



**KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN PERBANDINGAN VOLUME
DAN PERBANDINGAN BERAT UNTUK PRODUKSI BETON MASSA
MENGUNAKAN AGREGAT KASAR BATU PECAH MERAPI
(STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN SABO DAM)**

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik



Oleh :
Yudi Risdiyanto
NIM. 09510134017

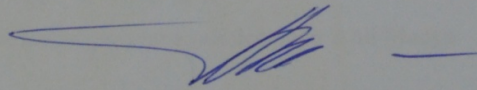
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
MARET 2013**

PERSETUJUAN

Proyek Akhir yang berjudul “**Kajian Kuat Tekan Beton Dengan Perbandingan Volume dan Perbandingan Berat untuk Produksi Beton Massa Menggunakan Agregat Kasar Batu Pecah Merapi (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan *Sabo Dam*)**” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, 19 Februari 2013

Dosen Pembimbing



Ir. Joko Sumivanto, MT.
NIP.19680207 199512 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN PERBANDINGAN VOLUME
DAN PERBANDINGAN BERAT UNTUK PRODUKSI BETON MASSA
MENGUNAKAN AGREGAT KASAR BATU PECAH MERAPI
(STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN SABO DAM)

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Yudi Risdiyanto

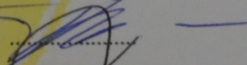
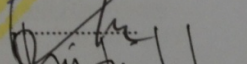
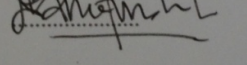
09510134017

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Jurusan Teknik Sipil dan
Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Pada Tanggal : 27 Maret 2013

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh gelar Ahli Madya

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Nama Lengkap	Jabatan	Tanda Tangan
1. Ir. Joko Sumiyanto, M.T.	: Ketua Penguji	
2. Drs. H Imam Muchoyar, M.Pd.	: Penguji I	
3. Slamet Widodo, S.T., M.T.	: Penguji II	

Yogyakarta, 27 Maret 2013

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta



Dr. Moch. Bruri Trivono, M.Pd.

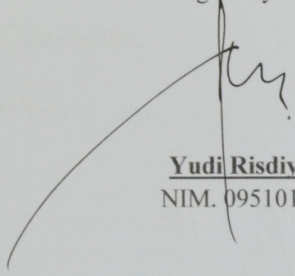
NIP. 19560216 198603 1 003

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di Perguruan Tinggi, dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 27 Maret 2013

Yang Menyatakan,



Yudi Risdiyanto
NIM. 09510134017

MOTTO

“ Pengetahuan bukan sebatas menggenggam teguh prinsip tapi
melihatlah tentang seluas-luasnya sudut pandang”

PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini kupersembahkan untuk :

Ayah dan Ibuku tercinta,

Adi k-adi kku,

Keluarga besarku,

Semua teman dan sahabatku,

Almamaterku.

ABSTRAK

KAJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN PERBANDINGAN VOLUME DAN PERBANDINGAN BERAT UNTUK PRODUKSI BETON MASSA MENGUNAKAN AGREGAT KASAR BATU PECAH MERAPI (STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN SABO DAM)

Oleh :
Yudi Risdiyanto
NIM. 09510134017

Dalam pelaksanaan pengecoran beton massa yang dikerjakan di lapangan untuk rencana waktu yang singkat, kurang praktis bila dilakukan dengan menimbang setiap kebutuhan bahan dalam setiap adukan. Oleh karena itu hasil rancangan *mix design* beton dalam perbandingan berat dapat dikonversi ke dalam perbandingan volume berdasarkan berat satuan masing-masing bahan penyusun. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kuat tekan beton K250 dengan perbandingan berat (PB) dan perbandingan volume (PV) menggunakan agregat kasar batu pecah Merapi sebagai percobaan pendahuluan (*trial mix*) pada kasus proyek pembangunan *Sabo dam*.

Penelitian ini dimulai dengan pengujian terhadap masing-masing bahan penyusun dan membuat rancangan adukan beton normal berdasarkan SNI-03-2834-1993. Selanjutnya mengkonversi masing-masing kebutuhan bahan menjadi perbandingan volume berdasarkan pemeriksaan berat satuan dengan penakar literan. Pada penelitian ini digunakan ukuran butir maksimum 40 mm. Langkah selanjutnya adalah pembuatan benda uji silinder beton berukuran 150 x 300 mm. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 dan 28 hari, dan dievaluasi berdasarkan PBI NI-2 1971 dan SNI 03-2847-2002.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan rerata beton dengan perbandingan volume (PV) sebesar 38,13 MPa/ K350, sedangkan dengan perbandingan berat (PB) sebesar 35,20 MPa/ K325. Beton dengan perbandingan volume (PV) dan perbandingan berat (PB) memiliki kekuatan yang tidak berbeda jauh. Prosentase selisih kuat tekannya adalah 8,33%, yang mana beton dengan perbandingan volume (PV) lebih tinggi. Sehingga beton dengan perbandingan volume memungkinkan untuk mempermudah pelaksanaan pengecoran beton massa di lapangan.

Kata kunci : Beton, Kuat tekan, Volume, Berat, Agregat kasar

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun bisa menyelesaikan laporan proyek akhir yang berjudul “Kajian Kuat Tekan Beton dengan Perbandingan Volume dan Perbandingan Berat untuk Produksi Beton Massa Menggunakan Agregat Kasar Batu Pecah Merapi (Studi Kasus Proyek Pembangunan *Sabo Dam*)”. Dengan penelitian ini semoga bisa bermanfaat untuk pengetahuan dalam bidang Teknik Sipil, khususnya Teknologi Beton.

Laporan ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Ahli Madya Teknik di Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Selama pelaksanaan proyek akhir sampai dengan penyusunan laporan ini tentunya tidak akan berjalan dengan lancar tanpa bantuan dan dukungan dari semua pihak yang terkait. Dengan terselesaikannya laporan ini penyusun menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Joko Sumiyanto, M.T. selaku dosen pembimbing proyek akhir yang memberikan bimbingan dan pengarahan selama pelaksanaan sampai penyusunan proyek akhir selesai.
2. Bapak Drs. Pusoko Prapto, M.T. selaku dosen pembimbing akademik.
3. Bapak dan ibu di rumah yang selalu memberi dukungan penuh.
4. Senior Rosyadi dan senior Bagus.
5. Teman-teman tim (Wangsit, Deni, Arum, Anugrah, Ginting, Astri, Yuni, Anin, Afran, Dodot)

6. Teman-teman seperjuangan di D-3 *Eksekutive Class* Teknik Sipil 2009 (Dodi, Maris, Anugrah, Jono, Kipus, Mamad, Lion, Encan, Lia, Arum, Opi, Ginting, Santo, Akip, Wangsit, Tino, Danang, Nafan, Dika, Nugroho, Ikbali, Dimas)
7. Semua teman-teman Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun bagi semua pihak yang telah membaca laporan ini. Untuk saran dan kritiknya Penyusun mengucapkan banyak terima kasih.

Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun dan semua pihak yang membaca.

Yogyakarta, 11 Januari 2013

Yudi Risdiyanto

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Beton dan Penyusunnya	6
1. Semen Portland	6

2. Agregat	8
3. Air	12
B. Kuat Tekan Beton	13
1. Faktor Air Semen	14
2. Umur Beton	14
3. Jenis Semen	15
4. Jumlah Pasta Semen	15
5. Sifat Agregat	15
C. Pekerjaan Beton	16
1. Perencanaan Campuran (<i>MixDesign</i>)	16
2. Percobaan pendahuluan (<i>Trial Mixing</i>)	17
3. Pengolahan Beton	18
a. Penakaran (<i>Batching</i>)	18
b. Pengadukan (<i>Mixing</i>)	19
c. Pengangkutan (<i>Transporting</i>)	19
d. Pemadatan (<i>Compacting</i>)	20
e. Perawatan (<i>Curing</i>)	20
3. Pengendalian Pekerjaan Beton	20
a. Mutu Pelaksanaan dan Kekuatan Karakteristik	21
b. Evaluasi Penerimaan Mutu Beton	23
D. Beton Massa	24
E. Bangunan Sabo	26
BAB III METODE DAN PROSEDUR PENELITIAN	28
A. Metode Penelitian	28

1. Jenis Penelitian	28
2. Variabel Penelitian	28
3. Populasi dan Sampel	30
B. Prosedur Penelitian.....	30
1. Tempat dan Waktu Penelitian	30
2. Alat Penelitian	31
3. Bahan Penelitian	37
4. Pelaksanaan Penelitian	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	51
A. Hasil Penelitian.....	51
1. Pengujian Bahan.....	51
2. Pengujian Berat Satuan Bahan (Konversi Volume)	59
3. Data Hasil Pengujian dengan Uji Tekan Beton	60
B. Pembahasan	61
1. Kekuatan Beton	61
2. Kekuatan Beton Karakteristik dan Mutu Pelaksanaan	64
3. Berat Jenis Beton	68
4. Nilai slump (keleccakan beton segar)	69
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	71
A. Kesimpulan.....	71
B. Saran	72
C. Keterbatasan.....	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Batas-batas gradasi untuk agregat halus menurut <i>British Standard</i>	10
Tabel 2. Persyaratan kekerasan agregat kasar untuk beton normal.	11
Tabel 3. <i>British Standard</i> untuk batas-batas gradasi agregat kasar	12
Tabel 4. Kelas dan mutu beton.	17
Tabel 5. Mutu pelaksanaan diukur dengan deviasi standar.....	22
Tabel 6. Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai benda uji.	23
Tabel 7. Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur.	23
Tabel 8. Batas-batas gradasi agregat kasar untuk beton massa (Raju, 1983).....	25
Tabel 9. Batas-batas gradasi agregat halus untuk beton massa (Raju, 1983).....	25
Tabel 10. Hasil pengujian berat jenis agregat halus SSD.....	51
Tabel 11. Hasil pengujian kadar air agregat halus.	52
Tabel 12. Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.	52
Tabel 13. Hasil pengujian bobot isi agregat halus.	53
Tabel 14. Hasil pengujian MKB agregat halus.....	53
Tabel 15. Syarat batas gradasi agregat halus.	54
Tabel 16. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar SSD.....	55
Tabel 17. Hasil pengujian kadar air agregat kasar.	55
Tabel 18. Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	56
Tabel 19. Hasil pengujian bobot isi agregat kasar	56
Tabel 20. Hasil pengujian MKB agregat kasar	57
Tabel 21. Syarat batas gradasi agregat kasar	57
Tabel 22. Keausan agregat kasar.....	58

Tabel 23. Rerata berat satuan setiap takaran 1 liter dalam gram	59
Tabel 24. Konversi kebutuhan bahan untuk 1 adukan	59
Tabel 25. Hasil pengujian kuat tekan beton.....	60
Tabel 26. Beberapa jenis beton menurut kuat tekan (Tjokrodimuljo, 2007).....	63
Tabel 27. Beberapa jenis beton menurut berat jenis (Tjokrodimuljo, 2007).....	68
Tabel 28. Berat jenis beton PV dan PB.....	68
Tabel 29. Nilai slump dan kuat tekan rerata.....	70

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Tabel 30. Penggunaan <i>covering</i> beton pada bangunan sabo	27
Tabel 31. Bangunan <i>sabo dam</i>	27
Tabel 32. Hubungan antar variabel penelitian	29
Tabel 33. Mesin pengaduk beton segar.	31
Tabel 34. Cetakan beton silinder.....	32
Tabel 35. Kerucut Abrams dan alat pemadat.....	33
Tabel 36. Ayakan dan mesin penggetar.	33
Tabel 37. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram.	34
Tabel 38. Gelas ukur 1500 ml.....	35
Tabel 39. Mesin Los Angeles.	35
Tabel 40. Oven untuk mengeringkan agregat uji.	36
Tabel 41. Mesin uji kekuatan tekan beton.	36
Tabel 42. Bahan untuk adukan beton.	37
Tabel 43. Semen tipe PPC	38
Tabel 44. Pengujian berat satuan pasir dengan literan.	46
Tabel 45. Pengujian berat satuan kerikil dengan literan.....	46
Tabel 46. Pengujian berat satuan semen dengan literan.	47
Tabel 47. Pelaksanaan pembuatan beton.	47
Tabel 48. Pengujian nilai slump.....	48
Tabel 49. Pencetakan dan pemadatan beton	48
Tabel 50. Perataan permukaan beton	48
Tabel 51. Pengujian kuat tekan beton	49

Tabel 52. Grafik distribusi butir agregat halus zona I.....	54
Tabel 53. Grafik distribusi butir agregat kasar	58
Tabel 54. Perbandingan kuat tekan beton silinder PB dan PV	61
Tabel 55. Perbandingan kuat tekan beton konversi kubus PB dan PV	61
Tabel 56. Grafik kekuatan tekan dan umur beton	62
Tabel 57. Grafik perbandingan kekuatan tekan beton karakteristik	64
Tabel 58. Evaluasi mutu beton dan mutu pelaksanaan (PBI NI-2, 1971)	65
Tabel 59. Evaluasi penerimaan mutu beton menurut (SNI 03-2847-2002)	67
Tabel 60. Grafik hubungan berat jenis beton dan kuat tekan	69
Tabel 61. Grafik hubungan rerata nilai slump dan rerata kuat tekan	70

DAFTAR LAMPIRAN

- lampiran 1. Pemeriksaan berat jenis agregat halus SSD
- lampiran 2. Pemeriksaan kadar air agregat halus
- lampiran 3. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus
- lampiran 4. Pemeriksaan kadar zat organik agregat halus
- lampiran 5. Pemeriksaan bobot isi agregat halus
- lampiran 6. Pemeriksaan gradasi agregat halus
- lampiran 7. Pemeriksaan berat jenis agregat kasar SSD
- lampiran 8. Pemeriksaan kadar air agregat kasar
- lampiran 9. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar
- lampiran 10. Pemeriksaan bobot isi agregat kasar
- lampiran 11. Pemeriksaan gradasi agregat kasar
- lampiran 12. Pemeriksaan keausan agregat kasar (*Los Angeles Test*)
- lampiran 13. Uji berat satuan dengan literan (1 liter)
- lampiran 14. Rekapitulasi test kuat tekan beton dengan perbandingan volume
- lampiran 15. Rekapitulasi test kuat tekan beton dengan perbandingan berat
- lampiran 16. Kuat tekan konversi benda uji kubus
- lampiran 17. Histogram perbandingan kuat tekan
- lampiran 18. Evaluasi mutu beton dan mutu pelaksanaan PBI NI-2 1971 (PV)
- lampiran 19. Evaluasi mutu beton dan mutu pelaksanaan PBI NI-2 1971 (PB)
- lampiran 20. Evaluasi penerimaan beton SNI 03-2847-2002 (PV)
- lampiran 21. Evaluasi penerimaan beton SNI 03-2847-2002 (PB)
- lampiran 22. Perhitungan kekuatan tekan beton karakteristik PBI NI-2 1971 (PV)

lampiran 23. Perhitungan kekuatan tekan beton karakteristik PBI NI-2 1971 (PB)

lampiran 24. Perencanaan campuran adukan beton (*mix design*)

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton massa adalah beton yang dituangkan dalam volume yang besar. Pada beton massa perbandingan antara volume dan luas permukaannya besar, misalnya untuk fondasi jembatan, pilar, dinding penahan tanah, landasan pacu pesawat (*runway*), bendung atau dam, dan sebagainya. Beton massa biasanya memiliki dimensi lebih dari 60 cm (Tjokrodimuljo, 2007: 110).

Sabo dam adalah salah satu bangunan air yang berada melintang di daerah aliran sungai yang berfungsi untuk mengendalikan aliran material vulkanik. Pasca erupsi Gunung Merapi di Yogyakarta yang terjadi tahun 2010 terakhir ini, debit material vulkanik yang dimuntahkan melebihi kapasitas bangunan *sabo dam* yang sudah ada. Kementrian Pekerjaan Umum mempunyai rencana untuk merehabilitasi dan membangun 77 *sabo dam* untuk mengatasi sekitar 150 juta m³ lahar dingin dari erupsi Gunung Merapi.

Bangunan *sabo dam* penahan lahar dingin akan terdiri dari *covering* bahan beton mutu K250. Untuk mendapatkan mutu beton yang mempunyai kekuatan tekan karakteristik yang disyaratkan untuk bangunan tersebut, maka perlu dilakukan uji pendahuluan (*trial mixing*) perancangan campuran adukan beton mutu K250 yang dapat dibuktikan dengan data dari sejumlah benda uji.

Dalam merancang suatu adukan beton (*mix design*) akan didapatkan hasil akhir kebutuhan-kebutuhan agregat dalam perbandingan berat.

Dalam pelaksanaan pengecoran beton massa yang dikerjakan di lapangan dan dalam skala besar kurang praktis bila dilakukan dengan menimbang setiap kebutuhan agregat dalam setiap adukan. Maka untuk kuat tekan beton di bawah 20 MPa kebutuhan agregat dalam perbandingan berat (*mix design*) tersebut dapat dikonversikan ke dalam perbandingan volume berdasarkan berat satuan setiap agregat penyusun. Pelaksana di lapangan biasanya mempersiapkan takaran dari kayu yang mengacu pada jumlah semen. Volume takaran tersebut biasanya dibuat setara dengan satu sak semen.

Beton adalah suatu bahan konstruksi yang mempunyai sifat kekuatan tekan yang khas, yaitu kecenderungan untuk bervariasi (tidak seragam) dan nilainya akan menyebar pada suatu nilai rata-rata tertentu. Penyebaran dari hasil pemeriksaan akan kecil atau besar tergantung pada tingkat kesempurnaan dari proses pelaksanaannya. Tingkat kesempurnaan dari pelaksanaannya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti variasi mutu bahan, pengadukan, pemadatan, stabilitas pekerja dan faktor lainnya.

Atas adanya variasi kekuatan tekan beton tersebut maka diperlukan adanya pengendalian terhadap mutu (*quality control*) untuk memperoleh kekuatan tekan yang hampir seragam. Deviasi standar merupakan rata-rata ukuran besar kecilnya penyebaran yang menjadi ukuran dari mutu pelaksanaannya. Semakin besar penyebaran maka semakin buruk mutu

pelaksanaan tersebut. Dengan menganggap nilai hasil pemeriksaan menyebar normal maka kuat tekan beton karakteristik dapat diketahui dengan 5% kemungkinan kekuatan yang tidak memenuhi syarat.

Pada penelitian ini akan dikaji pelaksanaan pekerjaan beton massa dengan perbandingan berat dan perbandingan volume dengan agregat kasar batu pecah Merapi terhadap kuat tekan beton karakteristik dan mutu pelaksanaannya. Pada hasil penelitian ini akan ditunjukkan evaluasi pemeriksaan mutu beton dengan grafik penyebaran nilai kuat tekan.

B. Identifikasi Masalah

Beberapa permasalahan yang berkaitan dengan produksi beton perbandingan volume dan perbandingan berat adalah sebagai berikut:

1. Pelaksanaan pekerjaan beton dengan menimbang setiap kebutuhan agregat dalam setiap adukan kurang praktis untuk pekerjaan beton massa.
2. Belum diketahui mutu pelaksanaan untuk pekerjaan beton massa perbandingan volume dengan mutu di atas 20 MPa.
3. Belum diketahui kekuatan tekan beton antara hasil uji beton dengan perbandingan berat dan perbandingan volume beton mutu di atas 20 MPa.

D. Batasan Masalah

Pelaksanaan penelitian ini dibatasi beberapa hal antara lain :

1. Mengetahui mutu beton dan mutu pelaksanaan pekerjaan beton dengan perbandingan berat dan perbandingan volume.

2. Semen yang digunakan adalah tipe semen PCC merk Holcim.
3. Agregat kasar yang digunakan batu pecah/ split dari merapi.
4. Metode perancangan adukan beton (*mix design*) berdasarkan peraturan SNI-03-2834-1993.
5. Perhitungan kekuatan karakteristik beton dan evaluasi penerimaan mutu beton berdasarkan peraturan PBI NI-2 1971 dan SNI 03-2847-2002.

C. Rumusan Masalah

Dari latar belakang, identifikasi masalah dan batasan masalah yang ada maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana mutu pelaksanaan antara hasil uji beton dengan perbandingan berat dan perbandingan volume?
2. Bagaimana kuat tekan beton karakteristiknya antara hasil uji beton dengan perbandingan berat dan perbandingan volume?
3. Apakah pelaksanaan pekerjaan beton dengan konversi perbandingan volume dapat mencapai mutu beton yang disyaratkan?

E. Tujuan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini bertujuan untuk :

1. Membuktikan kekuatan tekan karakteristik untuk mutu beton K250 atau setara dengan $f'_c = 20$ MPa antara hasil uji pendahuluan beton dengan perbandingan berat (PB) dan perbandingan volume (PV).

2. Menetapkan perbandingan volume (semen : pasir : kerikil) untuk campuran beton mutu K250 berdasarkan berat satuan setiap agregat penyusun.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari pelaksanaan penelitian ini adalah memberikan masukan ilmu pengetahuan teknologi beton khususnya untuk mengetahui konversi perbandingan volume dan perbandingan berat untuk pelaksanaan pekerjaan beton massa dengan mutu di atas 20 MPa.

BAB II

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton dan Penyusunnya

Beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen portland dan air (PBI NI-2, 1971). Pengetahuan mengenai karakteristik dari masing-masing bahan penyusun beton perlu diketahui untuk mempelajari perilaku elemen gabungan. Dengan demikian untuk melaksanakan pekerjaan beton harus diketahui karakteristik bahan penyusunnya terlebih dahulu. Bahan penyusun beton diantaranya :

1. Semen Portland

Semen merupakan bahan pengikat hidrolis yang bereaksi jika dicampur dengan air. Menurut SK SNI S-04-1989-F mengenai spesifikasi bahan bangunan bagian A (bahan bangunan bukan logam), semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dan gips sebagai bahan pembantu. Semen jika diaduk dengan air akan membentuk pasta semen. Pasta semen berfungsi sebagai perekat dan pengisi rongga-rongga di antara butiran agregat, kemudian pasta semen dan agregat akan menjadi suatu massa yang kompak dan padat (Tjokrodinuljo, 2007: 7).

Semen portland memiliki 4 senyawa penyusun utama yang membawa sifat-sifat semen yaitu:

- a. Trikalsium silikat C_3S ($3CaO.SiO_2$). Senyawa ini jika terkena air akan cepat bereaksi dan menghasilkan panas. Panas akan berpengaruh pada kecepatan pengerasan semen sebelum umur 14 hari. Semen yang banyak mengandung trikalsium silikat akan memberikan kekuatan awal yang cukup tinggi dan panas hidrasi yang tinggi.
- b. Dikalsium silikat C_2S ($2CaO.SiO_2$). Senyawa ini lebih lambat bereaksi terhadap air dan akan berpengaruh pada semen setelah umur 7 hari. Semen yang banyak mengandung dikalsium silikat akan memiliki kekuatan awal yang rendah dan tahan terhadap serangan kimia.
- c. Trikalsium Aluminat C_3A ($3CaO.AL_2O_3$). Senyawa ini akan memberikan kekuatan awal yang sangat cepat pada 24 jam pertama. Kandungan trikalsium aluminat pada semen tidak boleh lebih dari 10% karena akan menyebabkan semen lemah terhadap serangan sulfat.
- d. Tertrakalsium aluminoferrit C_4AF ($4CaO.AL_2O_3, Fe_2O_3$). Senyawa ini tidak begitu berpengaruh terhadap kekerasan semen sehingga kontribusinya pada kekuatan beton cukup kecil.

Variasi komposisi pada 4 senyawa penyusun utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya:

- a. Semen tipe 1, semen portland untuk konstruksi umum yang penggunaanya tidak memerlukan persyaratan khusus.

- b. Semen tipe 2, semen portland untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang, semen ini digunakan untuk struktur besar.
- c. Semen tipe 3, semen portland untuk konstruksi yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi, semen ini akan mencapai kekuatan awal yang tinggi pada umur 3 hari.
- d. Semen tipe 4, semen portland untuk konstruksi yang memerlukan panas hidrasi rendah, biasanya dipakai untuk bangunan air.
- e. Semen tipe 5, semen portland untuk konstruksi yang disyaratkan sangat tahan terhadap serangan sulfat.

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam adukan beton. Fungsi agregat dalam beton adalah mengisi sebagian besar volume beton antara 50% sampai 80%, sehingga sifat-sifat dan mutu beton sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat dan mutu agregat yang digunakan (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001: 16).

Jenis agregat biasanya dibedakan berdasarkan besar kecilnya ukuran butiran. Agregat yang ukuran butir-butirnya lebih besar dari 4,75 mm disebut agregat kasar. Secara umum, agregat kasar disebut sebagai kerikil, kericak, batu pecah, atau split. Agregat kasar bisa berupa kerikil atau batuan alami yang bisa diambil langsung dari sungai maupun penggalian tanah. Kerikil yang diperoleh dari penggalian tanah banyak

mengandung zat-zat seperti tanah liat, debu, pasir, dan zat-zat organik, sedangkan kerikil yang diperoleh dari sungai biasanya bebas dari zat-zat yang dapat menurunkan kualitas beton. Menurut SNI 03-6820-2002 agregat halus adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi batuan atau pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Ukuran maksimal agregat halus adalah 4,75 mm dan memiliki ukuran minimum 0,15 mm yang umumnya disebut pasir. Agregat halus dalam beton berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga antar agregat kasar pada beton.

Penggunaan agregat untuk campuran beton harus memenuhi persyaratan agar diperoleh beton yang baik. Menurut standar SK SNI S-04-1989-F (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A) agregat harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

a. Agregat halus

- 1) Butir-butirnya tajam, dan keras dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$
- 2) Kekal, tidak mudah pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam natrium sulfat bagian yang hancur maksimal 12 %, jika dengan garam magnesium sulfat maksimum 18 %.
- 3) Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih 5%.
- 4) Tidak mengandung zat organik yang terlalu banyak, yang dibuktikan dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan diatas

endapan diatas agregat halus tidak boleh lebih gelap dari pada warna standar pembanding.

- 5) Modulus halus butir memenuhi antara 1,50 - 3,80 dan sesuai dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
- 6) Khusus untuk beton untuk tingkat keawetan tinggi, agregat halus harus tidak reaktif terhadap alkali
- 7) Agregat halus dari laut/pantai, boleh dipakai asal dengan petunjuk lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Tabel 1. Batas-batas gradasi untuk agregat halus menurut *British Standard*

Diameter Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan			
	Gradasi Zone I	Gradasi Zone II	Gradasi Zone III	Gradasi Zone IV
10,00 mm	100	100	100	100
5,00 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
2,36 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1,18 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

Gradasi Zone 1 = pasir kasar

Gradasi Zone 2 = pasir agak kasar

Gradasi Zone 3 = pasir agak halus

Gradasi Zone 4 = pasir halus

b. Agregat kasar

- 1) Butiran-butirannya keras dan tidak berpori. Indeks kekerasan ≤ 5 % (diuji dengan goresan batang tembaga). Bila diuji dengan bejana rudeloff atau los Angeles seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Persyaratan kekerasan agregat kasar untuk beton normal

Kelas dan mutu beton	Bejana rudeloff maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 2 mm (persen)		Mesin los angeles maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 1,7 mm (persen)
	Ukuran butir 19-30 (mm)	Ukuran butir 9,5-19 (mm)	
Kelas I Mutu B0 dan B1	30	32	50
Kelas II Mutu K-125 ($f_c' = 10$ MPa) Sampai K-225 ($f_c' = 20$ MPa)	22	24	40
Kelas III Mutu diatas K-225 ($f_c' = 20$ MPa)	14	16	27

- 2) Kekal atau tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam natrium sulfat bagian yang hancur maksimal 12 %, jika dengan garam magnesium sulfat maksimum 18 %.

- 3) Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 1%.
- 4) Butiran agregat yang pipih dan lonjong tidak boleh lebih dari 20 %.
- 5) Modulus halus butir antara 6 - 7,10 dan dengan variasi butir yang sesuai standar gradasi.
- 6) Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari : $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat beton, $\frac{3}{4}$ jarak bersih antar tulangan.

Tabel 3. *British Standard* untuk batas-batas gradasi agregat kasar

Diameter Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan	
	5 mm sampai 40 mm	5 mm sampai 20 mm
37,5 mm	90-100	100
20,0 mm	35-70	90-100
10,0 mm	10-40	50-85
5,0 mm	0-5	0-10

3. Air

Pembuatan beton memerlukan air untuk reaksi kimia semen yang memungkinkan untuk terjadinya pengikatan dan pengerasan. Air juga berfungsi untuk membasahi agregat dan memudahkan pengerjaan beton. air yang digunakan harus memenuhi syarat agar diperoleh beton yang baik.

Menurut standar peraturan SK SNI S-04-1989 (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A) air sebagai bahan bangunan sebaiknya memenuhi syarat-syarat berikut :

- a. Air harus bersih
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak, benda melayang lainnya yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram per liter
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dsb) lebih dari 15 gram/liter.
- d. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter. Khusus untuk beton prategang kandungan klorida tidak boleh lebih dari 0,05 gram per liter
- e. Tidak mengandung senyawa sulfat (SO_3) lebih dari 1 gram/liter.

B. Kuat Tekan Beton

Kekuatan beton dianggap sifat yang paling penting dalam berbagai kasus. Beton baik dalam menahan tegangan tekan dari pada jenis tegangan lain, dan umumnya pada perencanaan struktur beton memanfaatkan sifat ini (Nugraha dan Antoni, 2007: 181).

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990).

Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin tekan. Benda uji diletakkan pada bidang tekan pada mesin secara sentris. Pembebanan dilakukan secara perlahan sampai beton mengalami kehancuran.

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

f_c' = Kuat tekan beton (MPa)

P = Berat beban Maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (mm²)

Kekuatan beton ini sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain adalah sebagai berikut:

1. Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah perbandingan berat antara air dan semen portland dalam campuran adukan beton. Faktor air semen ini sangat berpengaruh karena semakin tinggi faktor air semen semakin rendah kekuatan betonnya dan sebaliknya apabila faktor air semen rendah maka kekuatan beton akan lebih tinggi.

2. Umur Beton

Kuat tekan beton akan terus bertambah tinggi dengan bertambahnya umur sejak beton dicetak. kekuatan tekan akan naik dengan

cepat hingga kenaikan kekuatan tersebut akan melambat. Laju kekuatan beton tersebut dianggap tidak mengalami kenaikan lagi setelah 28 hari.

3. Jenis Semen

Semen portland sendiri menurut Standar Industri Indonesia (SII) memiliki 5 jenis dan sifat misalnya semen dengan kekuatan awal tinggi, semen dengan sifat tahan terhadap sulfat. Dengan adanya jenis dan sifat yang dimiliki masing-masing semen maka keberadaan semen pada campuran beton sangatlah berpengaruh terhadap kekuatan beton.

4. Jumlah Pasta Semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butir-butir agregat terisi penuh oleh pasta semen, serta seluruh permukaan agregat terselimuti oleh pasta semen. Jika pasta semen tidak terlalu banyak maka rekatan antar agregat akan kurang kuat karena permukaan agregat tidak diselimuti oleh pasta semen dan sebaliknya bila pasta semen terlalu banyak maka kuat tekan beton hanya akan didominasi oleh pasta semen sehingga kuat tekannya akan menurun.

5. Sifat Agregat

Jumlah agregat dalam adukan mengisi sebagian besar volume beton lebih dari 70%, sehingga kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh sifat agregat. Berikut adalah beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton :

- a. Kekasaran permukaan, karena dengan permukaan agregat yang kasar maka rekatan antar agregat akan lebih baik karena permukaan tersebut tidak licin sehingga pasta semen akan merekat dengan baik.
- b. Bentuk agregat, bentuk agregat yang baik adalah yang bersudut karena bisa saling mengunci dan sulit untuk digeser. Kuat tekan betonnya juga lebih besar beton dengan agregat kasar batu pecah dibandingkan dengan kerikil karena bentuknya yang bulat.
- c. Kuat tekan agregat, karena 70% volume beton terisi oleh agregat kasar maka kuat tekan akan didominasi oleh kuat tekan agregat, apabila kuat tekan beton baik maka akan diperoleh kuat tekan yang tinggi dan sebaliknya.

C. Pekerjaan Beton

Pekerjaan beton tidak hanya terdiri dari satu titik kegiatan, tetapi terdiri dari beberapa kegiatan yang saling berhubungan (Mulyono, 2005: 13). Pekerjaan beton adalah serangkaian kegiatan pelaksanaan pembuatan beton mulai dari pemeriksaan sifat bahan dasar dan perencanaan adukan sampai evaluasi penerimaan mutu beton. Pekerjaan beton merupakan permasalahan yang kompleks yang memerlukan persyaratan perencanaan dan teknik pelaksanaan agar menghasilkan produk yang baik.

1. Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Tujuan utama mempelajari sifat-sifat beton adalah untuk perencanaan campuran (*Mix Design*), yaitu pemilihan dari bahan-bahan

beton yang memadai, serta menentukan proporsi masing-masing bahan untuk menghasilkan beton yang ekonomis dengan kualitas yang baik (Nugraha dan Antoni, 2007: 281).

Pada mutu-mutu beton selain mutu beton Bo dan B1 campuran beton harus direncanakan sehingga menghasilkan kekuatan tekan karakteristik yang disyaratkan. Kekuatan tekan karakteristik adalah kekuatan tekan, dimana dari sejumlah besar hasil pemeriksaan benda uji, kemungkinan adanya kekuatan tekan yang kurang dari itu terbatas sampai 5% saja (PBI NI-2, 1971).

Tabel 4. Kelas dan mutu beton

Kelas	Mutu	σ_{bk}' (kg/cm ²)	σ_{bm}' s = 46 (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap	
					Mutu agregat	Kekuatan tekan
I	Bo	-	-	Non - struktural	Ringan	Tanpa
II	B1	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K225	225	300	struktural	Ketat	Kontinu
III	K>225	>225	>300	struktural	Ketat	Kontinu

2. Percobaan pendahuluan (*Trial Mixing*)

Setelah melakukan perencanaan adukan harus dikontrol dengan uji coba dan percobaan pendahuluan, yaitu membuat campuran percobaan (*trial mixes*) seperti komposisi yang telah didapatkan dalam *mix desain* untuk memastikan hasilnya, apakah campuran benar-benar mencapai kekuatan yang direncanakan (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001: 70).

Menurut PBI NI-2 1971, untuk beton mutu Bo dapat dipakai campuran dengan syarat bahwa perbandingan jumlah pasir dan kerikil terhadap jumlah semen, tidak boleh melampaui 8 : 1. Untuk beton mutu B1 dan K125 biasanya dipakai campuran semen, pasir, dan kerikil dalam perbandingan volume 1 : 2 : 3 atau 1 : 1½ : 2½. Untuk beton mutu K175 dan yang lebih tinggi harus dipakai campuran yang direncanakan. Campuran beton yang direncanakan adalah campuran yang dapat dibuktikan dengan data dari pengalaman-pengalaman pelaksanaan sebelumnya atau dengan data dari percobaan pendahuluan.

3. Pengolahan Beton

Pengolahan beton adalah proses pembuatan beton dari pencampuran bahan-bahan beton, pengangkutan adukan beton, pemadatan, perataan permukaan beton dan perawatan selama proses pengerasan beton (Tjokrodinuljo, 2007: 59).

Menurut Nugraha dan Antoni (2007) urutan pengerjaan pembuatan beton adalah sebagai berikut:

a. Penakaran (*Batching*)

Penakaran adalah pengambilan bahan-bahan penyusun beton menurut takaran yang telah ditentukan. Takaran dapat ditentukan dengan berbanding berat atau perbandingan volume. Untuk mendapatkan mutu beton yang memenuhi syarat, baik penakaran

dengan perbandingan berat atau perbandingan volume harus dilakukan tepat dan teliti.

Dalam pelaksanaan pekerjaan di lapangan lebih mudah dilakukan penakaran dengan perbandingan volume. Jumlah masing masing kebutuhan bahan dalam ukuran berat berat dapat dikonversikan menjadi perbandingan volume dengan membuat membuat takaran yang isinya sesuai dengan perbandingan berat dan dihitung berdasarkan berat satuan setiap jenis bahan yang digunakan (Samekto dan Rahmadiyanto, 2001: 46).

b. Pengadukan (*Mixing*)

Pengadukan merupakan proses pencampuran bahan-bahan beton sampai adukan menjadi homogen dengan kelecakan cukup untuk dikerjakan. Pengadukan dapat dilakukan dengan pengadukan tangan atau dengan mesin pengaduk (molen).

c. Pengangkutan (*Transporting*)

Adukan beton yang dibuat dengan tangan atau mesin pengaduk harus diangkut ke tempat penuangan sebelum semen mulai berhidrasi. Menurut Tjokrodinuljo (2007) pengangkutan adukan beton dapat dilakukan dengan ember, grobak dorong, truk aduk beton, ban berjalan, atau pompa tergantung jumlah adukan yang dibuat dan keadaan tempat penuangan.

d. Pemadatan (*Compacting*)

Pemadatan adalah usaha agar rongga yang terjadi pada beton sesedikit mungkin. Pemadatan dapat dilakukan secara manual atau dengan mesin penggetat (*vibrator*).

e. Perawatan (*Curing*)

Perawatan beton adalah proses menjaga agar air pada beton tidak cepat menghilang selama proses hidrasi agar tidak terjadi retak akibat penyusutan volume. Beton yang dirawat selama 7 hari akan lebih kuat 50% dari pada yang tidak dirawat. Perawatan beton dapat dilakukan dengan menyiram, menggenangi dengan air, karung basah, atau diletakkan di tempat yang lembab.

4. Pengendalian Pekerjaan Beton

Kekuatan beton yang diproduksi di lapangan mempunyai kecenderungan untuk bervariasi. Atas adanya variasi kekuatan tekan beton tersebut maka diperlukan adanya pengendalian terhadap mutu (*quality control*) untuk memperoleh kekuatan tekan yang hampir seragam dan memenuhi Rencana Kerja dan Syarat (Tjokrodinuljo, 2007: 87). Selama masa pelaksanaan pengendalian mutu dilakukan dengan memantau dan mengevaluasi secara terus-menerus agar beton sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya.

a. Mutu Pelaksanaan dan Kekuatan Karakteristik Beton

Beton adalah suatu bahan konstruksi yang mempunyai sifat kekuatan tekan yang khas, yaitu kecenderungan untuk bervariasi (tidak seragam) dan nilainya akan menyebar pada suatu nilai rata-rata tertentu. Penyebaran dari hasil pemeriksaan akan kecil atau besar tergantung pada tingkat kesempurnaan dari proses pelaksanaannya (PBI NI-2, 1971). Tingkat kesempurnaan dari pelaksanaannya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti variasi mutu bahan, pengadukan, pemadatan, stabilitas pekerja dan faktor lainnya.

Atas adanya variasi kekuatan tekan beton tersebut maka diperlukan adanya pengendalian terhadap mutu (*quality control*) untuk memperoleh kekuatan tekan yang hampir seragam. Deviasi standar merupakan rata-rata ukuran besar kecilnya penyebaran yang menjadi ukuran dari mutu pelaksanaannya. Semakin besar penyebaran maka semakin buruk mutu pelaksanaan tersebut.

Rumus deviasi standar berdasarkan (PBI NI-2, 1971) :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^N (\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2}{N-1}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

s = deviasi standar (kg/cm^2)

σ_b' = kuat tekan beton dari masing-masing benda uji (kg/cm^2)

σ_{bm}' = kuat tekan beton rata-rata (kg/cm^2) menurut rumus :

$$\sigma_{bm}' = \frac{\sum_1^N \sigma_b'}{N} \dots\dots\dots (3)$$

N = jumlah benda uji (minimum 20 buah).

Tabel 5. Mutu pelaksanaan diukur dengan deviasi standar

Isi pekerjaan		Deviasi standar s (kg/cm ²)		
sebutan	Jumlah beton (m ³)	Baik sekali	baik	Dapat diterima
Kecil	<1000	45 < s ≤ 55	55 < s ≤ 65	65 < s ≤ 85
Sedang	1000-3000	35 < s ≤ 45	45 < s ≤ 55	55 < s ≤ 75
Besar	>3000	25 < s ≤ 35	35 < s ≤ 45	45 < s ≤ 65

Dengan menganggap nilai-nilai hasil pemeriksaan benda uji menyebar normal, maka kekuatan beton karakteristik σ'_{bk} , dengan 5% kemungkinan adanya kekuatan yang tidak memenuhi syarat, ditentukan rumus :

$$\sigma_{bk}' = \sigma_{bm}' - 1.64 s \dots\dots\dots (4)$$

dimana s adalah deviasi standar

Untuk menghitung kekuatan beton karakteristik dihitung dari benda uji kubus 15x15x15 cm pada umur 28 hari dengan satuan kg/cm². Apabila benda uji bukan berupa kubus karena alasan tertentu, missal benda uji silinder 15x30, maka hasil uji kuat tekan dikonversikan ke dalam bentuk kubus dengan faktor pembagi 0,83.

Tabel 6. Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai benda uji

Benda uji	Perbandingan kekuatan beton
Kubus 15x15x15 cm	1.00
Kubus 20x20x20 cm	0.95
Silinder 15x30 cm	0.83

Apabila tidak ditentukan dengan pengujian kuat tekan, perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur terhadap beton yang berumur 28 hari, dapat diambil menurut tabel perbandingan kekuatan tekan beton.

Tabel 7. Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen portlant biasa	0.40	0.65	0.88	0.95	1.00	1.20	1.35
Semen portlant dengan kekuatan awal tinggi	0.55	0.75	0.90	0.95	1.00	1.15	1.20

b. Evaluasi penerimaan beton

Kuat tekan suatu mutu beton dapat dikategorikan memenuhi syarat jika dua hal berikut terpenuhi (SNI 03-2847-2002) :

1. Setiap nilai rata-rata dari tiga uji kuat tekan yang berurutan mempunyai nilai yang sama atau lebih besar dari f_c' .
2. Tidak ada nilai uji kuat tekan yang dihitung sebagai nilai rata-rata dari dua hasil uji contoh silinder mempunyai nilai di bawah f_c' melebihi dari 3,5 MPa.

Mutu beton dan mutu pelaksanaan dianggap memenuhi syarat, apabila terpenuhi syarat-syarat berikut (PBI NI-2, 1971) :

1. Tidak boleh lebih dari 1 nilai diantara 20 nilai hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut terjadi kurang dari σ_{bk}' ,
2. Tidak boleh satupun nilai rata-rata dari 4 hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut terjadi kurang dari $(\sigma_{bk}' + 0.82 s_r)$.
3. Selisih antara nilai tertinggi dan terendah diantara 4 hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut tidak boleh lebih besar dari $4.3 s_r$.
4. Dalam segala hal, hasil pemeriksaan 20 benda uji berturut-turut, harus memenuhi pasal 4.5.

D. Beton Massa

Beton massa adalah beton yang dituangkan dalam volume besar yaitu perbandingan antara volume dan luas permukaannya besar, misalnya untuk pondasi, jembatan, dinding penahan tanah, pilar, landasan pacu pesawat (*runway*), bendung atau dam dan sebagainya. Biasanya dianggap beton massa jika dimensinya lebih dari 60 cm (Tjokrodinuljo, 2007, 110).

Dalam pembuatan beton massa yang perlu diperhatikan adalah perbedaan temperatur bagian dalam dan luar yang terjadi akibat adanya panas hidrasi. Panas menyebabkan beton mengembang namun bagian luar lebih cepat mendingin dan menyusut volumenya sedangkan bagian dalam masih panas dan belum menyusut Hal ini menyebabkan terjadinya perbedaan volume

sehingga timbul kecenderungan retak retak. Proses terjadinya retak retak ini bersamaan dengan proses pengerasan beton.

Usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi timbulnya retak ini antara lain:

1. Menggunakan sesedikit mungkin semen karena semen merupakan sumber panas.
2. Menggunakan ukuran gradasi agregat kasar sebesar-besarnya sebatas yang diijinkan karena semakin besar ukuran gradasi agregat yang digunakan semakin sedikit semen yang digunakan.
3. Menggunakan perbandingan agregat halus dan agregat kasar yang tepat agar didapatkan semen minimum dengan kuat tekan yang sama.

Table 8. Batas batas gradasi kasar untuk untuk beton massa (Raju, 1983)

Lubang ayakan (mm)	Lolos ayakan (% berat)	
	Butir maksimal 75 mm	Butir maksimal 150 mm
150	100	100
75	100	65-80
40	60-80	33-60
20	30-40	20-35
10	10-15	8-15
4,8	0	0

Table 9. Batas batas gradasi agregat halus untuk beton massa (Raju, 1983)

Lubang (mm)	Lolos ayakan (% berat)
10	100
4,8	92-100
2,4	75-90
1,2	50-70
0,6	35-50
0,3	17-30
0,15	0

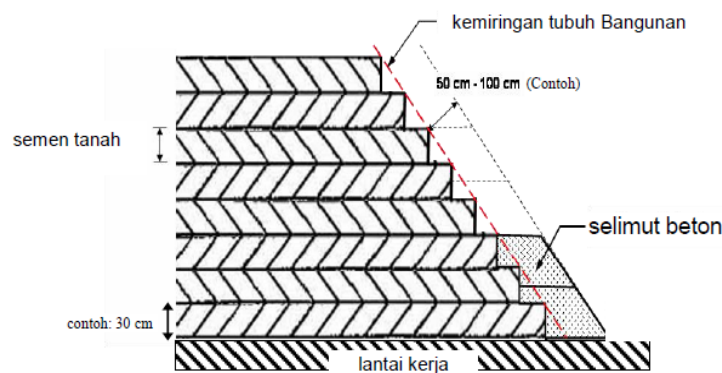
4. Menggunakan air sesedikit mungkin sebatas memungkinkan untuk syarat kelecakan adukan.
5. Menggunakan semen khusus dengan panas hidrasi rendah seperti semen tipe II, semen tipe IV, atau pozolan semen.
6. Saat pelaksanaan tuangkan beton dalam blok-blok ukuran terbatas, tebal tiap lapis blok 40 – 60 cm, tiap lapis harus masih lunak ketika lapis berikutnya dituangkan, lapisan berikutnya baru boleh dituang setelah lapisan tersebut berumur 3 x 24 jam, tebal seluruh lapisan dituangkan tidak boleh lebih dari 10,5 meter dalam sehari, menjaga temperatur dengan menyiram beton selama 3 hari pertama, berikan air dingin melalui pipa-pipa terpendam.

E. Bangunan Sabo

Bangunan sabo adalah jenis bangunan air yang dibangun dalam rangka pengendalian gerakan massa sedimen (PERMEN PU No.3/PRT/M/2011). Sabo adalah salah satu upaya pengendalian daya rusak air yang diakibatkan gerakan massa debris ataupun lahar. Aliran debris adalah aliran angkutan sedimen bersifat kolektif yang mempunyai konsentrasi sangat tinggi, meluncur ke bawah melalui lereng dan dasar alur sungai atau lembah curam dengan membawa batu-batu besar dan material lain seperti batang-batang pohon.

Bangunan sabo umumnya dibangun dari bahan beton yang memerlukan perencanaan dan teknik pelaksanaan yang relatif rumit serta

persyaratan teknis dan material yang kompleks. Dalam keputusan PERMEN PU No.3/PRT/M/2011 komponen utama bangunan sabo akan menggunakan bahan semen tanah yang dalam perencanaan dan teknis pelaksanaan cukup sederhana. Semen tanah adalah jenis bahan konstruksi dari campuran semen, tanah dan air dengan perbandingan tertentu. Walaupun bahan semen tanah sebagai komponen utama struktur bangunan sabo, *covering* beton tetap digunakan sebagai *finishing* struktur bangunan sabo.



Gambar 1. Penggunaan *covering* beton pada bangunan sabo



Gambar 2. Bangunan *sabo dam*

BAB III

METODE DAN PROSEDUR PENELITIAN

A. Metode Penelitian

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, yaitu penelitian dengan tujuan untuk mencari pengaruh sebab akibat yang sengaja ditimbulkan dan mengevaluasi hasilnya.

2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah hal yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh data untuk kemudian ditarik kesimpulannya. Penelitian yang dilakukan terdapat beberapa variabel yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya.

Variabel-variabel tersebut antara lain sebagai berikut :

a. Variabel bebas

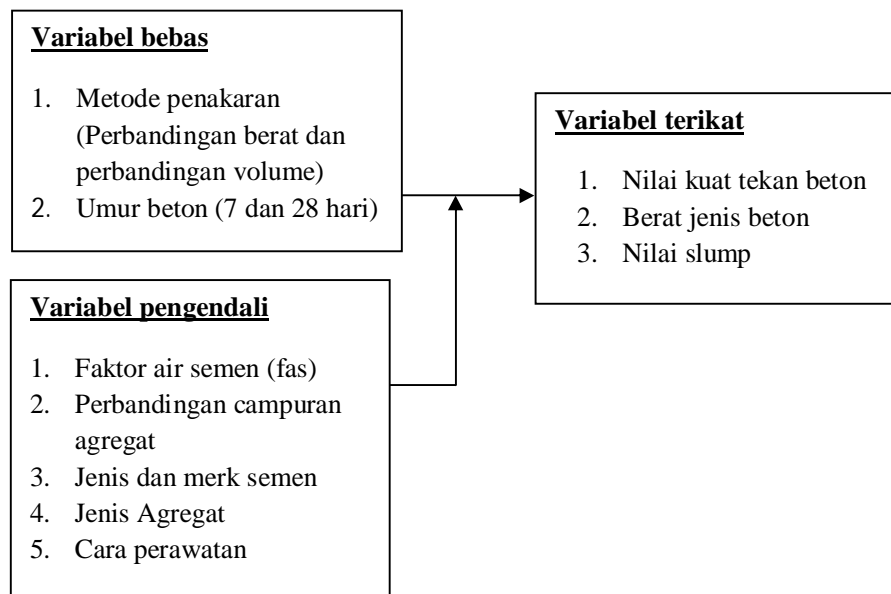
Variabel bebas adalah variabel yang menyebabkan terjadi atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah antara metode penakaran dengan perbandingan berat dan pembuatan beton dengan perbandingan volume dan juga umur beton untuk pengujian kekuatan tekan 7 dan 28 hari.

b. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang merupakan akibat adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kuat tekan beton, nilai slump dan berat jenis beton.

c. Variabel pengendali

Variabel yang dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi faktor luar yang tidak diteliti. Beberapa faktor yang akan dibuat konstan adalah faktor air semen (fas), perbandingan campuran agregat, jenis dan merk semen, jenis agregat, cara perawatan.



Gambar 3. Hubungan antar variabel penelitian

3. Populasi dan sampel penelitian

Banyaknya benda uji adalah 25 silinder untuk pengujian pembuatan beton dengan perbandingan volume dan 23 silinder untuk pengujian pembuatan beton dengan perbandingan berat. Untuk pengujian kuat tekan beton dengan perbandingan volume akan dibagi kedalam dua umur beton yaitu masing-masing 2 silinder saat berumur 7 hari dan 23 silinder saat beton berumur 28 hari. Untuk pengujian kuat tekan beton dengan perbandingan berat akan dibagi kedalam dua umur beton yaitu masing-masing 3 silinder saat berumur 7 hari dan 20 silinder saat beton berumur 28 hari.

Populasi penelitian ini adalah beton yang diproduksi dengan perbandingan volume dan beton yang diproduksi dengan perbandingan berat. Jadi pada penelitian ini terdapat 2 populasi penelitian.

Sampel penelitian ini adalah 25 silinder beton yang diproduksi dengan perbandingan volume dan 23 silinder beton yang diproduksi dengan perbandingan berat. Jadi pada penelitian ini terdapat 48 sampel penelitian.

B. Prosedur Penelitian

1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian adalah Laboratorium Uji Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Penelitian dilaksanakan selama

enam bulan yaitu mulai bulan April 2012 sampai dengan bulan September 2012.

2. Alat Penelitian

a. Molen (*Concrete mixer*)

Alat ini berfungsi untuk mengaduk bahan penyusun beton sehingga diperoleh campuran yang homogen. Alat ini mampu membuat adukan segar untuk 6 buah silinder beton. Molen ini digerakkan dengan dinamo listrik.



Gambar 4. Mesin pengaduk beton segar

b. Cetakan silinder beton

Alat ini berfungsi untuk mencetak sampel silinder beton. alat ini dibuat dari baja yang terdiri dari dua keping plat baja berbentuk setengah lingkaran. Plat disatukan dengan menggunakan baut dan bagian alas juga menggunakan plat berbentuk lingkaran. Cetakan ini memiliki ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.



Gambar 5. Cetakan beton silinder

c. Alat pemadat

Alat pemadat ini berupa batangan besi yang memiliki panjang sekitar 60 cm. Alat ini digunakan dengan cara ditumbukkan kedalam cetakan saat pelaksanaan pengecoran. Pemadatan dilakukan setiap $\frac{1}{3}$ bagian silinder terisi dengan adukan.

d. Kerucut Abrams

Alat ini berfungsi untuk mengukur nilai slump beton segar. Memiliki ukuran diameter bagian atas 100 mm, diameter bagian bawah 200 mm dan memiliki tinggi 300 mm. alat ini dilengkapi dengan tongkat pemadat yang memiliki panjang 600 mm.



Gambar 6. Kerucut Abrams dan alat pemadat

e. Ayakan

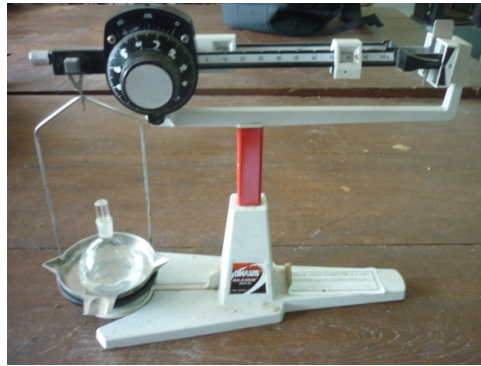
Ayakan digunakan untuk mengetahui gradasi agregat kasar dan agregat halus yang digunakan dalam penelitian. Ukuran ayakan terbesar yang digunakan untuk agregat kasar adalah diameter 50 mm, sedangkan untuk agregat halus memiliki ukuran maksimal 4.75 mm.



Gambar 7. Ayakan dan mesin penggetar

f. Neraca atau Timbangan

Neraca digunakan untuk menimbang benda uji yang diteliti dalam laboratorium. Selain itu neraca juga digunakan untuk menimbang bahan yang akan digunakan sebagai campuran beton. neraca yang dipakai ada 3 macam yang memiliki ketelitian masing-masing 0.01 gr, 1 gr, 100 gr.



Gambar 8. Neraca dengan ketelitian 0.01 gram

g. Jangka Sorong atau Mistar

Mistar atau jangka sorong digunakan untuk mengukur benda uji dan penurunan nilai slump.

h. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk menghitung volume benda uji baik itu agregat kasar maupun halus. Selain itu gelas ukur juga digunakan untuk menakar jumlah air yang digunakan dalam pembuatan beton.



Gambar 9. Gelas ukur 1500 ml

i. Mesin Los Angeles

Mesin los angeles digunakan untuk menguji keausan agregat kasar. Agregat kasar diuji dengan mesin los angeles sebanyak 500 putaran untuk menentukan apakah agregat kasar tersebut layak atau tidak digunakan.



Gambar 10. Mesin Los Angeles

j. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat sehingga bisa dihitung kadar air yang terkandung dalam agregat yang digunakan.



Gambar 11. Oven untuk mengeringkan agregat uji

k. Mesin Uji Kuat Tekan

Alat ini digunakan untuk mengukur nilai kuat tekan yang dimiliki oleh beton. alat yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kemampuan untuk menekan sampai 200 ton.



Gambar 12. Mesin uji kekuatan tekan beton

3. Bahan Penelitian.



Gambar 13. Bahan untuk adukan beton

a. Agregat Kasar

Penelitian ini menggunakan jenis agregat kasar yaitu agregat kasar berupa batu pecah merapi. agregat yang digunakan harus melakukan beberapa pengujian antara lain uji berat jenis, bobot isi, uji Los Angeles, uji kadar air, dan gradasi agregat kasar menggunakan ayakan.

b. Agregat Halus

Agregat halus dalam penelitian ini menggunakan agregat dari sungai krasak. Agregat halus ini harus memenuhi syarat-syarat yang telah ditentukan sebagai bahan bangunan.

c. Semen



Gambar 14. Semen tipe PCC

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen PCC (*Portland Composite Cement*) dengan merk Holcim. Semen portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum mudah didapat di toko-toko bahan bangunan yang penggunaanya tidak memerlukan persyaratan khusus.

d. Air

Penelitian ini menggunakan air berada di Laboratorium Uji Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan UNY.

4. Pelaksanaan Penelitian

a. Pengujian Agregat Halus

1) Pengujian Berat jenis Pasir

Bahan : 1) Pasir 2) Air

Alat : 1) Neraca 2) Gelas ukur 3) Nampan

Langkah pengujian:

1. Menimbang pasir seberat (W gram)
2. Mengisi gelas ukur dengan air yang dianggap cukup untuk menenggelamkan seluruh pasir ke dalam air
3. Membaca volume air dalam gelas ukur (V1 ml)
4. Memasukkan pasir kedalam gelas ukur yang berisi air dan membaca volume air + pasir (V2 ml)
5. Volume pasir (ΔV ml) diperoleh dengan cara volume akhir (V2 ml) dikurangi volume awal (V1 ml)
6. Berat jenis pasir diperoleh dari

$$\text{berat jenis pasir} = \frac{W}{\Delta V} \dots\dots\dots (5)$$

2) Pengujian bobot isi pasir

Bahan : 1) Pasir 2) air

Alat : 1) Silinder 2) Penggaris 3) Jangka sorong 4) Neraca

5) Nampan

Langkah pengujian:

1. Menimbang silinder kosong (A)
2. Mengisi silinder dengan pasir hingga penuh dan permukaannya rata
3. Menimbang silinder dan pasir (B)

4. Mengisi silinder dengan air sampai penuh
 5. Menimbang silinder penuh air (C)
 6. Bobot isi pasir = $\frac{B-A}{C-A}$
- (6)

3) Modulus Halus Butir Pasir

Bahan : Pasir

Alat : 1) Ayakan 2) Neraca 3) Mesin penggoyang 4) Nampan
5) kuas

Langkah pengujian:

1. Menimbang pasir (500 gram)
2. Memasukkan pasir kedalam ayakan
3. Menggoyang ayakan pasir dengan mesin penggoyang selama 10 menit
4. Mengeluarkan pasir yang tertinggal di setiap ayakan dan ditimbang satu persatu.
5. Membuat tabel distribusi agregat dan grafik gradasi.

4) Pengujian kadar air pasir

Bahan : Pasir

Alat : 1) oven 2) Neraca 3) Nampan

Langkah pengujian:

1. Menimbang pasir secukupnya (A)
2. Memasukkan pasir kedalam oven selama 24 jam
3. Menimbang pasir kering oven (B)
4. Kadar air pasir = $\frac{A-B}{B}$ (7)

5) Pengujian kadar zat organik pada pasir

Bahan : 1) Pasir 2) Larutan Natrium Sulfat (Na OH) 3% 3) air

Alat : 1) Neraca 2) Nampan 3) Botol susu/gelas ukur

Langkah kerja:

1. Menimbang pasir secukupnya
2. Menimbang larutan natrium sulfat
3. Memasukkan air kedalam botol susu
4. Memasukkan pasir dan larutan NaOH
5. Campuran dibiarkan selama 24 jam
6. Membandingkan warna air dalam botol susu dengan warna pembanding.

6) Menguji kadar lumpur pada pasir

Bahan : 1) Pasir 2) Air

Alat : 1) Neraca 2) Nampan 3) Oven

Langkah pengujian:

1. Memasukkan pasir dalam oven

2. Menimbang pasir kering oven (A)
3. Mencuci pasir dengan air hingga lumpur yang ada dalam pasir bersih
4. Memasukkan pasir yang sudah dibersihkan kedalam oven
5. Menimbang pasir yang sudah bersih dalam keadaan kering oven (B)
6. Kadar lumpur pasir = $\frac{A-B}{B} \times 100\%$ (8)

b. Pengujian Agregat Kasar

1) Pengujian berat jenis agregat kasar SSD

Bahan : 1) kerikil 2) Air

Alat : 1) Neraca 2) Bejana ukur 3) Nampan 4) Ember

Langkah pengujian:

1. Menimbang kerikil secukupnya (W gram) dan direndam selama 24 jam
2. setelah 24 jam kerikil di lap sampai kering
3. Mengisi bejana ukur dengan air yang dianggap cukup untuk menenggelamkan seluruh kerikil ke dalam air
4. Membaca volume air dalam bejana (V1 ml)
5. Memasukkan kerikil kedalam bejana yang berisi air dan membaca volume air + kerikil (V2 ml)

6. Volume kerikil (ΔV ml) diperoleh dengan cara volume V_2
dikurangi volume V_1

7. Berat jenis kerikil diperoleh dari

$$\text{berat jenis kerikil} = \frac{W}{\Delta V} \dots\dots\dots (9)$$

2) Pengujian bobot isi kerikil

Bahan : kerikil

Alat : 1) Silinder 2) Penggaris 3) Jangka sorong 4) Neraca
5) Nampan

Langkah pengujian:

1. Menimbang silinder kosong (A)
2. Mengisi silinder dengan kerikil hingga penuh dan
permukaannya rata
3. Menimbang silinder dan kerikil (B)
4. Mengisi silinder dengan air hingga penuh
5. Menimbang silinder penuh air (C)
6. Bobot isi kerikil = $\frac{B-A}{C-A} \dots\dots\dots (10)$

3) Modulus Halus Butir kerikil

Bahan : kerikil

Alat : 1) Ayakan 2) Neraca 3) Mesin penggoyang 4) Nampan

Langkah pengujian:

1. Menimbang kerikil (2000 gram)
2. Memasukkan kerikil kedalam ayakan
3. Menggoyang ayakan kerikil dengan mesin penggoyang selama 10 menit
4. Mengeluarkan kerikil yang tertinggal di setiap ayakan dan ditimbang satu persatu.
5. Membuat tabel distribusi agregat dan grafik gradasi.

4) Pengujian kadar air kerikil

Bahan : kerikil

Alat : 1) oven 2) Neraca 3) Nampan

Langkah pengujian:

1. Menimbang kerikil secukupnya (A)
2. Memasukkan kerikil kedalam oven selama 24 jam
3. Menimbang kerikil kering oven (B)
4. Kadar air kerikil = $\frac{A-B}{B}$ (11)

5) Uji keausan agregat kasar

Bahan : kerikil

Alat : 1) Mesin los angeles 2) Neraca 3) Ayakan 1,7 mm

Langkah pengujian:

1. Cuci dan keringkan agregat sampai berat tetap
2. Menimbang agregat menurut fraksi-fraksi penyaringan dan gabungkan kembali total 5000 gram (A gram)
3. Memasukkan agregat kedalam mesin los angeles test dan diputar 500 kali dengan 11 bola baja
4. Mengeluarkan kerikil dari mesin los angeles test dan mengayak dengan ayakan No. 12 (1.7 mm)
5. Cuci dan keringkan agregat yang tertahan sampai berat tetap (B gram)
6. Hitung persentase keausan agregat $\frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$
7. Keausan maksimum 27% untuk beton mutu diatas K225 atau $f_c' = 20 \text{ MPa}$

c. Uji berat satuan dengan literan (Konversi Volume)

Bahan : 1) kerikil 2) pasir 3) Semen

Alat : 1) timbangan 2) literan 3) Nampan

Langkah pengujian:

1. Mengisi literan dengan pasir sampai penuh (gembur) dan ratakan
2. Timbang dan catat berat pasir (dilakukan 20 kali)
3. Menghitung berat rerata pasir dalam 1 literan

4. Lakukan langkah 1,2 dan 3 terhadap benda uji kerikil dan semen



Gambar 15. Pengujian berat satuan pasir dengan literan

5. Kebutuhan bahan (semen, pasir, kerikil) dalam berat dibagikan dengan rerata dari 20 pengujian berat satuan masing-masing bahan



Gambar 16. Pengujian berat satuan kerikil dengan literan



Gambar 17. Pengujian berat satuan semen dengan literan

d. Pembuatan Beton



Gambar 18. Pelaksanaan pembuatan beton

- a) Bahan-bahan dan alat-alat yang digunakan dipersiapkan dahulu.
- b) Bahan dimasukkan ke dalam mesin molen secara bertahap agar tercampur merata atau homogen.
- c) Campuran yang sudah merata atau homogen diuji nilai slumpnya.



Gambar 19. Pengujian nilai slump

- d) Beton segar dimasukkan ke dalam cetakan. Setiap terisi sepertiga bagian cetakan dipadatkan dengan alat pemadat dan diratakan permukaannya.



Gambar 20. Pencetakan dan pemadatan beton



Gambar 21. Perataan permukaan beton

- e) Cetakan yang sudah terisi beton segar diletakkan di tempat yang tidak terkena cahaya matahari secara langsung agar pengeringan berjalan secara bertahap dan beton tidak mengalami retak.
- f) Cetakan beton dilepas setelah beton berumur 24 jam.

e. Perawatan Beton

Perawatan dilakukan setelah beton dilepas dari cetakan. Perawatan beton dilakukan agar beton tidak mengalami keretakan karena kehilangan air yang terlalu cepat saat terjadi proses hidrasi.

Perawatan beton yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan karung basah yang disiram. Beton yang sudah dilepas dari cetakan ditutupi karung basah sampai berumur 27 hari dan pada hari ke 28 beton bisa ditekan untuk mengetahui nilai kuat tekannya.

f. Uji Kuat Tekan Beton



Gambar 22. Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin *Compressive Testing Machine*. Hasil kuat tekan akan terbaca dalam satuan ton. Beton yang akan diuji diletakkan di pusat bidang tekan mesin. Pembebanan dilakukan secara perlahan sampai beton mengalami kehancuran. Kuat tekan beton dihitung dengan cara berikut:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

f'_c = kuat tekan beton (Mpa)

P = Beban Maksimum (N)

A = luas permukaan benda uji (mm^2)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Sebelum pembuatan benda uji, dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan terlebih dahulu. Data-data hasil pengujian akan disusun mulai dari pengujian bahan hingga pengujian akhir benda uji. Dari hasil pengujian tersebut akan dilanjutkan dengan analisis mengenai hasil pengujian tersebut.

1. Pengujian Bahan.

a. Pengujian Agregat Halus

1) Berat jenis agregat halus SSD

Pada pengujian berat jenis agregat halus ini diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil pengujian berat jenis agregat halus SSD

No.	Berat W (gram)	Volume ΔV (ml)	Berat jenis $\left(\frac{W}{\Delta V}\right)$ (gram/ml)
1.	100	40	2,500
2.	100	39	2,564
3.	100	39	2,564
Rerata			2,543 gram/ml

2) Kadar air

Pada pengujian kadar air agregat halus ini diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil pengujian kadar air

berat awal A (gram)	berat kering B (gram)	kadar air $= \frac{A-B}{B} \times 100$ (%)
100	97,15	2,934
100	94,43	5,899
100	98,72	1,297
Rerata		3,376 %

3) Kadar lumpur

Pada pengujian kadar lumpur agregat halus ini diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 12. Hasil pengujian kadar lumpur

No.	Berat agregat kering oven A (gram)	Berat agregat kering oven setelah dicuci B (gram)	Kadar lumpur $\frac{A-B}{B} \times 100$ (%)
1.	97,15	93,93	3,428
2.	94,43	92,52	2,064
3.	98,72	94,51	4,455
Rerata			3,316 %

4) Bobot isi

Pada pengujian bobot isi agregat halus ini diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 13. Hasil pengujian bobot isi

No.	Berat bejana A (kg)	Berat bejana+pasir B (kg)	Berat bejana+air C (kg)	Bobot isi = $\frac{B-A}{C-A}$ (kg/liter)
1.	10,67	31,48	25,66	1,388
2.	10,67	34,78	25,66	1,608
Rerata				1,498 kg/liter

5) Modulus kehalusan butir

Pada pengujian modulus kehalusan butir agregat halus ini diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 14. Hasil pengujian modulus kehalusan butir

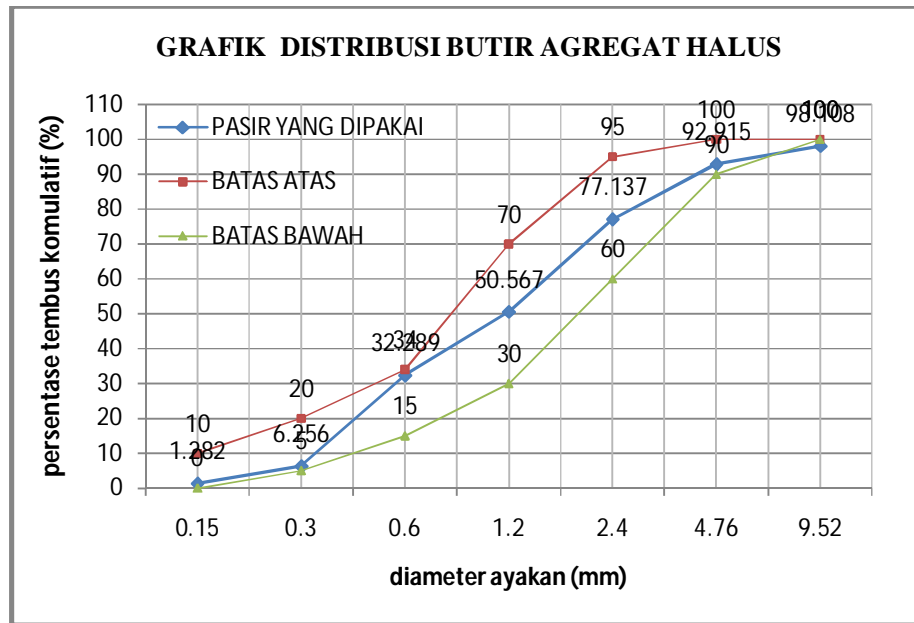
Diameter Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Persen Tertinggal (%)	Persentase Tertinggal Komulatif	Persentase Tembus Komulatif
9.52	9.52	1.892	1.892	98.108
4.76	26.13	5.193	7.085	92.915
2.4	79.4	15.779	22.863	77.137
1.2	133.7	26.569	49.433	50.567
0.6	91.98	18.279	67.711	32.289
0.3	131	26.033	93.744	6.256
0.15	25.03	4.974	98.718	1.282
< 0.15	6.45	1.282		
Jumlah	503,21	100	341,446	

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{341.446}{100} = \mathbf{3,414}$$

Tabel 15. Syarat Batas Gradasi Agregat halus

Diameter Ayakan (mm)	Persentase Tembus Kumulatif (%)								Pasir contoh
	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	
9.52	100	100	100	100	100	100	100	100	98.108
4.76	90	100	90	100	90	100	95	100	92.915
2.4	60	95	75	100	85	100	95	100	77.137
1.2	30	70	55	100	75	100	90	100	50.567
0.6	15	34	35	59	60	79	80	100	32.289
0.3	5	20	8	30	12	40	15	50	6.256
0.15	0	10	0	10	0	10	0	15	1.282

Zona gradasi = **Masuk zona 1**



Gambar 23. Grafik distribusi butir agregat halus zona I

b. Pengujian Agregat Kasar

Pada pengujian agregat kasar ini meliputi pengujian :

1) Berat jenis agregat kasar SSD

Pada pengujian berat jenis agregat kasar ini diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 16. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar SSD

No.	Berat W (gram)	Volume ΔV (ml)	Berat jenis $\left(\frac{W}{\Delta V}\right)$ (gram/ml)
1.	150	60	2,500
2.	150	62	2,419
3.	150	62	2,419
Rerata			2,446 gram/ml

2) Kadar air

Pada pengujian kadar air agregat kasar ini diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 17. Hasil pengujian kadar air

berat awal A (gram)	berat kering B (gram)	kadar air $= \frac{A-B}{B} \times 100$ (%)
150	144,75	3,627
150	143,38	4,617
150	144,81	3,584
Rerata		3,943 %

3) Kadar lumpur

Pada pengujian kadar lumpur agregat kasar ini diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 18. Hasil pengujian kadar lumpur

No.	Berat agregat kering oven A (gram)	Berat agregat kering oven setelah dicuci B (gram)	Kadar lumpur $\frac{A-B}{B} \times 100$ (%)
1.	200,94	198,73	1,112
2.	200,77	199,17	0,803
3.	200,43	198,91	0,764
Rerata			0,893 %

4) Bobot isi

Pada pengujian bobot isi agregat kasar ini diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 19. Hasil pengujian bobot isi

No.	Berat bejana A (kg)	Berat bejana+split B (kg)	Berat bejana+air C (kg)	Bobot isi = $\frac{B-A}{C-A}$ (kg/liter)
1.	10,88	28,81	25,58	1,220
2.	10,88	29,80	25,58	1,287
Rerata				1,253 kg/liter

5) Modulus kehalusan butir

Pada pengujian modulus kehalusan butir agregat kasar ini diperoleh data sebagai berikut:

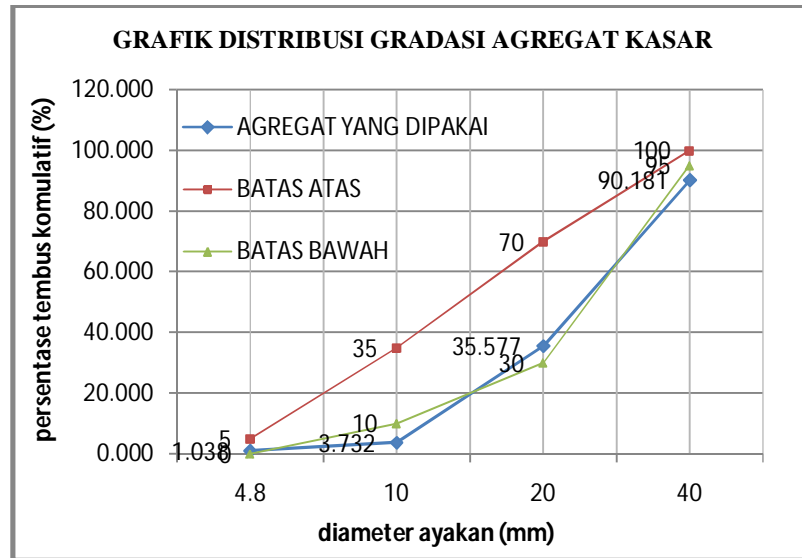
Tabel 20. Hasil pengujian modulus kehalusan butir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Persen Berat Tertinggal (%)	Persen Tertinggal Kumulatif	Persentase Tembus Kumulatif
25	196.15	9.819	9.819	90.181
12.5	1090.85	54.604	64.423	35.577
9.52	636.18	31.845	96.268	3.732
4.76	53.81	2.694	98.962	1.038
2.4	19.51	0.977	99.938	0.062
1.2	1.23	0.0616	100	0
0.6	0	0	100	0
0.3	0	0	100	0
0.15	0	0	100	0
< 0,15	0	0		
Jumlah	1997,73	100	769,410	

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{769.410}{100} = \mathbf{7,69}$$

Tabel 21. Syarat Batas Gradasi Agregat Kasar

Diameter Ayakan (mm)	Persentase Tembus Kumulatif (%)	Persentase Tembus Kumulatif (%) Ukuran Maksimum 40 mm	
		Batas Bawah	Batas Atas
40	90.181	95	100
20	35.577	30	70
10	3.732	10	35
4.8	1.038	0	5



Gambar 24. Grafik distribusi butir agregat kasar

6) Uji keausan agregat kasar (*los angelos test*)

Pada pengujian keausan agregat kasar ini diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 22. Keausan agregat kasar

Berat awal agregat (gram)	Berat tertinggal ayakan 1.7 mm (gram)	Prosentase lolos ayakan (%)
5000	3224	35.52

Agregat kasar batu pecah dari merapi memiliki keausan sebesar 35.52 %.

2. Pengujian berat satuan dengan literan (Konversi Volume)

Pengujian berat satuan dilakukan dengan cara menimbang berat bahan yaitu agregat kasar, agregat halus, dan semen setiap takaran 1 liter. Pengujian ini dilakukan 20 kali untuk setiap bahan kemudian diambil reratanya :

Tabel 23. Rerata berat satuan setiap takaran 1 liter dalam gram

Agregat Kasar (gram)	Agregat Halus (gram)	Semen Portland (gram)
1234.15	1213.25	1078.40

Angka kebutuhan setiap bahan dalam *mix desain* dibagikan dengan rerata berat satuan masing-masing bahan. Hasilnya akan digunakan dalam pelaksanaan pembuatan sampel beton untuk perbandingan volume.

Tabel 24. Konversi Kebutuhan Bahan untuk 1 adukan

Nama bahan	Kebutuhan bahan (gram)	Berat satuan (gram/takar)	Kebutuhan bahan (takar)	Perbandingan volume
Semen	13100	1078.40	12	1
Pasir	22190	1213.25	18	1.5
Kerikil	29420	1234.15	24	2

3. Data hasil pengujian dengan uji tekan beton

Tabel 25. Hasil pengujian kuat tekan beton

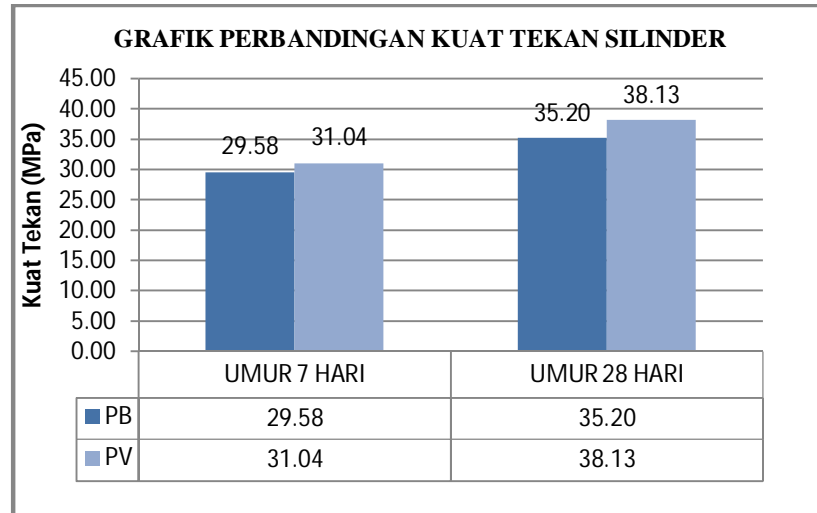
No. Benda Uji	Hasil Uji Kuat Tekan							
	Perbandingan volume (PV)				Perbandingan Berat (PB)			
	7 hari		28 hari		7 hari		28 hari	
	f_c	σ_b'	f_c	σ_b'	f_c	σ_b'	f_c	σ_b'
1	28.82	347.19	-	-	30.92	372.52	-	-
2	33.27	400.85	-	-	30.67	369.49	-	-
3	-	-	40.08	482.95	27.15	327.06	-	-
4	-	-	30.20	363.81	-	-	36.26	436.86
5	-	-	47.42	571.28	-	-	39.79	479.40
6	-	-	38.52	464.15	-	-	32.53	391.97
7	-	-	28.15	339.10	-	-	31.68	381.74
8	-	-	35.46	427.27	-	-	33.02	397.85
9	-	-	40.55	488.53	-	-	36.04	434.27
10	-	-	33.79	407.11	-	-	35.06	422.45
11	-	-	36.52	440.06	-	-	37.46	451.30
12	-	-	32.48	391.28	-	-	40.36	486.26
13	-	-	38.78	467.24	-	-	36.40	438.50
14	-	-	37.47	451.39	-	-	25.34	305.26
15	-	-	38.51	463.95	-	-	34.93	420.86
16	-	-	38.96	469.42	-	-	32.73	394.32
17	-	-	39.90	480.78	-	-	35.01	421.80
18	-	-	48.87	588.74	-	-	29.50	355.42
19	-	-	46.72	562.91	-	-	31.07	374.34
20	-	-	41.74	502.86	-	-	47.47	571.91
21	-	-	41.68	502.19	-	-	36.58	440.74
22	-	-	41.26	497.07	-	-	36.42	438.77
23	-	-	33.58	404.52	-	-	36.25	436.76
24	-	-	33.80	407.29	-	-	-	-
25	-	-	32.53	391.88	-	-	-	-
f'_{cr} / σ'_{bm}	31.04	374.02	38.13	459.38	29.58	356.35	35.20	424.04

f_c = kuat tekan masing-masing benda uji silinder (MPa)

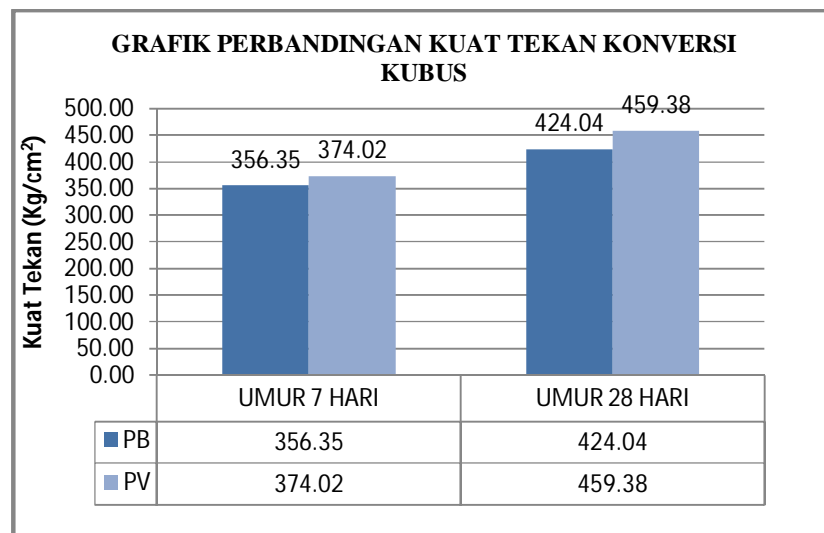
σ_b' = kuat tekan benda uji kubus konversi = $f_c' / 0,83$ (kg/cm²)

B. Pembahasan

1. Kekuatan beton



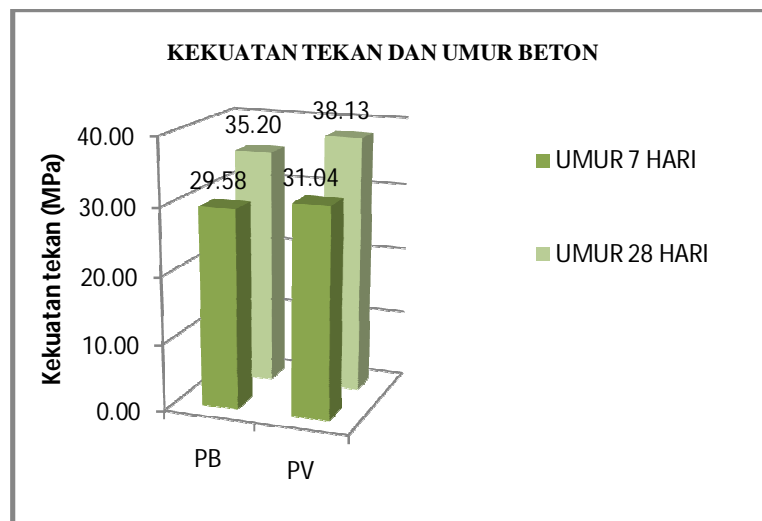
Gambar 25. Perbandingan kuat tekan beton silinder PB dan PV.



Gambar 26. Perbandingan kuat tekan beton konversi kubus PB dan PV.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk melihat apakah beton memiliki kekuatan yang memenuhi persyaratan yang direncanakan. Pada silinder beton dengan perbandingan berat (PB) saat berumur 28 hari kekuatan tekan rerata beton sebesar 35.20 MPa. Silinder beton dengan perbandingan volume (PV) saat berumur 28 hari kekuatan tekan rerata beton sebesar 38.13 MPa.

Kuat tekan konversi kubus pada grafik diatas adalah hasil kuat tekan benda uji silinder (15x30 cm) yang dikoreksi ke dalam bentuk benda uji kubus (15x15x15 cm). Kekuatan tekan benda uji silinder (15x30 cm) adalah 83% dari kekuatan tekan benda uji kubus (15x15x15 cm). Hal ini dilakukan untuk menghitung kekuatan tekan karakteristik beton menurut peraturan PBI NI-2 1971 yang mengharuskan perhitungan dalam bentuk benda uji kubus (15x15x15 cm) dan dalam satuan kg/cm^2 .



Gambar 27. Grafik kekuatan tekan dan umur beton.

Dalam grafik tersebut diatas juga menunjukkan bahwa beton dengan perbandingan berat (PB) mengikat di awal lebih cepat yaitu mencapai 84.04 % kekuatan pada umur 7 hari. Beton dengan perbandingan volume (PV) mempunyai pengikatan awal mencapai 81.42 % kekuatan pada umur 7 hari.

Data hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan beton yang dibuat dengan agregat kasar batu pecah Merapi sangat tinggi. Beton yang dibuat dengan perbandingan volume memiliki kuat tekan rerata yang relatif lebih tinggi dari pada beton yang dibuat dengan perbandingan berat.

Beton bersifat getas yaitu mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis.

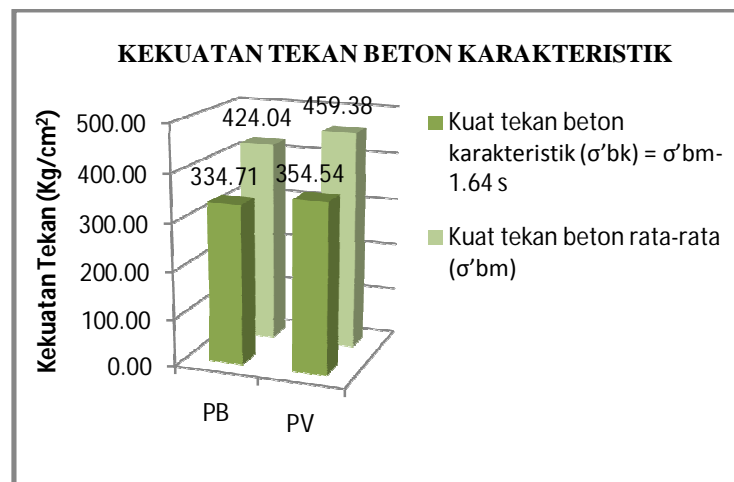
Tabel 26. Beberapa jenis beton menurut kuat tekan (Tjokrodinuljo, 2007)

Jenis beton	Kuat tekan (MPa)
Beton sederhana (<i>plain concrete</i>)	Sampai 10 MPa
Beton normal (beton biasa)	15 – 30 MPa
Beton prategang	30 – 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 MPa

Dari hasil pengujian kuat tekan beton, kekuatan beton berkisar antara 30 – 40 MPa. Dilihat dari tabel diatas beton tersebut dapat digunakan untuk jenis beton prategang, yaitu beton dengan baja tulangan yang ditarik (ditegangkan) dulu sebelum diberi beban.

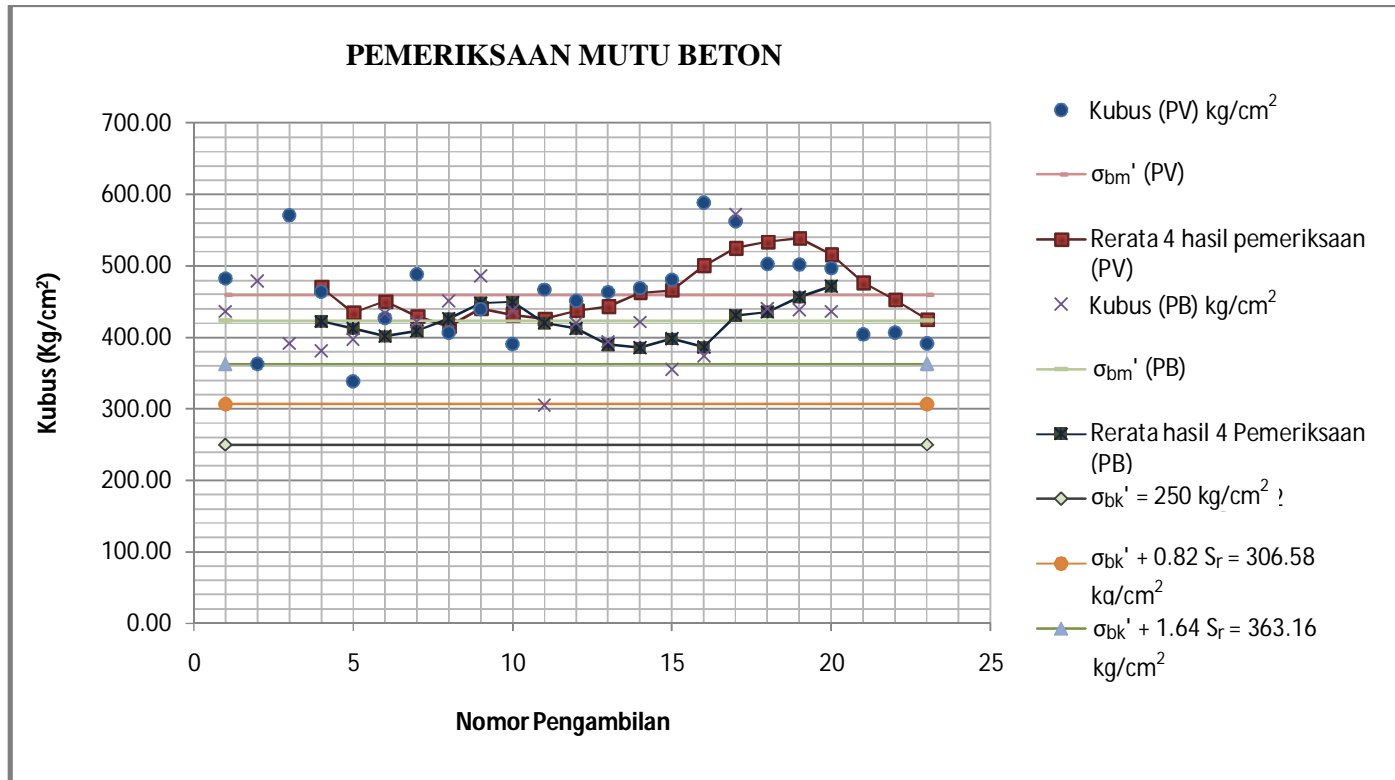
2. Kekuatan tekan beton karakteristik dan mutu pelaksanaan.

Pada beton dengan perbandingan berat (PB) saat berumur 28 hari kekuatan tekan beton karakteristik mencapai 334.71 kg/cm^2 dengan standar deviasi 54.47 kg/cm^2 . Pada beton dengan perbandingan volume (PV) saat berumur 28 hari kekuatan tekan beton karakteristik mencapai 354.54 kg/cm^2 dengan standar deviasi 63.93 kg/cm^2 .



Gambar 28. Grafik perbandingan kekuatan tekan beton karakteristik.

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa beton dengan perbandingan volume memiliki kekuatan tekan karakteristik yang relatif lebih tinggi dari pada beton yang dibuat dengan perbandingan berat. Berbanding terbalik dengan kekuatan tekan karakteristik, beton dengan perbandingan berat memiliki mutu pelaksanaan lebih baik dari pada beton yang dibuat dengan perbandingan volume. Hal ini disebabkan oleh konsistensi kepadatan volume setiap takar pada beton perbandingan volume (PV).

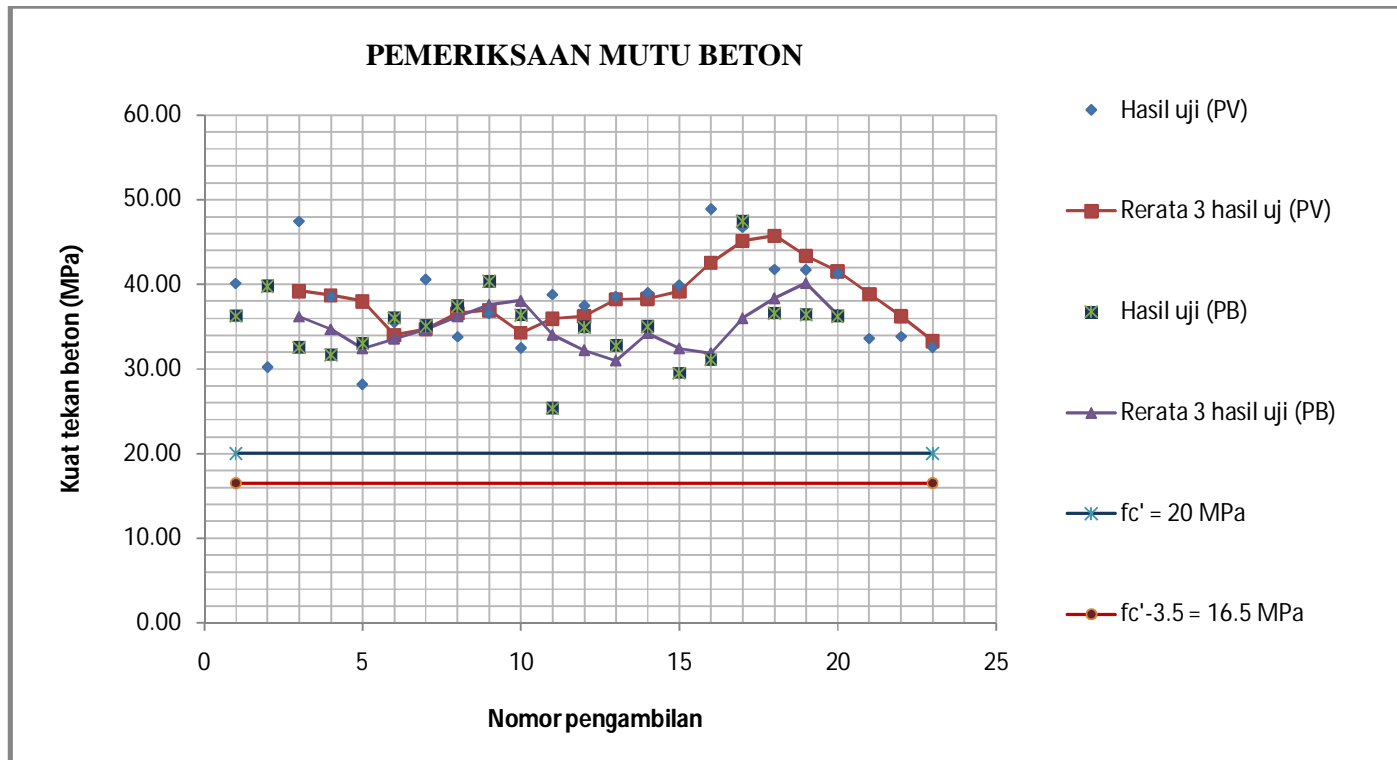


Gambar 29. Evaluasi mutu beton dan mutu pelaksanaan menurut (PBI NI-2, 1971) pasal 4.7. ayat (2)a

Dari grafik diatas, mutu beton dan mutu pelaksanaan dianggap memenuhi syarat, apabila terpenuhi syarat-syarat berikut :

- a. Tidak boleh lebih dari 1 nilai diantara 20 nilai hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut terjadi kurang dari σ_{bk}' ,
- b. Tidak boleh satupun nilai rata-rata dari 4 hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut terjadi kurang dari $(\sigma_{bk}' + 0.82 s_r)$,
- c. Selisih antara nilai tertinggi dan terendah diantara 4 hasil pemeriksaan benda uji berturut-turut tidak boleh lebih besar dari $4.3 s_r$,
- d. Dalam segala hal, hasil pemeriksaan 20 benda uji berturut-turut, harus memenuhi $(\sigma_{bk}' + 1.64 s_r)$.

(Tabel evaluasi terlampir).



Gambar 30. Evaluasi penerimaan mutu beton menurut (SNI 03-2847-2002) pasal 7.6. ayat 3(3)

Dari grafik diatas, mutu beton dianggap memenuhi syarat (mutunya tercapai), apabila terpenuhi syarat-syarat berikut :

- a. Nilai rerata dari semua pasangan hasil uji (masing-masing pasangan terdiri dari 3 hasil uji kuat tekan berurutan) tidak kurang dari kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c'),
- b. Tidak satupun dari hasil uji tekan kurang dari ($f_c' - 3,5$),
(Tabel evaluasi terlampir).

3. Berat jenis beton

Berat jenis beton berfungsi untuk menggolongkan jenis pemakaian beton. Menurut berat jenisnya pemakaian beton digolongkan menjadi:

Tabel 27. Beberapa jenis beton menurut berat jenis (Tjokrodimuljo, 2007)

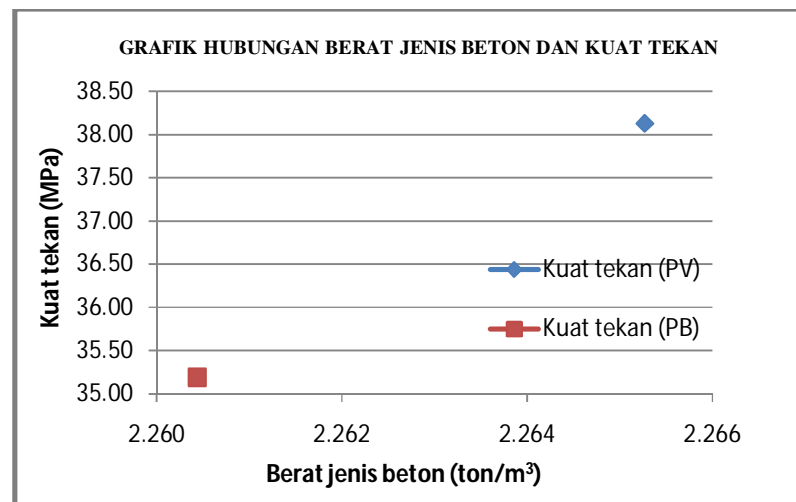
Jenis beton	Berat jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1.00	Non struktur
Beton ringan	1.00 – 2.00	Struktur ringan
Beton normal (biasa)	2.30 -2.40	Struktur
Beton berat	> 3.00	Perisai sinar X

Beton yang diuji dari agregat kasar batu pecah merapi memiliki berat jenis sebagai berikut:

Tabel 28. Berat jenis beton PV dan PB

Beton	Berat beton (Kg)	Dimensi		Berat jenis beton (ton/m^3)	Kuat tekan (MPa)
		Diameter (cm)	Tinggi (cm)		
PV	12.148	15.04	30.19	2.265	38.13
PB	12.189	15.07	30.23	2.260	35.20

Dari berat jenis kedua beton tersebut bisa digolongkan untuk pemakaian beton struktur. Dari kedua pengujian menunjukkan bahwa berat jenis beton berbanding lurus dengan kekuatan beton.



Gambar 31. Grafik hubungan berat jenis beton dan kuat tekan

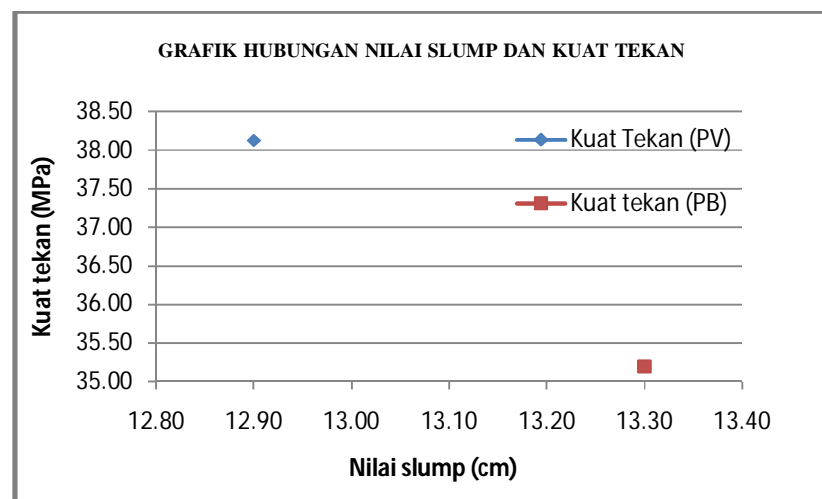
4. Nilai slump (keleccakan beton segar)

Nilai slump adalah indeks untuk mengukur tingkat keleccakan beton segar yang juga merupakan ukuran mudah tidaknya suatu adukan beton untuk dikerjakan. Semakin tinggi nilai slump maka semakin mudah beton untuk dikerjakan tapi kuat tekan akan semakin turun. Pada penelitian ini direncanakan nilai slump 7,5 - 15,2 cm

Tabel 29. Nilai slump dan kuat tekan rerata

No adukan	Perbandingan Volume (PV)		Perbandingan Berat (PB)	
	Nilai slump (cm)	Kuat tekan rerata (MPa)	Nilai slump (cm)	Kuat tekan rerata (MPa)
1	14.50	36.87	15.50	38.02
2	17.00	35.76	12.50	33.67
3	3.50	38.25	11.50	34.90
4	13.00	43.24	12.50	35.16
5	16.50	36.57	14.50	36.42
Rerata	12.90	38.13	13.30	35.20

Pada penelitian ini kadar air agregat yang tidak dikendalikan sehingga berpengaruh pada konsistensi nilai slump karena pembuatan benda uji di hari dan cuaca yang berbeda. Nilai slump berbanding terbalik dengan kuat tekan beton. Dari tabel diatas nilai slump yang lebih tinggi memiliki kuat tekan beton lebih rendah dari pada beton dengan nilai slump yang lebih rendah. Tetapi nilai slump yang terlalu rendah juga akan lebih sulit dikerjakan.



Gambar 32. Grafik hubungan rerata nilai slump dan rerata kuat tekan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai beton dengan perbandingan volume dan perbandingan berat dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton dengan Perbandingan Berat (PB) umur 7 hari sebesar 29,58 MPa dan umur 28 hari sebesar 35,20 MPa. Sedangkan kuat tekan untuk beton dengan Perbandingan Volume (PV) umur 7 hari sebesar 31,04 MPa dan umur 28 hari sebesar 38,13 MPa.
2. Beton yang dibuat dengan Perbandingan Volume (PV) memiliki kuat tekan yang relatif lebih tinggi dari pada beton yang dibuat dengan Perbandingan Berat (PB), dengan ketentuan jumlah kebutuhan bahan dan agregat yang sama. Kekuatan beton berkisar 30 - 40 MPa, dapat digunakan untuk jenis beton prategang.
3. Kekuatan tekan karakteristik beton dengan Perbandingan Berat (PB) sebesar 334,71 kg/cm².
4. Beton Perbandingan Volume (PV) dengan perbandingan Semen : Pasir : Kerikil 1 : 1,5 : 2 memiliki kekuatan tekan karakteristik sebesar 354,54 kg/cm², setara dengan mutu beton K 350.

5. Mutu pelaksanaan (standar deviasi) untuk beton dengan Perbandingan Berat (PB) adalah $54,47 \text{ kg/cm}^2$ dan untuk Perbandingan Volume (PV) adalah $63,93 \text{ kg/cm}^2$.
6. Beton dengan Perbandingan Volume (PV) memiliki kekuatan tekan karakteristik yang relatif lebih tinggi dari pada beton dengan perbandingan berat (PRB), tapi beton dengan Perbandingan Berat (PB) memiliki mutu pelaksanaan yang lebih baik dari beton dengan Perbandingan Volume (PV).
7. Berat jenis beton dengan Perbandingan Berat (PB) sebesar $2,260 \text{ ton/m}^3$ dan untuk Perbandingan Volume (PV) sebesar $2,265 \text{ ton/m}^3$. Dari berat jenis kedua beton tersebut bisa digolongkan untuk pemakaian beton struktur.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada kapasitas volume takaran yang lebih besar untuk memperbaiki mutu pelaksanaan (standar deviasi) atau meminimalis tingkat kesalahan (*error*) setiap penakaran pada pembuatan beton dengan Perbandingan Volume (PV).
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk ukuran maksimum agregat yang berbeda untuk diketahui perbandingan mutu pelaksanaan terhadap variasi ukuran agregat dengan ketentuan kapasitas volume takaran yang sama pada pembuatan beton dengan Perbandingan Volume (PV).

3. Perlu diperhatikan dengan cermat mengenai proses pembuatan benda uji, mulai dari perancangan, proses persiapan alat dan bahan, proses pencetakan benda uji, dan perawatan sehingga dapat diperoleh beton dengan kualitas yang maksimal.
4. Pada saat pengecoran disarankan tidak di tempat yang panas, karena akan mempercepat pengerasan, sehingga berpengaruh pada nilai slump.

C. Keterbatasan

1. Kadar air agregat yang tidak dikendalikan sehingga berpengaruh pada konsistensi nilai slump karena pembuatan benda uji di hari dan cuaca yang berbeda.
2. Penakaran bahan saat pencampuran beton dengan perbandingan volume (PV) tidak dilakukan *cross-check* dengan pemeriksaan berat satuan sehingga berpengaruh pada konsistensi kepadatan volume setiap takar.
3. Volume penakar yang terbatas sekedar untuk mempermudah penelitian yaitu literan dengan kapasitas 1 liter yang juga berpengaruh pada konsistensi kepadatan volume setiap takar.

DAFTAR PUSTAKA

- Mulyono, Tri. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Nugraha, Paul & Antoni. (2007). *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi.
- PBI NI-2 (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departmen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- PERMEN No.3/PRT/M/2011. *Pedoman Tata Cara Pelaksanaan Penggunaan Semen Tanah Sebagai Komponen Utama Bangunan Sabo*. Kementrian Pekerjaan Umum.
- PU-NET (2012). *Kementerian PU Bangun 38 Sabo Dam*.
<http://sda.pu.go.id/index.php/berita-sda/pu-net/item/98-2012-kementerian-pu-bangun-38-sabo-dam>. diakses pada 4 Februari 2013, Jam 23.30 WIB.
- Samekto, Wuryati & Rahmadiyanto, Candra. (2011). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius.
- SNI-03-1972-1990. *Metode Pengujian Slump Beton*. Pustran, Balitbang, Departmen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Pustran, Balitbang, Departmen Pekerjaan Umum.
- SNI-03-2834-1993. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Pustran, Balitbang, Departmen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Panitia Teknik Standarisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan, BSN.

SNI-03-2417-2008. *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Badan Standarisasi Nasional.

Tjokrodimuljo, Kardiyono. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
Bahan : Agregat kasar

Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

No.	Berat kerikil kering oven (A gram)	Berat kerikil kering oven setelah dicuci (B gram)	Kadar lumpur agregat (%) $KL = \frac{A-B}{B} \times 100$
1.	200,94	198,73	1,112
2.	200,77	199,17	0,803
3.	200,43	198,91	0,764
Kadar lumpur rerata			0,893

Yogyakarta, 2012

Mengetahui

Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.

NIP: 19610214 199103 1 001

Yudi Risdiyanto, dkk



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
Bahan : Agregat kasar

Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar SSD

No	W (gram)	V1 (ml)	V2 (ml)	ΔV (ml)	Berat jenis $\left(\frac{W}{\Delta V}\right)$
1	150	200	260	60	2,500
2	150	200	262	62	2,419
3	150	200	262	62	2,419
Berat jenis rerata					2,446

Keterangan :

W : Berat agregat kasar contoh

V1 : Volume air awal

V2 : Volume air + agregat kasar

ΔV : Selisih volume (**V2-V1**)

Yogyakarta, 2012

Mengetahui

Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.

Yudi Risdiyanto, dkk

NIP: 19610214 199103 1 001



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
Bahan : Agregat kasar

Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

No.	Berat kerikil awal (A gram)	Berat kerikil kering oven (B gram)	Kadar air (%) $KA = \frac{A-B}{B} \times 100$
1	150	144,75	3,627
2	150	143,38	4,617
3	150	144,81	3,584
Kadar air rerata			3,943

Yogyakarta, 2012

Mengetahui

Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.

Yudi Risdiyanto, dkk

NIP: 19610214 199103 1 001



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
 Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
 Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
 Bahan : Agregat kasar

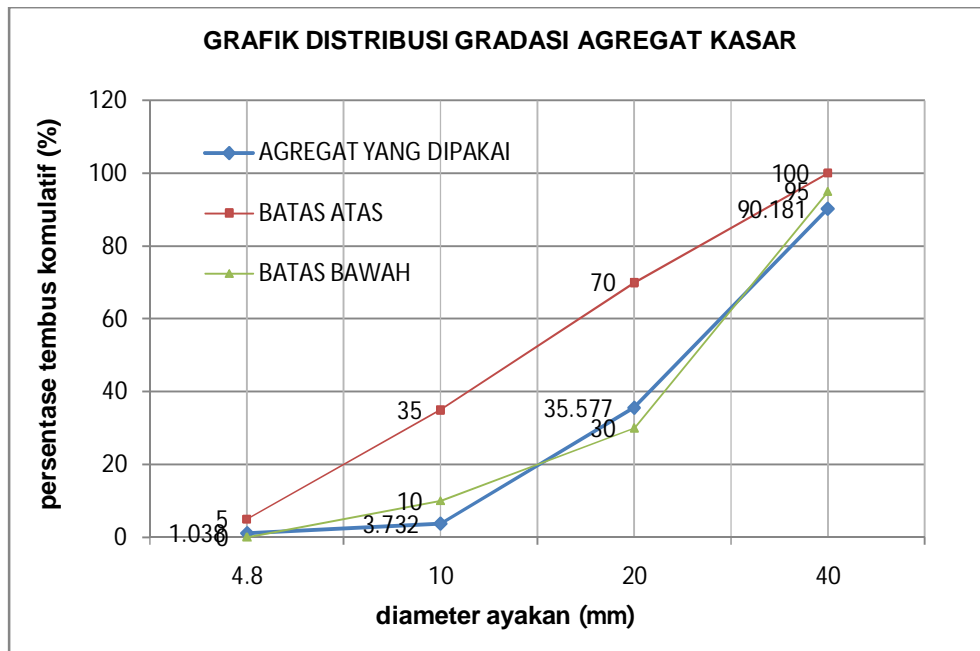
Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

Diameter Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Persen Tertinggal (%)	Persentase Tertinggal Kumulatif	Persentase Tembus Kumulatif
25	196.15	9.819	9.819	90.181
19.1	1090.85	54.604	64.423	35.577
9.52	636.18	31.845	96.268	3.732
4.76	53.81	2.694	98.962	1.038
2.4	19.51	0.977	99.938	0.062
1.2	1.23	0.0616	100	0
0.6	0	0	100	0
0.3	0	0	100	0
0.15	0	0	100	0
< 0,15	0	0		
Jumlah	1997.73	100	769.410	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{769,410}{100} = \mathbf{7,694}$$

Syarat Batas Gradasi Agregat Kasar

Diameter Ayakan (mm)	Persentase Tembus Kumulatif (%)	Persentase Tembus Kumulatif (%) Ukuran Maksimum 40 mm	
		Batas Bawah	Batas Atas
40	90.181	95	100
20	35.577	30	70
10	3.732	10	35
4.8	1.038	0	5



Yogyakarta,

2012

Mengetahui

Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.

Yudi Risdiyanto, dkk

NIP: 19610214 199103 1 001



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
 PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
 Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
 Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
 Bahan : Agregat kasar

Pemeriksaan Bobot Isi Agregat Kasar

No.	Berat bejana A (kg)	Berat bejana+split B (kg)	Berat bejana+air C (kg)	Bobot isi $\frac{B-A}{C-A}$
1.	10,88	28,81	25,58	1,220
2.	10,88	29,80	25,58	1,287
Rerata				1,253

Yogyakarta, 2012

Mengetahui
 Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.
 NIP: 19610214 199103 1 001

Yudi Risdiyanto, dkk



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
 PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
 Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
 Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
 Bahan : Agregat kasar

Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar (*Los Angeles Test*)

Berat awal agregat A (gram)	Berat tertinggal ayakan 1.7 mm B (gram)	Prosentase lolos ayakan Keausan = $\frac{A-B}{A} \times 100 \%$
5000	3224	35,52

Yogyakarta, 2012

Mengetahui

Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.

NIP: 19610214 199103 1 001

Yudi Risdiyanto, dkk



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
 PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
 Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
 Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
 Bahan : Agregat halus

Pemeriksaan Berat Jenis Agregat halus SSD

No	W (gram)	V1 (ml)	V2 (ml)	ΔV (ml)	Berat jenis $\left(\frac{W}{\Delta V}\right)$
1	100	200	240	40	2,500
2	100	200	239	39	2,564
3	100	200	239	39	2,564
Berat jenis rerata					2,543

Keterangan :

W : Berat agregat halus contoh

V1 : Volume air awal

V2 : Volume air + agregat halus

ΔV : Selisih volume (**V2-V1**)

Yogyakarta, 2012

Mengetahui

Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.

Yudi Risdiyanto, dkk

NIP: 19610214 199103 1 001



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
 PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
 Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
 Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
 Bahan : Agregat halus

Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat halus

No.	Berat pasir kering oven (A gram)	Berat pasir kering oven setelah dicuci (B gram)	Kadar lumpur agregat (%) $KL = \frac{A-B}{B} \times 100$
1.	97,15	93,93	3,428
2.	94,43	92,52	2,064
3.	98,72	94,51	4,455
Kadar lumpur rerata			3,316

Yogyakarta, 2012

Mengetahui

Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.

NIP: 19610214 199103 1 001

Yudi Risdiyanto, dkk



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
Bahan : Agregat halus

Pemeriksaan Gradasi Agregat halus

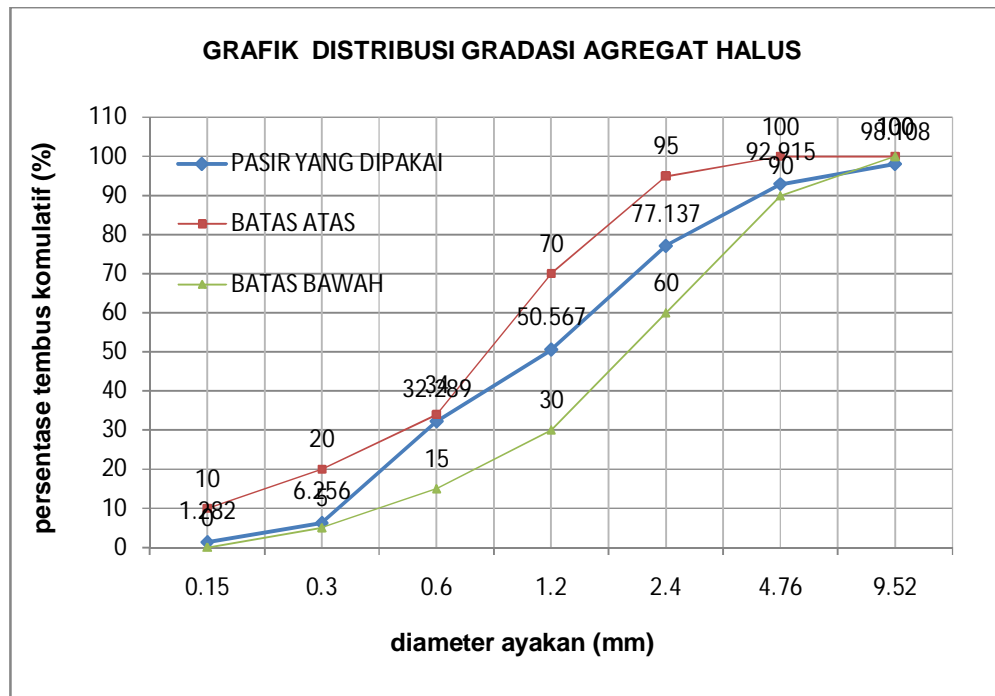
Diameter Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Persen Tertinggal (%)	Persentase Tertinggal Kumulatif	Persentase Tembus Kumulatif
9.52	9.52	1.892	1.892	98.108
4.76	26.13	5.193	7.085	92.915
2.4	79.4	15.779	22.863	77.137
1.2	133.7	26.569	49.433	50.567
0.6	91.98	18.279	67.711	32.289
0.3	131	26.033	93.744	6.256
0.15	25.03	4.974	98.718	1.282
< 0.15	6.45	1.282		
Jumlah	503.21	100	341.446	

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{341,446}{100} = \mathbf{3,414}$$

Syarat Batas Gradasi Agregat halus

Diameter Ayakan (mm)	Persentase Tembus Kumulatif (%)								Pasir contoh
	Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4		
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	
9.52	100	100	100	100	100	100	100	100	98.108
4.76	90	100	90	100	90	100	95	100	92.915
2.4	60	95	75	100	85	100	95	100	77.137
1.2	30	70	55	100	75	100	90	100	50.567
0.6	15	34	35	59	60	79	80	100	32.289
0.3	5	20	8	30	12	40	15	50	6.256
0.15	0	10	0	10	0	10	0	15	1.282

Zona gradasi = **Masuk zona 1**



Yogyakarta,

2012

Mengetahui

Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.

Yudi Risdiyanto, dkk

NIP: 19610214 199103 1 001



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
Bahan : Agregat halus

Pemeriksaan Bobot isi Agregat halus

No.	Berat bejana A (kg)	Berat bejana+pasir B (kg)	Berat bejana+air C (kg)	Bobot isi $\frac{B-A}{C-A}$
1.	10,67	31,48	25,66	1,388
2.	10,67	34,78	25,66	1,608
Rerata				1,498

Yogyakarta, 2012

Mengetahui

Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.

NIP: 19610214 199103 1 001

Yudi Risdiyanto, dkk



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
 PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
 Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
 Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
 Bahan : Agregat halus

Pemeriksaan Kadar Air Agregat halus

No.	Berat pasir awal (A gram)	Berat pasir kering oven (B gram)	Kadar air (%) $KA = \frac{A-B}{B} \times 100$
1	100	97,15	2,934
2	100	94,43	5,899
3	100	98,72	1,297
Kadar air rerata			3,376

Yogyakarta, 2012

Mengetahui
 Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.
 NIP: 19610214 199103 1 001

Yudi Risdiyanto, dkk



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
Bahan : Agregat halus

Pemeriksaan kadar zat organik agregat halus

Zat organik pada agregat halus diperiksa dengan larutan 3% NaOH. Hasil pemeriksaan menunjukkan warna cairan di atas endapan agregat halus tidak lebih gelap dari warna standar pembanding.

Yogyakarta, 2012

Mengetahui

Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.

NIP: 19610214 199103 1 001

Yudi Risdiyanto, dkk



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
 Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
 Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
 Bahan : Agregat halus

REKAPITULASI TEST KUAT TEKAN BETON DENGAN PERBANDINGAN VOLUME

TANGGAL PENGECORAN	KODE BETON	TANGGAL TEST	UMUR BETON	DIMENSI SILINDER BETON									BERAT (Kg)	BEBAN	
				DIAMETER ATAS (CM)			DIAMETER BAWAH (CM)			TINGGI (CM)				TON	MPa
15 JUNI 2012	PRV.1.A	13 JULI 2012	28 HARI	15.14	15.21	15.21	15.07	15.10	15.03	30.00	29.99	29.96	12.130	72	40.08
15 JUNI 2012	PRV.1.B	13 JULI 2012	28 HARI	15.05	15.18	15.13	15.08	15.07	15.05	30.18	29.99	29.91	12.132	54	30.20
15 JUNI 2012	PRV.1.C	13 JULI 2012	28 HARI	15.15	15.03	15.11	15.19	15.09	15.10	30.12	30.14	30.08	12.223	85	47.42
15 JUNI 2012	PRV.1.D	13 JULI 2012	28 HARI	15.15	15.15	15.24	14.99	15.07	15.03	30.24	30.23	30.26	12.092	69	38.52
15 JUNI 2012	PRV.1.E	13 JULI 2012	28 HARI	15.08	15.01	15.06	15.03	15.02	15.06	30.27	30.28	30.28	11.880	50	28.15
15 JUNI 2012	PRV.2.A	13 JULI 2012	28 HARI	15.07	15.06	14.99	15.07	15.09	14.98	30.21	30.36	30.20	12.139	63	35.46
15 JUNI 2012	PRV.2.B	13 JULI 2012	28 HARI	15.00	15.03	15.00	15.08	15.06	15.07	30.16	30.13	30.08	11.961	72	40.55
15 JUNI 2012	PRV.2.C	13 JULI 2012	28 HARI	15.09	14.94	15.01	15.08	15.10	15.08	29.88	30.09	30.01	11.920	60	33.79
15 JUNI 2012	PRV.2.D	13 JULI 2012	28 HARI	15.03	15.00	15.01	15.11	15.01	15.18	30.28	30.30	30.29	12.140	65	36.52
15 JUNI 2012	PRV.2.E	13 JULI 2012	28 HARI	15.08	15.05	15.13	15.04	15.11	15.09	30.27	30.31	30.28	12.201	58	32.48
21 JUNI 2012	PRV.3.A	28 JUNI 2012	7 HARI	14.99	15.01	14.99	15.08	15.01	15.01	30.24	30.31	30.30	12.401	51	28.82
21 JUNI 2012	PRV.3.B	28 JUNI 2012	7 HARI	15.01	15.02	14.99	15.07	15.03	15.06	30.17	30.15	30.16	12.342	59	33.27
21 JUNI 2012	PRV.3.C	19 JULI 2012	28 HARI	15.06	15.04	15.06	15.02	15.10	15.05	30.42	30.40	30.35	12.433	69	38.78
21 JUNI 2012	PRV.3.D	19 JULI 2012	28 HARI	15.06	15.03	15.05	15.15	15.22	15.05	30.14	30.19	30.21	12.242	67	37.47
21 JUNI 2012	PRV.3.E	19 JULI 2012	28 HARI	14.98	14.92	14.92	15.09	15.06	15.02	30.32	30.34	30.30	12.233	68	38.51
4 JULI 2012	PRV.4.A	1 AGST 2012	28 HARI	15.04	15.06	14.97	15.02	15.00	15.03	30.33	29.99	30.05	12.207	69	38.96
4 JULI 2012	PRV.4.B	1 AGST 2012	28 HARI	15.01	15.02	15.00	15.04	15.15	15.11	30.16	30.17	30.30	12.292	71	39.90
4 JULI 2012	PRV.4.C	1 AGST 2012	28 HARI	14.96	15.12	15.08	15.01	15.08	15.11	30.46	30.57	30.48	12.245	87	48.87
4 JULI 2012	PRV.4.D	1 AGST 2012	28 HARI	15.02	15.06	15.01	15.08	15.00	15.09	30.46	30.48	30.57	12.230	83	46.72
4 JULI 2012	PRV.4.E	1 AGST 2012	28 HARI	14.83	14.79	14.95	15.19	14.81	14.99	30.29	30.24	30.25	12.051	73	41.74
4 JULI 2012	PRV.5.A	1 AGST 2012	28 HARI	14.58	15.00	15.00	15.01	15.03	15.00	30.10	30.09	30.08	11.995	73	41.68
4 JULI 2012	PRV.5.B	1 AGST 2012	28 HARI	15.08	14.83	15.02	15.10	15.07	14.98	30.01	30.06	30.24	12.019	73	41.26
4 JULI 2012	PRV.5.C	1 AGST 2012	28 HARI	15.09	15.01	15.05	14.58	15.01	15.03	29.96	29.96	30.01	12.046	59	33.58
4 JULI 2012	PRV.5.D	1 AGST 2012	28 HARI	14.98	15.04	15.01	15.11	15.05	15.03	30.29	30.28	30.44	12.126	60	33.80
4 JULI 2012	PRV.5.E	1 AGST 2012	28 HARI	15.07	15.09	15.11	15.04	15.05	15.07	29.76	29.61	29.79	12.010	58	32.53

Yogyakarta,

2012

Mengetahui

Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.

Yudi Risdiyanto, dkk

NIP: 19610214 199103 1 001



LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
 Alamat : Kampus Karang Malang, Yogyakarta 55281
 Telp. (0274) 586168 psw. 276,289,292 Fax. (0274) 586734



Certificate No. QSC 00592

Proyek : Proyek akhir
 Bahan : Agregat halus

REKAPITULASI TEST KUAT TEKAN BETON DENGAN PERBANDINGAN BERAT

TANGGAL PENGECORAN	KODE BETON	TANGGAL TEST	UMUR BETON	DIMENSI SILINDER BETON									BERAT (Kg)	BEBAN	
				DIAMETER ATAS (CM)			DIAMETER BAWAH (CM)			TINGGI (CM)				TON	MPa
6 AGST 2012	PRB.1.A	13 AGST 2012	7 HARI	15.13	15.19	15.11	15.12	15.12	15.06	30.35	30.38	30.24	12.248	55.5	30.92
6 AGST 2012	PRB.1.B	13 AGST 2012	7 HARI	15.01	15.10	15.06	15.03	15.24	15.25	30.31	30.30	30.31	12.183	55	30.67
6 AGST 2012	PRB.1.C	13 AGST 2012	7 HARI	15.02	15.01	14.97	15.05	15.01	14.99	30.42	30.45	30.34	12.122	48	27.15
6 AGST 2012	PRB.1.D	3 SEPM 2012	28 HARI	15.10	15.15	15.08	15.15	15.09	15.10	30.17	30.26	30.29	12.178	65	36.26
6 AGST 2012	PRB.1.E	3 SEPM 2012	28 HARI	15.01	15.10	15.08	15.04	15.14	15.09	30.22	30.23	30.21	12.290	71	39.79
5 SEPM 2012	PRB.2.A	3 OKTB 2012	28 HARI	15.09	15.01	15.07	15.09	15.09	15.07	30.29	30.11	30.09	12.117	58	32.53
5 SEPM 2012	PRB.2.B	3 OKTB 2012	28 HARI	15.08	14.94	15.00	14.91	14.98	15.12	30.31	30.38	30.34	11.940	56	31.68
5 SEPM 2012	PRB.2.C	3 OKTB 2012	28 HARI	15.19	14.95	15.11	15.19	15.05	15.03	30.13	30.15	30.21	12.120	59	33.02
5 SEPM 2012	PRB.2.D	3 OKTB 2012	28 HARI	15.05	15.11	15.29	15.18	15.11	15.20	30.35	30.33	30.30	12.235	65	36.04
5 SEPM 2012	PRB.2.E	3 OKTB 2012	28 HARI	15.01	14.96	14.97	15.07	15.01	15.03	30.00	30.10	30.17	11.965	62	35.06
5 SEPM 2012	PRB.3.A	3 OKTB 2012	28 HARI	14.84	15.15	15.07	15.28	15.01	15.22	30.32	30.34	30.32	12.323	67	37.46
5 SEPM 2012	PRB.3.B	3 OKTB 2012	28 HARI	15.08	15.02	15.09	15.03	15.20	15.03	30.34	30.33	30.30	12.060	72	40.36
5 SEPM 2012	PRB.3.C	3 OKTB 2012	28 HARI	14.95	14.98	15.05	15.19	15.13	15.20	30.18	30.28	30.00	11.999	65	36.40
5 SEPM 2012	PRB.3.D	3 OKTB 2012	28 HARI	15.00	15.00	15.00	15.07	15.07	15.11	30.34	30.14	30.22	12.110	45	25.34
5 SEPM 2012	PRB.3.E	3 OKTB 2012	28 HARI	15.00	14.92	15.11	15.09	15.05	15.05	30.34	30.27	30.36	12.165	62	34.93
13 SEP M 2012	PRB.4.A	11 OKTB 2012	28 HARI	14.98	14.87	15.05	15.20	15.05	15.00	30.22	30.34	30.31	12.234	58	32.73
13 SEP M 2012	PRB.4.B	11 OKTB 2012	28 HARI	14.94	15.02	14.91	15.07	15.08	15.10	30.34	30.44	30.44	12.340	62	35.01
13 SEP M 2012	PRB.4.C	11 OKTB 2012	28 HARI	15.10	15.13	15.16	15.12	15.12	15.14	30.42	30.36	30.33	12.402	53	29.50
13 SEP M 2012	PRB.4.D	11 OKTB 2012	28 HARI	15.02	15.00	15.04	15.04	15.00	15.00	30.50	30.37	30.36	12.412	55	31.07
13 SEP M 2012	PRB.4.E	11 OKTB 2012	28 HARI	15.12	15.04	15.06	15.12	15.15	15.13	30.11	30.25	30.24	12.325	85	47.47
13 SEP M 2012	PRB.5.A	11 OKTB 2012	28 HARI	14.99	15.09	14.96	15.08	15.09	15.06	30.03	30.12	30.07	12.194	65	36.58
13 SEP M 2012	PRB.5.B	11 OKTB 2012	28 HARI	15.03	15.09	15.16	15.10	15.15	15.29	29.83	30.03	29.80	12.210	66	36.42
13 SEP M 2012	PRB.5.C	11 OKTB 2012	28 HARI	15.15	15.11	15.14	15.10	15.08	15.10	29.80	29.77	29.81	12.165	65	36.25
						</									

Yogyakarta, 2012

Mengetahui

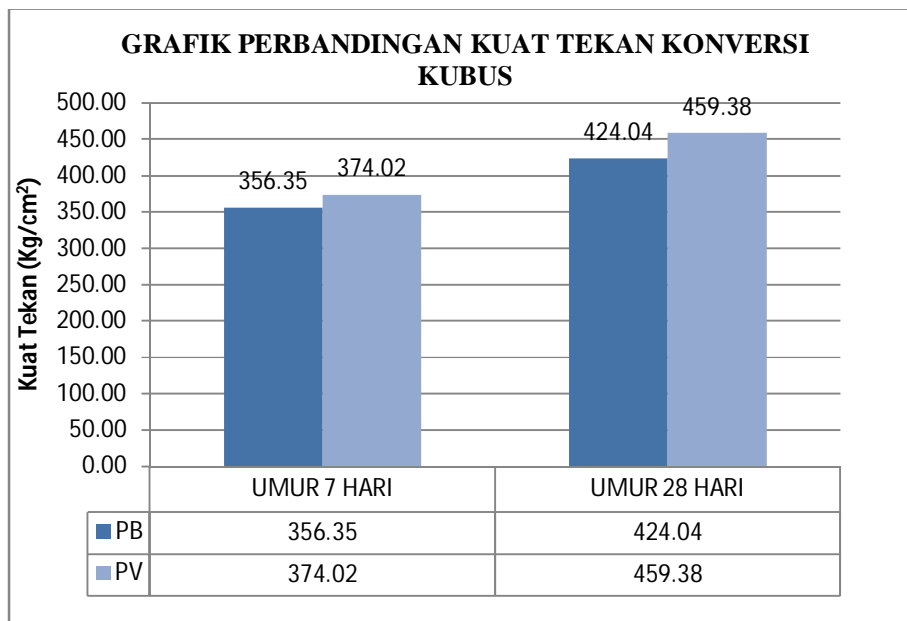
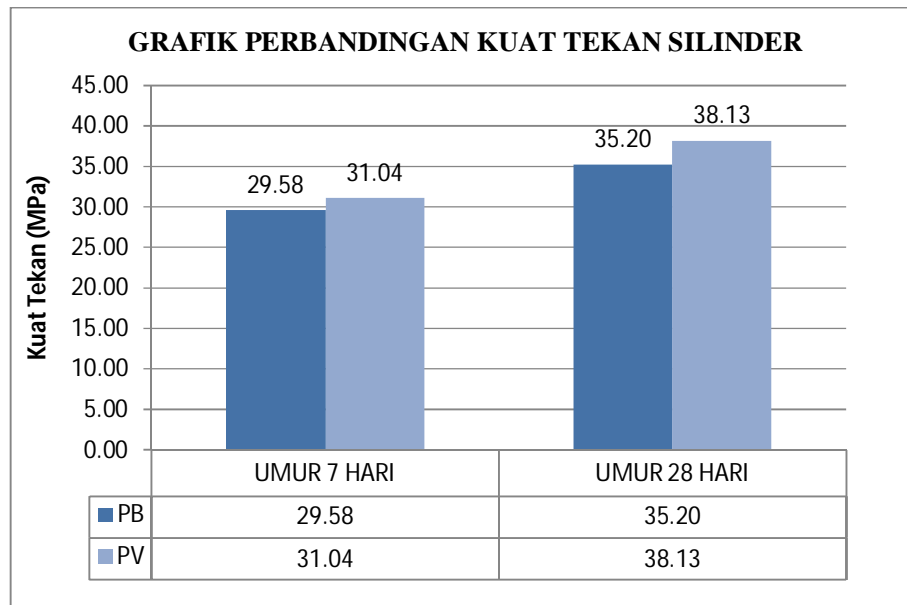
Teknisi Lab. Bahan Bangunan

Penguji

Sudarman, S.Pd.

Yudi Risdiyanto, dkk

NIP: 19610214 199103 1 001



**Perhitungan Kekuatan Tekan Beton Karakteristik
Beton Perbandingan Volume (PV)**

No	Kuat Tekan		$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')$	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$
	Silinder (f_c')	Kubus (σ_b')		
1	40.08	482.95	23.56	555.23
2	30.20	363.81	-95.57	9133.91
3	47.42	571.28	111.89	12520.32
4	38.52	464.15	4.77	22.75
5	28.15	339.10	-120.28	14466.66
6	35.46	427.27	-32.11	1031.06
7	40.55	488.53	29.15	849.44
8	33.79	407.11	-52.28	2732.79
9	36.52	440.06	-19.33	373.51
10	32.48	391.28	-68.10	4638.19
11	38.78	467.24	7.86	61.74
12	37.47	451.39	-7.99	63.80
13	38.51	463.95	4.57	20.90
14	38.96	469.42	10.04	100.75
15	39.90	480.78	21.40	457.99
16	48.87	588.74	129.35	16732.70
17	46.72	562.91	103.53	10718.84
18	41.74	502.86	43.48	1890.54
19	41.68	502.19	42.81	1832.46
20	41.26	497.07	37.69	1420.64
21	33.58	404.52	-54.86	3009.44
22	33.80	407.29	-52.10	2713.95
23	32.53	391.88	-67.50	4556.01
Σ	876.96	10565.79	0.00	89903.61
f_{cr}' / σ_{bm}'	38.13	459.38		

**Perhitungan Kekuatan Tekan Beton Karakteristik
Beton Perbandingan Berat (PB)**

No	Kuat Tekan		$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')$	$(\sigma_b' - \sigma_{bm}')^2$
	Silinder (f_c')	Kubus (σ_b')		
1	36.26	436.86	12.82	164.34
2	39.79	479.40	55.36	3065.05
3	32.53	391.97	-32.07	1028.38
4	31.68	381.74	-42.30	1789.18
5	33.02	397.85	-26.19	685.96
6	36.04	434.27	10.23	104.64
7	35.06	422.45	-1.59	2.51
8	37.46	451.30	27.26	742.89
9	40.36	486.26	62.22	3871.64
10	36.40	438.50	14.46	209.15
11	25.34	305.26	-118.78	14108.02
12	34.93	420.86	-3.18	10.09
13	32.73	394.32	-29.72	883.10
14	35.01	421.80	-2.24	5.03
15	29.50	355.42	-68.62	4708.14
16	31.07	374.34	-49.70	2469.88
17	47.47	571.91	147.87	21864.93
18	36.58	440.74	16.70	278.87
19	36.42	438.77	14.73	216.88
20	36.25	436.76	12.72	161.87
Σ	703.91	8480.78	0.00	56370.55
f_{cr}' / σ_{bm}'	35.20	424.04		

FORMULIR PERANCANGAN CAMPURAN ADUKAN BETON

Berat jenis pasir	2.543
Berat jenis kerikil	2.446

Ketentuan	Nilai	
Kuat tekan karakteristik (f_c')	20	MPa
Standar deviasi (s)	5.7	MPa
Nilai tambah (m)	7.64	MPa
Kuat tekan rata-rata yang ingin dicapai (f_{cr}')	27.64	MPa
Jenis semen	Tipe I	
Jenis agregat halus	Almi	
Jenis agregat kasar	Pecahan	
Faktor air Semen (fas)	0.53	
Nilai slump	75-152	mm
Ukuran maksimum agregat	40	mm
Perkiraan kebutuhan air	218.40	ltr/m ³
Perkiraan kebutuhan semen	412.08	kg/m ³
Zone pasir	zone I	
Persentase agregat halus	43	%
Berat jenis agregat campuran	2.49	kg/m ³
Perkiraan berat beton	2254	kg/m ³
Perkiraan kebutuhan agregat gabungan	1623.52	kg/m ³
Perkiraan kebutuhan agregat halus	698.12	kg/m ³
Perkiraan kebutuhan agregat kasar	925.41	kg/m ³

TABEL KEBUTUHAN BAHAN

Jumlah Adukan	Air (liter)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil Pecahan (kg)
1m ³	218.40	412.08	698.12	925.41
5 silinder	6.94	13.10	22.19	29.42

Analisis kebutuhan pasir, kerikil, semen dan air untuk 5 silinder beton dengan diameter 150 mm dan panjang 300 mm:

$$\begin{aligned}\text{Volume 5 silinder} &= 5 \left(\frac{1}{4} \times 3.14 \times 0.15^2 \times 0.30 \right) \\ &= 0.02649375 \quad \text{m}^3\end{aligned}$$

Untuk pelaksanaan proporsional volumenya ditambah 20%

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{volume 5 silinder} + 20\% \text{ volume 5 silinder} \\ &= 0.02649375 + (20\% \times 0.02649375) \\ &= 0.0317925 \quad \text{m}^3\end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan untuk 5 silinder adalah

$$\begin{aligned}\text{Pasir} &= 0.0317925 \times 698.12 \\ &= 22.19 \quad \text{kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kerikil} &= 0.0317925 \times 925.41 \\ &= 29.42 \quad \text{kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Semen} &= 0.0317925 \times 412.08 \\ &= 13.10 \quad \text{kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Air} &= 0.0317925 \times 218.40 \\ &= 6.94 \quad \text{ltr}\end{aligned}$$