TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN FILLER MARMER TERHADAP KUAT DESAK DAN KUAT TARIK BETON

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Disusun Oleh :

NAMA : **ERWIN YOSEFTO**
No. Mhs : 94 310 300
NIRM : 940051013114120292

NAMA : **PUTUT ALAMANDA DEVA**
No. Mhs : 95 310 298
NIRM : 950051013114120295

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERECANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2002

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN FILLER MARMER TERHADAP KUAT DESAK DAN KUAT TARIK BETON

Nama : **ERWIN YOSEFTO**
No. Mhs : 94 310 300
NIRM : 94005101311412029 2

Nama : **PUTUT ALAMANDA DEVA**
No. Mhs : 95 310 298
NIRM : 95005101311412029 5

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. Ilman Noor, MSCE
Dosen Pembimbing I

Tanggal :

Ir. H. A. Kadir Aboe, MS
Dosen Pembimbing II

Tanggal : 06-05-2002

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

"Bacalah Muhammad, dengan nama Tuhanmu yang menjadikan. Menjadikan manusia dari segumpal darah. Bacalah Tuhanmu yang maha mulia, yang mengajarkan manusia menggunakan pena, yang mengajar manusia segala yang tidak diketahuai."

(QS Al 'Alaq : 1 – 5)

"...Allah pasti akan mengangkat orang yang beriman dan berpengetahuan diantaramu beberapa tingkat lebih tinggi. Allah tahu benar segala yang kamu lakukan."

(QS Al Mujadilah : 11)

" Allah tujuan kami, Muhammad tauladan kami,Al Quran panutan kami, Jihad jalan kami, dan Syahid cita kami tertinggi. "

Tanda bakti kepada
Ibu dan bapak
Tanda cinta untuk
Adik dan kakak

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang merupakan syarat dalam memperoleh jenjang kesarjanaan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Karya tulis ilmiah yang disusun berupa uji laboratorium dengan judul **PENGARUH PENGGUNAAN FILLER MARMER TERHADAP KUAT DESAK DAN KUAT TARIK BETON**, dengan maksud menambah pengetahuan di bidang ketekniksipilan dan mempelajari secara langsung hasil yang diperoleh dari penelitian beserta permasalahannya dengan teori-teori yang didapat di bangku kuliah, sehingga dapat berguna di kemudian hari.

Selama melaksanakan Tugas Akhir ini, tidak lepas dari dukungan serta sumbangan dan saran dari berbagai pihak yang selalu memberikan motivasi dalam menghadapi hambatan yang terjadi. Untuk itu dengan segala hormat dan keikhlasan hati, penyusun haturkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE., PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Munadhir, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3. Bapak Ir. H. Ilman Noor, MSCE., selaku Dosen Pembimbing I, dan Kepala Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil FTSP UII.
4. Bapak Ir. H. A. Kadir Aboe, MS., selaku Dosen Pembimbing II
5. Bapak Ir. Suharyatmo, MT., sebagai Dosen Penguji.
6. Bapak Darussalam dan bapak Warno selaku asisten Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.
7. Bapak dan ibu tercinta atas doa restunya.
8. Teman-teman atas segala bantuan dan partisipasinya.
9. Semua pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dan turut berperan selama penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga atas segala bantuannya, mendapat ridho dari Allah SWT dan dicatat sebagai amal kebajikan.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh sebab itu penyusun mengharapkan bentuan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun dalam pengembangan di masa datang. Penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan pembaca umumnya. Semoga Allah SWT memberkati kita semua. Amin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Januari 2002

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR GAMBAR x

DAFTAR LAMPIRAN xi

DAFTAR NOTASI xii

ABSTRAKSI xiii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 2

1.4 Manfaat Penelitian 3

1.5 Batasan Masalah 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1 Konsep Beton Struktural 5

2.2 Marmer sebagai Pozzolan (Bahan Tambah) 6

2.3 Marmer sebagai Filler (Bahan Pengisi) 6

BAB III LANDASAN TEORI 8

3.1 Umum 8

3.2 Material Penyusun Beton 9

3.2.1 Semen Portland 9

3.2.2 Agregat 11

3.2.3 Air 12

3.3 Bahan Tambah Pozzolan 13

3.4 Tinjauan Limbah Marmer Tulungagung sebagai Pozzolan 14

3.5 Tinjauan Limbah Marmer Tulungagung sebagai Filler 14

3.6 Perencanaan Campuran Beton 18

BAB IV METODE PENELITIAN 23

4.1 Pendahuluan 23

4.2 Material untuk Campuran Beton 23

4.3 Tahap Penelitian 24

4.3.1 Tahap Persiapan 25

4.3.2 Tahap Uji Bahan Dasar 27

4.3.3 Tahap pembuatan Benda Uji 28

4.3.4 Tahap Perawatan Beton 34

4.3.5 Tahap Uji Kuat Desak dan Kuat Tarik Beton 34

4.3.7 Tahap Analisis Data 36

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 38

5.1 Hasil Penelitian 38

5.2 Pembahasan 42

5.2.1 Kuat Desak Beton 42

5.2.2 Kuat Tarik Beton 43

5.2.3 Hubungan Kuat Desak dan Kuat Tarik Beton 44

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 46

6.1 Kesimpulan 46

6.2 Saran 47

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai Deviasi Standar 18

Tabel 3.2 Hubungan factor air semen dengan kuat desak beton silinder 19

Tabel 3.3 Faktor air semen maksimum 19

Tabel 3.4 Nilai Slump 20

Tabel 3.5 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump 20

Tabel 3.6 Perkiraan agregat kasar per meter kubik beton 21

Tabel 5.1 Kuat desak dan kuat tarik rata-rata (f'cr) silinder beton filler marmer 38

Tabel 5.2 Kuat desak karakteristik (f'c) silinder beton filler marmer 38

Tabel 5.3 Porositas pada beton variasi filler marmer berdasarkan berat 43

Tabel 5.4 Porositas pada beton variasi filler marmer berdasarkan rumus 43

Tabel 5.5 Hubungan kuat desak dan kuat tarik beton 44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Skema Komposisi Beton 15

Gambar 3.2 Skema Hidrasi Semen 16

Gambar 3.3 Grafik hubungan kuat desak beton dan porositas 17

Gambar 5.1 Grafik hubungan antara variasi filler marmer dengan kuat desak beton rata-rata (f'cr) 39

Gambar 5.2 Grafik hubungan antara variasi filler marmer dengan persentase kuat desak beton rata-rata (f'cr) 39

Gambar 5.3 Grafik hubungan antara variasi filler marmer dengan kuat tarik beton rata-rata (f'cr) 40

Gambar 5.4 Grafik hubungan antara variasi filler marmer dengan persentase kuat tarik beton rata-rata (f'cr) 40

Gambar 5.5 Grafik hubungan antara variasi filler marmer dengan kuat desak beton karakteristik (f'c) 41

Gambar 5.6 Grafik hubungan antara variasi filler marmer dengan persentase kuat desak beton karakteristik (f'c) 41

Gambar 5.7 Grafik hubungan antara porositas dengan kuat desak beton 44

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Nama Lampiran	Hal
1.	Hasil Uji Kimiawi Limbah Marmer Tulungagung	lamp 1
2.	Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	lamp 2
3.	Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	lamp 3
4.	Data Pemeriksaan Berat Volume Agregat Kasar	lamp 4
5.	Data Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus	lamp 5
6.	Data Pemeriksaan Modulus Halus Butir Pasir	lamp 6
7.	Hasil Uji Kuat Desak Silinder Beton tanpa Filler Marmer	lamp 7
8.	Hasil Uji Kuat Desak Silinder Beton Filler Marmer Variasi 0.5%	lamp 8
9.	Hasil Uji Kuat Desak Silinder Beton Filler Marmer Variasi 1.0%	lamp 9
10.	Hasil Uji Kuat Desak Silinder Beton Filler Marmer Variasi 1.5%	lamp 10
11.	Hasil Uji Kuat Desak Silinder Beton Filler Marmer Variasi 2.0%	lamp 11
12.	Hasil Uji Kuat Tarik Silinder Beton Filler Marmer	lamp 12

DAFTAR NOTASI

f'c = kuat desak beton karakteristik

f'cr = kuat desak beton rata-rata benda uji

f'ci = kuat desak beton dari masing-masing benda uji

n = banyaknya benda uji

k = tetapan statistic

sd = standar deviasi

f'ct = kuat tarik beton serat

P = beban maksimum

l = panjang silinder

d = diameter silinder

A = luas bidang tekan benda uji

Vconc = volume beton

Va = volume udara

Vw = volume air

Vc = volume semen

Vag = volume agregat

Vg = volume gel

Vp = volume semen yang terhidrasi

fi = kuat desak standar

p = porositas

pcr = porositas maksimum

m = nilai margin

ABSTRAKSI

Pemanfaatan limbah marmer Tulungagung (debu hasil penggergajian marmer) selama ini sudah cukup baik. Hal ini terbukti dengan dimanfaatkannya limbah marmer Tulungagung sebagai campuran adukan pasangan bata, tetapi belum diteliti mengenai seberapa besar nilai optimumnya. Dari hasil uji laboratorium mengenai kandungan limbah marmer Tulungagung, ternyata terdapat silica sebesar 0,0856276%. Sehingga limbah marmer Tulungagung memenuhi persyaratan untuk dijadikan sebagai bahan tambah (pozzolan).

Limbah marmer Tulungagung yang telah lolos saringan # 200 dijadikan sebagai bahan pengisi (filler), yang dicampurkan dalam adukan beton. Penelitian ini lebih menekankan pada kuat desak dan kuat tarik beton dan seberapa besar persentase kekuatan antara beton yang menggunakan limbah marmer dengan beton tanpa limbah marmer. Penelitian ini menggunakan 5 buah variasi, yaitu beton tanpa limbah marmer, variasi limbah marmer 0.5%, variasi limbah marmer 1.0%, variasi limbah marmer 1.5% dan variasi limbah marmer 2.0% dari berat beton basah, yang masing-masing variasi menggunakan benda uji sebanyak 23 buah (20 buah untuk uji desak dan 3 buah untuk uji belah).

Dari hasil penelitian terjadi peningkatan kekuatan desak beton baik variasi limbah marmer 0.5%, 1.0%, 1.5% dan 2.0% dibandingkan dengan beton tanpa limbah marmer. Kuat desak (f'c) paling optimal diperoleh pada variasi limbah marmer1.5%, yaitu sebesar 42.548 MPa. Sedangkan beton tanpa limbah marmer kuat desaknya sebesar 37.780 MPa. Dari data tersebut terjadi peningkatan persentase kekuatan desak beton sebesar 12.62%.

Untuk uji belah beton mengalami peningkatan kuat tarik (f'ct) optimal pada variasi 0.5%, yaitu sebesar 4.342 MPa, dibandingkan dengan beton tanpa limbah marmer, yaitu sebesar 3.565 MPa. Dari data tersebut terjadi peningkatan persentase kekuatan tarik beton sebesar 21.79%.

Kata kunci : "pozzolan", "filler", marmer Tulungagung, kuat desak beton (f'c), kuat tarik beton (f'ct).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton sebagai bahan struktur bangunan telah dikenal sejak lama karena mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan bahan bangunan lain. Di Indonesia, terdapat bahan agregat dan bahan baku semen yang melimpah, sehingga beton banyak digunakan sebagai bahan bangunan. Struktur beton yang dalam pemakaiannya hampir tanpa memerlukan perawatan sama sekali, hal ini tentu saja menguntungkan karena tidak diperlukan perawatan khusus. Selain itu kemudahan pengangkutan bahan beton ke tempat pekerjaan dan kemungkinan untuk dibentuk atau dicetak sesuai yang dikehendaki, merupakan keuntungan tersendiri.

Beton merupakan bahan campuran antara semen, air, agregat halus, agregat kasar dengan atau tanpa bahan tambah *pozzolan*. *Pozzolan* adalah suatu campuran silica dengan alumina yang memiliki sedikit sifat semen yang akan bereaksi secara kimiawi dengan *calsium hydroxide* pada suhu biasa akan membentuk gel. Semua bahan (alam atau buatan) yang mengandung silica dan alumina berpotensi sebagai *pozzolan*.

Untuk menggalakkan sumber daya alam yang ada maka diupayakan limbah marmer yang berasal dari penambangan marmer di Tulungagung dapat dimanfaatkan sebagai bahan yang berguna. Pemanfaatan limbah marmer salah

satunya sebagai bahan campuran pembuatan beton. Penggunaan limbah marmer sebagai bahan tambah *(pozzolan)* bertujuan untuk mengurangi jumlah kadar semen dan sebagai bahan pengisi (*filler*) bertujuan untuk mengisi rongga antar agregat sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu awal, baik akibat pembebanan maupun akibat panas hidrasi.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini *filler* marmer dicampur dengan adukan beton dengan berbagai variasi jumlah kandungan *filler* marmer. Dengan mempertimbangkan pemakaian *filler* marmer pada beton, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Kenaikan kuat desak dan kuat tarik beton akibat penambahan *filler* marmer.
2. Kenaikan tingkat kepadatan akibat penambahan *filler* marmer.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan diadakan penelitian *filler* marmer untuk campuran beton dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Mengetahui perbedaan kuat desak dan kuat tarik beton dengan menggunakan *filler* marmer dan tanpa menggunakan *filler* marmer.
2. Mengetahui persentase *filler* marmer pada campuran beton yang menghasilkan kuat desak dan kuat tarik beton maksimum.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan alternatif lain terhadap bahan material yang dipakai sebagai bahan tambah campuran beton.
2. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi ilmu pengetahuan dan jasa konstruksi.

1.5 Batasan Masalah

Mengingat sangat kompleksnya permasalahan dalam penelitian ini maka lingkup penelitian perlu dibatasi pada hal sebagai berikut :

1. Disain campuran beton dengan menggunakan metode ACI.
2. Mutu beton rencana fc' = 25 Mpa.
3. Semen yang digunakan adalah semen portland type I merk Semen Gresik.
4. Agregat terdiri dari agregat halus/pasir yang berasal dari Kali Krasak diameter maks 4,8 mm dan agregat kasar/kerikil yang berasal dari Kali Krasak diameter maks 20 mm.
5. Bahan pengisi menggunakan *filler* marmer ukuran lolos saringan no. 200.
6. Dimensi benda uji silinder berukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm.
7. Jumlah benda uji sebanyak 115 buah (kuat desak beton 20 benda uji untuk masing-masing variasi *filler* marmer dan kuat tarik beton 3 benda uji untuk masing-masing variasi *filler* marmer).
8. Komposisi *filler* marmer : 0% ; 0,5% ; 1,0% ; 1,5% ; 2,0% , dari berat beton basah.

8. Komposisi *filler* marmer : 0% ; 0,5% ; 1,0% ; 1,5% ; 2,0% , dari berat beton basah.
9. Pengujian kuat desak dan kuat tarik beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
10. Penelitian ini hanya menyelidiki kuat desak dan kuat tarik beton dengan variasi *filler* marmer.
11. Penelitian ini merupakan uji laboratorium.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Beton Struktural

Menurut **SKSNI T-15-1991-03, (1991)**, beton (*concrete*) terbuat dari semen (*portland cement)*, air, agregat (batuan kasar dan halus) dalam proporsi perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Segel R, Kole P dan Gideon H, Kusuma., (1993), mengatakan bahwa air diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan mejadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Murdock, L.J. dan Brook, K.M., (1979), mengatakan bahwa agregat yang banyak digunakan untuk beton adalah pasir dan kerikil karena pertimbangan ekonomis dan kemudahan pekerjaan.

Wang, C.K. dan Salmon, C.G., (1985), berpendapat bahwa kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan jenis campuran.

Istimawan Dipohusodo, (1994), mengemukakan bahwa nilai kuat desak beton didapatkan dengan menggunakan mesin uji yang memberikan beban pada benda uji silinder beton (diameter 150 mm dan tinggi 300 mm) dari 0 kN sampai hancur.

Mindes, M dan Young, J.F., (1981), mengemukakan bahwa dari hasil uji belah yang dilakukan didapat kuat tarik beton kurang lebih 15% dibandingkan dengan kuat desaknya.

Popovic, S, (1998), mengatakan bahwa kuat desak beton dipengaruhi porositas yang terdiri dari pori gel, pori kapiler dan pori udara. Semakin besar prositas maka semakin kecil kecil kuat desak beton yang terjadi.

2.2 Marmer sebagai *Pozzolan* (Bahan Tambah)

Bahan tambah *(pozzolan)* yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah marmer yang bersifat *pozzolan* akan bereaksi dengan kalsium hidroksida sehingga membentuk gel.

Murdock, L.J. dan Brook, K.M., (1979), mengemukakan bahwa *pozzolan* adalah bahan yang bereaksi dengan kapur ikat bebas selama pengikatan semen sehingga bahan ini dapat digunakan untuk penambahan atau pengganti sampai dengan 70% berat semen. Oleh karena itu limbah marmer dapat digunakan sebagai bahan tambah *(pozzolan)*.

2.3 Marmer sebagai *Filler* (Bahan Pengisi)

Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah marmer dengan ukuran lolos saringan no. 200 sehingga bahan ini diharapkan dapat mengisi/mengurangi porositas yang terjadi pada adukan beton.

Menurut **Popovic, S (1998)**, porositas terbentuk pada saat hidrasi semen berlangsung. Komposisi volume udara, air, agregat dan semen pada saat hidrasi semen. Pada saat hidrasi semen berlangsung, proses pencampuran antara air dan

semen menghasilkan gel yang diikuti dengan naiknya air semen ke permukaan (*bleeding*) melalui pori kapiler. Porositas merupakan fungsi dari kuat desak beton, semakin besar porositas (p), kuat desak beton (fc') makin berkurang. Oleh karena itu untuk memperoleh kualitas beton yang baik, pori pada beton harus dikurangi dengan memberikan bahan pengisi (*filler*) yang berukuran kecil. Bahan pengisi tersebut dapat berupa limbah marmer.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Beton sebagai bahan bangunan yang dapat diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air dan agregat pada perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah. Reaksi yang terjadi antara semen dan air akan membentuk suatu pasta pengikat, pada jangka waktu tertentu akan mengeras, seperti batuan yang memiliki kekuatan desak tinggi. Oleh karena itu beton banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan.

Peningkatan kemampuan atau mutu beton sejalan dengan pengurangan fas. Usaha lain meningkatkan kekuatan beton adalah dengan pemanfaatan fonemena bahwa semakin padat mortar beton atau semakin kecil pori-pori yang ada maka semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan. Pada mortar beton, semen dan air yang berupa pasta akan mengikat agregat halus dan kasar yang masih menyisakan rongga atau pori-pori yang tidak dapat terisi oleh butiran semen. Ruang yang tidak ditempati butiran semen merupakan rongga berisi udara dan air yang saling berhubungan disebut kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton telah mengeras, akibatnya akan dapat berpengaruh terhadap turunnya kekuatan beton **(Antono, A., 1993).** Terbentuknya kapiler ini dapat diantisipasi dengan penggunaan bahan tambah. Bahan tambah ini merupakan bahan khusus yang ditambahkan dalam

mortar sebagai pengisi dan pada umumnya bubuk mineral aktif **(Murdock dan Brook, 1979).** Salah satu bahan tambah yang dipakai adalah dengan menambahkan *filler* marmer yang bertujuan untuk mengurangi porositas.

3.2 Material Penyusun Beton

3.2.1 Semen Portland

Menurut SK SNI T – 15 – 1990 – 03 (DPU, 1990).

Semen Portland adalah suatu bahan pengikat hidrolis yang dibuat dengan menggiling terak semen menjadi bubuk semen Portland.

Bahan baku pembentuk semen adalah kapur (CaO) dari batu kapur, silica (SiO_2) dari lempung dan alumina (Al_2O_3) dari lempung. **(E.G Nawy, 1995).**

Semen merupakan unsur terpenting dalam pembuatan beton karena semen berfungsi sebagai bahan pengikat untuk mempersatukan bahan agregat halus dan agregat kasar menjadi masa yang kompak dalam arti menjadi satu dan padat. Semen akan berfungsi sebagai pengikat apabila diberi air, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis.

Reaksi kimia antara semen portland dengan air menghasilkan senyawa yang disertai pelepasan panas. Kondisi ini mengandung resiko besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton. Reaksi semen dengan air dibedakan menjadi dua, yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis ke keadaan keras, sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan selesai.

Ketika semen dicampur dengan air timbul reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air. Reaksi ini menghasilkan bermacam –macam senyawa

kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Menurut **Murdock, (1979),** ada 4 (empat) oksida utama pada semen akan membentuk senyawa-sennyawa kimia yaitu :

1. Trikalsium Silikat (C_3S) atau $3CaO.\ SiO_2$

   Merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen. Bila semen terkena air unsur ini akan segera terhidrasi dan menghasilkan panas serta berpengaruh besar terhadap pengerasan seman terutama sebelum mencapai umur 14 hari.

2. Dikalsium Silikat (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$

   Pada penambahan air reaksi lebih lambat daripada C_3S sehingga berpengaruh pada pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari dan memberikan kekuatan akhir serta membuat semen tahan terhadap serangan kimia juga mengurangi besar susutan pengeringan.

3. Trikalsium Aluminat (C_3Al) atau $3CaO.Al_2O_3$

   Dengan air bereaksi menimbulkan panas hidrasi yang tinggi dan bereaksi sangat cepat memberikan kekuatan sesudah 24 jam tetapi kekuatannya sangat rendah.

4. Tetrakalsium Aluminat (C_4Al) atau $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$.

   Kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau kekuatan beton, warna abu-abu pada semen disebabkan oleh senyawa ini.

Jika semen Portland dicampur dengan air, maka komponen kapur dilepaskan dari senyawa. Banyaknya kapur yang dilepaskan sekitar 20 % dari berat semen. Kondisi terburuknya adalah mungkin terjadi pemisahan struktur yang disebabkan oleh lepasnya kapur dari semen. Situasi ini harus dicegah dengan menambahkan

pada semen suatu mineral silica. Mineral yang ditambahkan ini bereaksi dengan kapur bila ada uap air membentuk bahan yang kuat yaitu kalsium silikat.**(E.G Nawy, 1985).**

Jenis-jenis Semen

Menurut PUBI – 1982 semen portland di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis yaitu :

Jenis I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak menggunakan persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis lain.

Jenis II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

Jenis IV : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah.

Jenis V : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

3.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70 persen volume beton, yang berpengaruh terhadap sifat-sifat beton sehingga agregat merupakan suatu bagian dalam beton.

Penggunaan agregat dalam adukan beton dimaksudkan untuk penghematan penggunaan semen portland, menghasilkan kekuatan desak yang besar, mengurangi susut pengerasan, mencapai susunan pampat dan mengontrol kemudahan adukan beton.

Agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya yaitu :

a. Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7 , biasanya berasal dari agregat granit, basalt atau kuarsa. Beton yang dihasilkan berberat jenis 2,3 dengan kuat tekan antara 15 Mpa sampai 40 Mpa.

b. Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 misalnya magnetik, barytes atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan berberat jenis tinggi, sampai 5, yang efektif sebagai pelindung sinar radiasi.

c. Agregat ringan

Agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 biasanya dibuat untuk beton non struktural. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga berat strukturnya ringan dan pondasinya lebih kecil, selain itu mempunyai sifat tahan api. Contohnya diotomite, pumice dan volcanic sinder untuk yang alami, sedang untuk yang buatan tanah bakar, abu terbang dan busa terak tanur tinggi.

3.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk pembuatan pasta semen yang berpengaruh pada sifat yang dikerjakan adukan beton, kekuatan, susut dan keawetannya. Air juga

berfungsi sebagai kelangsungan reaksi dengan semen portland sehingga dihasilkan kekerasan selang beberapa waktu.

Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 30% terhadap berat semennya. Dalam kenyataannya nilai fas yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air yang dipakai dapat digunakan sebagai pelumas, tetapi perlu dicatat tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak. Kelebihan air akan berakibat kekuatan beton rendah, beton berporos dan akan terjadi bleeding kemudian menjadi buih dan membentuk lapisan tipis yang akan mengurangi lekatan antara lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah.

3.3 Bahan Tambah *Pozzolan*

Bahan tambah mineral berupa *pozzolan* adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina.

Pozzolan yang ditambahkan pada campuran adukan beton sampai batas tertentu dapat menggantikan semen untuk memperbaiki kelecekan dan menambah ketahanan beton dari serangan kimiawi (**Swami, 1986**). Penambahan bahan *pozzolan* juga dapat meningkatkan kekuatan beton. Hal ini terjadi karena pengikatan kapur bebas, sisa proses hidrasi semen dan air.

Dengan bahan *pozzolan* ini, sisa reaksi hidrasi semen dapat menghasilkan gel yang berfungsi sebagai bahan perekat, yang dapat diilustrasikan sebagai berikut :

reaksi hidrasi semen

$$6\ C3S + 6\ H2O \longrightarrow (C3S2H3) + 3\ Ca(OH)2 \qquad (3.1)$$

$$2\ C2S + 4H2O \longrightarrow (C3S2H3) + Ca(OH)2 \qquad (3.2)$$

$$\text{semen} + \text{air} \longrightarrow \text{pasta pengikat} + \text{sisa} \qquad (3.3)$$

reaksi pozzolanik

$$Ca(OH)2 + SiO2 \longrightarrow (C - S - H) \quad (3.4)$$

$$\text{sisa} + \text{pozzolan} \longrightarrow (C - S - H) \quad (3.5)$$

3.4 Tinjauan Limbah Marmer Tulungagung sebagai *Pozzolan*

Dari hasil pengujian yang dilakukan oleh Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Yogyakarta, limbah marmer Tulungagung didominasi oleh Silika, SiO_2 sebesar 0,08562 % sehingga bahan ini termasuk *pozzolan.*

Menurut **Kardiyono, (1989)**, reaksi hidrasi semen ketika semen bersentuhan dengan air, reaksinya sebagai berikut :

$$2(3Ca.SiO_2) + 6H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + 3(Ca(OH)_2) \quad (3.6)$$

$$2(2Ca.SiO_2) + 4H_2O \longrightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2 \quad (3.7)$$

Persamaan (3.6) dan (3.7) menghasilkan gel, $3CaO.2SiO_2.3H_2O$ atau $C3S_2H_3$ dan sisa reaksinya adalah kapur bebas, $Ca(OH)_2$.

Jika limbah marmer Tulungagung yang mengandung 0,08562 % silica, SiO_2, dimasukkan dalam adukan beton, maka akan terjadi reaksi sebagai berikut :

$$2SiO_2 + 3Ca(OH)_2 \longrightarrow 3CaO.\ 2SiO_2.3H_2O \quad (3.8)$$

Persamaan (3.8) menghasilkan gel, $3CaO.2SiO_2.3H_2O$ atau $C_3S_2H_3$.

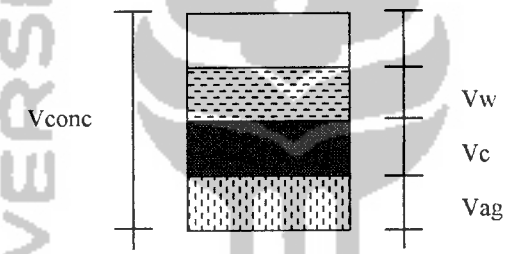
3.5 Tinjauan Limbah Marmer Tulungagung sebagai *Filler*

Filler adalah bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butiran pengisi pada pembuatan campuran beton. *Filler* didefinisikan sebagai fraksi debu mineral

yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm) berupa debu kapur, debu dolomit atau semen portland, sehingga bahan ini diharapkan dapat mengisi/mengurangi porositas yang terjadi pada adukan beton. *Filler* harus dalam keadaan kering (kadar air maks 1%).

Filler yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah industri marmer yakni efek samping dari proses penggergajian dan penghalusan batu marmer.

Menurut **Popovic, (1998)**, porositas terbentuk pada saat hidrasi semen berlangsung. Komposisi volume udara, air, agregat dan semen pada saat hidrasi semen dapat digambarkan seperti tampak pada gambar 3.1.

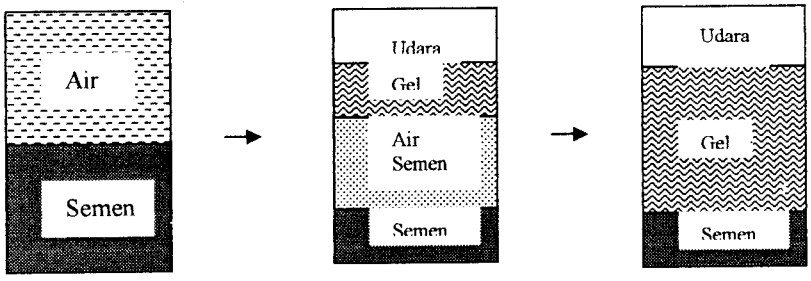


Gambar 3.1 Skema Komposisi Beton

Dari gambar 3.1 hubungan antara volume beton (Vconc), volume udara (Va), volume air (Vw), volumr semen (Vc) dan volume agregat (Vag) dapat didekati dengan persamaan :

$$Vconc = Va + Vw + Vc + Vag \qquad (3.9)$$

Proses pembentukan porositas pada saat hidrasi semen dapat digambarkan seperti tampak pada gambar 3.2.

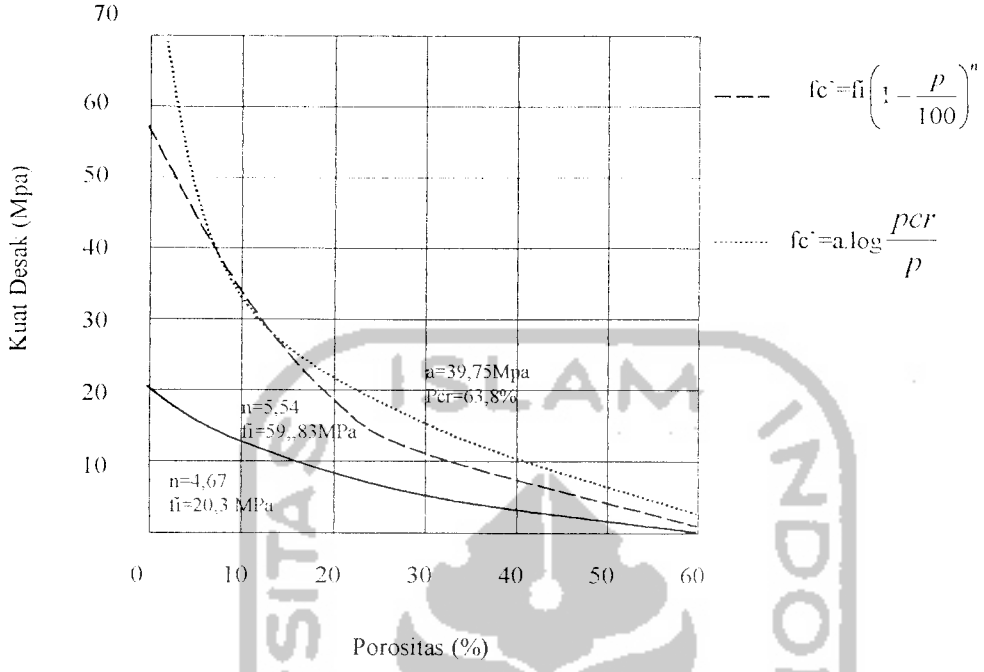


Gambar 3.2 Skema Hidrasi Semen

Dari gambar 3.2 pada saat hidrasi semen berlangsung, proses pencampuran antara air dan semen menghasilkan gel yang diikuti dengan naiknya air semen ke permukaan (*bleeding*) melalui pori kapiler . Jumlah pori kapiler yang terbentuk dalam hidrasi semen dihitung dalam persen yang didekati dengan persamaan :

$$P = \frac{Vw + Va + Vp - Vg}{V} \qquad (3.10)$$

Porositas merupakan fungsi dari kuat desak beton, hubungan dua parameter tersebut dapat digambarkan dalam bentuk kurva seperti tampak pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Hubungan Kuat Desak Beton dan Porositas (sumber : Popovic, 1998)

Mengacu dari gambar 3.3 hubungan kuat desak beton dan porositas didekati dengan persamaan :

$$fc' = fi\left(1 - \frac{p}{100}\right)^n \qquad (3.11)$$

$$fc' = a \log \frac{pcr}{p} \qquad (3.12)$$

Dari dua persamaan diatas tampak bahwa semakin besar porositas (p), kuat desak beton (fc') makin berkurang. Oleh karena itu untuk memperoleh kualitas beton yang baik, pori pada beton harus dikurangi dengan memberikan bahan pengisi (*filler*) yang berukuran kecil. Bahan pengisi tersebut dapat berupa limbah marmer.

3.6 Perencanaan Campuran Beton

Tujuan dari perhitungan rencana campuran adalah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus, agregat kasar dan air tiap 1 m^3, sehingga dapat diperoleh mutu beton sesuai dengan rencana.

Pada penelitian ini menggunakan peraturan ACI (*American Concrete Institute*) sebagai perancangan dasar campuran. Salah satu tujuan yang hendak dicapai dengan perancangan campuran ACI adalah menghasilkan beton yang mudah dikerjakan.

Langkah-langkah perencanaan menurut metode ACI adalah sebagai berikut :

1. Menghitung kuat desak rata-rata beton, berdasarkan kuat desak yang diisyaratkan dan nilai margin.

   f'cr = f'c + m

   Dengan : f'cr = kuat desak rata-rata (Mpa)

   f'c = kuat desak yang diisyaratkan (Mpa)

   m = nilai margin (Mpa)

   Nilai margin tergantung pada tingkat pengawasan mutu dan didefinisikan sebagai : m = k. sd, dengan k = 1,64 (pelaksana tidak mempunyai pengalaman) dan sd adalah nilai deviasi standar yang diambil dari tabel 3.1.

   Tabel 3.1. Nilai Deviasi Standar (kg/cm^2)
   (sumber : Kardiyono, 1989)

volume pekerjaan M^3	mutu pekerjaan		
	baik sekali	baik	cukup
kecil < 1000	45<sd<55	55<sd<65	65<sd<85
sedang 1000sd3000	35<sd<45	45<sd<55	55<sd<75
besar > 3000	25<sd<35	35<sd<45	45<sd<65

2. Menetapkan faktor air semen berdasarkan kuat desak rata-rata pada umur beton yang dikehendaki tertera pada tabel 3.2 dan keawetan berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan tertera pada tabel 3.3 dari keduanya dipilih yang paling rendah.

Tabel 3.2. Hubungan faktor air semen dengan kuat desak beton silinder pada umur 28 hari. (sumber : Kardiyono, 1989)

faktor air semen	perkiraan kuat desak rata-rata (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 3.3. Faktor air semen maksimum (sumber : Kardiyono, 1989)

Kondisi elemen	Nilai f a s
Beton didalam ruang	
a. Keadaan keliling non korosif	0.60
b. Keadaan keliling korosif	0.52
Beton diluar ruang	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60
Beton yang masuk kedalam tanah	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0.55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0.52
Beton yang kontinu berhubungan dengan	
a. Air tawar	0.57
b. Air laut	0.52

3. Berdasarkan jenis strukturnya, ditetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat dari tabel 3.4.

Tabel 3.4. Nilai slump (cm). (sumber : Kardiyono, 1989)

Pemakaian jenis elemen	Maks (cm)	Min (cm)
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12.5	5.0
Pondasi telapak tidak bertulang, koison dan strukur dibawah tanah	9.0	2.5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15.0	7.5
Pengerasan jalan	7.5	5.0
Pembetonan massal	7.5	2.5

4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran agregat dan nilai slump dari tabel 3.5.

Tabel 3.5. Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump. (sumber : Kardiyono, 1989)

Slump (mm)	Ukuran maks agregat (mm)		
	10	20	40
25 - 50	206	182	162
75 - 100	226	203	177
150 - 175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

5. Menghitung berat semen yang diperlukan, berdasarkan hasil dari langkah (2) dan (4)

$$Bs = \frac{Ba}{fas} \qquad (3.13)$$

$$Vs = \frac{Bs}{Bjs} \qquad (3.14)$$

Keterangan:

Bs = berat semen

Ba = berat air

Fas = factor air semen

Vs = volume semen

Bjs = berat jenis semen

6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksumum agregat dan nilai modulus halus agregat halusnya, dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Perkiraan kebutuhan agregat kasar per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maks agregat dan modulus halus pasir (m^3).
(sumber : Kardiyono, 1989)

Ukuran maksimum agragat (mm)	Modulus halus butir			
	2.4	2.6	2.8	3.0
10	0.46	0.44	0.42	0.40
20	0.65	0.63	0.61	0.59
40	0.76	0.74	0.72	0.70
80	0.84	0.82	0.80	0.78
100	0.90	0.88	0.86	0.84

7. Menghitung volume agrerat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen dan agrerat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap dalam adukan (tabel 3.6), dengan cara hitungan volume absolute.

$$Vah = 1 - (Va + Vk + Vs + Vu) \quad (3.15)$$

$$Bp = Vah \cdot Bjp \quad (3.16)$$

Keterangan :

Vah = volume agregat halus

Va = Volume air

Vk = Volume kerikil

Vs = Volume semen

Vu = Volume udara terperangkap

Bp = Berat pasir

Bjp = Berat jenis semen

8. Hitung berat masing – masing bahan penyusun dengan menggunakan langkah (7).

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang bahan-bahan atau materi penelitian, alat-alat yang digunakan untuk penelitian dan cara penelitian. Data-data ini diperoleh dari penelitian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia dan beberapa data-data lain yang diperoleh dari buku-buku literature yang mendukung penulisan tugas akhir ini.

4.2 Material untuk Campuran Beton

Material yang digunakan sebagai berikut :

1. Semen

   Digunakan semen portland tipe I dari PT. Semen Gresik kemasan 50 kg.

2. Agregat kasar

   Digunakan batu pecah *(split)* yang lolos saringan 20 mm yang berasal dari Kali Krasak.

   Pemeriksaan : berat volume dan berat jenis.

3. Agregat halus

Digunakan pasir yang lolos saringan 4,8 mm yang berasal dari Kali Krasak.

Pemeriksaan : modulus halus butir, berat volume dan berat jenis.

4. Air bersih

   Berasal dari Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik UII.

5. *Filler* marmer

   Diperoleh dari Tulungagung

   Pemeriksaan : lolos saringan no. 200. ASTM dengan ukuran butiran 75 – 150 μm, pemeriksaan kandungan kimia di Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Yogyakarta (persentase kandungan silica dan alumina). (terlampir).

4.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan membuat sample sebanyak 115 buah dengan menggunakan modifikasi lima variasi campuran.

Metode penelitian yang digunakan dalam hal ini tidak lain bertujuan untuk menjawab permasalahan secara ilmiah. Dalam melaksanakan penelitian dilaboratorium ada beberapa tahapan yang harus dilakukan, yaitu :

1. Tahap persiapan, dalam tahap ini seluruh bahan (material) dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu.
2. Tahap uji bahan, dalam tahap ini seluruh bahan (material) yang akan digunakan sebagai material penyusun beton diuji untuk mengetahui sifat–sifat dan karakteristiknya.
3. Tahap pembuatan benda uji, meliputi :

a. Persiapan rencana campuran,

b. Persiapan cetakan,

c. Pembuatan adukan beton,

d. Pemeriksaan nilai slump,

e. Pengecoran.

4. Tahap perawatan, dengan merendam beton ke dalam bak air.
5. Tahap uji kuat tekan dan kuat tarik beton, dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
6. Tahap analisis data, dalam tahap ini dilaksanakan pengolahan data berdasarkan hasil pengujian bahan maupun beton.
7. Tahap pengambilan kesimpulan.

4.3.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini dijelaskan mengenai bahan–bahan dan alat–alat yang digunakan untuk penelitian.

Bahan–bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah air dari Laboratorium BKT FTSP Jurusan Teknik Sipil UII, semen Portland jenis I merk Gresik, pasir dari Kali Krasak, batu pecah dari Kali Krasak, dan *filler* marmer dari Tulungagung.

Peralatan Pengujian

Untuk penelitian ini digunakan beberapa peralatan sebagai sarana dalam mencapai maksud dan tujuan penelitian, yaitu :

a. Timbangan

Timbangan merk *Fa gain* dengan kapasitas 150 kg dan merk *O house* kapasitas 20 kg dan 5 kg digunakan untuk menimbang bahan susun campuran adukan beton ketika melakukan uji berat jenis, berat volume, agregat kerikil, dan modulus halus butir pasir.

b. Mistar dan Kaliper

Mistar dari logam digunakan untuk mengukur dimensi cetakan model, sedangkan kaliper untuk mengukur benda uji.

c. Ayakan

Ayakan digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan kerikil. Ukuran yang dipakai untuk memisahkan fraksi – fraksi dalam pasir adalah 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15 mm sedangkan untuk kerikil adalah 20 mm.

d. Mesin Penyaring

Mesin penyaring digunakan untuk menyaring *filler* marmer , pada penelitian ini dipakai *Universal Material Testing Equipment* (UMTE) merk *Mektan,* dilengkapi dengan saringan no. 200 ASTM (*American Society for Testing Materials*).

e. Mesin Pengaduk Beton

Mesin pengaduk beton (*Mixer*), digunakan untuk mengaduk bahan susun beton (semen, pasir, kerikil, *filler* marmer, dan air) sehingga mudah diperoleh campuran adukan beton yang homogen.

f. Cetok dan Talam Baja

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan silinder beton. Talam baja digunakan sebagai penampung sementara adukan beton yang dikeluarkan dari mesin pengaduk.

g. Kerucut Abrahms

Alat ini digunakan untuk mengukur tingkat kelecakan beton, tinggi 30 cm dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm dilengkapi dengan alat penumbuk besi dengan panjang 60 cm dan diameter 16 mm.

4.3.2 Tahap Uji Bahan Dasar

Pengujian Agregat Halus (pasir)

a. Pemeriksaan Gradasi Pasir atau Analisis Saringan

Pada pemeriksaan ini digunakan pasir kering tungku yang dimasukkan dalam ayakan, kemudian ayakan dipasang pada alat penggetar selama 10 menit, setelah selesai berat pasir yang tertahan pada masing–masing ayakan ditimbang.

(terlampir)

b. Pemeriksaan Berat Volume Pasir

Pada pemeriksaan ini pasir dimasukkan ke dalam silinder yang pada setiap 1/3 bagian silinder ditusuk–tusuk sebanyak 25 kali, kemudian ditimbang beratnya.

(terlampir)

Adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat volume pasir} = \frac{\text{Berat (silinder + pasir)} - \text{Berat silinder}}{\text{volume silinder}} \qquad (4.1)$$

c. Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Digunakan pasir lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan telah SSD (*Saturated Surface Dry*). (terlampir)

Pengujian Agregat Kasar (kerikil)

a. Pemeriksaan Berat Jenis Kerikil

Digunakan kricak yang lolos saringan 20 mm dan telah SSD (*Saturated Surface Dry*), (terlampir).

b. Pemeriksaan Berat Volume Kerikil

Pada pemeriksaan ini kricak dimasukkan ke dalam silinder yang pada setiap 1/3 bagian silinder ditusuk–tusuk sebanyak 25 kali, kemudian ditimbang beratnya, (terlampir)

Adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat volume kerikil} = \frac{\text{Berat (silinder + kerikil)} - \text{Berat silinder}}{\text{volume silinder}} \qquad (4.2)$$

4.3.3 Tahap Pembuatan Benda Uji

1. Perhitungan Rencana Campuran

Perancanaan perhitungan campuran beton di dalam penalitian ini menggunakan metode ACI dengan data perencanaan sebagai berikut :

1. Kuat desak rencana : 25 MPa
2. Diameter maksimum agregat : 20 mm
3. Modulus halus butir (MHB) pasir : 2,566

4. Berat jenis pasir (SSD) : 2,69 t/m^3

6. Berat volume agregat kasar : 1,415 t/m^3

5. Berat jenis kerikil (SSD) : 2,691 t/m^3

7. Berat jenis semen : 3,15 t/m^3

Adapun langkah–langkah perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Menghitung kuat desak rata-rata (f'cr)

   f'c = 25 MPa

   f'cr = f'c + 1,64 sd

   dari tabel (3.1) mutu pelaksanaan baik dengan volume pekerjaan kecil 1 m^3 < 1000 m^3 diambil sd = 60 kg/cm^2 = 5,88 MPa.

   f'cr = 25 + (1,64 x 5,88)

   f'cr = 34,643 MPa

2. Menetapkan factor air semen

   Berdasarkan tabel (3.2) dari nilai f'cr = 34,643 MPa didapat nilai fas dengan kuat silinder beton umur 28 hari = 0,444 (interpolasi) dan dari tabel (3.3) fas maksimum berdasarkan pengaruh tempat elemen untuk beton terlindung dari hujan dan terik matahari langsung = 0,6.

   Dari kedua nilai fas terserbut diambil nilai fas terkecil, maka nilai fas adalah 0,444.

3. Menentukan nilai slump

   Berdasarkan tabel (3.4) untuk jenis struktur plat, balok, kolom dan dinding didapat nilai slump = 7,5 – 15 cm. Dipakai nilai slump 7,5 – 10 cm.

4. Menetapkan kebutuhan air

   Berdasarkan tabel (3.5) untuk nilai slump 7,5 – 10 cm dan agregat maksimum 20 mm didapat kebutuhan air = 203 l/m^3 dan udara terperangkap 2% atau jumlah volume padat udara terperangkap 0,02 m^3.

5. Menghitung kebutuhan semen

   Berat semen = $\frac{\text{Berat air}}{\text{Fas}} = \frac{203}{0,444} = 457,207$ kg

6. Menentukan agregat kasar per satuan volume

   MHB pasir = 2,553 dan ukuran maksimum kerikil = 20 mm.

   Dari tabel (3.6) diperoleh volume per meter kubik agregat kasar = 0,635 m^3/m

   Berat agregat kasar = 0,635 x 1,415 = 0,89853 t = 898,53 kg.

   Volume kerikil = $\frac{0,89853}{2,691} = 0,3339\ m^3$

7. Menghitung volume agregat halus per satuan volume

   Volume semen = 457,207 / (3,15 x 1000) = 0,145 m^3

   Volume air = 203 / 1000 = 0,203 m^3

   Volume agregat kasar = 0,89853 / 2,691 = 0,3339 m^3

   Volume udara terperangkap = 2% = 0,02 m^3 +

   0,7019 m^3

   Volume agregat halus = 1 – 0,7019 = 0,2981 m^3

   Berat agregat halus = 0,2981 x 2,69 x 1000 = 801,889 kg

   Jadi perbandingan adukan beton per 1 m^3

   Pc : ps : kr : air = 457,207 : 801,889 : 898,53 : 203

   = 1 : 1,75 : 1,96 : 0,44

Volume 1 buah silinder = 0,0053 m^3

Kehilangan proses campuran diasumsikan sebesar 20 %

Jadi kebutuhan campuran beton untuk 1 silinder adalah :

Semen : 457,207 x (0,0053 + 0,00106) = 2,9078 kg

Pasir : 801,889 x (0,0053 + 0,00106)= 5,1000 kg

Kerikil : 898,53 x (0,0053 + 0,00106)= 5,7147 kg

Air : 203 x (0,0053 + 0,00106)= 1,2910 kg

Jumlah total adukan beton tiap 1 silinder

2,9078 + 5,1000 + 5,7147 + 1,2910 = 15,0135 kg

Kebutuhan *filler* marmer tiap 1 silinder :

0,5% x 15.0135 = 0,075 kg

1,0% x 15.0135 = 0,150 kg

1,5% x 15.0135 = 0,225 kg

2,0% x 15.0135 = 0,300 kg

2. Persiapan Cetakan

Sebelum digunakan cetakan harus dipersiapkan dengan baik agar benda uji yang dihasilkan bersisi halus, rusuk tajam dan simetris. Dalam penelitian ini cetakan yang digunakan adalah cetakan silinder yang terbuat dari besi dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Sebelum digunakan untuk mencetak adukan beton, cetakan harus dibersihkan terlebih dahulu dari sisa adukan yang mengeras kemudian bagian dalam cetakan diolesi dengan minyak pelumas supaya adukan beton tidak melekat pada cetakan dan mudah dilepas setelah adukan beton mengeras.

3. Pembuatan Adukan Beton

Langkah-langkah pengecoran adukan beton yang sesuai dengan SK SNI M-62-1990-03 (DPU, 1991 b) yaitu tentang cara adukan beton, adalah sebagai berikut :

Tahap I

a. Menyiapkan bahan-bahan campuran beton.
b. Menimbang berat masing-masing bahan sesuai dengan rencana.
c. Menyiapkan pengaduk (mixer), cetakan silinder dan alat uji slump.

Tahap II

a. Masukkan semen dan pasir terlebih dahulu tanpa air sehingga didapatkan campuran yang rata.
b. Tambahkan kerikil dan diaduk tanpa air terlebih dahulu sampai distribusi agregat kasar rata betul dan sempurna.
c. Tuangkan air yang dibutuhkan dan diaduk sampai didapatkan adukan beton yang homogendan kekentalan sesuai dengan adukan yang diinginkan.

4. Pengujian Kekentalan Adukan *(Slump Test)*

Slump test merupakan cara untuk mendapat nilai kekentalan dari beton segar. Slump test dilakukan dengan kerucut Abrahms, yaitu cetakan berbentuk kerucut dengan diameter bawah 20 cm dan diameter atas 10 cm dan tinggi 30 cm. Tongkat penumbuk yang digunakan mempunyai diameter 16 mm dan panjang 60 cm.

Pengujian dilaksanakan dengan berdasarkan standar cara pengujian slump SK SNI M-02-1989-F (DPU, 1991 a) yang langkah-langkahnya sebagai berikut :

a. Kerucut Abrahms dibersihkan dan dibasahi sebelum digunakan.

b. Kerucut diletakkan diatas permukaan plat baja dengan posisi yang rata.

c. Beton segar dituang dalam kerucut setinggi kira-kira 1/3 tinggi kerucut lalu ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian dituang lagi sampai 2/3 tinggi dan ditusuk-tusuk lagi sebanyak 25 kali setelah itu dituang lagi sampai penuh lalu ditusuk-tusuk lagi sebanyak 25 kali. Kemudian permukaan beton diratakan bila kurang ditambahkan lagi. Beton dalam kerucut didiamkan selama 30 detik.

d. Setalah 30 detik kerucut diangkat dan penurunan beton diukur dengan mistar. Besarnya penurunan beton merupakn hasil dari nilai slump yang didapatkan.

5. Pengecoran Adukan Beton

Langkah-langkah pengecoran adukan beton yang sesuai dengan SK SNI M-62-1990-03 (DPU, 1991) adalah sebagai berikut :

a. Penempatan cetakan

Tempat kan cetakan dekat dengan penyimpanan awal dimana benda uji akan disimpan selama 24 jam. Apabila pencetakan benda uji tidak dapat dikerjakan dekat dengan tempat penyimpanan awal, benda uji tersebut harus dipindahkan segera setelah dibentuk. Cetakan ditempatkan pada tempat yang permukaannya rata, keras, bebas dari getaran dan gangguan lain. Permukaan benda uji harus dihindari dari benturan, jungkitan dan goresan pada saat pemindahan ke tempat penyimpanan / perawatan.

Keterangan :

P = gaya tekan maksimum (N)

A = luas bidang tekan benda uji (mm^2)

f'c = kuat desak dari masing-masing benda uji (MPa)

Sebelum pengujian, beton yang akan diuji diukur terlebih dahulu diameter, tinggi dan beratnya ditimbang. Data ini diperlukan untuk menghitung berat volume dan porositas beton tersebut.

a. Berat volume dihitung dengan rumus :

$$\text{Berat volume} = \frac{\text{Berat}}{\text{Volume}} \qquad (4.5)$$

b. Porositas dihitung dengan rumus :

$$\text{Porositas} = \frac{\text{berat basah beton} - \text{berat kering beton}}{\text{berat kering beton}} \times 100\% \qquad (4.6)$$

4.3.6 Tahap Analisis Data

Dari data hasil pengujian kuat desak beton terhadap benda uji dengan umur yang telah ditentukan maka didapatkan kuat desak dari masing-masing benda uji seperti rumus diatas. Selanjutnya dianalisis terhadap kuat desak karakteristiknya dengan rumus sebagai berikut :

$$f'c = f'cr - k.sd \qquad (4.7)$$

$$f'cr = \sum_{i=1}^{n} f'ci/n \qquad (4.8)$$

b. Pencetakan

Masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan cetok. Setiap pengambilan adukan dari bak pengaduk harus dapat mewakili dari campuran tersebut. Apabila diperlukan campuran beton diaduk kembali agar tidak terjadi segresi (pemisahan butiran) selama pencetakan benda uji. Adukan beton diisikan kedalam cetakan dalam 3 lapis, yang masing-masing lapisnya sama tebal dan tiap lapisnya dipadatkan dengan tongkat baja 25 kali tusukan secara merata. Setelah cetakan terisi penuh, permukaan diratakan dan bagian sisanya (kelebihan) dibuang. Setelah beberapa saat permukaan diberi sedikit acian semen untuk lebih meratakan, kemudian ditimbang berat basahnya, dengan rumus :

Berat basah beton = Berat (silinder + beton basah) – berat silinder (4.3)

4.3.4 Tahap Perawatan Beton

Beton memerlukan perawatan untuk menjamin terjadinya proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna dengan menjaga kelembaban permukaan beton. Untuk mempertahankan beton supaya berada dalam keadaan basah selama beberapa hari, maka dilakukan perendaman beton didalam bak yang berisi air bersih. Lama perendaman dalam penelitian ini adalah sampai beton berumur 28 hari.

4.3.5 Tahap Uji Kuat Desak dan Kuat Tarik Beton

1. Peralatan yang digunakan

Mesin desak merk *Control*

Timbangan

Kaliper (jangka sorong)

2. Langkah-langkah pengujian :

a. Benda uji yang akan diuji sesuai dengan umur rencana dipersiapkan.

b. Benda uji ditimbang dan diukur dimensinya dengan kaliper untuk mengetahui data dari beton tersebut.

c. Letakkan benda uji pada mesin desak dengan sisi atas dan sisi bawah harus rata dan kedudukan sentries pada piston tekannya.

d. Mesin desak dijalankan secara elektrik dengan penambahan beban yang konstan.

e. Pembebabanan dilakukan sampai benda uji hancur dan dicatat besarnya beban maksimal yang langsung dapat dilihat pada yang ditunjukkan pada mesin desak.

e. Setelah benda uji hancur, kekuatan desak dikurangi dan penutup tekanan dibuka sehingga piston tekan naik.

Pada pengujian ini yang dicatat adalah gaya desak (P) pada saat beban maksimal, maka untuk mendapatkan besarnya tegangan maksimal dari beton tersebut dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \qquad (4.4)$$

$$sd = \sqrt{\frac{\sum (f'c - f'cr)^2}{n-1}} \qquad (4.9)$$

Keterangan :

f'cr = kuat desak beton rata-rata (MPa)

f'c = kuat desak beton (MPa)

n = jumlah benda uji

k = tetapan statistik, dengan kegagalan 5% diambil 1,64

sd = standar deviasi

Kuat tarik beton yang dihasilkan dari uji belah beton silinder menurut SK SNI T-15-1991-03 pasal 3-8, disebutkan bahwa kuat tarik belah benda uji dihitung dengan ketelitian 0,05 MPa dengan menggunakan rumus :

$$fct = \frac{2.P}{\pi.l.d} \qquad (4.10)$$

Keterangan :

fct = kuat tarik beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

l = panjang silinder (mm)

d = diameter silinder (mm)

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

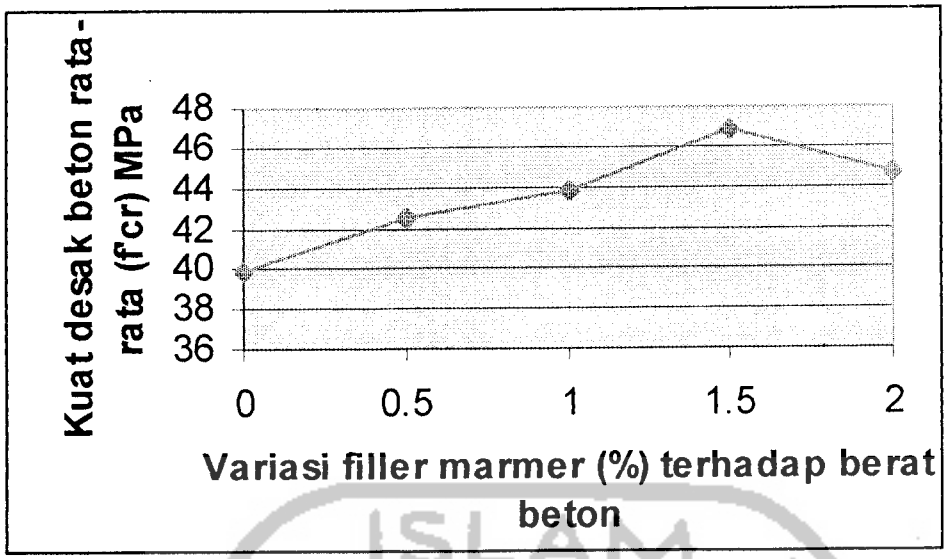
Uji kuat tekan dan uji belah silinder beton *filler* marmer bertujuan untuk mengetahui kuat desak dan kuat tarik beton pada model. Hasil uji kuat desak dan kuat tarik rata-rata serta kuat desak karakteristik silinder beton *filler* marmer seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.1 Kuat desak dan kuat tarik rata-rata (f'cr) silinder beton *filler* marmer umur 28 hari

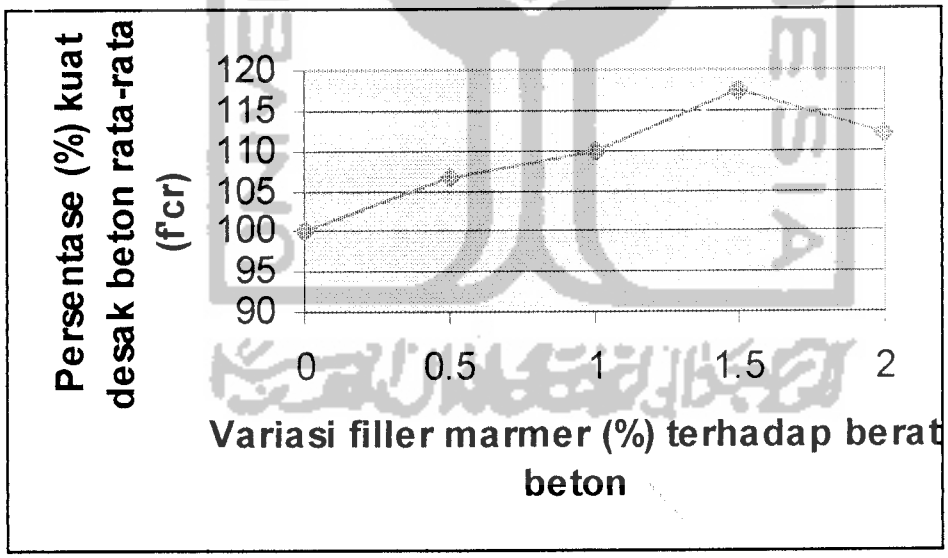
Variasi filler marmer	Kuat Desak (MPa)	Kuat Desak (%)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik (%)
0 %	39,867	100,00	3,565	100,00
0,5 %	42,461	106,50	4,342	121,79
1,0 %	43,787	109,83	3,565	100,00
1,5 %	46,815	117,43	3,071	86,14
2,0 %	44,636	111,96	2,887	80,98

Tabel 5.2 Kuat desak karakteristik (f'c) silinder beton *filler* marmer umur 28 hari

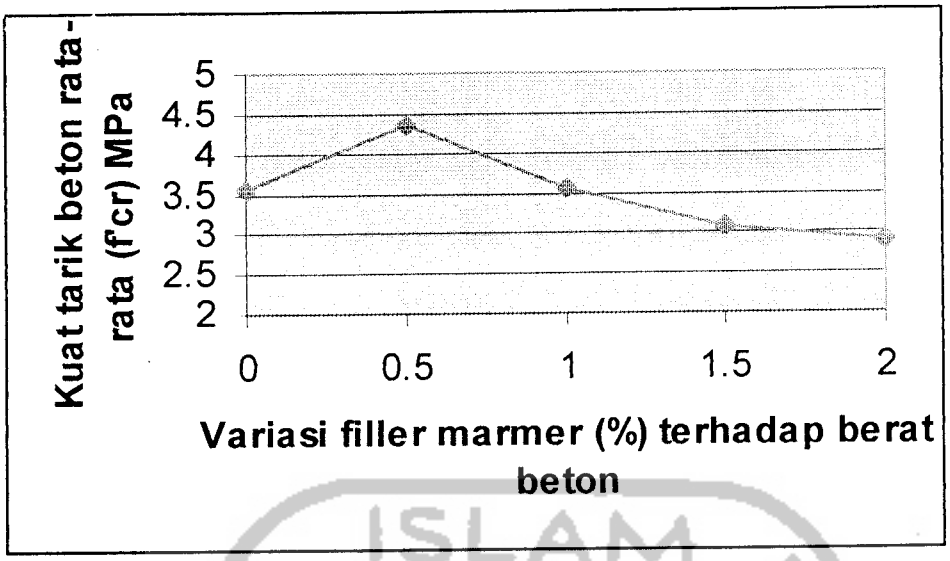
Variasi (%)	Beton umur 28 hari	
	MPa	Persentase (%)
0	37,780	100,00
0,5	38,158	101,00
1,0	39,278	103,96
1,5	42,548	112,62
2,0	40,500	107,20



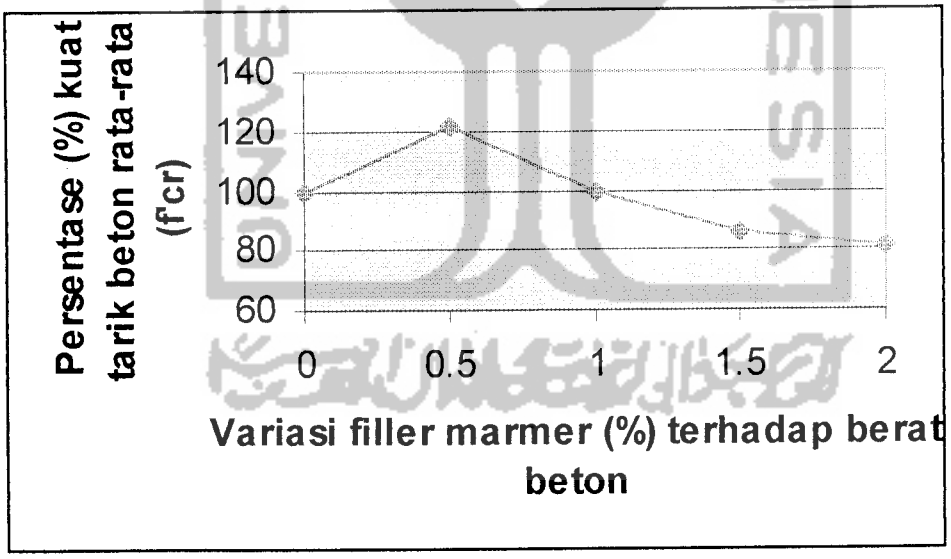
Gambar 5.1 Grafik hubungan antara variasi filler marmer dengan kuat desak beton rata-rata (f'cr).



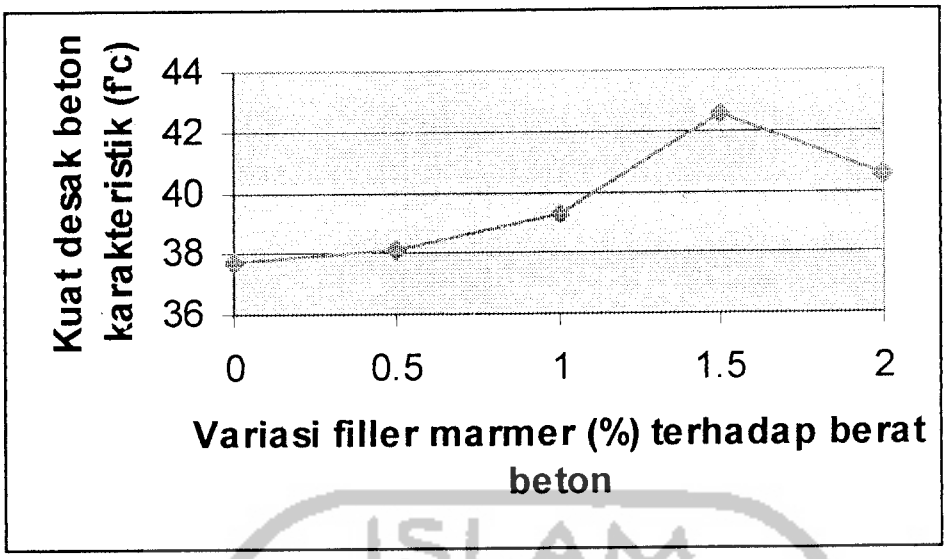
Gambar 5.2 Grafik hubungan antara variasi filler marmer dengan persentase kuat desak beton rata-rata (f'cr).



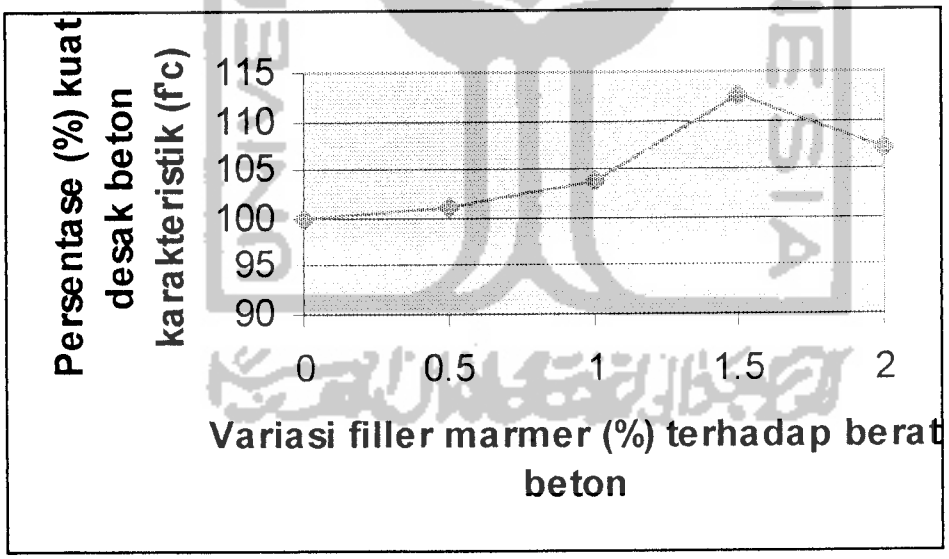
Gambar 5.3 Grafik hubungan antara variasi filler marmer dengan kuat tarik beton rata-rata (f'cr).



Gambar 5.4 Grafik hubungan antara variasi filler marmer dengan persentase kuat tarik beton rata-rata (f'cr).



Gambar 5.5 Grafik hubungan antara variasi filler marmer dengan kuat desak beton karakteristik (f'c).



Gambar 5.6 Grafik hubungan antara variasi filler marmer dengan persentase kuat desak beton karakteristik (f'c).

5.2 Pembahasan

5.2.1 Kuat Desak Beton

Secara keseluruhan beton dengan variasi *filler* marmer Tulungagung 0,5%, 1,0%, 1,5% dan 2,0% dari berat beton mengalami peningkatan kuat desak dibandingkan beton tanpa menggunakan *filler* marmer Tulungagung. Kuat desak paling optimum diperoleh dengan variasi *filler* marmer Tulungagung sebesar 1,5%, kemudian terjadi penurunan kuat desak beton dengan menggunakan variasi *filler* marmer Tulungagung lebih dari 1,5%.

Beton tanpa *filler* marmer Tulungagung pada umur 28 hari memiliki kuat desak karakteristik sebesar 37,78 MPa sedangkan kuat desak beton menggunakan variasi *filler* marmer Tulungagung 1,5% dari berat beton memiliki kuat desak karakteristik sebesar 42,548 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 12,62 % dibandingkan dengan beton tanpa menggunakan *filler* marmer Tulungagung.

Penyebab naiknya kuat desak beton *filler* marmer Tulungagung adalah berkurangnya porositas pada beton tersebut, yang ditandai dengan berkurangnya selisih antara berat beton basah dengan berat beton kering, sehingga kepadatan beton bertambah.

Berdasarkan rumus pada persamaan (4.6)

$$\text{Porositas} = \frac{\text{berat basah beton} - \text{berat kering beton}}{\text{berat kering beton}} \times 100\%$$

Tabel 5.3 Porositas pada beton variasi *filler* marmer berdasarkan berat beton.

Variasi (%)	Beton umur 28 hari		
	Berat basah rata (kg)	Berat kering rata (kg)	Porositas (%)
0	13,5	12,82	5,304
0,5	13,485	12,84	5,023
1,0	13,465	12,85	4,786
1,5	13,45	12,86	4,588
2,0	13,455	12,86	4,626

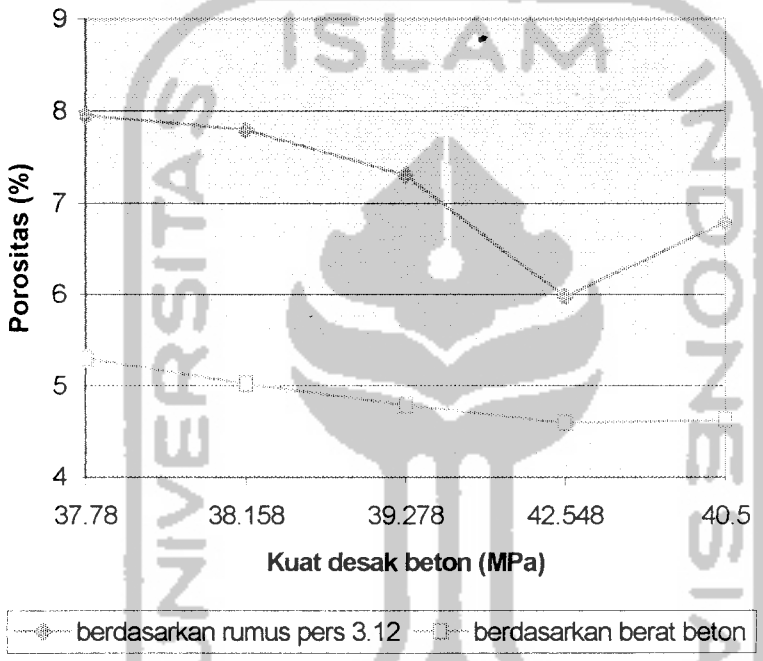
Kuat desak beton naik seiring dengan menurunnya porositas pada beton dan optimal pada variasi *filler* marmer Tulungagung sebesar 1,5% dari berat beton. Tetapi mengalami penurunan kuat desak beton seiring dengan naiknya porositas pada beton dengan menggunakan variasi *filler* marmer Tulungagung lebih dari 1,5%. Walaupun demikian beton sampai dengan menggunakan *filler* marmer Tulungagung sebesar 2,0%, kuat desak beton yang dihasilkan masih tetap lebih tinggi dibandingkan dengan beton tanpa menggunakan *filler* marmer Tulungagung.

Berdasarkan rumus $f'c = fi\left(1 - \frac{p}{100}\right)^n$ (pada persamaan 3.12), dengan fi = 59,83 MPa dan n = 5,54 maka didapatkan porositas (p) pada beton .

Tabel 5.4 Porositas pada beton variasi *filler* marmer berdasarkan rumus pada persamaan 3.12

Variasi (%)	Beton umur 28 hari	
	f'c (MPa)	Porositas (%)
0	37,780	7,96
0,5	38,158	7,80
1,0	39,278	7,31
1,5	42,548	5,98
2,0	40,500	6,80

Berdasarkan data dari tabel 5.4 (menggunakan rumus pada persamaan 3.12) terlihat hubungan bahwa semakin kecil porositas (p) maka semakin besar kuat desak beton (f'c). Oleh karena itu untuk mengurangi porositas dapat digunakan limbah marmer yang berfungsi sebagai bahan pengisi yang dapat meningkatkan kuat desak beton.



Gambar 5.7 Grafik hubungan antara porositas dengan kuat desak beton

Berdasakan grafik dari gambar 5.7 terlihat hubungan bahwa porositas adalah berbanding terbalik dengan kuat desak beton (semakin kecil porositas (p) maka semakin besar kuat desak beton (f'c)).

5.2.2 Kuat Tarik Beton

Berdasarkan hasil uji belah terlihat bahwa untuk beton dengan variasi *filler* marmer Tulungagung sebesar 0,5% dari berat beton, mengalami kenaikan kuat tarik dibandingkan dengan beton tanpa *filler* marmer Tulungagung. Tetapi untuk beton menggunakan variasi *filler* marmer Tulungagung lebih dari 0,5% dari berat beton, mengalami penurunan sampai dibawah kuat tarik beton tanpa menggunakan *filler* marmer Tulungagung.

Beton dengan variasi *filler* marmer Tulungagung sebesar 0,5% dari berat beton mengalami kenaikan kuat tarik karena semen masih dapat mengikat/menyelimuti *filler* marmer. Sedangkan beton dengan variasi *filler* marmer Tulungagung lebih besar 0,5% dari berat beton mengalami penurunan kuat tarik karena semen sudah tidak dapat mengikat/menyelimuti *filler* marmer. Hal ini karena *filler* marmer bertambah banyak, maka luasan campuran betonpun bertambah sehingga semen tidak mampu mengikat/menyelimuti campuran beton.

5.2.3 Hubungan Kuat Desak dan Kuat Tarik Beton

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 (DPU, 1991), pasal 3.2.5 $f_{ct} = 0{,}7 \sqrt{f'c}$

Tabel 5.5 Hubungan kuat desak dan kuat tarik beton

Variasi (%)	Kuat desak f'c (MPa)	Kuat tarik f'ct (MPa)	Kuat tarik teoritis fct = 0,7 √ f'c (MPa)
0	37,780	3,565	4,302
0,5	38,158	4,342	4,324
1,0	39,278	3,565	4,387
1,5	42,548	3,071	4,566
2,0	40,500	2,887	4,455

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERPUSTAKAAN YOGYAKARTA

Berdasarkan data dari tabel 5.5 (dengan menggunakan rumus fct = 0,7 $\sqrt{}$ f'c) ternyata rumus tersebut hanya bisa digunakan untuk beton normal ataupun beton serat dan tidak dapat digunakan untuk beton *filler* marmer (terjadi penurunan kuat tarik). Hal ini karena beton *filler* marmer mampu menahan desak dan kurang mampu menahan tarik, maka terjadi penyimpangan perilaku antara kuat desak beton dengan kuat tarik beton (meningkatnya kuat desak beton tidak diikuti dengan meningkatnya kuat tarik beton).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian kuat desak beton yang dilakukan dengan menggunakan *filler* marmer Tulungagung dengan variasi 0,5%, 1,0%, 1,5% dan 2,0% dari berat beton mengalami kenaikan dibandingkan dengan beton tanpa *filler* marmer Tulungagung.
2. Hasil kuat desak beton paling baik diperoleh dengan penggunaan *filler* marmer Tulungagung sebesar 1,5% dari berat beton.
3. Hasil pengujian kuat tarik beton yang dilakukan dengan menggunakan *filler* marmer Tulungagung dengan variasi 0,5% dari berat beton mengalami kenaikan dibandingkan dengan beton tanpa *filler* marmer Tulungagung. Tetapi pada beton dengan menggunakan *filler* marmer Tulungagung lebih dari 0,5% dari berat beton terjadi penurunan kuat tarik dibandingkan dengan beton tanpa *filler* marmer Tulungagung.
4. Hasil kuat tarik beton paling baik diperoleh dengan penggunaan *filler* marmer Tulungagung sebesar 0,5% dari berat beton.

5. Dari hasil perhitungan porositas yang terjadi, terdapat penurunan persentase porositas pada beton dengan variasi 0,5%, 1,0%, 1,5% dan 2,0% dari berat beton dibandingkan dengan beton tanpa *filler* marmer Tulungagung. Penurunan persentase porositas pada beton inilah yang menyebabkan peningkatan kuat desak beton.

6.2 Saran

Untuk melengkapi dan menyempurnakan pengetahuan tentang beton yang menggunakan *filler* marmer Tulungagung, maka perlu diadakan penelitian lebih lanjut. Ada beberapa saran yang dapat kami berikan, antara lain :

1. Adanya kelanjutan penelitian untuk mengetahui seberapa besar kuat lentur balok beton yang menggunakan *filler* marmer Tulungagung dibandingkan balok beton tanpa *filler* marmer Tulungagung.
2. Menindaklanjuti penelitian, untuk mengetahui pengaruh penambahan *filler* marmer Tulungagung terhadap beton mutu tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

....., 1991, **TATA CARA PERHITUNGAN STRUKTUR BETON BERTULANG UNTUK BANGUNAN GEDUNG,** SK-SNI-T-15-1991-03, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.

Istimawan Dipohusodo, 1994, **STRUKTUR BETON BERTULANG,** Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.

Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992, **TEKNOLOGI BETON,** Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.

Mindes, M dan Young, J.F., 1981, **CONCRETE,** Prentice Hall, Inc., Englewood Clifts, New Jersey.

Murdock, L.J. dan Brook, K.M., 1986, **BAHAN DAN PRAKTEK BETON,** alih bahasa Hendarko, Erlangga, Jakarta.

Popovic, S, 1998, **STRENGTH AND RELATED PROPERTIES OF CONCRETE,** John Wiley and Son, Inc., New York.

Segel, R, Kole, P, dan Gideon H. Kusuma, 1993, **PEDOMAN PENGERJAAN BETON, SERI BETON 2,** Erlangga, Jakarta.

Wang, C.K. dan Salmon, C.G., 1995, **REINFORCED CONCRETE DESIGN (4^{th}ed),** Harper and Row Publiser, Inc., New York.

LAMPIRAN

DEPARTEMEN KESEHATAN R.I.
DIREKTORAT JENDERAL PEMBERANTASAN PENYAKIT MENULAR DAN PENYEHATAN LINGKUNGAN PEMUKIMAN
BALAI TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN
JALAN POLOWIJAN NO. 11, TELP. (0274) 376288, FAX. 384637, YOGYAKARTA 55133

PEMERIKSAAN PARAMETER FISIKA DAN KIMIA

Jenis sampel : Padatan
Asal sampel : -
Dikirim oleh : Putut Alamanda, Mhs.T.Sipil UII Yogyakarta
Dambil oleh : Putut Alamanda, Mhs.T.Sipil UII Yogyakarta
Tgl.Pengambilan/penerimaan : - / 8-11-2001
No.lab. : 10666 F
10666 F : Contoh mammer serbuk, diambil di Tulungagung, Jawa Timur.

No.	Parameter	Satuan	Hasil analisa
			10666 F
1.	Silikat	mg/kg	856,276
2.	Aluminium	mg/kg	-

Yogyakarta, 27 Nopember 2001

Mengetahui :
Kepala Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Yogyakarta

Drs.Maryadi Broto Suwandi MS
NIP.140093408

Koordinator Lab. Kimia Fisika Zat Padat dan Cair

Ir.Sigit Hernowo
NIP.140129859

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Jenis benda uji : Agregat Halus
Nama benda uji : Pasir
Asal : Kali Krasak
Keperluan : Data Penelitian Tugas Akhir

Di periksa oleh
1. Erwin Yosefto (94310300)
2. Putut Alamanda D (95310298)

Tanggal : 27 September 2001

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat agregat (W)	110 gram	118,35 gram
Volume air (V_1)	500 cc	500 cc
Volume air + Agregat (V_2)	540 cc	545 cc
Berat jenis (BJ) $\frac{W}{V_2 - V_1}$	2,75 t/m^3	2,63 t/m^3
Berat jenis rata-rata	2,69 t/m^3	

Berat Jenis Pasir = 2,69 t/m^3

Yogyakarta, 12 Nopember 2001
Mengetahui
Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
BERAT VOLUME AGREGAT KASAR

Jenis benda uji : Agregat Kasar
Nama benda uji : Kerikil
Asal : Kali Krasak
Keperluan : Data Penelitian Tugas Akhir

Di periksa oleh
1. Erwin Yosefto (94310300)
2. Putut Alamanda D (95310298)

Tanggal : 27 September 2001

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat silinder (W_1)	5,4 kg	5,3 kg
Berat silinder + kerikil (W_2)	13,35 kg	12,45 kg
Volume silinder (V)	0,0035 m^3	0,0035 m^3
Berat volume silinder $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,5 t/m^3	1,33 t/m^3
Berat volume rata-rata	1,415 t/m^3	

Berat volume Kerikil = 1,415 t/m^3

Yogyakarta, 12 Nopember 2001
Mengetahui
Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Yogyakarta

DATA PEMERIKSAAN
BERAT VOLUME AGREGAT HALUS

Jenis benda uji : Agregat Halus
Nama benda uji : Pasir
Asal : Kali Krasak
Keperluan : Data Penelitian Tugas Akhir

Di periksa oleh
1. Erwin Yosefto (94310300)
2. Putut Alamanda D (95310298)

Tanggal : 27 September 2001

	BENDA UJI I	BENDA UJI II
Berat silinder (W_1)	5,34 kg	5,34 kg
Berat silinder + kerikil (W_2)	15,85 kg	15,68 kg
Volume silinder (V)	0,0035 m^3	0,0035 m^3
Berat volume silinder $\frac{W_2 - W_1}{V}$	1,795 t/m^3	1,762 t/m^3
Berat volume rata-rata	1,778 t/m^3	

Berat volume pasir = 1,778 t/m^3

Yogyakarta, 12 Nopember 2001
Mengetahui
Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK UII

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON

Kode	Diameter	Tinggi	Luas	Berat basah	Berat kering	Berat Vol	Beban maks	Kuat Desak	(f'ci-f'cr)2
	cm	cm	cm2	kg	kg	t/m3	kN	Mpa	Mpa
BFM 0%	15.1	30.02	178.98785	13,5	12.8	2.382186342	720	40.22619412	0.129236025
BFM 0%	15	29.77	176.625	13,5	12.7	2.415309066	735	41.61358811	3.05161807
BFM 0%	14.92	29.86	174.746024	13,4	12.7	2.433921766	700	40.05813603	0.036647753
BFM 0%	15.16	29.08	180.413096	13,5	12.8	2.439762255	680	37.69127713	4.732464644
BFM 0%	15	30.17	176.625	13,5	12.7	2.383286407	720	40.76433121	0.80574179
BFM 0%	15.1	30.02	178.98785	13,4	12.9	2.400797173	660	36.87401128	8.956185771
BFM 0%	15	30.19	176.625	13,4	12.8	2.400461151	700	39.63198868	0.055089405
BFM 0%	15	30.13	176.625	13,6	13	2.442823255	695	39.34890304	0.268113689
BFM 0%	15	29.82	176.625	13,4	12.7	2.411259252	710	40.19815994	0.109865694
BFM 0%	15.15	29.95	180.1751625	13,5	12.8	2.372019312	720	39.96111284	0.008913785
BFM 0%	15.09	29.85	178.7508585	13,4	12.7	2.380187934	730	40.8389647	0.945298643
BFM 0%	15.08	29.49	178.514024	13,6	13	2.469427271	740	41.45332582	2.517381487
BFM 0%	15.03	30.13	177.3322065	13,6	12.8	2.39564918	695	39.19197836	0.455249289
BFM 0%	15.14	30.03	179.937386	13,6	12.8	2.368826377	735	40.84754238	0.96205177
BFM 0%	15.05	30.19	177.8044625	13,5	12.9	2.403166939	715	40.21271401	0.119725694
BFM 0%	14.94	29.41	175.214826	13,6	12.8	2.483957114	670	38.23877324	2.65014553
BFM 0%	15.14	30.17	179.937386	13,4	12.8	2.357834144	720	40.01391906	0.021673453
BFM 0%	15.01	30.1	176.8605785	13,4	12.8	2.404431632	700	39.57919882	0.082656928
BFM 0%	15.04	30.22	177.568256	13,6	13	2.422610321	720	40.547788	0.463880865
BFM 0%	15.03	30.11	177.3322065	13,6	12.9	2.415968886	710	40.0378484	0.029291774
				270	256,4			797,326	26,396

Yogyakarta, Nopember 2001
Mengetahui,
Laboratorium BKT FTSP UII

Hasil perhitungan kuat desak karakteristik silinder beton

$$f'cr = \frac{\sum f'ci}{n}$$

$$f'cr = \frac{797{,}326}{20} \quad 39{,}8667 \text{ MPa}$$

$$sd = \sqrt{\frac{\sum (f'ci - f'cr)^2}{n-1}}$$

$$sd = \sqrt{\frac{26{,}396}{19}} = 1{,}178 \text{ Mpa}$$

$$f'c = f'cr - k\,sd$$

$$= 39{,}8667 - 1{,}64 \,.\, (1{,}08 \,.\, 1{,}178)$$

$$= 37{,}78 \text{ MPa}$$

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

Has

f'c

f'c

sd

sd

f'c

HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON

Kode	Diameter	Tinggi	Luas	Berat basah	Berat kering	Berat Vol	Beban maks	Kuat Desak	(f'ci-f'cr)2
	cm	cm	cm2	kg	kg	t/m3	kN	Mpa	Mpa
BFM 0.5%	15.01	30.33	176.8605785	13,5	12.9	2.404840397	740	41.84086732	0.36425169
BFM 0.5%	15.06	30.11	178.040826	13,4	12.8	2.387699199	730	41.00183179	2.081003031
BFM 0.5%	15.08	30.16	178.514024	13,5	12.9	2.395995694	705	39.49269554	8.712559201
BFM 0.5%	15.16	30.18	180.413096	13,6	12.9	2.369203773	745	41.2941198	1.323144535
BFM 0.5%	15.01	30.32	176.8605785	13,5	12.8	2.386985229	805	45.51607864	9.435209691
BFM 0.5%	15.02	30.17	177.096314	13,4	12.8	2.395659756	770	43.47916581	1.070740273
BFM 0.5%	14.96	30.26	175.684256	13,4	12.8	2.407732318	770	43.82862856	1.916088705
BFM 0.5%	15.1	30.27	178.98785	13,5	12.8	2.36251186	755	42.18163412	0.06904591
BFM 0.5%	15.06	30.02	178.040826	13,5	12.8	2.394857524	795	44.65267983	4.876499806
BFM 0.5%	15.08	30.43	178.514024	13,4	12.8	2.356327639	800	44.81440629	5.616929815
BFM 0.5%	15.17	30.23	180.6511865	13,5	12.8	2.34385642	770	42.62357834	0.032104878
BFM 0.5%	14.96	30.34	175.684256	13,6	12.9	2.42014446	765	43.54402708	1.209179705
BFM 0.5%	15.07	30.43	178.2773465	13,4	12.8	2.359455854	790	44.31297725	3.491580947
BFM 0.5%	15	30.29	176.625	13,5	12.8	2.392536222	725	41.04741684	1.951561939
BFM 0.5%	14.95	30.36	175.4494625	13,6	12.9	2.421786763	735	41.89240534	0.304698103
BFM 0.5%	14.9	30.31	174.27785	13,6	12.9	2.442089523	790	45.32991427	8.326192614
BFM 0.5%	14.92	30.25	174.746024	13,5	12.9	2.44037759	710	40.63039512	3.290613721
BFM 0.5%	15.19	30.38	181.1278385	13,4	12.8	2.326146139	730	40.30302609	4.585482239
BFM 0.5%	15.11	30.18	179.2249985	13,5	12.9	2.384909423	745	41.56786197	0.76831891
BFM 0.5%	15.11	30.37	179.2249985	13,4	12.8	2.351617007	715	39.89398834	6.504599647
				269,7	256,8			849,235	112,179

Yogyakarta, Nopember 2001
Mengetahui,
Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON

Kode	Diameter	Tinggi	Luas	Berat basah	Berat kering	Berat Vol	Beban maks	Kuat Desak	(f'ci-f'cr)2
	cm	cm	cm2	kg	kg	t/m3	kN	Mpa	Mpa
BFM 1.0%	15.05	30.23	177.8044625	13,5	12.9	2.399987095	720	40.4939218	10.84436404
BFM 1.0%	15	30.35	176.625	13,4	12.9	2.406461068	775	43.87827318	0.008330793
BFM 1.0%	14.95	30.42	175.4494625	13,4	12.8	2.398273551	845	48.16201703	19.14077397
BFM 1.0%	15.19	30.13	181.1278385	13,6	12.9	2.363770858	735	40.57907421	10.29078787
BFM 1.0%	14.98	30.3	176.154314	13,5	12.9	2.416872824	765	43.42783226	0.129001467
BFM 1.0%	15.14	30.15	179.937386	13,5	12.8	2.359398213	835	46.40503114	6.854087033
BFM 1.0%	15.05	30.49	177.8044625	13,4	12.9	2.379521479	700	39.36909064	19.51792313
BFM 1.0%	15.17	29.97	180.6511865	13,3	12.8	2.364190176	845	46.77522558	8.929492123
BFM 1.0%	15.12	30.14	179.462304	13,4	12.8	2.36642902	700	39.00540584	22.86364274
BFM 1.0%	15.1	30.4	178.98785	13,6	12.9	2.370787209	885	49.44469694	32.00953472
BFM 1.0%	14.95	30.04	175.4494625	13,3	12.7	2.409637707	830	47.30706998	12.39089265
BFM 1.0%	15.15	30.27	180.1751625	13,5	12.8	2.346943455	780	43.29120558	0.245812108
BFM 1.0%	15	30.2	176.625	13,4	12.8	2.399666296	780	44.16135881	0.140144519
BFM 1.0%	15.07	30.27	178.2773465	13,4	12.8	2.371927374	840	47.11759607	11.09287015
BFM 1.0%	15.09	30.47	178.7508585	13,5	12.9	2.368476717	755	42.23755938	2.400766237
BFM 1.0%	14.99	30.19	176.3895785	13,6	12.9	2.422443602	825	46.77147069	8.907065271
BFM 1.0%	15.16	30.09	180.413096	13,6	12.9	2.376290125	760	42.12554503	2.760432609
BFM 1.0%	15.06	30.15	178.040826	13,4	12.8	2.384531438	765	42.96767304	0.671296661
BFM 1.0%	15.09	30.09	178.7508585	13,5	12.9	2.398387689	728	40.72707712	9.363128011
BFM 1.0%	15.02	30.38	177.096314	13,5	12.9	2.397686614	735	41.50284009	5.217386507
				269,3	257			875,74	123,134

Yogyakarta, Nopember 2001
Mengetahui,
Laboratorium BKT FTSP UII

Hasil perhitungan kuat desak karakteristik silinder beton

$$f'cr = \frac{\sum f'ci}{n}$$

$$f'cr = \frac{875{,}74}{20} = 43{,}787 \text{ MPa}$$

$$sd = \sqrt{\frac{\sum (f'ci - f'cr)^2}{n-1}}$$

$$sd = \sqrt{\frac{123{,}134}{19}} = 2{,}546 \text{ Mpa}$$

$$f'c = f'cr - k\,sd$$

$$= 43{,}787 - 1{,}64 \,.\, (1{,}08 \,.\, 2{,}546)$$

$$= 39{,}278 \text{ MPa}$$

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON

Kode	Diameter	Tinggi	Luas	Berat basah	Berat kering	Berat Vol	Beban maks	Kuat Desak	(f'ci-f'cr)2
	cm	cm	cm2	kg	kg	t/m3	kN	Mpa	Mpa
BFM1.5%	15.09	30.33	178.7508585	13,4	12.8	2.360964316	870	48.67109491	3.444160345
BFM1.5%	15.04	30.37	177.568256	13,4	12.8	2.373558	770	43.36360661	11.91384208
BFM1.5%	14.85	30.1	173.1101625	13,3	12.5	2.398948658	880	50.83468164	16.15583074
BFM1.5%	15	30.42	176.625	13,5	13	2.419535328	825	46.70912951	0.011261558
BFM1.5%	15.21	30.37	181.6051185	13,5	12.8	2.320796671	755	41.57371809	27.47365678
BFM1.5%	14.92	30.35	174.746024	13,6	13	2.451192132	855	48.92815186	4.464354289
BFM1.5%	15.09	30.07	178.7508585	13,4	12.8	2.381378373	845	47.27250023	0.209077775
BFM1.5%	15.05	30.31	177.8044625	13,4	12.8	2.37509714	840	47.24290877	0.18289202
BFM1.5%	14.91	30.14	174.5118585	13,4	12.9	2.452570604	860	49.28031868	6.076563588
BFM1.5%	15.03	30.47	177.3322065	13,5	12.9	2.387424455	845	47.65067873	0.697941159
BFM1.5%	15.08	30.41	178.514024	13,6	13	2.394719179	850	47.61530668	0.640090696
BFM1.5%	15.11	30.4	179.2249985	13,5	13	2.386004087	770	42.96275667	14.84170485
BFM1.5%	15.05	30.12	177.8044625	13,6	13	2.427424484	895	50.33619446	12.39704988
BFM1.5%	15.2	30.34	181.3664	13,5	12.9	2.344322205	845	46.59076874	0.050391835
BFM1.5%	15.03	30.21	177.3322065	13,3	12.6	2.351972296	845	47.65067873	0.697941159
BFM1.5%	14.99	30.16	176.3895785	13,5	12.9	2.424853194	815	46.20454377	0.372962102
BFM1.5%	15	30.06	176.625	13,3	12.7	2.392007681	850	48.12455768	1.714286597
BFM1.5%	15.11	30.22	179.2249985	13,4	12.9	2.381752693	805	44.91560925	3.608634989
BFM1.5%	15.08	30.29	178.514024	13,5	13	2.404206346	810	45.37458637	2.075511699
BFM1.5%	15	30.43	176.625	13,4	12.9	2.400134519	795	45.01061571	3.256704916
				269	257,2			936,305	110,281

Yogyakarta, Nopember 2001
Mengetahui,
Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Fax. (0274) 895330 Yogyakarta.

HASIL UJI KUAT DESAK SILINDER BETON

Kode	Diameter	Tinggi	Luas	Berat basah	Berat kering	Berat Vol	Beban maks	Kuat Desak	(f'ci-f'cr)2
	cm	cm	cm2	kg	kg	t/m3	kN	Mpa	Mpa
BFM 2.0%	15.09	30.13	178.7508585	13,4	12.8	2.376636166	740	41.39840257	10.48106586
BFM 2.0%	15.21	30.44	181.6051185	13,4	12.9	2.333549283	795	43.77629918	0.738827613
BFM 2.0%	14.99	30.45	176.3835785	13,3	12.7	2.364522775	795	45.07068993	0.189085767
BFM 2.0%	14.87	30.39	173.5767665	13,4	12.8	2.426541235	760	43.7846617	0.724521524
BFM 2.0%	15.05	30.37	177.8044625	13,5	12.9	2.388923605	765	43.02479191	2.595508164
BFM 2.0%	15.1	30.02	178.98785	13,5	12.9	2.400797173	850	47.48925695	8.141931236
BFM 2.0%	15.02	30.45	177.096314	13,4	12.9	2.392174691	760	42.91450131	2.963041296
BFM 2.0%	15.01	30.33	176.8605785	13,4	12.9	2.404840397	835	47.21233002	6.638249303
BFM 2.0%	15	30.27	176.625	13,5	12.9	2.412821058	770	43.59518754	1.082978347
BFM 2.0%	15.03	30.34	177.3322065	13,4	12.9	2.397654026	840	47.36872205	7.468589635
BFM 2.0%	15.06	30.33	178.040826	13,6	13	2.407417103	740	41.56350072	9.439330086
BFM 2.0%	15.15	29.89	180.1751625	13,3	12.7	2.358212209	755	41.90366694	7.464824281
BFM 2.0%	14.9	29.9	174.27785	13,3	12.6	2.418004825	840	48.19889619	12.69529814
BFM 2.0%	14.93	30.43	174.9803465	13,5	12.9	2.422693565	810	46.29091302	2.739233599
BFM 2.0%	15.16	30.17	180.413096	13,5	13	2.388361065	770	42.67982852	3.826020031
BFM 2.0%	15.06	29.9	178.040826	13,4	12.8	2.404468992	835	46.89935554	5.12345735
BFM 2.0%	14.91	30.22	174.5118585	13,6	13	2.465039874	825	47.27472431	6.963657642
BFM 2.0%	15.15	30	180.1751625	13,4	12.9	2.386566461	770	42.73619012	3.608707649
BFM 2.0%	14.94	30.36	175.214826	13,6	13	2.443828546	825	47.0850566	5.998612987
BFM 2.0%	15.2	29.96	181.3664	13,4	12.9	2.374056599	770	42.45549341	4.753954859
				268,8	257,4			892,717	103,633

Yogyakarta, Nopember 2001
Mengetahui,
Laboratorium BKT FTSP UII

Hasil perhitungan kuat desak karakteristik silinder beton

$$f'cr = \frac{\sum f'ci}{n}$$

$$f'cr = \frac{892{,}717}{20} = 44{,}6358 \text{ MPa}$$

$$sd = \sqrt{\frac{\sum (f'ci - f'cr)^2}{n-1}}$$

$$sd = \sqrt{\frac{103{,}633}{19}} = 2{,}335 \text{ Mpa}$$

$$f'c = f'cr - k\ sd$$

$$= 44{,}6358 - 1{,}64\ .\ (\ 1{,}08\ .\ 2{,}335\ )$$

$$= 40{,}50 \text{ MPa}$$