8) dengan kapasitas kira-kira 5 kg Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan juga tempat. ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.
2. Timbangan dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1% dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
3. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
4. Alat pemisah contoh.
5. Saringan No. 4

3.4.4.3 Persiapan Contoh Uji

Benda uji adalah agregat yang tertahan saringan no. 4 diperoleh dari alat pemisah contoh atau perempat bagian, sebanyak kira-kira 5 kg.

3.4.4.4 Langkah-langkah Pelaksanaan

- a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
- c. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1 - 3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram. (Bk)
- d. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama (24 ± 4) jam.
- e. Keluarkan benda uji dan air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (SSD), untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu.
- f. Timbang benda uji kering-permukaan jenuh. (Bj)
- g. Letakkan benda uji didalam keranjang, guncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air. (Ba)
- h. Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25°C).

3.4.4.5 Perhitungan Hasil Uji

- a. Berat jenis kering
(*bulk Specific gravity*)
$$= \frac{B_k}{B_j - B_a}$$
- b. Berat jenis kering-permukaan jenuh
(*saturated surface dry*)
$$= \frac{B_j}{B_j - B_a}$$
- c. Berat jenis semu
(*Apparent Specific Gravity*)
$$= \frac{B_j}{B_k - B_a}$$
- d. Penyerapan
(*Absorption*)
$$= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

Dimana ;

B_k = berat benda uji kering oven, (gram).

B_j = berat benda uji kering-permukaan jenuh, (gram)

B_a = berat benda uji kering-permukaan jenuh didalam air, (gram).

Perhitungan hasil uji dalam formulir perhitungan. Hasil dilaporkan dalam bilangan desimal sampai dua angka dibelakang koma. Bila penyerapan dan harga berat jenis digunakan dalam pekerjaan beton dimana agregatnya digunakan pada keadaan kadar air aslinya maka tidak perlu dilakukan pengeringan dengan oven. Banyak jenis bahan campuran yang mempunyai bagian butir-butir berat dan ringan. Bahan semacarn ini memberikan harga-harga berat jenis yang tidak tetap walaupun pemeriksaan dilakukan dengan sangat hati-hati. Dalam hal ini beberapa pemeriksaan ulangan diperlukan untuk mendapatkan harga rata – rata yang memuaskan.

3.4.5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

3.4.5.1 Ruang Lingkup

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry = SSD), berat jenis semu (apparent) dari agregat kasar, Berat jenis (bulk specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

- a. Berat jenis kering-permukaan jenuh (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering-permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- b. Berat jenis semu (apparent specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

- c. Penyerapan ialah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

3.4.5.2 Peralatan dan Bahan

- a. Timbangan dengan kapasitas 1 kg atau lebih dan ketelitian 0,1 gram.
- b. Piknometer dengan kapasitas 500 ml.
- c. Kerucut terpancung (cone), diameter bagian atas (40 + 3) mm, diameter bagian bawah (90 + 3) mm dan tinggi (75 + 3) mm, dibuat dari logam dengan ketebalan minimum 0,8 mm.
- d. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 + 15) g, diameter permukaan penumbuk (25 + 3) mm.
- e. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- f. Alat pemisah contoh.
- g. Saringan No. 4
- h. Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1°C .
- i. Talam
- j. Bejana tempat air
- k. Pompa hampa udara (vacuum pump)
- l. Air suling
- m. Desikator.

3.4.5.3 Persiapan Contoh Uji

Benda uji adalah agregat yang lewat saringan no. 4 diperoleh dari alat pemisah contoh atau perempat bagian, sebanyak kira-kira 1000 kg.

3.4.5.4 Langkah-langkah Pelaksanaan

- a. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- b. Dinginkan benda uji pada suhu kamar.
- c. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama (24 ± 4) jam.
- d. Buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang,

tebar agregat diatas talam, keringkan di udara panas dengan membalak-balikan benda uji sampai tercapai keadaan jenuh kering permukaan (JKP).

- e. Periksa keadaan JKP dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpancung sampai penuh, padatkan dengan batang penumbuk dengan menggunakan berat sendiri dari batang penumbuk sebanyak 25 kali. Angkat kerucut dengan hati-hati, kondisi jenuh kering permukaan tercapai apabila benda uji runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- f. Setelah keadaan JKP tercapai, masukkan 500 g benda uji kering-permukaan jenuh, ke dalam piknometer.(Bj)
- g. Masukkan air suling sampai $\pm 90\%$ volume piknometer, putar sambil diguncang untuk menghilangkan gelembung udara yang terperangkap, untuk mempercepat proses, dapat digunakan vacuum pump, tetapi jaga jangan sampai ada air/agregat yang ikut terhisap. Tambahkan air suling sampai mencapai tanda batas pada piknometer, timbang piknometer berisi agregat dan air tersebut. (Bt)
- h. Keluarkan benda uji dari dalam piknometer, keringkan dalam oven sampai berat tetap, kemudian dinginkan dalam desikator, setelah dingin timbang berat benda uji .(Bk)
- i. Timbang berat piknometer yang berisi air sampai tanda batas pada piknometer.(B)
- j. Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar (25° C).

3.4.5.5 Perhitungan Hasil Uji

$$\begin{aligned} \text{a. Berat jenis kering} \\ \text{(bulk Specific gravity)} \end{aligned} &= \frac{\mathbf{Bk}}{\mathbf{Ba + Bj - Bt}}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Berat jenis kering-permukaan jenuh} \\ \text{(saturated surface dry)} \end{aligned} &= \frac{\mathbf{Bj}}{\mathbf{Ba + Bj - Bt}}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Berat jenis semu} \\ \text{(Apparent Specific Gravity)} &= \frac{\mathbf{B_k}}{\mathbf{B_a + B_k - B_t}} \\ \\ \text{d. Penyerapan} \\ \text{(Absorption)} &= \frac{\mathbf{B_j - B_k}}{\mathbf{100\% B_k}} \times \end{aligned}$$

Dimana ;

B_k = berat benda uji kering oven, (gram).

B_a = berat piknometer berisi air (gram)

B_t = berat benda uji kering-permukaan jenuh didalam air, (gram).

B_j = berat piknometer berisi benda uji dan air, (gram)

Perhitungan hasil uji dalam formulir perhitungan

Hasil dilaporkan dalam bilangan desimal sampai dua angka dibelakang koma.

Banyak jenis bahan campuran yang mempunyai bagian butir-butir berat dan ringan. Bahan semacarn ini memberikan harga-harga berat jenis yang tidak tetap walaupun pemeriksaan dilakukan dengan sangat hati-hati. Dalam hal ini beberapa pemeriksaan ulangan diperlukan untuk mendapatkan harga rata – rata yang memuaskan.

3.4.6 Pengujian Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No.200

3.4.6.1 Ruang Lingkup

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan No. 200 dengan cara pencucian.

3.4.6.2 Peralatan dan Bahan

- a. Saringan no. 16 dan no. 200.
- b. pencuci benda uji berkapasitas cukup besar sehingga pada waktu diguncang-guncangkan benda uji dan/atau air pencuci tidak tumpah.

- c. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- d. Timbangan dengan ketelitian 0,1% berat contoh.
- e. Talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat.

3.4.6.3 Persiapan Contoh Uji

Berat contoh agregat kering minimum tergantung pada ukuran agregat maksimum sesuai Tabel

Tabel 3.4. Ketentuan berat dan gradasi untuk pengujian lolos 200.

Ukuran agregat maksimum		Berat contoh agregat kering minimum gram
mm	inci	
2,36	No. 8	100
1,18	No. 4	500
9,5	3/8	2000
19,1	3/4	2500
38,1	1½	5000

Masukkan contoh agregat lebih kurang 1,25 kali berat benda uji kedalam talam, keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Siapkan benda uji dengan berat (W_1) sesuai Tabel No. 1.

3.4.6.4 Langkah-langkah Pelaksanaan

- a. Masukkan benda uji kedalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
- b. Guncang-guncangkan wadah dan tuangkan air cucian kedalam susunan saringan no. 16 dan no. 200. Pada waktu menuang air cucian, usahakan agar bahan bahan yang kasar tidak ikut tertuang.
- c. Masukkan air pencuci baru, dan ulanglah pekerjaan (b) sampai air cucian menjadi jernih.
- d. Semua bahan yang tertahan saringan no. 16 dan no. 200 kembalikan kedalam wadah ; kemudian masukkan seluruh bahan tersebut kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W_2) dan keringkan dalam oven, dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- e. Setelah kering timbang dan catatlah beratnya (W_3).

f. Hitunglah berat bahan kering tersebut ($W_4 = W_3 - W_2$).

3.4.6.5 Perhitungan Hasil Uji

$$\% \text{ Jumlah bahan lewat saringan no. 200} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100$$

Dimana :

W_1 = Berat contoh uji semula dalam gram

W_2 = Berat bahan tertahan Saringan No.200

Laporkan jumlah bahan yang lewat saringan no. 200 dalam prosen.

3.4.7 Pengujian Kotoran Organik dalam Agregat Halus

3.4.7.1 Ruang Lingkup

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan adanya bahan organik dalam pasir alam yang akan digunakan sebagai bahan campuran mortar atau beton.

Kotoran organik adalah bahan-bahan organik yang terdapat didalam pasir dan menimbulkan efek merugikan terhadap mutu mortar atau beton

3.4.7.2 Peralatan dan Bahan

1. Tidak larut dalam larutan NaOH, dengan isi sekitar 350 ml.
2. Botol gelas tidak berwarna mempunyai tutup dari karet, gabus atau lainnya yang Standar warna (organik plate).
3. Larutan NaOH (3%). Larutan NaOH 3% dibuat dengan melarutkan 3 bagian berat NaOH kedalam 97 bagian berat air suling.

3.4.7.3 Persiapan Contoh Uji

Pasir 115 ml (kira-kira 1/3 isi botol).

3.4.7.4 Langkah-langkah Pelaksanaan

- a. Benda uji dimasukkan kedalam botol.

- b. Tambahkan larutan NaOH 3%, setelah dikocok isinya, setelah dikocok isinya harus mencapai kira-kira 2/3 isi botol.
- c. Tutuplah botol, kocok lagi kuat-kuat dan biarkan selama 24 jam.
- d. Setelah 24 jam bandingkan warna cairan yang terlihat diatas benda uji dengan warna standar no. 3.

3.4.7.5 Perhitungan Hasil Uji

Laporkan kotoran organik : lebih muda, sama atau lebih tua dari warna standar no. 3.

3.4.8 Pengujia Gumpalan Lempung dan Butiran-Butiran Mudah Pecah dalam Agregat

3.4.8.1 Ruang Lingkup

Pengujian ini dilakukan untuk memperkirakan gumpalan lempung dan butiran yang mudah pecah di dalam agregat.

3.4.8.2 Peralatan dan Bahan

1. Timbangan
2. Wadah penampung
3. Oven
4. Saringan.
5. Air Suling

3.4.8.3 Persiapan Contoh Uji

1. Benda uji yang akan dipakai dalam pengujian ini harus terlebih dahulu melewati pengujian bahan yang lewat saringan no. 200.
2. Keringkan benda uji dalam oven sampai berat tetap.
3. Contoh agregat halus adalah contoh agregat yang lolos saringan no. 4 dan tertahan saringan no. 16 dengan berat minimal sebesar 25 g.
4. Contoh agregat kasar dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

Tabel 3.5. Kebutuhan jumlah benda uji sesuai gradasinya pada pengujian gumpalan lempung

Ukuran benda uji		Berat benda uji minimum
Lolos	Tertahan	Gram
9.5 mm (3/8")	4.75 mm (No.4)	1000
19.0 mm (3/4")	9.5 mm (3/8")	2000
37.5 mm (1 1/2")	19.0 mm (3/4")	3000
>>	37.5 mm (1 1/2")	5000

3.4.8.4 Langkah-langkah Pelaksanaan

1. Timbang benda uji sesuai ketentuan (W).
2. Masukkan dalam wadah yang memiliki dasar yang luas dan sebarkan pada dasar secara merata.
3. Isi dengan air suling sampai menutupi permukaan agregat, biarkan terendam beberapa saat.
4. Tekan permukaan agregat menggunakan jari telunjuk dan ibu jari secara perlahan, jangan menggunakan kuku atau permukaan yang keras. Lakukan sampai seluruh agregat mendapat perlakuan yang sama.
5. Partikel yang pecah karena ditekan menggunakan jari, dapat dikategorikan sebagai gumpalan lempung dan butiran yang mudah pecah.
6. Pisahkan antara agregat dengan gumpalan lempung dan butiran yang mudah pecah menggunakan saringan berikut ini dengan penyaringan basah.

Tabel 3.6. Ukuran saringan yang digunakan untuk memisahkan antara agregat dengan gumpalan lempung

Ukuran benda uji		Ukuran Saringan yang digunakan
Lolos	Tertahan	
4.75 mm (No. 4)	1.18 mm (No. 16)	0.85 mm (No. 20)
9.5 mm (3/8")	4.75 mm (No.4)	2.36 mm (No. 8)
19.0 mm (3/4")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (No.4)
37.5 mm (1 1/2")	19.0 mm (3/4")	4.75 mm (No.4)
>>	37.5 mm (1 1/2")	4.75 m (No.4)

7. Keringkan benda uji yang tertahan diatas saringan tersebut didalam oven sampai berat tetap.
8. Keluarkan dari dalam oven, biarkan dingin sampai mencapai suhu ruang kemudian timbang beratnya (R).

3.4.8.5 Perhitungan Hasil Uji

$$P = \frac{(W - R)}{W} \times 100$$

Dimana :

P = Prosentase gumpalan lempung dan butiran yang mudah pecah untuk masing masing fraksi (%)

W = Berat awal benda uji (g)

R = Berat benda uji kering oven setelah penyaringan basah (g)

Untuk mendapatkan besarnya gumpalan lempung dan butiran yang mudah pecah dalam agregat kasar yang lebih dari satu fraksi, nilai P yang diperoleh untuk tiap-tiap fraksi tadi dapat di rata – ratakan atau dikalikan dengan prosentasi gradasinya untuk kemudian dijumlahkan.

3.4.9 Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles

3.4.9.1 Ruang Lingkup

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk. menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin Los Angeles.

Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan no. 12 terhadap berat semula, dalam persen

3.4.9.2 Peralatan dan Bahan

- a. Mesin Los Angeles.
- b. Mesin terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm (28") panjang dalam 50 cm (20"). Silinder

bertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Dibagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm (3,56").

- c. Timbangan, dengan ketelitian 5 gram.
- d. Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm (1 7/8") dan berat masing-masing antara 590 gram sampai 445 gram.
- e. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.

3.4.9.3 Persiapan Contoh Uji

- a. Berat dan gradasi benda uji sesuai tabel.
- b. Bersihkan benda uji dan keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.

Tabel 3.7. kebutuhan agregat dalam pengujian Abrasi

Ukuran saringan		Berat dan gradasi benda uji (gram)						
Lewat (mm)	tertahan (mm)	A	B	C	D	E	F	G
76,2	63,5					2500		
63,5	50,8					2500		
50,8	38,1					5000	5000	
38,1	25,4	1250					5000	5000
25,4	19,05	1250						5000
19,05	12,7	1250	2500					
12,7	9,51	1250	2500					
9,51	6,35			2500				
6,35	4,75			2500				
4,75	2,36				5000			
JUMLAH BOLA		12	11	8	6	12	12	12
BERAT BOLA (gram)		5000 + 25	4584 + 25	3330 + 20	2500 + 15	5000 + 25	5000 + 25	5000 + 25

3.4.9.4 Langkah-langkah Pelaksanaan

- a. Contoh uji dan bola-bola baja dimaksudkan kedalam mesin Los Angeles.
- b. Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 RPM, 500 putaran untuk gradasi A,B, C , dan D ; 1000 putaran untuk gradasi E, F dan G.
- c. Setelah selesai pemutaran, keluarkan contoh uji dari tabung Los Angeles kemudian dengan saringan No. 12. Butiran yang tertahan diatasnya dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu (110±5)⁰C sampai berat tetap.

3.4.9.5 Perhitungan Hasil Uji

$$\text{KEAUSAN \%} = \frac{\text{A} - \text{B}}{\text{A}} \times 100$$

Dimana :

A = Berat contoh uji semula (gram)

B = Berat contoh uji tertahan saringan No. 12, dalam (gram)

Keausan dilaporkan sebagai bilangan bulat dalam persen (%)

3.4.10 Pengujian Ketahanan Agregat Terhadap Tekanan

3.4.10.1 Ruang Lingkup

Pemeriksaan ini di.maksudkaan untuk. menentukan ketahanan agregat kasar terhadap tekanan dengan mempergunakan mesin uji universal.

Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan lewat saringan no. 7 terhadap berat semula, dalam persen.

3.4.10.2 Peralatan dan Bahan

1. Tongkat pemadat
2. Pelat baja. Sesuai ukuran silinder

3. Plunyer baja penekan.
4. Pan.
5. Saringan.
6. Oven.
7. Cetakan Silinder baja
8. Timbangan
9. UTM
10. Mistar perata.

3.4.10.3 Persiapan Contoh Uji

- a. Berat dan gradasi benda uji sesuai tabel (W_1).
- b. Bersihkan benda uji, cuci dan keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.

Ukuran Benda Uji		Berat Benda uji minimum
Lolos	Tertahan	Gram
$(\frac{1}{2}'')$	$(\frac{3}{8}'')$	3000

3.4.10.4 Langkah-langkah Pelaksanaan

1. Pasang pelat baja sebagai alas silinder baja diatas landasan tekan UTM
2. Masukkan contoh uji ke dalam silinder baja, bagi dalam tiga lapis, dengan masing masing lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali.
3. Ratakan permukaan silinder baja dari kelebihan benda uji dengan mistar perata, jaga jangan sampai ada benda uji yang hilang selama proses pemadatan.
4. Timbang benda uji yang tersisa bila ada. (W_2)

5. Pasang plunyer penekan di atas silinder baja.
6. Jalankan UTM dengan kecepatan 4 ton per menit sampai menekan sebesar 40 ton.
7. Lepaskan tekanan secara perlahan-lahan, keluarkan silinder baja dari landasan penekan.
8. Keluarkan benda uji dari dalam cetakan silinder baja, jangan sampai ada bagian yang hilang, saring dengan saringan no. 7
9. Butiran yang tertahan diatas saringan no 7 dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu (110±5)⁰C sampai berat tetap.
10. Timbang beratnya (W₃)

3.4.10.5 Perhitungan Hasil Uji

$$\text{Crushing Value \%} = \frac{(W_1 - W_2) - W_3}{(W_1 - W_2)} \times 100$$

Dimana :

W₁ = Berat contoh uji semula (gram)

W₂ = Berat contoh uji yang tersisa (gram)

W₃ = Berat contoh uji tertahan saringan No. 7, dalam (gram)

Crushing value dilaporkan sebagai bilangan bulat dalam persen (%)

3.4.11 Pengujian Kadar Air Agregat

3.4.11.1 Ruang Lingkup

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air agregat dengan cara pengeringan.

Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering.

3.4.11.2 Peralatan dan Bahan

- Timbangan dengan ketelitian 0,1% berat contoh.
- Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5^\circ)$ C.
- Talam logam tahan karat berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan benda uji.

3.4.11.3 Persiapan Contoh Uji

Tabel 3.8. Berat contoh agregat minimum tergantung pada ukuran butir maksimum

Uk. butir maksimum		Berat contoh agregat minimum	Uk. butir maksimum		Berat contoh agregat minimum
mm	inci	kg	mm	inci	kg
6,3	1/4	0,5	50,8	2	8
9,5	3/8	1,5	63,5	2½	10
12,7	1/2	2,0	76,2	3	13
19,1	3/4	3,0	88,9	3½	16
25,4	1	4,0	101,6	4	25
38,1	1½	6,0	152,4	6	50

3.4.11.4 Langkah-langkah Pelaksanaan

- Timbang dan catatlah berat talam (W_1).
- Masukkan benda uji kedalam talam kemudian timbang dan catatlah beratnya (W_2)
- Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$)
- Keringkan benda uji beserta talam dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5^\circ)$ C sampai beratnya tetap.
- Setelah kering, timbang dan catatlah berat benda uji beserta talam (W_4) kemudian hitunglah berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$).

3.4.11.5 Perhitungan Hasil Uji

$$\% \text{ Kadar Air Agregat} = \frac{(W_3 - W_5)}{W_5} \times 100$$

Dimana :

W_3 = Berat contoh uji semula dalam gram

W_5 = Berat contoh uji kering dalam gram

Laporkan Kadar Air dalam persen dua angka dibelakang koma

3.5 Pengujian slump beton

3.5.1 Peralatan

Untuk melaksanakan pengujian slump beton diperlukan peralatan sebagai berikut :

1. Cetakan dari logam minimal 1,2 mm berupa kerucut terpancung (*cone*) dengan diameter bagian bawah 203 mm, bagian bawah dan atas 102 mm, dan tinggi 305 mm, bagian bawah dan atas cetakan terbuka
2. Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 600 mm, ujung dibulatkan dibuat dari baja yang bersih dan bebas dari karat.
3. Pelat logam dengan permukaan yang kokoh, rata dan kedap air.
4. Sendok cengkung menyerap air.
5. Mistar ukur.

3.5.2 Benda uji

Pengambilan benda uji harus dari contoh beton segar yang mewakili campuran beton.

3.5.3 Cara pengujian atau prosedur

Untuk melaksanakan pengujian slump beton harus diikuti beberapa tahap sebagai berikut :

1. Basahi cetakan dan pelat dengan kain basah,
2. Letakan cetakan di atas pelat dengan kokoh.
3. Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis tiap lapis berisi kira-kira 1/3 isi cetakan, setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata, tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan, pada lapisan pertama penusukan bagian tepi tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan.

4. Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh disekitar cetakan harus disingkirkan, kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas, seluruh pengujian mulai dari pengisian sampai cetakan diangkat harus selesai dalam waktu 2,5 menit.
5. Balikkan cetakan dan letakan perlahan-lahan disamping benda uji, ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.

3.5.4 Pengukuran slump

Pengukuran slump harus segera dilakukan dengan cara mengukur tegak lurus antara tepi atas cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji, untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti dilakukan dua kali pemeriksaan dengan adukan yang sama dan dilaporkan hasil rata-rata.

3.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

3.6.1 Peralatan

Untuk melaksanakan pengujian kuat tekan beton diperlukan peralatan sebagai berikut :

1. Cetakan silinder, diameter 152 mm, tinggi 305 mm.
2. Tongkat pemadat, diameter 16 mm, panjang 600 mm, dengan ujung dibulatkan dibuat dari baja yang bersih dan bebas dari karat.
3. Mesin pengaduk atau bak pengaduk beton kedap air.
4. Timbangan dengan ketelitian 0,3% dari berat contoh.
5. Mesin tekan, kapasitas sesuai kebutuhan.
6. Satu set alat pelapis (capping)
7. Peralatan tambahan, ember, sekop, sendok, perata, dan talam.
8. Satu set alat pemeriksaan slump.
9. Satu set alat pemeriksaan berat isi beton.

3.6.2 Benda uji

Untuk mendapatkan benda uji harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut :

A. Pembuatan dan pematangan benda uji

1. Benda uji dibuat dari beton segar yang mewakili campuran beton.
2. Isilah cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap-tiap lapisan dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata, pada saat melaksanakan pemadatan lapisan pertama, tongkat pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan, pada saat pemadatan lapisan kedua serta ketiga tongkat pemadat boleh masuk kira-kira 25,4 mm ke dalam lapisan dibawah.
3. 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 serta tahan karat, kemudian biarkan beton dalam cetakan selama 24 jm dan letakan pada tempat yang bebas dari getaran.
4. Setelah 24 jam, bukalah cetakan dan keluarkan benda uji, untuk perencanaan campuran beton, rendamlah benda uji dalam bak perendam berisi air dalam temperatur 25⁰C disebutkan untuk pematangan (*curing*), selama waktu yang dikehendaki, untuk pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembetonan, pematangan (*curing*) disesuaikan persyaratan.

B. Persiapan pengujian

1. Ambillah benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekannya dari bak perendam/pematangan (*curing*), kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain lembab.
2. Tentukan berat dan ukuran benda uji.
3. Lapislah (*capping*) permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang dengan cara sebagai berikut : Lelehkan mortar belerang di dalam pot peleleh (*melting pot*) yang diding dalamnya telah dilapisi tipis dengan lemak, kemudian letakan benda uji

tegak lurus pada cetakan pelapis sampai mortar belerang cair menjadi keras, dengan cara yang sama lakukan pelapisan pada permukaan lainnya.

4. Benda uji siap untuk diperiksa.

3.6.3 Cara pengujian atau prosedur

Untuk melaksanakan pengujian kuat tekan beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Letakan benda uji pada mesin tekan secara centris.
2. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm² per detik
3. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
4. Gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji.

3.6.4 Perhitungan

$$\text{Kekuatan tekan beton} = \frac{P}{A} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Keterangan :

P = Beban maksimum (Kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

3.7 Pengujian Pada Pecahan Batako

Pengujian untuk pecahan batako metode pengujianya tidak berbeda dengan pengujian yang dilakukan untuk agregat kasar. Perbedaannya hanya terdapat pada benda yang akan diuji, karena pada pengujian batako ini benda uji dihancurkan dahulu sesuai dengan kebutuhan pengujian dan dengan ukuran yang sesuai dengan prosedur pengujian.

Pengujian untuk pecahan batako ini antara lain adalah :

Tabel 3.9 Metode pengujian untuk pecahan batako

Pengujian	Metode Pengujian
Uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	SNI 03-1969-1990
Pengujian berat jenis agregat halus	SNI 03-1970-1990
Pengujian gumpualn lempung dan butiran-butiran mudah pecah	SNI 03-4141-1996

3.8 Pembuatan Benda Uji Beton Segar

Pembuatan benda uji dilakukan di laboratorium Uji Bahan dan Kontruksi USB YPKP bandung.

Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji terdiri dari 4 komposisi, yaitu:

1. Pembuatan benda uji Beton Normal
3. Pembutan benda uji beton dengan tambahan 50% batu bara
5. Pembutan benda uji beton dengan tambahan 100% batu bara

Tabel 3.10 Perhitungan Pembuatan benda uji beton normal

No	Pecahan limbah batako (%)	Jenis Pengujian	Dimensi Benda Uji silender	Jumlah Benda Uji Untuk Umur (Hari)		Total
				7	28	
1	0	Kuat Tekan	15 x 30	1	1	2
3	50	Kuat Tekan	15 x 1530	1	1	2
5	100	Kuat Tekan	15 x 15	1	1	2
Total						6

3.9 Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji Beton Normal dengan Bahan Campuran Pecahan Batako dengan Perbandingan 0%, 50%, dan 100% terhadap berat Kerikil (agregat kasar)

Bahan susunan beton yang dipakai meliputi agregat halus berupa pasir sungai dan agregat kasar pecahan batu bata semen tipe I dengan merek semen Tiga Roda, Genteng yang digunakan dalam penelitian ini adalah pecahan batako yang diambil dari tempat pembuatan batu bata, air yang digunakan air laboratorium Kontruksi Universitas Sangga Buana Bandung.

Persyaratan yang telah ditentukan menurut **SNI 7394 : 2008** Tentang Perencanaan Pembuatan Beton 1m^3 beton mutu $f'c = 14,5\text{Mpa}$ (K-175) slump (12 ± 2) cm.

BAB IV

HASIL DAN ANALISA DATA

4.1. Pengujian Bahan Pembentuk Beton

4.1.1. Semen

Pengujian dilaksanakan sesuai dengan Metode Uji SNI 15-3758-2004. Untuk mengetahui kemurnian dari suatu semen *portland*, maka harus dilakukan pengujian berat jenis pada semen tersebut. Berat jenis semen rata-rata pada pengujian ini, didapat nilai BJ semen yaitu 3,15 dan memenuhi syarat 3,00 - 3,20. Maka semen dianggap murni dan dapat digunakan dalam pembuatan beton.

4.1.2. Agregat

Agregat adalah suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran, berupa butiran atau pecahan termasuk di dalamnya adalah pasir, kerikil, agregat pecah terak tanur tinggi, abu atau debu agregat. Agregat halus merupakan agregat yang butirannya lolos ayakan 4,75 mm dan tertahan ayakan No.200 (0,075 mm).

Agregat halus yang digunakan pada kajian ini adalah pasir Cimalaka, Pasir Cimalaka memiliki tekstur halus. Jika pada campuran beton menggunakan pasir halus, maka antara mortar (semen dan agregat halus) dengan agregat kasar akan memiliki lekatan yang kurang baik tetapi pekerjaan beton akan lebih mudah. Tetapi jika sebaliknya, lekatan antara material pembentuk beton akan lebih baik jika pasir memiliki tekstur kasar.

Sedangkan untuk agregat kasar, pada kajian ini agregat kasar yang digunakan adalah agregat kasar yang berasal dari Lagadar dengan ukuran maksimum agregat 20 mm. Hasil pengujian agregat halus dan agregat kasar antara lain:

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Berat jenis keadaan jenuh kering muka (SSD) adalah perbandingan antara berat suatu benda pada keadaan jenuh/kering muka dengan volume benda tersebut pada suhu tertentu. Berat jenis agregat berbeda satu sama lainnya, tergantung dari jenis batuan dan pasir dari susunan mineral, struktur butiran dan porositas batumannya. Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

PENGUJIAN		SATUAN	I	II	NOTASI
BERAT CONTOH JKP		Gram	505.2	502.5	Bj
BERAT PICNOMETER+ AIR		Gram	681.7	680.6	Ba
BERAT PICNOMETER+AIR+CONTOH		Gram	1001.9	999.3	Bt
BERAT CONTOH KERING		Gram	498.4	496.2	Bk
PERHITUNGAN	RUMUS		I	II	RATA-RATA
BERET JENIS KERING	$Bk/(Ba+Bj - Bt)$		2.69	2.70	2.70
BERAT JENIS JKP	$Bj/(Ba+Bj - Bt)$		2.73	2.73	2.73
BERAT JENIS SEMU	$Bk/(Ba+Bk - Bt)$		2.80	2.80	2.80
PERESAPAN %	$((Bj - Bk)/ Bk \times 100\%)$		1.36	1.27	1.32

Tabel 4.2. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

PENGUJIAN		SATUAN	I	II	NOTASI
BERAT CONTOH JKP		Gram	3000	3000	Bj
BERAT CONTOH DALAM AIR		Gram	1855	1853	Ba
BERAT CONTOH KERING		Gram	2937	2934	Bk
PERHITUNGAN	RUMUS		I	II	RATA-RATA
BERET JENIS KERING	$Bk/(Bj - Ba)$		2.57	2.56	2.56
BERAT JENIS JKP	$Bj/(Bj - Ba)$		2.62	2.62	2.62
BERAT JENIS SEMU	$Bk/(Bk - Ba)$		2.71	2.71	2.71
PERESAPAN %	$((Bj - Bk)/ Bk \times 100\%)$		2.15	2.25	2.20

2. Analisa Saringan

Analisa saringan agregat adalah penentuan prosentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan. Gradasi agregat yang baik untuk beton adalah agregat dimana susunan butirnya (gradasi)

terdiri dari butiran halus hingga kasar secara berurutan, karena butirannya akan saling mengisi sehingga akan diperoleh beton dengan kepadatan yang tinggi, mudah dikerjakan dan mudah dialirkan.

Mutu gradasi agregat, selain ditentukan terhadap distribusi butiran, beberapa standar mensyaratkan atas angka modulus kehalusan (*Fineness Modulus/FM*). Modulus Kehalusan adalah jumlah prosentase tertahan kumulatif untuk satu seri ukuran ayakan yang kelipatan dua, dimulai dari ukuran terkecil 0,15 mm dibagi 100.

Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.3. Hasil pengujian analisa saringan agregat

Ukuran Ayakan		Agregat Kasar		Agregat Halus	
		Kumulatif		Kumulatif	
		Tertahan (%)	Lolos (%)	Tertahan (%)	Lolos (%)
25.4 mm	1"	0.00	100.00	0.00	100.00
19.1 mm	¾"	16.79	83.21	0.00	100.00
12.7 mm	½"	94.16	5.84	0.00	100.00
9.52 mm	⅜"	99.77	0.23	3.69	96.31
4.75 mm	No. 4	100.00	0.00	20.16	79.84
2.36 mm	No. 8	100.00	0.00	40.18	59.82
1.18 mm	No. 16	100.00	0.00	58.26	41.74
0.6 mm	No. 30	100.00	0.00	71.80	28.20
0.3 mm	No. 50	100.00	0.00	81.51	18.49
0.15 mm	No. 100	100.00	0.00	87.18	12.82
0.075 mm	No. 200	100.00	0.00	93.86	6.14
Pan		100.00	0.00	100	0
Modulus Kehalusan		7.17		3.63	

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.2, agregat kasar masuk pada kategori agregat berukuran maksimum 20 mm, sedangkan agregat halus merupakan agregat halus kategori 1 yaitu bergradasi kasar.

3. Pengujian Berat Isi Agregat

Pengujian berat isi padat dan gembur baik itu agregat kasar maupun halus diperlukan untuk merancang atau mendesain agregat tersebut dalam keadaan padat, sedangkan pada kenyataan yang kita temui di lapangan, agregat berada dalam keadaan gembur, sehingga diperlukan adanya faktor konversi (berat isi rata-rata agregat dalam keadaan padat dibagi berat isi rata-rata agregat dalam keadaan lepas) dari kondisi padat ke gembur.

Berat isi didapatkan dari perbandingan antara berat agregat dengan volume. Hasil pengujian bobot isi padat dan gembur untuk agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.4. Hasil pengujian berat isi agregat halus

BERAT ISI LEPAS	SATUAN	I	II	III
BERAT CONTOH+TEMPAT	Kg	6.06	6.11	6.10
BERAT TEMPAT	Kg	2.08	2.08	2.08
BERAT CONTOH	Kg	3.98	4.03	4.01
VOLEME TEMPAT	Lt	2.83	2.83	2.83
BERAT ISI CONTOH	Kg / Lt	1.41	1.42	1.42
BERAT ISI RATA-RATA	Kg / Lt	1.41		
BERAT ISI PADAT	SATUAN	I	II	III
BERAT CONTOH+TEMPAT	Kg	6.56	6.46	6.51
BERAT TEMPAT	Kg	2.08	2.08	2.08
BERAT CONTOH	Kg	4.48	4.37	4.43
VOLEME TEMPAT	Lt	2.83	2.83	2.83
BERAT ISI CONTOH	Kg / Lt	1.58	1.54	1.56
BERAT ISI RATA-RATA	Kg / Lt	1.56		

Tabel 4.5. Hasil pengujian berat isi agregat Kasar

BERAT ISI LEPAS	SATUAN	I	II	III
BERAT CONTOH+TEMPAT	Kg	26.23	26.04	26.88
BERAT TEMPAT	Kg	4.95	4.95	4.95
BERAT CONTOH	Kg	21.28	21.09	21.93
VOLEME TEMPAT	Lt	14.16	14.16	14.16
BERAT ISI CONTOH	Kg / Lt	1.50	1.48	1.55
BERAT ISI RATA-RATA	Kg / Lt	1.51		

BERAT ISI PADAT	SATUAN	I	II	III
BERAT CONTOH+TEMPAT	Kg	27.57	28.04	27.92
BERAT TEMPAT	Kg	4.95	4.95	4.95
BERAT CONTOH	Kg	22.62	23.09	22.97
VOLEME TEMPAT	Lt	14.16	14.16	14.16
BERAT ISI CONTOH	Kg / Lt	1.60	1.63	1.62
BERAT ISI RATA-RATA	Kg / Lt	1.62		

4. Pengujian Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200

Bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 sering terdapat dalam agregat. Bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 pada permukaan butiran agregat akan mengurangi kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga akan mengurangi kekuatan dan ketahanan beton. Hasil pengujian kadar bahan agregat yang lolos saringan no. 200 dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.6. Hasil pengujian Dalam Agregat halus yang Lolos Saringan No. 200

Pengujian	satuan	berat	Notasi
Berat Contoh	Gram	500	A
Berta Contoh Akhir	Gram	476	B
Hasil Pengujian $(A - B)/A \times 100\%$	%	4,8	Lolos 200

Tabel 4.7. Hasil pengujian Dalam Agregat kasar yang Lolos Saringan No. 200

Pengujian	satuan	berat	Notasi
Berat Contoh	Gram	2615	A
Berta Contoh Akhir	Gram	2612	B
Hasil Pengujian $(A - B)/A \times 100\%$	%	0.11	Lolos 200

Berdasarkan hasil pengujian pada table 4.6 dan 4.7 agregat masih masuk spesifikasi pengujian, yaitu agregat halus di bawah 5%, dan agregat kasar dibawah 1%.

5. Pengujian Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Abrasi *Los Angeles*

Hasil pengujian keausan agregat kasar dengan mesin abrasi Los Angeles menghasilkan persentase keausan sebesar 19.94%. Hasil tersebut memenuhi persyaratan penggunaan agregat kasar untuk beton mutu tinggi, karena persyaratan keausan agregat kasar yang digunakan untuk beton mutu tinggi yaitu maksimum sebesar 40%.

Tabel 4.8. Hasil pengujian keausan agregat kasar dengan mesin abrasi *Los Angeles*

Gradasi yang digunakan		Berat Benda Uji (Gram)						
lolos	Tertahan	A	B	C	D	E	F	G
3"	2½"	-	-	-	-	2500	-	-
2½"	2"	-	-	-	-	2500	-	-
2"	1½"	-	-	-	-	5000	5000	-
1½"	1"	1250	-	-	-	-	5000	5000
1"	¾"	1250	-	-	-	-	-	5000
¾"	½"	1250	2500	-	-	-	-	-
½"	⅜"	1250	2500	-	-	-	-	-
⅜"	¼"	-	-	2500	-	-	-	-
¼"	NO.4	-	-	2500	-	-	-	-
NO.4	NO.8	-	-	-	5000	-	-	-
Jumlah Bola		12	11	8	6	12	12	12
Pengujian			Satuan	I			Notasi	
Berat Contoh Awal (½" ³ +¾" ³)			Gram	(2500+2500)=5000			A	
Berat Contoh Akhir (Tertahan Saringan No.12)			Gram	4170			B	
Keausan=(A-B)/(A)× 100%			%	16,67				

Berdasarkan hasil dari pengujian pada tabel 4.8, menggunakan kolom C dengan gradasi yang digunakan adalah lolos ¾" tertahan No.4 dan menggunakan bola sebanyak 8 buah.

6. Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir untuk Campuran Mortar dan Beton

Dari hasil pengujian, warna larutan di atas permukaan agregat halus dalam botol setelah ± 24 jam yaitu No. 2. Hal ini menunjukkan bahwa kadar zat organik dalam agregat halus cukup rendah sehingga agregat halus ini dapat digunakan sebagai bahan adukan dalam pembuatan beton.

4.1.3. 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. Perancangan Campuran Beton

Perancangan campuran beton dilakukan berdasarkan metode SNI 03-2834-2000 (Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal). Campuran dibuat menggunakan f.a.s yang sama dan perbandingan agregat terhadap semen yang sama. Penambahan Pecahan batako dilakukan dengan cara mengurangi jumlah agregat kasar berdasarkan perbandingan berat jenis antara agregat kasar dan Pecahan batako.

Dengan menggunakan beberapa perbandingan campuran beton dan penambahan pecahan batako, penulis membuat rencana campuran beton sebanyak 5 jenis campuran dengan rincian sebagai berikut :

1. Campuran beton dengan penambahan pecahan batako 0 %
2. Campuran beton dengan penambahan pecahan batako 25 %
3. Campuran beton dengan penambahan pecahan batako 50 %
4. Campuran beton dengan penambahan pecahan batako 75 %
5. Campuran beton dengan penambahan pecahan batako 100 %

Jumlah sampel benda uji beton yang akan dibuat dapat dilihat pada tabel berikut ini:

No	Rencana campuran beton	Jenis pengujian	Dimensi beda uji	Jumlah benda uji		Total
				Umur 7 hari	Umur 28 hari	
1	Dengan pecahan batako 0%	Kuat Tekan	15x15x15 cm	1	1	2
2	Dengan pecahan batako 25%	Kuat Tekan	15x15x15 cm	1	1	2
3	Dengan pecahan batako 50%	Kuat Tekan	15x15x15 cm	1	1	2
4	Dengan pecahan batako 75%	Kuat Tekan	15x15x15 cm	1	1	2
5	Dengan pecahan batako 100%	Kuat Tekan	15x15x15 cm	1	1	2
Total						10

4.3. Perhitungan

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

Agregat Kasar

DA_{maks}	= 19,00 mm	Diameter agregat kasar maksimal
$Bulk_{agg}$	= 2.62 kg/m ³	Berat jenis (<i>bulk specific gravity</i>)
η_{agg}	= 2,20 %	Penyerapan air (<i>water absorption</i>)
Dry_{rm}	= 1,62 kg/dm ³	Berat isi (<i>dry roded mass</i>)

Agregat Halus

$Bulk_{agg}$	= 2.73 kg/m ³	Berat jenis (<i>bulk specific gravity</i>)
η_{agg}	= 1,32 %	Penyerapan air (<i>water absorption</i>)
Dry_{rm}	= 1,56 kg/dm ³	Berat isi (<i>dry roded mass</i>)

Semen Tipe I

SG	= 3,15	Berat jenis (<i>specific gravity</i>)
----	--------	---

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 kubus beton, yaitu : 15 cm x 15 cm x 15 cm = 3375 cm³, kemudian dirubah ke dalam satuan meter kubik = 0,003375 m³. Jadi volume satu buah kubus ialah sebesar 0,003375 m³ beton.

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

Tabel 4.9 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 kubus diatas, maka kebutuhan bahan untuk melaksanakan pembuatan benda uji beton normal dengan perbandingan 1 : 3 : 5 dengan penambahan pecahan batako sesuai dengan persentase yang direncanakan yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%.

Dimana : Volume Kubus : 0,003375 m³

1. Kebutuhan bahan untuk 2 kubus beton normal dengan penambahan pecahan batako 0% adalah:

- 1 Semen = 1/9 x 0,003375 = 0,000375 m³
- 3 Pasir = 3/9 x 0,003375 = 0,001125 m³
- 5 Agregat Kasar = 5/9 x 0,003375 = 0,001875 m³

Kebutuhan campuran

- Semen = 3150 kg/m³ x 0,000375 m³
= 1,18125 kg x 2 + 10% = **2,59875** kg
- Pasir = 2630 kg/m³ x 0,001125 m³
= 2,95875 kg x 2 + 10% = **6,739125** kg
- Agregat Kasar = 2361 kg/m³ x 0,001875
= 4,426875 kg x 2 + 10% = **9,739125** kg
- Air = 205 x 0,003375
= 0,69 x 2 + 10% = **1,518** kg

2. Kebutuhan bahan untuk 2 kubus beton normal dengan penambahan pecahan batako 25% adalah:

- 1 Semen = 1/9 x 0,003375 = 0,000375 m³
- 3 Pasir = 3/9 x 0,003375 = 0,001125 m³
- 5 Ag, Kasar – 25% = 5/9 x 0,003375
= 0,001875 - 0,000469 = 0,001406 m³
+ pecahan batako 25% = 5/9 x 0,25 x 0,003375 = 0,000469 m³

Kebutuhan campuran

- Semen = 3150 kg/m³ x 0,000375 m³
= 1,18125 kg x 2 + 10% = **2,59875** kg
- Pasir = 2630 kg/m³ x 0,001125 m³
= 2,95875 kg x 2 + 10% = **6,739125** kg
- Agregat Kasar = 2361 kg/m³ x 0,001406
= 3,320156 kg x 2 + 10% = **7,304344** kg

- Pecahan Batako = $2157 \text{ kg/m}^3 \times 0,000469$
= $1,011094 \times 2 + 10\% = \mathbf{2,224406}$ kg
- Air = $205 \times 0,003375$
= $0,69 \times 2 + 10\% = \mathbf{1,518}$ kg

3. Kebutuhan bahan untuk 2 kubus beton normal dengan penambahan pecahan batako 50% adalah:

- 1 Semen = $1/9 \times 0,003375 = 0,000375 \text{ m}^3$
- 3 Pasir = $3/9 \times 0,003375 = 0,00125 \text{ m}^3$
- 5 Ag, Kasar – 50% = $5/9 \times 0,003375$
= $0,001875 - 0,000938 = 0,000938 \text{ m}^3$
- + pecahan batako 50% = $5/9 \times 0,50 \times 0,003375 = 0,000938 \text{ m}^3$

Kebutuhan campuran

- Semen = $3150 \text{ kg/m}^3 \times 0,000375 \text{ m}^3$
= $1,18125 \text{ kg} \times 2 + 10\% = \mathbf{2,59875}$ kg
- Pasir = $2630 \text{ kg/m}^3 \times 0,001125 \text{ m}^3$
= $2,95875 \text{ kg} \times 2 + 10\% = \mathbf{6,739125}$ kg
- Agregat Kasar = $2361 \text{ kg/m}^3 \times 0,000938$
= $2,213438 \text{ kg} \times 2 + 10\% = \mathbf{4,869563}$ kg
- Pecahan Batako = $2157 \text{ kg/m}^3 \times 0,000938$
= $2,022188 \times 2 + 10\% = \mathbf{4,448813}$ kg
- Air = $205 \times 0,003375$
= $0,69 \times 2 + 10\% = \mathbf{1,518}$ kg

4. Kebutuhan bahan untuk 2 kubus beton normal dengan penambahan pecahan batako 75% adalah:

- 1 Semen = $1/9 \times 0,003375 = 0,000375 \text{ m}^3$
- 3 Pasir = $3/9 \times 0,003375 = 0,00125 \text{ m}^3$
- 5 Ag, Kasar – 75% = $5/9 \times 0,003375$
= $0,001875 - 0,001406 = 0,000469 \text{ m}^3$
- + pecahan batako 75% = $5/9 \times 0,75 \times 0,003375 = 0,001406 \text{ m}^3$

Kebutuhan campuran

- Semen = $3150 \text{ kg/m}^3 \times 0,000375 \text{ m}^3$
= $1,18125 \text{ kg} \times 2 + 10\% = \mathbf{2,59875 \text{ kg}}$
- Pasir = $2630 \text{ kg/m}^3 \times 0,001125 \text{ m}^3$
= $2,95875 \text{ kg} \times 2 + 10\% = \mathbf{6,739125 \text{ kg}}$
- Agregat Kasar = $2361 \text{ kg/m}^3 \times 0,000469$
= $1,106719 \text{ kg} \times 2 + 10\% = \mathbf{2,434781 \text{ kg}}$
- Pecahan Batako = $2157 \text{ kg/m}^3 \times 0,001406$
= $3,033281 \times 2 + 10\% = \mathbf{6,673219 \text{ kg}}$
- Air = $205 \times 0,003375$
= $0,69 \times 2 + 10\% = \mathbf{1,518 \text{ kg}}$

5. Kebutuhan bahan untuk 2 kubus beton normal dengan penambahan pecahan batako 0% adalah:

- 1 Semen = $1/9 \times 0,003375 = 0,000375 \text{ m}^3$
 - 3 Pasir = $3/9 \times 0,003375 = 0,00125 \text{ m}^3$
 - 5 Ag, Kasar – 100% = $5/9 \times 0,003375$
= $0,001875 - 0,001875 = 0$
- + pecahan batako 100% = $5/9 \times 0,100 \times 0,003375 = 0,001875 \text{ m}^3$

Kebutuhan campuran

- Semen = $3150 \text{ kg/m}^3 \times 0,000375 \text{ m}^3$
= $1,18125 \text{ kg} \times 2 + 10\% = \mathbf{2,59875 \text{ kg}}$
- Pasir = $2630 \text{ kg/m}^3 \times 0,001125 \text{ m}^3$
= $2,95875 \text{ kg} \times 2 + 10\% = \mathbf{6,739125 \text{ kg}}$
- Agregat Kasar = $2361 \text{ kg/m}^3 \times 0$
= $0 \text{ kg} \times 2 + 10\% = \mathbf{0 \text{ kg}}$
- Pecahan Batako = $2157 \text{ kg/m}^3 \times 0,001875$
= $4,044375 \times 2 + 10\% = \mathbf{8,897625 \text{ kg}}$
- Air = $205 \times 0,003375$
= $0,69 \times 2 + 10\% = \mathbf{1,518 \text{ kg}}$

Hasil perancangan campuran dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.9. Hasil rancangan campuran beton per 2 benda uji kubus dengan agregat dalam kondisi JKP

Jenis Bahan Campuran	Beton Normal dgn Pecahan batako 0%	Beton Normal dgn Pecahan batako 25%	Beton Normal dgn Pecahan batako 50%	Beton Normal dgn Pecahan batako 75%	Beton Normal dgn Pecahan batako 100%
Semen (kg)	2,599	2,599	2,599	2,599	2,599
Air (liter)	1,518	1,518	1,518	1,518	1,518
Agregat halus (kg)	6,509	6,509	6,509	6,509	6,509
Agregat kasar (kg)	9,739	7,304	4,870	2,435	0
Pecahan batako (kg)	0	2,224	4,449	6,673	8,898

4.4. Pembuatan Benda Uji

Sebelum melakukan pencampuran, terlebih dahulu harus mengukur kadar air aktual agregat kasar dan agregat halus. Tujuan pengukuran kadar air aktual yaitu untuk melakukan koreksi berat agregat kasar dan agregat halus karena pada saat perancangan bahan-bahan tersebut dalam kondisi JKP (Jenuh Kering Permukaan). Bahan-bahan pembentuk beton dipersiapkan dengan cara ditimbang sesuai dengan perhitungan pada perancangan beton. Setelah perhitungan rencana campuran beton tahap selanjutnya yaitu pelaksanaan campuran beton, dalam penelitian ini pencampuran beton dilaksanakan dengan cara manual seperti pada gambar 4.1



Gambar 4.1. pencampuran beto secara manual

Lamanya waktu pencampuran untuk masing-masing campuran adalah \pm 5 menit.

Tahap-tahap pencampuran beton adalah sebagai berikut:

1. Persiapan bahan

Sebelum melakukan pencampuran agregat kasar dan halus dicuci terlebih dahulu, dimaksudkan agar lumpur yang terkandung didalam agregat berkurang, dan kemudian dijemur kembali dibawah sinar matahari agar kandungan air didalam agregat tidak terlalu banyak seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.1.Proses pencucian dan penjemuran agregat

2. Persiapan peralatan

Peralatan yang harus disiapkan dalam pencampuran beton yaitu:

- Pan besar
- Sekop
- Alat uji kelecakan (*Slump*)
- Alat uji bobot isi beton segar
- Cetakan benda uji
- Alat pemadat beton
- Alat finishing beton
- Alat bantu lainnya

3. Pembuatan benda uji

Tahap-tahap pembuatan benda uji beton adalah sebagai berikut:

- a. Menimbang masing-masing bahan pembuat beton sesuai dengan proporsi kebutuhan.
- b. Setelah penimbangan selesai, semua agregat dicampur merata beserta pecahan batako sesuai dengan proporsinya.
- c. Setelah agregat kasar, Pecahan batako dan agregat halus tercampur merata, kemudian mencampurkan semen.
- d. Tahap terakhir yaitu mencampurkan air sedikit demi sedikit sambil diaduk sampai campuran beton segar homogen.

4. Pengujian *Slump* beton

Alat *Slump* digunakan untuk mengukur nilai kelecakan beton segar dengan tujuan agar beton mudah dikerjakan.



Gambar 4.1. Pengujian *Slump* pada beton berserat *Polyolefin*

Hasil pengujian kelecakan beton segar dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.10. Hasil pengujian kelecakan beton normal dan beton berserat

Variasi Beton	Nilai <i>Slump</i>	<i>Slump</i> Rencana
Beton dengan pecahan batako 0%	115 mm	100±20 mm
Beton dengan pecahan batako 25%	95 mm	
Beton dengan pecahan batako 50%	60 mm	
Beton dengan pecahan batako 75%	55 mm	
Beton dengan pecahan batako 100%	47 mm	

Berdasarkan hasil pengujian kelecakan beton segar pada tabel 4.6, dengan komposisi rancangan yang sama, semakin besar penambahan pecahan batako maka nilai *slump* semakin kecil, hal ini menunjukkan bahwa campuran beton terikat oleh pecahan batako sehingga kelecakan beton menjadi berkurang.

5. Pengujian berat isi beton segar

Pengukuran berat isi dilakukan segera setelah selesai pengadukan beton segar yang dianggap mewakili. Pengujian berat isi beton segar bertujuan untuk mengetahui berat isi aktual dari beton segar. Bobot isi didefinisikan sebagai suatu perbandingan antara berat adukan dengan volume adukan beton, secara matematis. Hasil pengujian berat isi beton segar dapat dilihat pada Tabel 4.7.

$$D = \frac{W}{V} \text{ (kg /m}^3\text{)(6)}$$

Keterangan :

V = volume (m³)

W= berat adukan beton (kg)

Tabel 4.11. Hasil pengujian berat isi beton segar

Variasi Beton	Berat Isi (kg/m ³)
Beton normal tanpa pecahan batako	2.354
Beton dengan penambahan pecahan batako 25%	2.327
Beton dengan penambahan pecahan batako 50%	2.305
Beton dengan penambahan pecahan batako 75%	2.282
Beton dengan penambahan pecahan batako 100%	2.258

Berdasarkan Tabel 4.7, berat isi beton segar semakin menurun akibat penambahan Pecahan batako, hal tersebut dikarenakan pecahan batako memiliki berat jenis yang ringan dibandingkan dengan dengan agregat kasar yang digunakan, sehingga nilai berat isi beton dengan penambahan pecahan batako semakin menurun jika jumlah serat semakin besar.

6. Pencetakan Benda Uji

Setelah pengujian beton segar dilakukan, tahap selanjutnya yaitu pencetakan benda uji ke dalam cetakan yang berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 cm yang sudah disiapkan (lihat Gambar 4.6).



Gambar 4.2. Pencetakan Beton ke dalam cetakan kubus dan balok

Setelah bagian atas permukaan kubus diratakan, kemudian disimpan di tempat yang rata dan bebas dari getaran dan gangguan. kubus tersebut disimpan selama 24 jam kemudian dibuka.

7. *Curing* Benda Uji

Curing benda uji dilakukan 24 jam setelah pembuatan beton. Metode *curing* yang dilakukan yaitu dengan cara merendam benda uji di dalam bak air bersuhu $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ (lihat Gambar 4.7).



Gambar 4.3. *Curing* Benda Uji

Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya proses hidrasi semen. Hidrasi semen yaitu bila semen dicampur dengan air akan menghasilkan pasta yang plastis dan mudah dikerjakan. Sampai beberapa waktu karakteristik dari pasta tersebut tidak berubah (*dorman*

period). Pada tahap selanjutnya pasta tidak dapat dikerjakan (*initial setting period*). Tahap berikutnya pasta melanjutkan kekakuan sehingga didapatkan padatan yang utuh (*final setting period*). Proses pengerasa berjalan terus sejalan dengan waktu akan diperoleh kekuatan, proses ini dikenal dengan nama *hardening*. Peristiwa *setting* dan *hardening* tersebut adalah proses dari hidrasi pada senyawa yang terkandung dalam semen.

4.5. Pengujian berat isi beton kering

Pengujian berat isi beton kering dilakukan setelah proses perawatan beton (perendaman dalam air) dilakukan. Berat sampel benda uji ditimbang sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton dan kondisi beton dalam keadaan jenuh kering permukaan (JKP). Berikut adalah hasil Pengujian berat sampel beton kering pada umur 7 dan 28 hari.

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Berat isi Beton Kering Pada Umur 7 Hari

No. Sampel Benda Uji	Berat benda uji (Kg)	Dimensi bend uji (m)			Berat isi beton kering (kg/m ³)
		P	L	T	
Beton normal dengan penambahan pecahan batako 0%	7,92	0,15	0,15	0,15	2.346,67
Beton normal dengan penambahan pecahan batako 25%	7,82	0,15	0,15	0,15	2.317,04
Beton normal dengan penambahan pecahan batako 50%	7,76	0,15	0,15	0,15	2.299,26
Beton normal dengan penambahan pecahan batako 75%	7,58	0,15	0,15	0,15	2.245,93
Beton normal dengan penambahan pecahan batako 100%	7,35	0,15	0,15	0,15	2.177,78

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Berat isi Beton Kering Pada Umur 28 Hari

No. Sampel Benda Uji	Berat benda uji (Kg)	Dimensi bend uji (m)			Ber isi beton kering (kg/m ³)
		P	L	T	
Beton normal dengan penambahan pecahan batako 0%	7,95	0,15	0,15	0,15	2.355,56
Beton normal dengan penambahan pecahan batako 25%	7,83	0,15	0,15	0,15	2.320,00
Beton normal dengan penambahan pecahan batako 50%	7,78	0,15	0,15	0,15	2.305,18
Beton normal dengan penambahan pecahan batako 75%	7,55	0,15	0,15	0,15	2.237,04
Beton normal dengan penambahan pecahan batako 100%	7,36	0,15	0,15	0,15	2.180,74

Dari data hasil pengujian berat benda uji beton kering pada umur 7 dan 28 hari didapat bahwa dengan penambahan pecahan batako berat beton kering akan semakin ringan dibanding dengan beton normal.

4.6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Kubus Beton

Kekuatan tekan beton adalah muatan tekan maksimum yang dapat ditahan oleh beton persatuan luas. Kekuatan tekan beton dalam industri konstruksi biasa dipakai untuk menilai serta untuk mengendalikan mutu beton dan untuk tujuan persyaratan spesifikasi. Cara yang digunakan untuk pemeriksaan kekuatan tekan beton adalah dengan menggunakan mesin tekan, pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dilakukan terhadap benda uji kubus pada masing - masing umur beton yaitu umur 7 dan 28 hari masa perendaman beton.

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

Luas penampang kubus = sisi x sisi

Maka luas penampang untuk beton kubus dengan panjang sisi 15 cm adalah

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang} &= 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \\ &= 225 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dengan menggunakan angka konversi dari Kilo Newton ke Kilo gram yaitu,

$$1 \text{ KN} = 101,97162 \text{ Kg}$$

Dan menggunakan angka konversi kuat tekan beton pada berbagai umur beton serta angka konversi benda uji dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.22 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
Kubus 15x15x15 cm	1.00	0.40	0.65	0.88	0.95	1.00
Kubus 20x20x20 cm	0.95					
Silinder 30x15 cm	0.83					

Berikut adalah data hasil pengujian kuat tekan beton dalam penelitian ini berdasarkan beban yang dapat dipikul oleh masing - masing benda uji pada umur 7 dan 28 hari.

1. Pengujian kuat tekan beton 7 hari

- Beton normal dengan penambahan pecahan batako 0%

$$\text{Luas benda uji} = 225 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Gaya tekan maksimum yang didapat} &= 283,61 \text{ kN} \\ &= 28.920,17 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Rumus : } \sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana: σ = Kuat tekan kg/cm^2

P = Gaya tekan maksimum kg

A = Luas penampang benda uji

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan : } \sigma &= \frac{28.920,17}{225} \\ &= 128,53 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Jika dikonversikan ke 28 hari = $128,53 \div 0,65 = 197,74 \text{ kg/cm}^2$

- Beton normal dengan penambahan pecahan batako 25%

Luas benda uji = 225 cm^2

Gaya tekan maksimum yang didapat = $264,71 \text{ kN}$
 $= 26.992,47 \text{ kg}$

$$\text{Rumus : } \sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana: $\sigma = \text{Kuat tekan kg/cm}^2$

P = Gaya tekan maksimum kg

A = Luas penampang benda uji

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan : } \sigma &= \frac{26.992,47}{225} \\ &= 119,97 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Jika dikonversikan ke 28 hari = $119,97 \div 0,65 = 184,56 \text{ kg/cm}^2$

- Beton normal dengan penambahan pecahan batako 50%

Luas benda uji = 225 cm^2

Gaya tekan maksimum yang didapat = $261,76 \text{ kN}$
 $= 26.691,67 \text{ kg}$

$$\text{Rumus : } \sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana: $\sigma = \text{Kuat tekan kg/cm}^2$

P = Gaya tekan maksimum kg

A = Luas penampang benda uji

$$\text{Perhitungan : } \sigma = \frac{26.691,67}{225}$$

$$= 118,63 \text{ kg/cm}^2$$

Jika dikonversikan ke 28 hari = $118,63 \div 0,65 = 182,51 \text{ kg/cm}^2$

- Beton normal dengan penambahan pecahan batako 75%

Luas benda uji = 225 cm^2

Gaya tekan maksimum yang didapat = $243,27 \text{ kN}$

$$= 24.806,24 \text{ kg}$$

$$\text{Rumus : } \sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana: σ = Kuat tekan kg/cm^2

P = Gaya tekan maksimum kg

A = Luas penampang benda uji

$$\text{Perhitungan : } \sigma = \frac{24.806,24}{225}$$

$$= 110,25 \text{ kg/cm}^2$$

Jika dikonversikan ke 28 hari = $110,25 \div 0,65 = 168,08 \text{ kg/cm}^2$

- Beton normal dengan penambahan pecahan batako 100%

Luas benda uji = 225 cm^2

Gaya tekan maksimum yang didapat = $283,61 \text{ kN}$

$$= 28.920,17 \text{ kg}$$

$$\text{Rumus : } \sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana: σ = Kuat tekan kg/cm^2

P = Gaya tekan maksimum kg

A = Luas penampang benda uji

$$\text{Perhitungan : } \sigma = \frac{28.920,17}{225}$$

$$= 128,53 \text{ kg/cm}^2$$

Jika dikonversikan ke 28 hari = $128,53 \div 0,65 = 197,74 \text{ kg/cm}^2$

2. Pengujian kuat tekan beton 28 hari

Tabel 4.20 Hasil Pengujian Berdasarkan Beban Yang Mampu Dipikul Benda Uji Pada Umur 7 Hari

No.	Identifikasi Benda Uji	Tanggal pembuatan	Berat (Kg)	Luas Benda uji (cm ²)	Beban Maks (KN)	Kuat tekan (kg/cm ²)
1	Beton dengan pecahan batako 0%	24-06-2020	7,92	225	283.61	128.53
2	Beton dengan pecahan batako 25%	24-06-2020	7,82	225	264.71	117.65
3	Beton dengan pecahan batako 50%	24-06-2020	7,76	225	261.76	116.34
4	Beton dengan pecahan batako 75%	24-06-2020	7,58	225	243.27	108.12
5	Beton dengan pecahan batako 100%	24-06-2020	7,35	225	211.86	94.16

Sedangkan data hasil pengujian kuat tekan beton berdasarkan beban yang dapat dipikul oleh masing - masing benda uji pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.20 Hasil Pengujian Berdasarkan Beban Yang Mampu Dipikul Benda Uji Pada Umur 28 Hari

No.	Identifikasi Benda Uji	Tanggal pembuatan	Berat (Kg)	Luas Benda uji (cm ²)	Beban Maks (KN)	Kuat tekan (kg/cm ²)
1	Beton dengan pecahan batako 0%	24-04-14	7,95	225	414.62	187.84
2	Beton dengan pecahan batako 25%	24-04-14	7,83	225	385.34	174.58
3	Beton dengan pecahan batako 50%	24-04-14	7,78	225	380.78	172.51

4	Beton dengan pecahan batako 75%	24-04-14	7,55	225	353.09	159.97
5	Beton dengan pecahan batako 100%	24-04-14	7,36	225	306.06	138.66



Gambar 4.4. Pengujian kuat tekan beton normal



Gambar 4.5. Pengujian kuat tekan beton berserat

Prinsip pengujian kuat tekan beton dengan alat mesin tekan adalah mengukur besarnya beban yang dapat dipikul oleh satu satuan luas beton (benda uji) sampai benda uji itu hancur/rusak. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis pada bab IV, penulis menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk beton normal umur 7 (tujuh) hari kuat tekan yang di hasilkan untuk 0 % pecahan batako adalah 11 Mpa, 25 % pecahan batako adalah 9 Mpa, 50 % pecahan batako adalah 6 Mpa, 75 % pecahan batako adalah 6 mpa, dan 100 % pecahan batako adalah 4 Mpa. Hasil kuat tekan tersebut diatas telah dikonversikan terlebih dahulu.
2. Dan untuk beton normal umur 28 (dua puluh delapan) hari kuat tekan yang dihasilkan untuk 0 % pecahan batako adalah 19 Mpa, 25 % pecahan batako adalah 19 Mpa, 50 % pecahan batako adalah 18 Mpa, 75 % pecahan batako adalah 18 mpa, dan 100 % pecahan batako 15 Mpa. Hasil kuat tekan tersebut diatas telah dikonversikan terlebih dahulu.
3. Dari hasil yang didapat memperoleh kesamaan tidak dapat memenuhi f_c' sebesar 30 Mpa.
4. Hasil penelitian ini sesuai dengan hipotesis yang menerangkan bahwa semakin besar prosentasi genteng maka akan semakin kecil pula nilai kuat tekan beton tersebut.

5.2 Saran

1. Perlu pengujian terhadap agregat kasar dengan menggunakan alat Los Angeles (abrasi) untuk mengetahui nilai kekerasan dari agregat kasar.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian yang lain selain pengujian kuat tekan agar dapat lebih diketahui kegunaan pecahan batako pada campuran normal.
3. Diperlukan pengujian pada umur yang lebih bervariasi agar dapat lebih terlihat kekuatan betonnya.

DAFTAR PUSTAKA

Dipohusodo, Istimawan. 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama Jakarta.

Edward G.Nawy, 1998, *Beton Bertulang*, Penerbit PT. Refika Aditama, Bandung

Hendy Febrianto. *Pemanfaatan Limbah Padat Sebagai Agregat Kasar Pada Pembuat Beton Normal*. Universitas Gunadarma.

Murdock, L.J and Brooks, K.M. *Bahan dan Praktek Beton*, Trans. Hendarko, s. Penerbit Erlanga.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. *Kumpulan Standar Nasional Indonesia*. 2010

Perpustakaan Pusat Penelitian dan pengembangan Jalan dan Jembatan.

Tri Mulyono. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi Yogyakarta.