

PERPUSTAKAAN FTSP UII

HADIAH/BELI

TGL. TERIMA : 4 OCT 2001 39-08

NO. JUDUL : 00 3109

NO. INV. : 370 / TA / 375

NO. INDUK : 02.000.3109.001

TUGAS AKHIR

**PENELITIAN LABORATORIUM
PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* DAN LIMBAH ABU
SEKAM PADI (*RICE HUSK ASH*) TERHADAP KUAT DESAK
BETON MUTU TINGGI
(SUATU STUDI KOMPARASI)**



MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UII YOGYAKARTA

Disusun Oleh :

AGUSTINA WIDYASTUTI

No. Mhs : 93310054

NIRM : 930051013114120053

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2001**

**PENELITIAN LABORATORIUM
PENGARUH PENGGUNAAN *FLY ASH* DAN LIMBAH ABU
SEKAM PADI (*RICE HUSK ASH*) TERHADAP KUAT DESAK
BETON MUTU TINGGI
(SUATU STUDI KOMPARASI)**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil**

Disusun Oleh :

AGUSTINA WIDYASTUTI

No. Mhs : 93310054

NIRM : 930051013114120053

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2001**

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan ridhonya, karena dengan kasih dan sayang-Nyalah tugas akhir ini dapat diselesaikan. Sholawat dan salam semoga terlimpah kepada Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir hayat.

Tugas akhir dalam bentuk penelitian laboratorium dengan judul “Pengaruh Penggunaan Limbah Abu Terbang (*Fly Ash*) dan Abu Sekam (*Rice Husk Ash*) Terhadap Kuat Desak Beton Mutu Tinggi (Suatu Komparasi)” ini, diajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Hal ini tidak terlepas dari dukungan serta sumbangan pikiran berbagai pihak yang selalu memberikan motivasi dalam menghadapi hambatan yang terjadi selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan. Untuk itu dengan segala keikhlasan hati dihaturkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir.H.Widodo MSCE., PhD., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. H.M. Teguh MSc., selaku Dosen Pembimbing I,
3. Bapak Ir. H. Kasam MT., selaku Dosen Pembimbing II,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PRAKATA	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	v
INTISARI	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Lingkup Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Peneltian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pendahuluan	6
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	7
BAB III LANDASAN TEORI	9
3.1 Beton Mutu Tinggi	9
3.2 Material Penyusun Beton	11

3.2.1 Semen Portland	11
3.2.2 Agregat Halus	15
3.2.3 Agregat Kasar	16
3.2.4 Air	16
3.2.5 Pozzolan	18
3.2.6 <i>Superplasticizer</i>	28
3.3 Kekuatan Beton	30
3.4 Faktor Air Semen	31
3.5 Slump	33
3.6 <i>Workability</i>	34
3.7 Metode Perencanaan Adukan Beton	35
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	39
4.1 Bahan Penelitian	39
4.2 Alat Penelitian	40
4.3 Prosedur Penelitian	42
4.3.1 Tahap Uji Bahan Dasar	42
4.3.2 Perencanaan Campuran Beton	44
4.3.3 Tahap Uji Kuat Desak Beton	45
4.3.4 Pengolahan Data	46
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	47
5.1 Hasil Penelitian	47
5.1.1 Kuat Desak Beton Umur 14 Hari	47

5.1.2 Kuat Desak Beton Umur 28 Hari	51
5.2 Pembahasan	57
5.2.1 Kuat Desak Beton	57
5.2.2 Umur Beton	62
BAB VI KESIMPILAN DAN SARAN	67
6.1 Kesimpulan	67
6.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia yang sedang berlangsung, menuntut setiap aspek yang terlibat di dalamnya untuk bekerja keras mengikuti perubahan yang terjadi. Sebagai bagian dari perubahan global tidak ada pilihan kecuali mengikuti kompetisi yang ada. Perkembangan teknologi yang lebih menuntut persoalan efektifitas dan efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya alam mendorong perlunya inovasi dalam pemanfaatannya.

Dalam dunia konstruksi upaya melakukan berbagai penelitian untuk mencapai produk-produk konstruksi yang inovatif terus dilakukan. Penggunaan limbah dalam perencanaan adukan beton adalah salah satu cara untuk memanfaatkan sumberdaya alam dengan lebih efektif dan efisien. Diantaranya adalah perencanaan campuran untuk memperoleh beton dengan mutu tinggi, yang digunakan untuk bangunan gedung bertingkat tinggi, dengan memperhatikan syarat-syarat kekuatan, penampilan beton dan kemudahan pengerjaan beton.

Limbah abu sekam dan abu terbang banyak terdapat di Indonesia.. Abu terbang (*fly ash*) adalah produk hasil pembakaran batubara. Jumlah abu terbang yang dihasilkan di Indonesia sekitar 400.000 – 500.000 ton/tahun. . Sedangkan abu sekam

2. memanfaatkan abu sekam yang banyak ditemukan sebagai limbah di daerah Bantul, Yogyakarta, dalam pembuatan beton mutu tinggi,
3. ikut berperan dalam penyelamatan lingkungan hidup.

1.5 Batasan Masalah

Sesuai dengan tujuan penelitian, maka perlu batasan-batasan sebagai berikut ini.

1. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan diameter maksimum 20 mm.
2. Agregat halus digunakan pasir dari Sungai Boyong Yogyakarta.
3. Bahan-ikat adalah semen, digunakan semen jenis I merk Gresik kemasan 50 kg/kantong.
4. Bahan-tambah abu terbang diambil dari Suralaya, Banten dan bahan-tambah abu sekam diambil dari industri pembuatan batu bata di daerah Bantul Yogyakarta.
5. Penggunaan bahan tambah abu terbang dengan 3 variasi (5%, 10%, 15%) dari proporsi penggunaan semen pada beton tanpa bahan tambah. Hal ini dilakukan juga untuk abu sekam. Pengujian kuat desak beton masing-masing variasi sebanyak 10 benda uji.
6. Benda uji dibuat dengan cetakan silinder standar diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm.
7. Pengujian kuat desak beton dilakukan untuk umur 14 hari dan 28 hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Dalam bidang struktur beton adalah salah satu bahan yang paling banyak digunakan sebagai bahan bangunan. Hal ini disebabkan antara lain karena beton terbuat dari bahan – bahan yang mudah didapat dan harganya relatif murah.

Beton diperoleh dengan mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dan semen portland atau bahan pengikat hidrolis lain yang sejenis, dengan atau tanpa bahan tambahan lain.

Menurut Nawy, 1990 parameter-parameter penting yang mempengaruhi kualitas beton sebagai berikut ini.

1. Kualitas semen.
2. Proporsi semen terhadap air dalam campurannya.
3. Kekuatan dan kebersihan agregat.
4. Interaksi atau adesi antara antara pasta semen dan agregat.
5. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton.
6. Penempatan yang benar, penyelesaian dan kompaksi beton segar.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton Mutu Tinggi

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambah membentuk masa padat (SK SNI T – 15 – 1991-03, 1991). Menurut kekuatannya, beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga (Lorrain, 1991) yaitu :

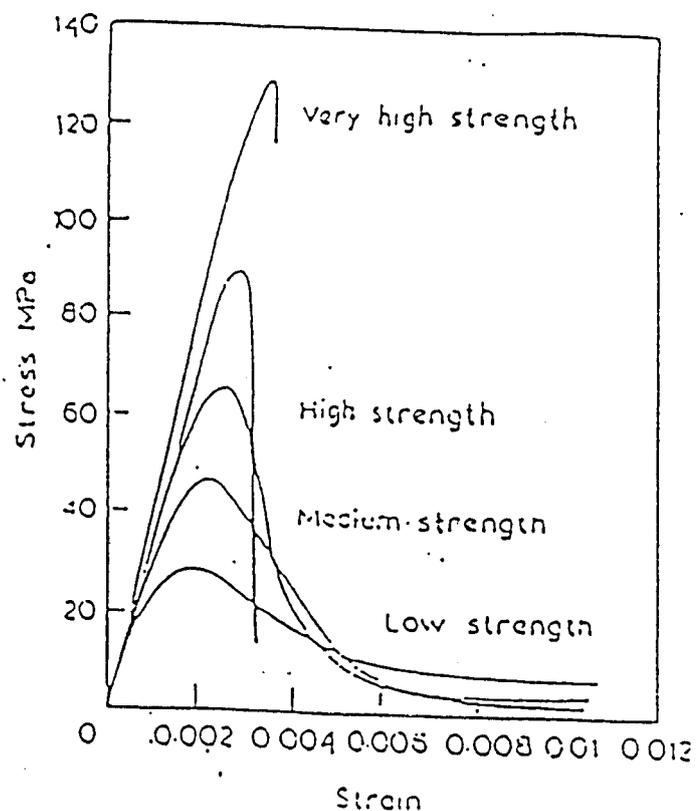
1. beton mutu normal atau *Normal Strength Concrete* (NSC), yaitu beton yang mempunyai kekuatan 200 – 500 kg/cm²,
2. beton mutu tinggi atau *High Strength Concrete* (HSC), yaitu beton yang mempunyai kekuatan 500 – 800 kg/cm²,
3. beton mutu sangat tinggi atau *Very High Strength Concrete* (VHSC), yaitu beton yang mempunyai kekuatan lebih 800 kg/cm².

American Concrete Institute (ACI) mendefinisikan beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai kuat tekan silinder melebihi 41 Mpa. Membuat komposisi campuran beton mutu tinggi memerlukan tingkat ketelitian lebih tinggi dibandingkan dengan beton biasa. Prosedur pembuatan campuran beton mutu tinggi pada dasarnya hampir sama dengan beton normal, tetapi akan berbeda pada proses pengaturan bahan tambahan yang menggantikan sebagian dari kandungan semen dalam campuran

tersebut dan diperlukan agregat berbutir lebih kecil untuk beton yang mempunyai kuat tekan sangat tinggi.

Kekuatan beton diukur dari keawetan dan sifat perubahan bentuknya, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor penentu antara lain kekuatan mortar, kekuatan agregat, ikatan antar agregat dan mortar. Pada beton mutu tinggi, jumlah retak mikro ikatan lebih sedikit karena kompatibilitas kekuatan lekatan tarik, juga kekuatan terhadap beban lebih tinggi dibandingkan beton normal.

Dengan mengamati Gambar 3.1 tentang kurva tegangan-regangan kuat tekan beton, tampak karakteristik yang membedakan beton mutu lebih tinggi dari beton normal.



Gambar 3.1 Kurva tegangan - regangan

3.2 Material Penyusun Beton

Pada dasarnya beton terdiri dari dua bagian utama, yaitu pasta semen dan agregat. Pasta semen terdiri dari semen portland, air dan bahan campuran tambahan (*admixture*). Sedangkan agregat terdiri dari agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir). Banyaknya pasta semen bervariasi antara 25% sampai dengan 40% dari volume total beton. Pasta semen akan berkelakuan sebagai pelumas pada campuran beton yang masih plastis dan berperilaku sebagai bahan pengikat saat campuran beton mengeras (Tumilar,1993).

Beton adalah elemen struktur yang memiliki karakteristik spesifik yang terdiri dari beberapa bahan penyusun berikut ini.

3.2.1 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982), berupa bubuk halus dengan kandungan kapur, silika, dan alumina.

Unsur-unsur pokok yang terdapat dalam semen portland dapat dilihat dalam Tabel 3.1. Oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan.

Tabel 3.1 Susunan unsur dalam semen (Nevilla, 1975)

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60 – 65
Silika, SiO ₂	17 – 25
Alumina, Al ₂ O ₃	3 – 8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5 – 6
Magnesia, MgO	0,5 – 4
Sulfur, SO ₃	1 – 2
Soda / potash Na ₂ O + K ₂ O	0,5 – 1

Walaupun demikian pada dasarnya dapat disebutkan 4 unsur yang paling penting seperti terlihat dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Komposisi unsur utama semen portland (Neville,1975)

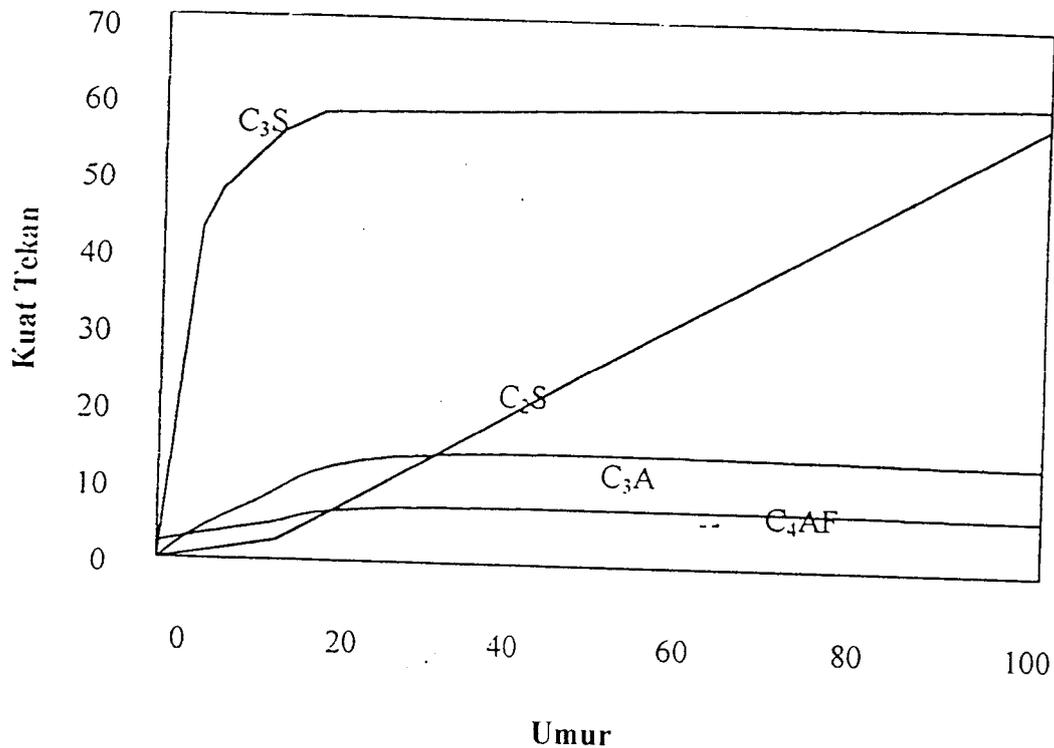
Nama Unsur	Komposisi Kimia	Simbol
Trikalsium silikat	3 CaO.SiO ₂	C ₃ S
Dikalsium silikat	2 CaO.SiO ₂	C ₂ S
Trikalsium aluminat	3 CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ A
Tetrakalsium Aluminoforit	4 CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

C_3S dan C_2S merupakan dua unsur utama yang menempati kurang lebih 70%-80% dari seluruh proporsi semen sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen (Tjokrodimulyo, 1992). Bila semen terkena air, maka C_3S akan segera berhidrasi dan menghasilkan panas. Selain itu, unsur ini juga berpengaruh besar terhadap pengerasan semen, terutama setelah mencapai umur 14 hari. Sebaliknya C_2S berreaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah lebih dari 7 hari, dan memberikan kekuatan akhir. C_2S ini juga membuat semen tahan terhadap serangan kimia dan akan mempengaruhi susutan pengeringan. Unsur C_3A berhidrasi secara exothermic, dan berreaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam.

C_3A berreaksi dengan air sebanyak kira – kira 40 % beratnya, namun karena jumlah unsur ini yang sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air hanya sedikit. Unsur C_3A ini sangat berpengaruh pada panas hidrasi tertinggi, baik selama pengerasan awal maupun pengerasan berikutnya yang panjang. Semen yang mengandung unsur ini lebih dari 10 % akan berkurang terhadap serangan asam sulfat. Oleh karena itu semen tahan sulfat tidak boleh mengandung unsur C_3A terlalu banyak (maksimum 5% saja). Semen yang terkena asam sulfat (SO_4) didalam air atau tanah disebabkan karena keluarnya C_3A yang berreaksi dengan sulfat, dan mengembang, sehingga terjadi retak – retak pada beton.

Unsur C_4AF kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton. Namun sejumlah unsur C_3A dan C_4AF tetap ditambahkan pada semen mengingat pengaruhnya terutama untuk menurunkan temperatur dalam kilang atau

tanur pembakaran dan memfasilitasi kapur dan silika pada proses produksi semen (Neville, 1975). Untuk lebih jelasnya pengaruh keempat senyawa kimia tersebut terhadap unsur pengerasan semen dapat diperlihatkan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2 Hubungan umur dengan kuat tekan pada unsur – unsur semen
(Kardiono,1992)**

Proses hidrasi pada semen cukup rumit, tidak semua reaksi dapat diketahui. Hasil utama dari proses reaksi hidrasi adalah $C_3S_2H_3$ yang biasa disebut tobermorit yang berbentuk gel dengan sifatnya seperti bahan perekat. Panas hidrasi juga dikeluarkan selama proses berlangsung. Hasil lainnya adalah kapur, yang merupakan sisa proses tersebut. Kapur bebas ini akan mengurangi kekuatan semen karena kemungkinan larut dalam air, lalu menguap yang menyebabkan porous.

Pengunaan bahan pozzolan sebagai bahan tambah pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengikat kapur bebas tersebut, sehingga diharapkan dapat terjadi reaksi penghasil zat perekat yang memperkuat mortar semen. Dari uraian tersebut tampak bahwa prosentase yang berbeda-beda dari unsur-unsur yang ada dalam semen membuat semen memiliki sifat dan fungsi yang berbeda-beda.

Semen portland dibuat dengan mencampur dan membakar bahan dasar semen dengan suhu 1550 °C dan menjadi klinker. Ketika semen dicampur dengan air, timbul reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan (Kardiyono, 1992).

Reaksi kimia antara semen dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai pelepasan panas. Kondisi ini mempunyai resiko cukup besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton.

3.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran < 5 mm. Agregat halus atau pasir dapat berupa pasir alam, sebagai hasil disintegrasi alam dari batuan, atau debu hasil dari pecahan batu yang dihasilkan mesin pemecah batu (*stone crusher*). Didalam penelitian ini digunakan pasir alam sebagai agregat halus dari Merapi, DIY.

Air untuk campuran beton sebaiknya memenuhi syarat–syarat berikut ini.

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam–garaman yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl_2) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Untuk air rawatan, dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan hingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organik dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika rawatan cukup lama.

3.2.5 Pozzolan

Pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina dan alumina yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka senyawa–senyawa tersebut akan berreaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu normal membentuk senyawa kalsium hidrat dan kalsium silikat hidrat yang bersifat hidrolis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah

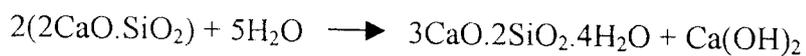
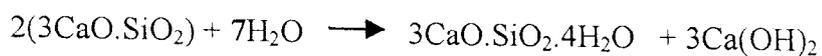
Menurut ASTM C 618–86 mutu pozzolan dibedakan menjadi 3 kelas, dengan tiap–tiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat fisiknya. Pozzolan mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$ tinggi dan reaktifitasnya

Tabel 3.4 Sifat kimia standar pozzolan (Murdock dan Brook,1991)

Sifat Kimia Bahan	N	C	F
- SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (% minimum)	70	50	70
- SO ₃ (%maksimum)	4	5	5
- Na ₂ O (%maksimum)	1,5	1,5	1,5
- Kadar kelembaban (%maksimum)	3	3	3
- Loss ignition (%maksimum)	10	6	12

Pozzolan yang ditambahkan pada campuran adukan beton sampai pada batas tertentu dapat menggantikan semen untuk memperbaiki kelecakan dan menambah ketahanan beton dari serangan kimiawi (Swami,1986). Penambahan bahan pozzolan juga dapat meningkatkan kekuatan beton. Hal ini terjadi karena reaksi pengikatan kapur bebas, sisa proses hidrasi semen dan air. Dengan bahan pozzolan ini, sisa hasil reaksi hidrasi semen dapat menghasilkan semacam gel yang berfungsi sebagai bahan perekat, yang dapat diilustrasikan sebagai berikut (Swami, 1986).

1. Reaksi hidrasi semen



kasar keluar melalui bagian bawah disebut *bottom ash*. *Fly ash* memiliki butiran yang cukup halus yaitu lolos ayakan no.325 ($45\mu\text{m}$) 5-7% dengan specific gravity antara 2,15-2,8 dan berwarna abu-abu kehitaman. Abu terbang yang dapat digunakan sebagai pozzolan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (standar ASTM):

1. memiliki kadar oksida reaktif tinggi (Si, Al, Fe),
2. kadar alkali rendah,
3. kadar Mg rendah,
4. kadar S rendah,
5. kadar C rendah,
6. memiliki sifat fisika dan kimia yang relatif sama.

Berdasarkan kriteria tersebut dan hasil analisa yang dilakukan, abu terbang dari PLTU Suralaya dan PLTU Bukit Asam dapat digolongkan pada jenis pozzolan buatan kelas F. Adapun besarnya prosentase sifat kimianya dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan 3.6.

Tabel 3.5 Perbandingan sifat kimia *fly ash* dari limbah PLTU

Asal Fly ash Unsur Kimia	Abu Terbang PLTU Suralaya (%)	Abu Terbang PLTU Bukit Asam (%)
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	87,87 (>70)	85,04 (>70)
H ₂ O	0,23 (<3)	0,94 (<3)
L.O.I	1,75 (<12)	2,23 (12)

Tabel 3.6 Komposisi unsur kimia *fly ash* dalam satuan persen berat

No	Unsur Kimia	Persen Berat Fly ash (%)	Persen Berat Standar ASTM
1.	SiO_2	59,99	(SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃) Minimum 70%
2.	Al_2O_3	30,35	
3.	Fe_2O_3	3,59	
4.	CaO	1,83	Maksimum 1,5%
5.	MgO	1,11	
6.	Na ₂ O		Maksimum 4,0%
7.	SO ₃		Maksimum 10%
8.	Hilang Pijar		

Peningkatan kemampuan atau mutu beton dengan memanfaatkan fenomena bahwa semakin padat mortar beton atau semakin kecil pori-pori yang ada, semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan bahan pengisi sebagai bahan tambah. Pada campuran mortar beton, semen dan air yang berupa pasta mengikat agregat halus dan kasar dengan masih menyisakan

rongga atau pori-pori yang tidak dapat tertutup atau terisi oleh butiran semen. Adapun sifat fisika dari *fly ash* hasil batubara ditunjukkan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Komposisi sifat fisik *fly ash*

No	Sifat Fisik	Data yang ada
1.	Berat Jenis	1,99–2,40 gr/cm ³
2	Kehalusan butir	163,2–227,19 m ² /kg
3	Kadar air	0,55-4,6 %

b. Abu Sekam Padi (*rice husk ash*)

Bahan pozzolan yang potensial adalah bahan pozzolan yang mudah didapat dan murah harganya. Mengingat produksinya yang tinggi dan penyebaran yang luas di Indonesia, maka salah satu pozzolan yang cocok dikembangkan di Indonesia adalah abu sekam padi (*rice husk ash*, RHA). Jika sekam padi (kulit padi yang dipakai setelah proses penggilingan) dibakar dalam kondisi terkontrol, abu sekam yang dihasilkan sebagai sisa pembakaran, memiliki sifat pozzolanik yang tinggi, karena kandungan silikanya. Proses pembakaran sekam sampai menjadi abu, membantu menghasilkan kandungan kimia organik dan meninggalkan silika yang cukup banyak. Perlakuan panas terhadap silika dalam sekam berakibat pada perubahan struktur yang berpengaruh terhadap aktifitas pozzolan abu dan kehalusan butir. Kehilangan berat jenis sekam padi terjadi pada saat mula-mula pembakaran yang suhunya mencapai 100 °C, hal ini diakibatkan oleh penguapan

kandungan airnya. Pada suhu yang lebih tinggi lagi yaitu sekitar 350 °C, zat-zat yang mudah menguap mulai terbakar dan semakin memperbesar kehilangan beratnya. Kehilangan berat terbesar terjadi pada suhu antara 400°C sampai 500°C dan pada tahap ini mulai terbentuk bahan oksida karbon. Diatas suhu 600°C, ditemukan beberapa variasi formasi kristal quartz. Jika temperatur ditambah, maka sekam berubah bentuk menjadi kristal silika yang lain, tergantung pada penambahan temperaturnya. Pada penambahan awal, kristal yang terbentuk adalah crystabolite dan selanjutnya pada temperatur yang lebih tinggi adalah tridymite. Jika pembakaran melebihi suhu 800°C, akan dihasilkan bentuk kristal silika. Meskipun demikian, abu sekam tidak akan meleleh sampai dengan suhu sekitar 1700°C (Cook, 1980 dan swamy 1986). Terjadinya fase-fase perubahan bentuk silika dalam abu tidak hanya tergantung pada suhu pembakatan saja, tetapi juga terhadap lama pembakarannya. Mehta (swamy 1986), mengatakan bahwa sejumlah kristal silika dengan bentuk tak beraturan dapat dihasilkan dengan mengatur suhu pembakaran dibawah 500°C dengan kondisi teroksidasi dalam waktu yang agak lama, atau pembakaran diatas 600°C dengan waktu pembakaran kurang dari satu menit. Yeoh (Swamy 1986), juga memperlihatkan bahwa jika lama pembakaran tidak lebih dari satu jam pada suhu 900C dihasilkan abu dengan bentuk kristal yang masih tidak beraturan Jika pembakaran dilakukan selama lebih dari lima menit pada suhu 100°C akan dihasilkan bentuk kristal silika. Umumnya bentuk-bentuk kristal dalam abu sekam diukur dengan

Tabel 3.8. Kandungan abu dan silika beberapa tanaman (Swamy,1986)

Plant	Part of plant	Ash (%)	Silika (%)
Sorghum	Leaf sheath ep	12,55	8,70
Wheat	Leaf sheath	10,48	90,56
Corn	Leaf bade	12,15	64,32
Bamboo	Nodes (in.por)	1,49	57,40
Bagase	-----	14,71	73,00
Lantana	Leaf and Stem	11,24	23,28
Sun Flower	Leaf and Stem	11,53	25,32
Rice Husk	-----	22,15	93,00
Rice Straw	-----	14,65	82,00
Breedfruit Tree	Stem	8,64	81,80

Unsur kimia (inorganik) pokok abu sekam padi yang menguntungkan adalah silika sebab pada kondisi yang sesuai, dapat bereaksi dengan kapur bebas membentuk gel yang bersifat sebagai bahan perekat. Komposisi kimia abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 3.9. Selain itu, pertimbangan lain dari penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pozzolan di negara berkembang, sebagai negara penghasil beras, adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembuatannya dan proses-proses produksinya relatif murah dari pembuatan semen portland. Menurut Cook, 1980 (Swamy, 1986)

perkiraan biaya pembuatan semen abu sekam padi pertonnya sekitar sepertiga biaya pembuatan semen portland.

Tabel 3.9 Komposisi kimia abu sekam padi (Swamy, 1986)

Constituent	Percentage by weight (%)
SiO ₂	92,15
Al ₂ O ₃	0,41
Fe ₂ O ₃	0,21
CaO	0,41
MgO	0,45
Na ₂ O	0,08
K ₂ O	2,31

3.2.6 *Superplasticizer*

Superplasticizer merupakan bahan tambahn kimia (*chemical admixture*) yang digunakan untuk mengurangi air pada campuran beton agar didapat faktor air semen yang kecil tetapi workabilitasnya tetap normal. Ada dua tipe *superplasticizer* yang ada di pasaran yaitu tipe bahan tambahan yang berfungsi untuk mengurangi air (*water reducing admixture*) yang disebut dengan tipe F dan tipe G yang berfungsi sebagai pengurang air dan memperpanjang waktu pengikatan beton.

metode serta kepiawaian pelaksana faktor operator manusianya. Selain itu mesin getar dapat digunakan pada campuran yang memiliki *workability* rendah.

2. Tinjauan terhadap rawatan beton.

Reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air tersedia dalam jumlah yang memadai untuk proses hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan reaksi kimia itu. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Oleh karena itu direncanakan suatu cara perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu, termasuk pencegahan penguapan dengan pengadaan selimut pelindung yang sesuai maupun dengan membasahi permukaannya secara berulang.

3.4 Faktor Air Semen

Faktor air semen sangat besar pengaruhnya terhadap pembentukan panas hidrasi. Hidrasi ini timbul karena adanya reaksi antara semen dengan air, sedangkan hasil dari reaksi tersebut adalah hidrasi semen.

Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah f.a.s, maka kuat tekton beton

yang dihasilkan semakin tinggi. Meskipun demikian f.a.s yang rendah akan menyulitkan proses pemadatan sehingga kekuatan beton menjadi kurang padat.

Hubungan antara faktor air semen (fas) dan kuat desak beton secara umum dapat ditulis dengan rumus yang diusulkan Duff Abrams (1919) sebagai berikut ini :

$$f_c' = \frac{A}{B^{1.5x}}$$

dengan : f_c = kuat tekan beton.

X = f.a.s

A,B = konstanta

Dengan demikian semakin besar fas maka semakin rendah kuat desak betonnya, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.3. Walaupun menurut rumus tersebut tampak bahwa semakin kecil faktor air semen semakin tinggi kuat desak betonnya akan tetapi nilai fas yang rendah akan menyulitkan dalam pemadatan sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton menjadi kurang padat, oleh sebab itu ada suatu nilai fas optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum.

2. Jumlah semen yang digunakan. Penambahan jumlah semen kedalam campuran adukan beton akan memudahkan pengerjaan adukan betonnya, karena akan diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.
3. Pemakaian bahan tambah admixture tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan *workability* adukan pada fas rendah, misalnya dengan penambahan plastizer atau air entrined.

Adukan dengan tingkat kelecakaaan tinggi memiliki resiko yang besar terhadap *bleeding* atau *water gain*. Hal ini akan terjadi karena bahan-bahan padat adukan beton mengendap dan bahan – bahan susun kurang mampu mengikat air campuran. Resiko *bleeding* dapat dikurangi dengan langkah-langkah berikut ini .

1. Air campuran yang dipakai sebanyak yang diperlukan sesuai dengan hitungan mix design.
2. Pasir yang dipakai memiliki bentuk seragam dan memiliki kadar butiran yang halus.
3. Gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang ditentukan menurut metode yanag dipakai.

3.7 Metode Perencanaan Adukan beton

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

perkiraan biaya pembuatan semen abu sekam padi pertonnya sekitar sepertiga biaya pembuatan semen portland.

Tabel 3.9 Komposisi kimia abu sekam padi (Swamy, 1986)

Constituent	Percentage by weight (%)
SiO ₂	92,15
Al ₂ O ₃	0,41
Fe ₂ O ₃	0,21
CaO	0,41
MgO	0,45
Na ₂ O	0,08
K ₂ O	2,31

3.2.6 *Superplasticizer*

Superplasticizer merupakan bahan tambahn kimia (*chemical admixture*) yang digunakan untuk mengurangi air pada campuran beton agar didapat faktor air semen yang kecil tetapi workabilitasnya tetap normal. Ada dua tipe *superplasticizer* yang ada di pasaran yaitu tipe bahan tambahan yang berfungsi untuk mengurangi air (*water reducing admixture*) yang disebut dengan tipe F dan tipe G yang berfungsi sebagai pengurang air dan memperpanjang waktu pengikatan beton.

Penggunaan *superplasticizer* pada campuran beton akan menyebabkan menurunnya kebutuhan air sampai 30% tanpa menurunkan workabilitas sehingga kekuatan beton bertambah (Subakti,1995).

Peranan *superplasticizer* pada beton selain sebagai plasticizer juga untuk mengurangi penyusutan beton meningkatkan surface finishing, mengurangi permeabilitas dan kemungkinan untuk tujuan tertentu yang secara ekonomis dapat dipertanggungjawabkan.

Kemampuan *superplasticizer* untuk menaikkan slump beton tergantung pada: dosis, waktu penambahan, faktor air semen, jumlah dan sifat dasar semen, temperatur udara, jumlah dan sifat dasar agregat.

Keuntungan pemakaian *superplasticizer* dalam campuran beton sebagai berikut ini.

1. Pada pembuatan beton mutu tinggi umumnya menggunakan fas rendah, hal ini berakibat workability dari campuran beton rendah. Dengan penambahan *superplasticizer* pada campuran beton maka dapat meningkatkan *workability* campuran beton tersebut.
2. Dibandingkan dengan campuran beton yang mempunyai fas normal, penambahan *superplasticizer* mempunyai sifat – sifat yang lebih baik.
3. Memperlambat proses hidrasi semen dengan jalan menghambat hidrasi silikat dan hidrasi aluminat sehingga memperlambat *setting time*.

Akan tetapi penggunaan *superplasticizer* yang terlalu banyak dapat mengganggu pengikatan campuran beton sehingga proses hidrasi semen tidak terjadi dengan baik atau tidak sempurna.

3.3 Kekuatan Beton

Beton memiliki kuat desak yang jauh lebih besar daripada kuat tariknya. Kuat desak beton tergantung pada sifat-sifat dasarnya. Kuat desak beton pada umumnya ditentukan oleh tingkat kekerasan agregatnya, namun demikian perlu diperhatikan juga mutu pasta semennya. Hal ini dikarenakan pasta semen merupakan bahan ikat yang mengikat agregat-agregat penyusun beton. Mutu pasta semen yang rendah akan menyebabkan kehancuran beton sebelum mencapai maksimum. Hal ini ditandai dengan prosentase agregat pecah. Disamping itu kuat desak beton juga dipengaruhi oleh cara pengadukan, cara penuangan, cara pemadatan dan cara rawatan selama proses pengerasan.

1. Tinjauan terhadap pemadatan beton.

Tujuan pemadatan adukan beton adalah untuk mengurangi rongga-rongga udara agar beton mencapai kepadatan yang tinggi. Beton dengan kepadatan tinggi akan menghasilkan kekuatan yang tinggi. Pemadatan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara manual dan dengan menggunakan mesin pemadat bergetar (*vibrator*). Kekuatan beton yang dihasilkan oleh pemadat manual tergantung dari kemampuan tenaga manusia yang memadatkannya. Kekuatan beton dengan proses pemadatan menggunakan mesin getar dapat lebih tinggi kepadatannya, hal ini tergantung pada

metode serta kepiawaian pelaksana faktor operator manusianya. Selain itu mesin getar dapat digunakan pada campuran yang memiliki *workability* rendah.

2. Tinjauan terhadap rawatan beton.

Reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air tersedia dalam jumlah yang memadai untuk proses hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan reaksi kimia itu. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Oleh karena itu direncanakan suatu cara perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu, termasuk pencegahan penguapan dengan pengadaan selimut pelindung yang sesuai maupun dengan membasahi permukaannya secara berulang.

3.4 Faktor Air Semen

Faktor air semen sangat besar pengaruhnya terhadap pembentukan panas hidrasi. Hidrasi ini timbul karena adanya reaksi antara semen dengan air, sedangkan hasil dari reaksi tersebut adalah hidrasi semen.

Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah f.a.s, maka kuat tekton beton

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Bahan Penelitian

1. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland jenis I merk Gresik dengan data sebagai berikut:

- a. berat Jenis : $3,15 \text{ gr/cm}^3$,
- b. tipe Semen : Tipe I.

2. Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang berasal dari Sungai Boyong, dengan data bahan sebagai berikut:

- a. asal pasir : Merapi,
- b. berat jenis : $2,36 \text{ gram/cm}^3$.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat batu alam pecah yang berasal dari Sungai Progo, dengan data sebagai berikut :

- a. asal agregat : Sungai Progo,
- b. berat jenis (SSD) : $2,381 \text{ gram/cm}^3$,
- c. berat volume agregat : 1650 kg/cm^3 .

4. Air

Air direncanakan berasal dari air PAM Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.

5. Bahan Pozolan

Penelitian ini memakai bahan pozolan sebagai berikut :

- a. abu terbang (*fly ash*) yang dipakai adalah abu terbang dari hasil limbah PLTU Suralaya Jawa Barat,
- b. abu sekam yang dipakai merupakan hasil limbah pembakaran pembuatan batu bata di daerah Bantul Yogyakarta.

4.2 Alat Penelitian

Untuk penelitian ini digunakan beberapa peralatan berikut ini.

a. Timbangan

Timbangan merk *Fa gani* 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 diameter tulangan dan 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 dan 4,75 mm.

d. Mesin Penyaring

Mesin penyaring digunakan untuk menyaring limbah yang digunakan, 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, limbah keramik, dan air) sehingga 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 Abrams

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.

ini menggunakan metode ACI
 gunakan peraturan ACI sebagai
 itu cara perancangan campuran
 tersedia, pengerjaan, keawetan
 kenyataan bahwa pada ukuran
 dik adukan menentukan tingkat
 ris besar langkah perencanaan
 berikut ini.

Desain

t tekan erlu (Mpa)
+ 9,7

num agregat dan penggunaan

Rankan

A (mm)
00

an untuk melakukan uji desak beton. Dalam penelitian ini
 kan merk *Controls*.

n

Dasar

halus (pasir)

dar Lumpur dalam pasir

adar lumpur digunakan rumus untuk menghitung kandungan

$$\frac{\text{berat pasir kering tusuk}}{100gr} \times 100\% \tag{4.1}$$

dapatkan lebih dari 5 %, maka pasir halus dicuci terlebih

adasi Pasir atau analisis saringan.

ini digunakan pasir kering tungku yang dimasukkan dalam
 ayakan di pasang pada alat penggetar selama 10 menit, setelah
 yang tertahan pada masing-masing ayakan ditimbang.

erat Jenis Pasir

ring tungku yang lolos saringan no 4 (4,75 mm) dan telah
surface Dry)

4.3.4 Pengolahan data

Kuat desak beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuat desak rata-rata, diperoleh dari jumlah kuat desak individual dibagi dengan jumlah sampel untuk masing-masing variasi.

Hasil dari penelitian ditunjukkan dalam tabel dan grafik, dan dihitung faktor konversi yang diperoleh.

T

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian desak beton terhadap benda uji yang telah berumur 14 hari dan 28 hari, maka diperoleh hasil kuat desak yang ditunjukkan pada Tabel 5.1 sampai Tabel 5.16 sebagai berikut ini.

5.1.1 Kuat Desak Beton Umur 14 Hari

Tabel 5.1 Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi standar

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual fc' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata fer' (Mpa)
T1	12,740	176,773	710	49,344	
T2	12,720	174,952	705	49,507	
T3	12,490	176,749	700	48,656	
T4	12,380	170,294	325	23,447	
					42,739

Tabel 5.6 Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi

dengan variasi penambahan *rice husk ash* 10%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual fc' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata fcr' (Mpa)
TS101	12,745	176,126	700	50,500	
TS102	12,895	171,453	700	49,157	
TS103	12,935	173,782	580	41,843	
TS104	12,985	171,453	600	43,285	
TS105	12,790	171,453	670	47,686	
					46,494

Tabel 5.7 Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi

dengan variasi penambahan *rice husk ash* 15%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual fc' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata fcr' (Mpa)
TS151	12,823	176,126	435	30,343	
TS152	12,605	171,453	560	40,127	
TS153	12,870	173,782	395	27,926	
TS154	12,710	171,453	555	39,769	
TS155	12,690	171,453	475	34,036	
					34,440

Tabel 5.10 Hasil kuat desak beton umur 28 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *fly ash* 5%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TF56	12,165	176,773	565	39,267	
TF57	12,760	174,952	770	54,071	
TF58	12,185	176,749	565	39,272	
TF59	12,495	176,749	318	22,104	
TF510	12,765	176,773	720	50,039	
					40,951

Tabel 5.11 Hasil kuat desak beton umur 28 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *fly ash* 10%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TF106	12,760	172,615	545	38,789	
TF107	12,905	173,198	625	44,333	
TF108	12,710	174,952	640	44,943	
TF109	12,580	173,198	530	37,595	
TF51010	12,705	173,198	590	41,850	
					41,943

Tabel 5.12 Hasil kuat desak beton umur 28 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *fly ash* 15%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual fc' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata fcr' (Mpa)
TF156	12,895	170,294	710	51,222	
TF157	12,850	170,294	690	49,779	
TF158	12,770	172,615	680	48,398	
TF159	12,950	174,952	675	47,400	
TF51010	12,870	173,198	695	49,299	
					49,219

Tabel 5.13 Hasil kuat desak beton umur 28 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *rice husk ash* 5%

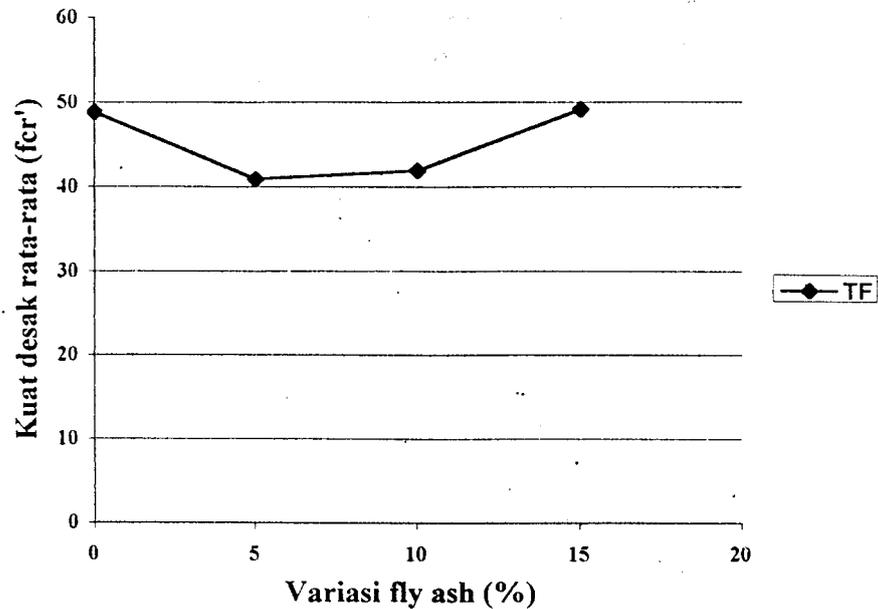
Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual fc' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata fcr' (Mpa)
TS56	12,695	173,198	530	37,595	
TS57	12,750	170,294	480	34,629	
TS58	12,665	172,615	590	41,992	
TS59	12,830	174,952	515	36,165	
TS510	12,880	172,615	380	27,046	
					35,585

Tabel 5.18 Kuat desak beton variasi abu sekam 10%

No	Kode	Umur Beton (Hari)	fc' (Mpa) Umur 14 hari	Faktor Konversi	fc' (Mpa) Umur 28 hari	(fc'-fcr')	(fc'-fcr') ²	fc' (Mpa)
1.	TS101	14	50,500	0,83	60,843	6,865	47,128	
2.	TS102	14	49,157	0,83	59,225	5,247	27,531	
3.	TS103	14	41,843	0,83	50,413	3,565	12,709	
4.	TS104	14	43,285	0,83	52,152	1,826	3,334	
5.	TS105	14	47,686	0,83	57,453	3,475	12,075	
6.	TS106	28	51,176	1,00	51,176	2,802	7,851	
7.	TS107	28	61,837	1,00	61,837	7,859	61,764	
8.	TS108	28	52,667	1,00	52,667	1,311	1,719	
9.	TS109	28	56,989	1,00	56,989	3,011	9,066	
10.	TS1010	28	56,529	1,00	56,529	2,551	6,508	
11.	TS1011	14	47,535	0,83	57,271	3,293	10,844	
12.	TS1012	14	56,700	0,83	68,313	14,335	205,492	
13.	TS1013	14	60,448	0,83	72,829	18,851	355,360	
14.	TS1014	14	29,800	0,83	35,904	18,074	326,669	
15.	TS1015	14	41,096	0,83	49,513	4,465	19,936	
16.	TS1016	14	45,453	0,83	54,763	0,785	0,616	
17.	TS1017	14	48,365	0,83	58,271	4,293	18,429	
18.	TS1018	14	57,659	0,83	69,468	15,490	239,940	
19.	TS1019	14	14,218	0,83	17,130	36,848	1357,775	
20.	TS1020	14	30,547	0,83	36,804	17,174	294,946	
					1079,5		2724,746	34,35

5.2 Pembahasan

5.2.1 Kuat Desak Beton



Keterangan, TF = Beton Mutu Tinggi (BMT) Variasi Fly Ash

Gambar 5.1 Grafik kuat desak rata-rata (fcr') dengan variasi *fly ash*

Gambar 5.1 di atas menunjukkan belum diperolehnya penggunaan *fly ash* yang optimum, sehingga masih memungkinkan untuk menambah prosentase variasi *fly ash*. Kuat desak tertinggi untuk penelitian ini, yaitu penggunaan *fly ash* 15 %, diperoleh kuat desak beton 49,219 Mpa atau terjadi kenaikan sebesar 0,521% dibandingkan dengan beton mutu tinggi standar dengan kuat desak 48,964 Mpa. Penggunaan *fly ash* 15 % ini dapat mengurangi penggunaan semen 42 kg untuk setiap m³ adukan beton.

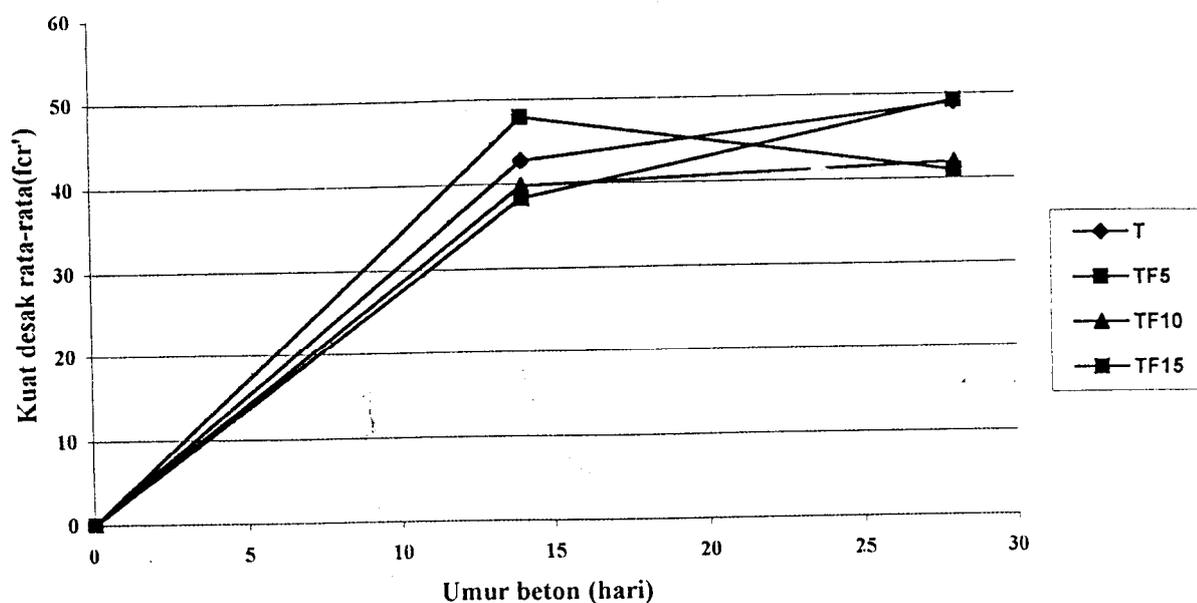
Pengujian kuat desak beton dilakukan umur 14 hari dan 28 hari. Dari hasil pengujian pemakaian pozzolan *rice husk ash* dan *fly ash* dapat mengurangi pemakaian semen, dan menaikkan kuat desak beton.

Terjadinya kenaikan kuat desak beton disebabkan karena pemakaian pozzolan yang digunakan. Pengaruh abu sekam padi dan abu terbang sebagai pengganti sebagian semen mengakibatkan terjadinya reaksi pengikatan kapur bebas yang dihasilkan dalam proses hidrasi semen oleh silika yang terkandung dalam pozzolan, membentuk Calcium Silicate Hydrate (C-S-H) yang berbentuk gel dan mempunyai kemampuan seperti perekat (Swamy, 1986).

Selain disebabkan oleh reaksi pozzolonik, mekanisme yang menyebabkan penambahan kekuatan desak beton adalah terisinya pori-pori yang sebelumnya berisi air yang terperangkap, oleh gel yang dihasilkan dari reaksi kapur bebas—pozzolan. Pada beton tanpa abu sekam padi ataupun abu terbang, daerah transisi berisi air yang terjebak oleh partikel-partikel semen dan selanjutnya menguap meninggalkan daerah yang porous. Keadaan porous ini menyebabkan kekuatan beton relatif rendah. Mekanisme lain yang dapat menyebabkan semakin berkurangnya kuat tekan adalah proses reaksi dari kapur padam itu sendiri. Kapur padam yang terdapat dalam jumlah berlebihan ini akan mengikat CO_2 dari udara dan membentuk pasta CaCO_3 (batu kapur) yang pada akhirnya mengeras. Pada tahap kadar kapur bebas masuk bereaksi dengan CO_2 dan membentuk senyawa CaCO_3 (batu kapur) memang akan mengeras. Akan tetapi karena proses pengikatan pada kapur membutuhkan waktu lama pengerasan akan terjadi pada permukaannya saja.

5.2.2 Umur Beton

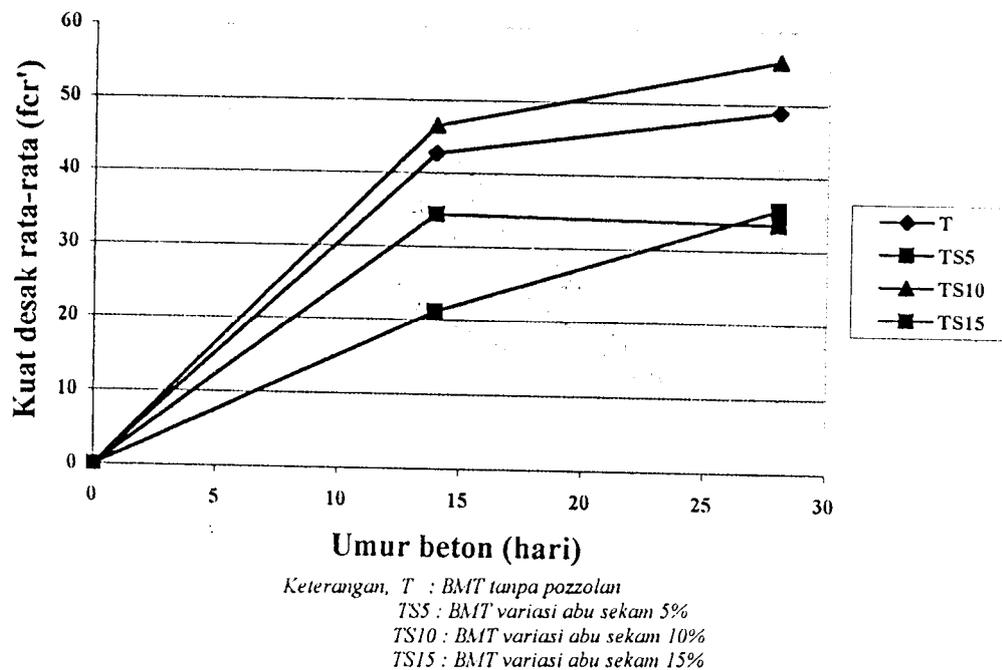
Untuk kuat desak rata-rata dan umur beton hasilnya ditunjukkan oleh gambar berikut ini.



Keterangan .
T : BMT tanpa pozzolan
TF5 : BMT variasi fly ash 5%
TF10 : BMT variasi fly ash 10 %
TF15 : BMT variasi fly ash 15%

Gambar 5.4 Grafik kuat desak rata-rata (f_{cr}') dan umur beton untuk variasi *fly ash*

Gambar 5.4 di atas menunjukkan bahwa untuk beton dengan variasi *fly ash* 5% terjadi penurunan kuat desak rata-ratanya dari umur 14 hari dibandingkan dengan umur 28 hari. Beton dengan variasi *fly ash* 10% pada saat berumur 14 hari kuat desak rata-ratanya telah mencapai 94,9% terhadap kuat desak beton rata-rata umur 28 hari. Untuk beton dengan variasi *fly ash* 15% saat beton berumur 14 hari telah mencapai 78,9 % terhadap beton umur 28 hari.



Gambar 5.5 Grafik kuat desak rata-rata (f_{cr}') dan umur beton untuk variasi abu sekam

Hasil yang ditunjukkan oleh Gambar 5.5 memperlihatkan bahwa untuk beton dengan variasi abu sekam 15% terjadi penurunan kuat desak rata-ratanya dari umur 14 hari dibandingkan dengan umur 28 hari. Sedangkan beton dengan variasi abu sekam 10% pada saat berumur 14 hari kuat desak rata-ratanya telah mencapai 83,26% terhadap beton umur 28 hari. Untuk beton dengan variasi abu sekam 5% kuat desak rata-ratanya telah mencapai 60% saat umur 14 hari.

Ga
desak
diperl
penur
akan t
kimia

5. karak
tanpa
6. Peng
lebih

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut dibawah ini.

6.2 Sara
1. Kual
berga
seba
2. Perlu
jumlah
3. Untu
komj
yang
4. Peng
digu
fakte
Yogi

1. Hasil Penggunaan pozzolan *rice husk ash* sebanyak 10 % dapat mengurangi semen seberat 28 kg dan penggunaan pozzolan *fly ash* sebanyak 15% dapat mengurangi semen seberat 42 kg untuk setiap 1m³ adukan beton tanpa pozzolan dengan komposisi campuran sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan.
2. Untuk beton mutu tinggi umur beton 28 hari untuk campuran yang menggunakan pozzolan *rice husk ash* 10% terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 14,04% dan untuk campuran yang menggunakan pozzolan *fly ash* terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 0,521%.
3. Untuk beton mutu tinggi umur beton 14 hari kuat desak rata-rata terhadap beton umur 28 hari telah mencapai 83,26% untuk campuran yang menggunakan pozzolan *rice husk ash* 10% dan 78,9% untuk campuran yang menggunakan pozzolan *fly ash* 15%
4. Untuk campuran antara *fly ash* dan *rice husk ash* sebagai pozzolan sebesar 10 % dengan komposisi 5% *fly ash* dan 5 % *rice husk ash* hanya diperoleh kuat desak

DAFTAR PUSTAKA

1. Dewobroto R, Surya Adinata, 1999, **Pengaruh Penggunaan Limbah Fly Ash dan Rice Husk Ash Terhadap Kuat Desak Beton** , Makalah Lomba, HMTS LEM FTSP UII, Yogyakarta.
2. Indriyati S, Yudi Handoko, 1997, **Alternatif Penggunaan Agregat Alwa dengan Fly Ash**, Tugas Akhir, JTS FTSP UII, Yogyakarta.
3. Istimawan Dipohusodo., 1994, **Struktur Beton Bertulang**, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
4. Kardiyono Tjokrodimulyo.,1992, **TEKNOLOGI BETON**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
5. Nawy, Edward G., 1990. **BETON BERTULANG SUATU PENDEKATAN DASAR**, edisi pertama, Penerbit PT Eresco, Bandung.
6. Segel, Ing R., Kole, Ing P, dan Kusuma, Gideon H., 1993, **PEDOMAN Pengerjaan Beton**, SK SNI T-15-1991-03, edisi kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.

2.00	244.50	12.22	13.97
1.20	401.00	20.05	36.02
0.60	463.50	23.17	59.19
0.30	345.50	17.28	76.47



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Phone (0274) 895330 Yogyakarta 68554

HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT LABORATORIUM BKT UII

1. Pemeriksaan Bj Agregat
a. Pemeriksaan Bj pasir

berat piring (gram)	berat piring +pasir (gram)	berat pasir (gram)	vol air (cc)	vol air +pasir (cc)	Bj Pasir
156	256	100	150	195	2.22
156	256	100	150	190	2.50

Bj pasir = berat pasir (gram)
 Bj pasir rata-rata = $(2,22 + 2,50) / 2$
 = 2,36 t/m³

(Vol air + pasir) - (vol air)

b. Pemeriksaan Bj kerikil

berat piring (gram)	berat piring +kerikil (gram)	berat kerikil (gram)	vol air (cc)	vol air +kerikil (cc)	Bj kerikil
156	256	100	250	290	2.50
156	256	100	250	290	2.50

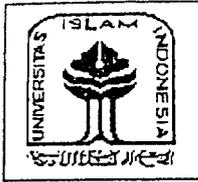
Bj kerikil = berat kerikil (gram)
 Bj kerikil rata-rata = $(2,5 + 2,5) / 2$
 = 2,5 t/m³.

(Vol air + pasir) - (vol air)

Yogyakarta, 6-7 November 2000
 Kepala-Bagian-Lab BKT FT UII

LABORATORIUM

BINA KONSTRUKSI
 Noor, MSCE)
 FAKULTAS TEKNIK



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

HASIL PEMERIKSAAN BERAT VOLUME AGREGAT (BERAT KOMPAK)

B1 = Berat Bejana (Kg)

B2= Berat Bejana+Benda Uji (Kg)

B3= Berat Benda Uji (Kg) = B2-B1

V = Volume Bejana (M³)

Berat kompak (Kg/M³) = B3/V

No	Benda Uji.	(B1)	(B2)	(B3)	V	Berat Kompak
1.	Pasir	5,5	14,3	8,8	5,3x10 ⁻³	1659
.		5,5	14,1	8,3	5,3x10 ⁻³	1641

Berat Kompak rata-rata = 1650 Kg/M³

No	Benda Uji.	(B1)	(B2)	(B3)	V	Berat Kompak
1.	Kerikil	5,5	14,1	8,3	5,3x10 ⁻³	1622
.		5,5	14,05	8,25	5,3x10 ⁻³	1617

Berat Kompak rata-rata = 1620 Kg/M³

Yogyakarta, 8 Nopember 2000

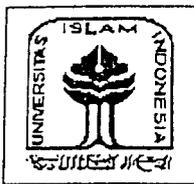
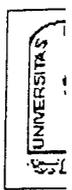
Kepala Bagian Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI PERENCANAAN

FAKULTAS TEKNIK UII

(Ir. H. Ilman Noor, MSCE.)



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jln. Kaliurang Km. 14,4 telp. (0274) 895707, 895042 Sleman Yogyakarta

HASIL UJI DESAK BETON

Kuat Desak Beton Umur 14 Hari

1. Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi standar

Kode	Berat (Kg)	Luas (Cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Individual fc' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata fcr' (Mpa)
T1	12,740	176,773	710	49,344	
T2	12,720	174,952	705	49,507	
T3	12,490	176,749	700	48,656	
T4	12,380	170,294	325	423,447	
					42,739

2. Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan fly ash 5%

Kode	Berat (Kg)	Luas (Cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Individual fc' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata Fcr' (Mpa)
TF51	12,460	170,294	670	48,335	
TF52	12,765	172,615	620	44,127	
TF53	12,545	176,615	560	43,089	
TF54	12,765	176,773	730	50,734	
TF55	12,740	176,773	765	53,167	
					47,890

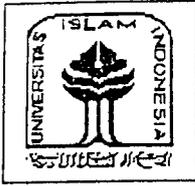
Yogyakarta, 25 Mei 2001

Kepala Bagian Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM
 BAHAN KONSTRUKSI PERENCANAAN
 FAKULTAS TEKNIK

(Ir. H. Ilman Noor, MSCE.)

LAB
FAKU
UNIV.
Jln. Ka



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

Beton U

uat desak b

Berat
(Kg)

12,745
12,820
12,850
12,670
12,905

7. Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *rice husk ash* 15%

Kode	Berat (Kg)	Luas (Cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Individual fc' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata fcr' (Mpa)
TS151	12,823	176,126	435	30,343	
TS152	12,605	171,453	560	40,127	
TS153	12,870	173,782	395	27,926	
TS154	12,710	171,453	555	39,769	
TS155	12,690	171,453	475	34,036	
					34,440

uat desak

Berat
(Kg)

12,165
12,760
12,185
12,495
12,765

8. Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *rice husk ash* 5% dan *fly ash* 5%

Kode	Berat (Kg)	Luas (Cm ²)	Beban Maks. (KN)	Kuat Desak Individual fc' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata fcr' (Mpa)
TSF1	12,150	170,294	605	43,647	
TSF2	12,645	171,453	510	36,544	
TSF3	12,803	172,615	530	37,722	
TSF4	12,890	174,952	545	38,271	
TSF5	12,780	171,453	560	40,127	
					39,262

Yogyakarta, 25 Mei 2001

Kepala Bagian Laboratorium BKT FTSP UII

LABORATORIUM

BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

FAKULTAS TEKNIK
(Ir. H. Ilman Noor, MSCE.)

Perhitungan Komposisi Campuran

Perhitungan untuk perencanaan beton mutu tinggi, dengan data – data sebagai berikut :

- a. Kuat tekan $f'_c = 45$ Mpa, umur 28 hari
- b. Slump = 50 mm
- c. Diameter agregat maksimum = 20 mm
- d. Data Pasir :
 - Modulus halus butir : 2,8
 - Berat jenis pasir (SSD) = 2,36
 - Bobot kering = 0,8 %
 - Kadar air = 5,0 %
 - Berat Kompak = 1650 kg/m^3
- e. Data kerikil :
 - Penampang butir 20 mm
 - Berat jenis pasir (SSD) = 2,5
 - Bobot kering = 0,7%
 - Kadar air = 0,5 %
 - Berat Kompak = 1620 kg/m^3
- f. Langkah penelitian
 - Memilih slump dan kuat tekan beton
 - Slump direncanakan = 50 mm
 - Kuat desak beton $f'_{cr} = (f'_c + 27,6) / 0,9$
 $= (45 + 27,6) / 0,9 = 81 \text{ Mpa}$
 - Menentukan ukuran maksimum butir agregat
Digunakan batu pecah dengan penampang maksimum 20 mm.
Data lab:
 - Penampang butir 20 mm
 - Berat jenis pasir (SSD) = 2,5
 - Bobot kering = 0,7%
 - Kadar air = 0,5 %
 - Berat Kompak = 1650 kg/m^3
 - Kandungan Agregat Kasar (kerikil)
Dari Tabel 3.14 rasio fraksi = 0,72
Berat kerikil kering dalam beton = $0,72 \times 1620 = 1165 \text{ kg/m}^3$

- Menentukan Kandungan Air dan Udara
 Dari Tabel 3.15 perkiraan awal air campuran yang diperlukan = 168 kg/m^3 beton.
 Kandungan udara = $1,5 \%$
 Kandungan rongga $V(\%)$ dapat dihitung:

$$V(\%) = (1 - (\text{Berat Kompak} / (\text{Berat jenis pasir} \times 1000))) \times 100\%$$

$$= (1 - (1650 / (2,36 \times 1000))) \times 100\%$$

$$= 31\%$$
 Penyesuaian Kandungan air, Air = $4,7 (V - 35) = 4,7(31 - 35) = -18,8 \text{ kg/m}^3$ beton
 Maka jumlah air campuran (W) = $(168 - 18,8) = 150 \text{ kg/m}^3$ beton
- Memilih Rasio W/C
 Nilai dalam Tabel 3.16 adalah nilai kuat rata – rata di lapangan. Karena itu kuat tekan rata – rata $f'_{cr} = 45 + 9,7 = 54,7 \text{ Mpa}$
 Dari Tabel 3.16 untuk ukuran agregat 20 mm maka nilai rasio $W/(C+P) = 0,402$ (interpoasi)
- Menghitung Kandungan Semen
 Air diperlukan = 150 kg/m^3
 Maka jumlah semen + pozzolan (C+P) = $150 / 0,402 = 374 \text{ kg}$
- Menghitung Proporsi Campuran Tanpa Pozzolan
 Volume dari semua bahan kecuali pasir per m^3 beton sbb :
 Semen = $374 / (315 \times 1000) = 0,001 \text{ m}^3$
 Kerikil = $1165 / (2,5 \times 1000) = 0,466 \text{ m}^3$
 Air = $150 / (1,0 \times 1000) = 0,150 \text{ m}^3$
 Udara = $0,015 \times 1,0 = 0,015 \text{ m}^3$
 Volume total bahan tanpa pasir = $0,632 \text{ m}^3$
 Jadi volume pasir / m^3 beton , $V = 1 - 0,632 = 0,368$
 Berat pasir = $W = 0,368 \times 2,36 \times 1000 = 868 \text{ kg}$

 Proporsi campuran dasar tanpa pozzolan :
 Semen = 374 kg
 Kerikil = 1165 kg
 Air = 150 kg
 Pasir = 868 kg
 Berat bahan untuk 1 m^3 beton 2557 kg

Dengan Pozzolan

No. Camp. (%SF)	Berat Gabungan Semen + Pozzolan C+P (Kg)	Berat Cement (kg)	Berat Pozzolan (Kg)
1. (FA 5%)	374	360	14
2. (FA 10 %)	374	346	28
3. (FA 15 %)	374	330	42
4. (RHA 5 %)	374	360	14
5. (RHA 10 %)	374	346	28
6. (RHA 15 %)	374	330	42

g. Penyesuaian campuran untuk absorpsi air dalam agregat

Kadar Air dan Absorpsi	Agregat	
	Pasir	Kerikil
Kadar Air KA (%)	5,0	0,5
Absorpsi Abs (%)	0,8	0,7
Selisih KA-Abs (%)	+4,2	-0,2

- Kelebihan air dalam agregat gabungan (Kerikil + Paasir), yaitu :
 Berat air lebih = $(+4,2\% \times 868) + (-0,2\% \times 1165) = + 25 \text{ kg}$
 Maka air terkoreksi = $150 - 25 = 125 \text{ Kg}$
- Berat agregat basah = berat agregat kering + kadar air. Maka
 Pasir basah = $868 (1+5,0\%) = 911 \text{ kg}$
 Kerikil basah = $1165 (1+0,8\%) = 1174 \text{ kg}$
- Proporsi campuran untuk desain yang telah disesuaikan terhadap kadar air :
 Beton tanpa pozzolan

Semen 374 kg
 Kerikil : 1174 kg
 Pasir : 911 kg
 Air : 125 kg

Perhitungan Komposisi Campuran

Bahan Campuran Beton	Berat (kg)	Analisa komposisi bahan dalam volume (m3)	Volume (m3)
Semen	360	$360/(315 \times 1000)$	0,0011
Fly Ash	14	$14/(2,64 \times 1000)$	0,0053
Kerikil	1174	$1174/(2,5 \times 1000)$	0,4635
Air	125	$125/(1 \times 1000)$	0,125

Volume bahan tanpa pasir = 0,5943

Volume pasir = $1 - 0,5943 = 0,4057$

Berat pasir = $0,4057 \times 2360 = 957$ kg

Bahan Campuran Beton	Berat (kg)	Analisa komposisi bahan dalam volume (m3)	Volume (m3)
Semen	346	$346/(315 \times 1000)$	0,0011
Fly Ash	28	$28/(2,64 \times 1000)$	0,0106
Kerikil	1174	$1174/(2,5 \times 1000)$	0,4635
Air	125	$125/(1 \times 1000)$	0,125

Volume bahan tanpa pasir = 0,6002

Volume pasir = $1 - 0,6002 = 0,3933$

Berat pasir = $0,3933 \times 2360 = 944$ kg

Bahan Campuran Beton	Berat (kg)	Analisa komposisi bahan dalam volume (m3)	Volume (m3)
Semen	332	$332/(315 \times 1000)$	0,0011
Fly Ash	42	$42/(2,64 \times 1000)$	0,0159
Kerikil	1174	$1174/(2,5 \times 1000)$	0,4635
Air	125	$125/(1 \times 1000)$	0,125

Volume bahan tanpa pasir = 0,6055

Volume pasir = $1 - 0,6055 = 0,3945$

Berat pasir = $0,3945 \times 2360 = 931$ kg

Bahan Campuran Beton	Berat (kg)	Analisa komposisi bahan dalam volume (m3)	Volume (m3)
Semen	360	$360/(315 \times 1000)$	0,0011
RHA	14	$14/(2,58 \times 1000)$	0,0054
Kerikil	1174	$1174/(2,5 \times 1000)$	0,4635
Air	125	$125/(1 \times 1000)$	0,125

Volume bahan tanpa pasir = 0,5950

Volume pasir = $1 - 0,5350 = 0,4050$

Berat pasir = $0,4050 \times 2360 = 956$ kg

Bahan Campuran Beton	Berat (kg)	Analisa komposisi bahan dalam volume (m3)	Volume (m3)
Semen	346	$346/(315 \times 1000)$	0,0011
RHA	28	$28/(2,58 \times 1000)$	0,0108
Kerikil	1174	$1174/(2,5 \times 1000)$	0,4635
Air	125	$125/(1 \times 1000)$	0,125

Volume bahan tanpa pasir = 0,6004

Volume pasir = $1 - 0,3935 = 0,3935$

Berat pasir = $0,3935 \times 2360 = 943$ kg

Bahan Campuran Beton	Berat (kg)	Analisa komposisi bahan dalam volume (m3)	Volume (m3)
Semen	332	$332/(315 \times 1000)$	0,0011
RHA	42	$42/(2,58 \times 1000)$	0,0162
Kerikil	1174	$1174/(2,5 \times 1000)$	0,4635
Air	125	$125/(1 \times 1000)$	0,125

Volume bahan tanpa pasir = 0,6058

Volume pasir = $1 - 0,6058 = 0,3942$

Berat pasir = $0,3942 \times 2360 = 930$ kg

Komposisi Campuran

Proporsi Campuran Untuk 1 m³ Beton Mutu Tinggi

Bahan	Campuran dasar (Kode: T)	FA:5% (Kode:TF5)	FA:10% (Kode:TF10)	FA:15% (Kode:TF15)
Semen	374	360	346	332
FA	-	14	28	42
Pasir Kering	911	957	944	931
Kerikil Kering	1174	1174	1174	1174
Air	125	125	125	125
Berat Total	2584	2630	2618	2606

Bahan	Campuran dasar (Kode:T)	RHA:5% (Kode:TS5)	RHA:10% (Kode:TS10)	RHA:15% (Kode:TS15)
Semen	374	360	346	332
Abu Sekam(RHA)	-	14	28	42
Pasir Kering	911	956	944	930
Kerikil Kering	1174	1174	1174	1171
Air	125	125	125	155
Berat Total	2584	2629	2617	2605

UJI DESAK BETON DENGAN VARIASI ABU SEKAM 10%

Tabel Kuat desak beton variasi abu sekam 10%

No	Kode	Umur Beton (Hari)	fc' (Mpa)	Faktor Konversi	fc' (Mpa)	(fc-fcr') (Mpa)	(fc'-fcr') ²
1.	TS101	14	50,500	0,83	60,843	6,865	47,128
2.	TS102	14	49,157	0,83	59,225	5,247	27,531
3.	TS103	14	41,843	0,83	50,413	3,565	12,709
4.	TS104	14	43,285	0,83	52,152	1,826	3,334
5.	TS105	14	47,686	0,83	57,453	3,475	12,075
6.	TS106	28	51,176	1,00	51,176	2,802	7,851
7.	TS107	28	61,837	1,00	61,837	7,859	61,764
8.	TS108	28	52,667	1,00	52,667	1,311	1,719
9.	TS109	28	56,989	1,00	56,989	3,011	9,066
10.	TS1010	28	56,529	1,00	56,529	2,551	6,508
11.	TS1011	14	47,535	0,83	57,271	3,293	10,844
12.	TS1012	14	56,700	0,83	68,313	14,335	205,492
13.	TS1013	14	60,448	0,83	72,829	18,851	355,360
14.	TS1014	14	29,800	0,83	35,904	18,074	326,669
15.	TS1015	14	41,096	0,83	49,513	4,465	19,936
16.	TS1016	14	45,453	0,83	54,763	0,785	0,616
17.	TS1017	14	48,365	0,83	58,271	4,293	18,429
18.	TS1018	14	57,659	0,83	69,468	15,490	239,940
19.	TS1019	14	14,218	0,83	17,130	36,848	1357,775
20.	TS1020	14	30,547	0,83	36,804	17,174	294,946
					1079,550		2724,746

$$f_{cr} = \sum_{i=1}^n f_{ci} / n = 1079,55/20 = 53,978 \text{ Mpa}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_b - f_{cr})^2}{n-1}} = 11,975 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} f_c &= f_{cr} - k \cdot s \\ &= 53,978 - 1,64 (11,97) \\ &= 34,347 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Program 121
TA 3 ke



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1	AGUSTINNA WIDYASTUTI	93.310.054		TSS
2				

UDUL TUGAS AKHIR :

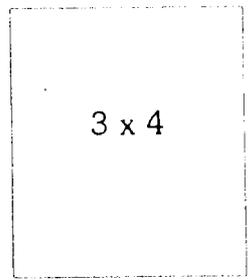
.....

.....

.....

Dosen Pembimbing I :

Dosen Pembimbing II :



Yogyakarta,
Dekan,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
IR. H. ABUJODIN BAARIS, MS

RUH PEN

al

01

01

01

01

2001

1.

2.

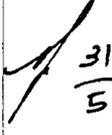
3.

4.

5.

LEMBAR KONSULTASI TUGAS AKHIR

PENELITIAN LABORATORIUM
PENGARUH PENGGUNAAN FA DAN RHA TERHADAP KUAT DESAK
BETON MUTU TINGGI
(KOMPARASI)

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
.			
	15/5/2001	Perbaiki pembahasan, abstrak, dan prakata	
	18/5/2001	Perbaiki sedikit Masukkan data terbaru Siapkan sidang TA	
		Ace untuk mendaftar ujian pendedaran	 31/5/2001

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Bahan Penelitian

1. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland jenis I merk Gresik dengan data sebagai berikut:

- a. berat Jenis : $3,15 \text{ gr/cm}^3$,
- b. tipe Semen : Tipe I.

2. Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang berasal dari Sungai Boyong, dengan data bahan sebagai berikut:

- a. asal pasir : Merapi,
- b. berat jenis : $2,36 \text{ gram/cm}^3$.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat batu alam pecah yang berasal dari Sungai Progo, dengan data sebagai berikut :

- a. asal agregat : Sungai Progo,
- b. berat jenis (SSD) : $2,381 \text{ gram/cm}^3$,
- c. berat volume agregat : 1650 kg/cm^3 .

4. Air

Air direncanakan berasal dari air PAM Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.

5. Bahan Pozolan

Penelitian ini memakai bahan pozolan sebagai berikut :

- a. abu terbang (*fly ash*) yang dipakai adalah abu terbang dari hasil limbah PLTU Suralaya Jawa Barat,
- b. abu sekam yang dipakai merupakan hasil limbah pembakaran pembuatan batu bata di daerah Bantul Yogyakarta.

4.2 Alat Penelitian

Untuk penelitian ini digunakan beberapa peralatan berikut ini.

a. Timbangan

Timbangan merk *Fa gani* 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 diameter tulangan dan 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 dan 4,75 mm.

d. Mesin Penyaring

Mesin penyaring digunakan untuk menyaring limbah yang digunakan, 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, limbah keramik, dan air) sehingga 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 Abrams

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.

Perencanaan adukan beton pada penelitian ini menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*). Penelitian ini menggunakan peraturan ACI sebagai dasar perancangan campuran. ACI menyarankan suatu cara perancangan campuran yang memperlihatkan nilai ekonomis, bahan yang tersedia, pengerjaan, keawetan serta kekuatan yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air per meter kubik adukan menentukan tingkat konsistensi/kekentalan (*slump*) adukan itu. Secara garis besar langkah perencanaan ditunjukkan oleh Tabel 3.11 sampai dengan Tabel 3.16 berikut ini.

1. Menentukan kuat tekan rata – rata

Tabel 3.11. Kuat Tekan Desain

Kuat tekan spesifik f'_{cr} (Mpa)	Kuat tekan perlu f'_{cr} (Mpa)
> 34,5	$F'c + 9,7$

2. Menentukan besarnya slump

Nilai slump ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan penggunaan elemen struktur

Tabel-3.12 Slump yang disarankan

Dengan BPKA (mm)	Tanpa BPKA (mm)
25 – 50	50 – 100

3. Menentukan ukuran maksimum diameter kerikil.

Tabel 3.13. Ukuran maksimum diameter kerikil

Kuat beton yang Disyaratkan (Mpa)	Ukuran maksimum Agregat, kerikil (mm)
< 62	19 – 25
≥62	10 – 12,5

4. Menentukan kandungan agregat kasar (kerikil) optimum

Tabel 3.14. Fraksi Volume Kerikil sesuai ukuran Maksimum Nominal

Kerikil

Ukuran maksimum Nominal (mm)	10	12,5	20	25
Volume Fraksi dari Kerikil kering oven, kompak, ϕ vol	0,65	0,68	0,72	0,75

5. Estimasi air – campuran dan kandungan udara (air content)

Menentukan rasio air/perekat, $W/(C+P)$, dalam berat, C = kandungan semen, dan P = Pozzolan.

Tabel 3.15. Jumlah kandungan air dan udara

Slump (mm)	Air – pencampur (kg/m ³) untuk ukuran maksimum agregat yang telah ditentukan (mm)			
	10	12,5	20	25
25-50	183	174	168	165
50-75	189	183	174	171
75-100	195	189	180	177
Udara (terperangkap) %	2,5	2,0	1,5	1,0

6. Menghitung material P (pozzolan-P) yang diperlukan. Nilai ini didapat dari membagi jumlah air (m^3) tahap 5 dengan rasio $W/(C+P)$

Tabel-3.16 Rasio $W/(C+P)$ untuk Beton dengan BPKA

Kuat beton lapangan f'_{cr} (Mpa)	Rasio $W/(C+P)$ untuk ukuran maksimum agregat yang telah ditentukan (mm)			
	10	12,5	20	25
48 28 hari	0,50	0,48	0,45	0,43
48 56 hari	0,55	0,52	0,48	0,46
55 28 hari	0,44	0,42	0,40	0,38
55 56 hari	0,48	0,45	0,42	0,40
62 28 hari	0,38	0,36	0,35	0,34
62 56 hari	0,42	0,39	0,37	0,36
69 28 hari	0,33	0,32	0,31	0,30
69 56 hari	0,37	0,35	0,33	0,32
76 28 hari	0,30	0,29	0,27	0,27
76 56 hari	0,37	0,31	0,29	0,29
83 28 hari	0,27	0,26	0,25	0,25
83 56 hari	0,30	0,28	0,27	0,26

6. Memproporsikan campuran dasar tanpa bahan cementitious P.

h. Mesin Tekan

Mesin ini digunakan untuk melakukan uji desak beton. Dalam penelitian ini digunakan mesin tekan merk *Controls*.

4.3 Prosedur Penelitian

4.3.1 Tahap Uji Bahan Dasar

1. Pengujian Agregat Halus (pasir)

a. Pemeriksaan Kadar Lumpur dalam pasir

Pada pemeriksaan kadar lumpur digunakan rumus untuk menghitung kandungan lumpur, yaitu :

$$\frac{100 \text{ gr} - \text{berat pasir kering tusuk}}{100 \text{ gr}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Bila hasil yang didapatkan lebih dari 5 %, maka pasir halus dicuci terlebih dahulu.

b. Pemeriksaan Gradasi Pasir atau analisis saringan.

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

c. Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Digunakan pasir kering tungku yang lolos saringan no 4 (4,75 mm) dan telah SSD (*Saturated Surface Dry*)

2. Pengujian Agregat Kasar (Kricak)

a. Pemeriksaan Berat Jenis

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

b. Pemeriksaan Berat Jenis Tusuk Kricak

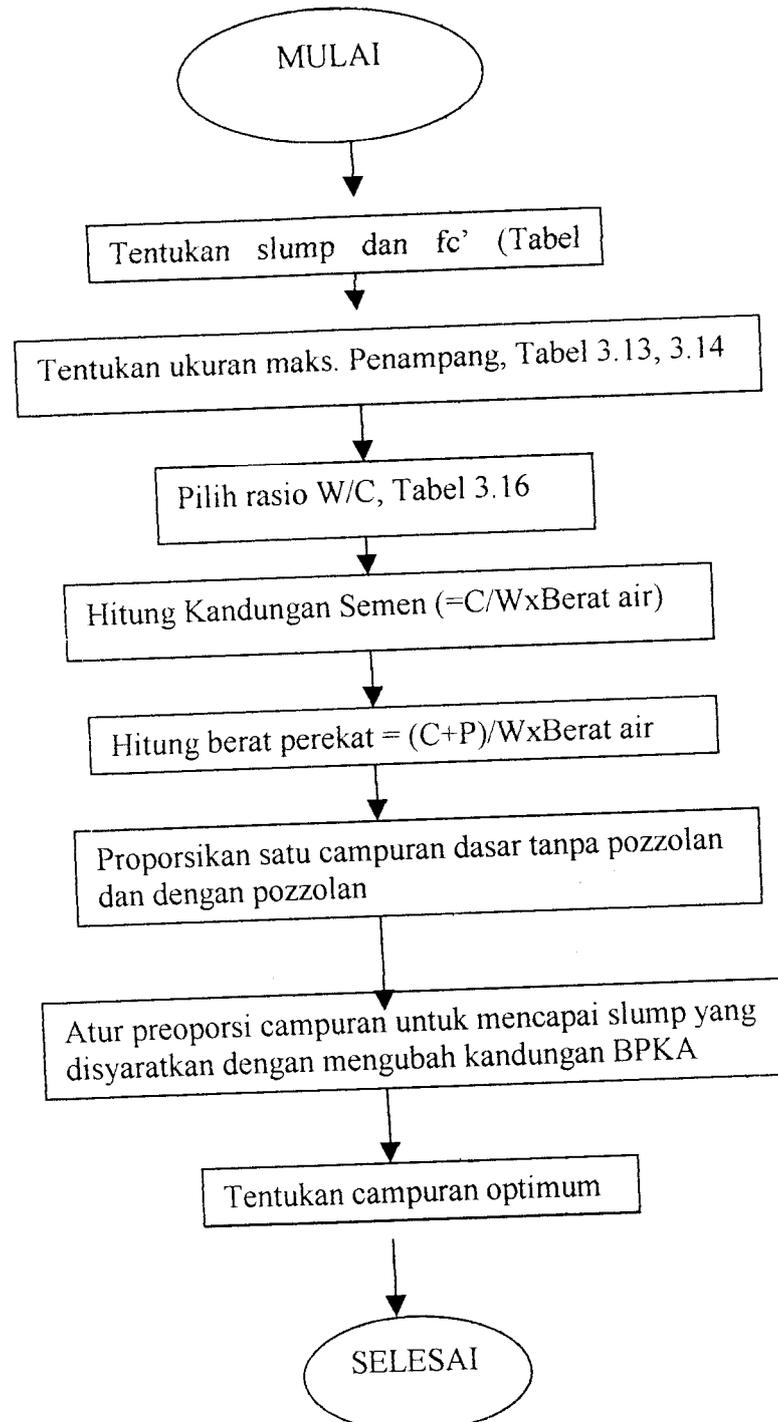
Pada pemeriksaan ini kricak dimasukkan kedalam silinder yang pada setiap 1/3 bagian silinder ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian ditimbang beratnya.

Adapun rumusnya adalah sbb :

$$B_{j\text{keringtusukkerikil}} = \frac{(\text{Beratsilinder} + \text{kerikil}) - \text{Beratsilinder}}{\text{volumesilinder}} \quad (4.2)$$

4.3.2 Perencanaan Campuran Beton

1. Diagram Alur



2. Komposisi Campuran

Proporsi Campuran Untuk 1 m³ Beton Mutu Tinggi

Bahan	Campuran dasar (Kode: T)	FA:5% (Kode:TF5)	FA:10% (Kode:TF10)	FA:15% (Kode:TF15)
Semen	374	360	346	332
FA	-	14	28	42
Pasir Kering	911	957	944	931
Kerikil Kering	1174	1174	1174	1174
Air	125	125	125	125
Berat Total	2584	2630	2618	2606

Bahan	Campuran dasar (Kode:T)	RHA:5% (Kode:TS5)	RHA:10% (Kode:TS10)	RHA:15% (Kode:TS15)
Semen	374	360	346	332
Abu Sekam(RHA)	-	14	28	42
Pasir Kering	911	956	944	930
Kerikil Kering	1174	1174	1174	1171
Air	125	125	125	155
Berat Total	2584	2629	2617	2605

4.3.3 Tahap Uji Kuat Desak Beton

Sebelum pengujian beton, maka beton yang akan diuji terlebih dahulu diukur diameter, tinggi dan beratnya. Data ini diperlukan untuk menghitung berat volume dan kuat desak dari beton tersebut. Dalam pengujian kuat desak beton dengan menggunakan mesin tekan, dicatat gaya tekan pada saat beban maksimal.



4.3.4 Pengolahan data

Kuat desak beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuat desak rata-rata, diperoleh dari jumlah kuat desak individual dibagi dengan jumlah sampel untuk masing-masing variasi.

Hasil dari penelitian ditunjukkan dalam tabel dan grafik, dan dihitung faktor konversi yang diperoleh.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian desak beton terhadap benda uji yang telah berumur 14 hari dan 28 hari, maka diperoleh hasil kuat desak yang ditunjukkan pada Tabel 5.1 sampai Tabel 5.16 sebagai berikut ini.

5.1.1 Kuat Desak Beton Umur 14 Hari

Tabel 5.1 Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi standar

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
T1	12,740	176,773	710	49,344	
T2	12,720	174,952	705	49,507	
T3	12,490	176,749	700	48,656	
T4	12,380	170,294	325	23,447	
					42,739

Tabel 5.2 Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *fly ash* 5%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TF51	12,460	170,294	670	48,335	
TF52	12,765	172,615	620	44,127	
TF53	12,545	176,615	560	43,089	
TF54	12,765	176,773	730	50,734	
TF55	12,740	176,773	765	53,167	
					47,890

Tabel 5.3 Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *fly ash* 10%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TF101	12,485	170,294	520	37,514	
TF102	12,795	170,294	645	46,532	
TF103	12,840	176,773	505	35,097	
TF104	12,920	174,952	535	39,676	
TF105	12,730	172,615	565	40,212	
				199,031	39,806

Tabel 5.4 Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *fly ash* 15%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TF151	12,850	174,952	530	37,217	
TF152	12,695	170,294	575	41,482	
TF153	12,775	176,773	540	37,529	
TF154	12,455	170,294	530	38,236	
TF155	12,560	170,294	515	37,154	
					38,323

Tabel 5.5 Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *rice husk ash* 5%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TS51	12,680	172,615	450	32,028	21,215
TS52	12,780	174,952	450	31,600	
TS53	12,790	172,615	297	21,138	
TS54	12,630	170,294	340	24,527	
TS55	12,670	170,294	440	20,922	
					21,215

Tabel 5.6 Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *rice husk ash* 10%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TS101	12,745	176,126	700	50,500	
TS102	12,895	171,453	700	49,157	
TS103	12,935	173,782	580	41,843	
TS104	12,985	171,453	600	43,285	
TS105	12,790	171,453	670	47,686	
					46,494

Tabel 5.7 Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *rice husk ash* 15%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TS151	12,823	176,126	435	30,343	
TS152	12,605	171,453	560	40,127	
TS153	12,870	173,782	395	27,926	
TS154	12,710	171,453	555	39,769	
TS155	12,690	171,453	475	34,036	
					34,440

Tabel 5.8 Hasil kuat desak beton umur 14 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *rice husk ash* 5% dan *fly ash* 5%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TSF1	12,150	170,294	605	43,647	39,262
TSF2	12,645	171,453	510	36,544	
TSF3	12,803	172,615	530	37,722	
TSF4	12,890	174,952	545	38,271	
TSF5	12,780	171,453	560	40,127	

5.1.2 Kuat Desak Beton Umur 28 Hari

Tabel 5.9 Hasil kuat desak beton umur 28 hari dengan jenis beton mutu tinggi standar

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
T6	12,745	170,294	670	48,336	48,964
T7	12,820	173,198	770	54,619	
T8	12,850	170,294	610	44,073	
T9	12,670	172,615	670	47,668	
T10	12,905	172,615	685	48,754	

Tabel 5.10 Hasil kuat desak beton umur 28 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *fly ash* 5%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TF56	12,165	176,773	565	39,267	
TF57	12,760	174,952	770	54,071	
TF58	12,185	176,749	565	39,272	
TF59	12,495	176,749	318	22,104	
TF510	12,765	176,773	720	50,039	
					40,951

Tabel 5.11 Hasil kuat desak beton umur 28 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *fly ash* 10%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TF106	12,760	172,615	545	38,789	
TF107	12,905	173,198	625	44,333	
TF108	12,710	174,952	640	44,943	
TF109	12,580	173,198	530	37,595	
TF51010	12,705	173,198	590	41,850	
					41,943

Tabel 5.12 Hasil kuat desak beton umur 28 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *fly ash* 15%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TF156	12,895	170,294	710	51,222	
TF157	12,850	170,294	690	49,779	
TF158	12,770	172,615	680	48,398	
TF159	12,950	174,952	675	47,400	
TF51010	12,870	173,198	695	49,299	
					49,219

Tabel 5.13 Hasil kuat desak beton umur 28 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *rice husk ash* 5%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TS56	12,695	173,198	530	37,595	
TS57	12,750	170,294	480	34,629	
TS58	12,665	172,615	590	41,992	
TS59	12,830	174,952	515	36,165	
TS510	12,880	172,615	380	27,046	
					35,585

Tabel 5.14 Hasil kuat desak beton umur 28 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *rice husk ash* 10%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TS106	12,779	170,294	720	51,176	
TS107	12,697	172,848	870	61,837	
TS108	12,665	172,952	750	52,667	
TS109	12,950	176,773	820	56,989	
TS1010	12,650	174,952	805	56,529	
					55,839

Tabel 5.15 Hasil kuat desak beton umur 28 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *rice husk ash* 15%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TS156	12,779	170,294	465	33,547	
TS157	12,697	176,773	470	32,665	
TS158	12,665	170,294	510	36,793	
TS159	12,950	174,952	615	43,187	
TS1510	12,650	170,294	300	21,643	
					33,567

Tabel 5.16 Hasil kuat desak beton umur 28 hari dengan jenis beton mutu tinggi dengan variasi penambahan *rice husk ash* 5 % dan *fly ash* 5%

Kode	Berat (kg)	Luas (cm ²)	Beban Maks. (kN)	Kuat Desak Individual f_c' (Mpa)	Kuat Desak Rata-rata f_{cr}' (Mpa)
TSF6	12,780	173,782	640	45,244	
TSF7	12,780	176,749	680	47,266	
TSF8	12,660	174,952	630	44,240	
TSF9	12,795	173,782	575	40,664	
TSF10	12,994	176,749	625	43,443	
					44,171

Tabel 5.17 Hasil pengujian kuat desak dan faktor konversi beton umur 14 hari

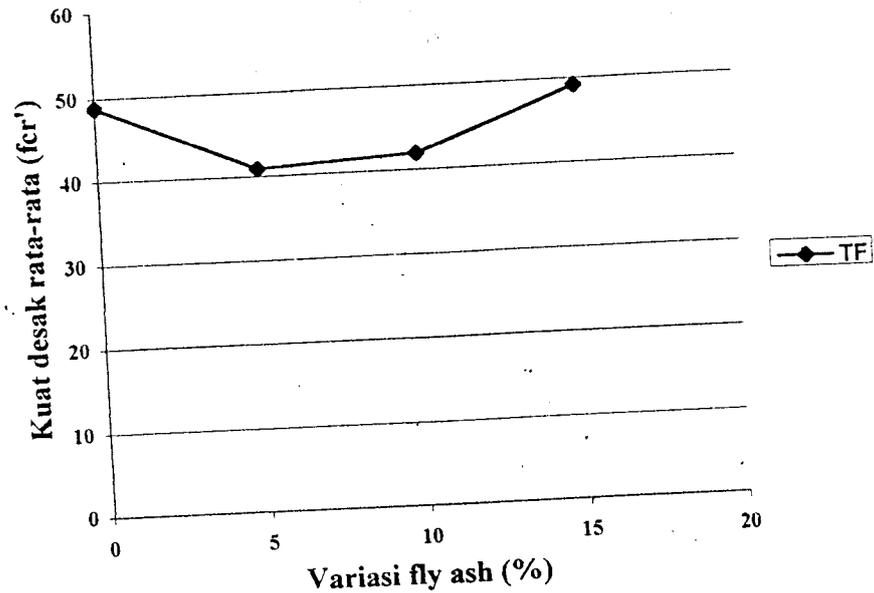
No	Kode	f_{cr}' (Mpa) Umur 14 hari	Faktor Konversi	f_{cr}' (Mpa) Umur 28 hari
1	T	42,739	0,87	48,964
2	TF5	47,89	-	40,951
3	TF10	39,806	0,95	41,943
4	TF15	38,323	0,78	49,219
5	TS5	21,215	0,59	35,585
6	TS10	46,494	0,83	55,839
7	TS15	34,440	-	33,567
8	TSF	39,262	0,89	44,171

Tabel 5.18 Kuat desak beton variasi abu sekam 10%

No	Kode	Umur Beton (Hari)	fc' (Mpa) Umur 14 hari	Faktor Konversi	fc' (Mpa) Umur 28 hari	(fc'-fcr')	(fc'-fcr') ²	fc' (Mpa)
1.	TS101	14	50,500	0,83	60,843	6,865	47,128	
2.	TS102	14	49,157	0,83	59,225	5,247	27,531	
3.	TS103	14	41,843	0,83	50,413	3,565	12,709	
4.	TS104	14	43,285	0,83	52,152	1,826	3,334	
5.	TS105	14	47,686	0,83	57,453	3,475	12,075	
6.	TS106	28	51,176	1,00	51,176	2,802	7,851	
7.	TS107	28	61,837	1,00	61,837	7,859	61,764	
8.	TS108	28	52,667	1,00	52,667	1,311	1,719	
9.	TS109	28	56,989	1,00	56,989	3,011	9,066	
10.	TS1010	28	56,529	1,00	56,529	2,551	6,508	
11.	TS1011	14	47,535	0,83	57,271	3,293	10,844	
12.	TS1012	14	56,700	0,83	68,313	14,335	205,492	
13.	TS1013	14	60,448	0,83	72,829	18,851	355,360	
14.	TS1014	14	29,800	0,83	35,904	18,074	326,669	
15.	TS1015	14	41,096	0,83	49,513	4,465	19,936	
16.	TS1016	14	45,453	0,83	54,763	0,785	0,616	
17.	TS1017	14	48,365	0,83	58,271	4,293	18,429	
18.	TS1018	14	57,659	0,83	69,468	15,490	239,940	
19.	TS1019	14	14,218	0,83	17,130	36,848	1357,775	
20.	TS1020	14	30,547	0,83	36,804	17,174	294,946	
					1079,5		2724,746	34,35

5.2 Pembahasan

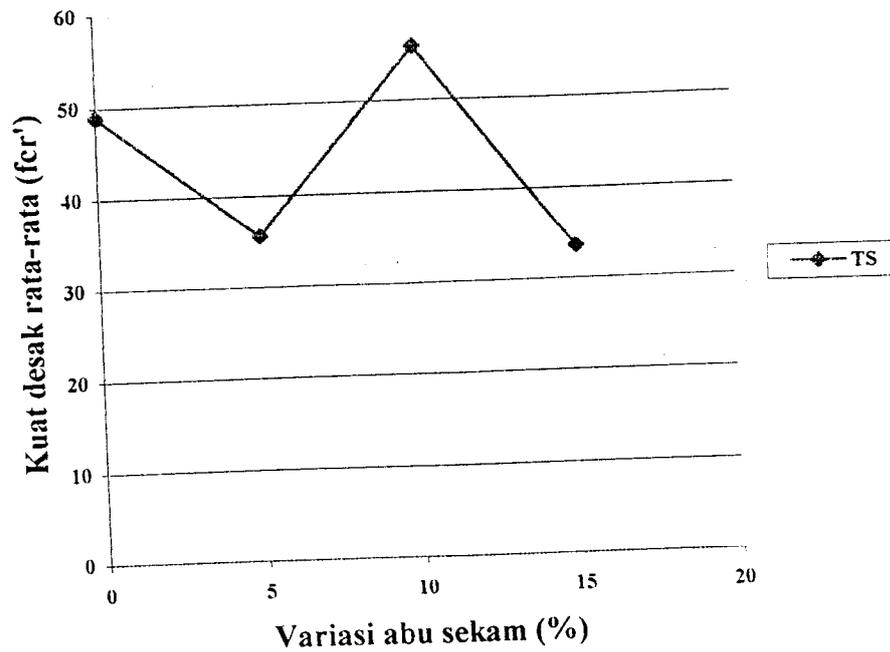
5.2.1 Kuat Desak Beton



Keterangan, TF = Beton Mutu Tinggi (BMT) Variasi Fly Ash

Gambar 5.1 Grafik kuat desak rata-rata (fcr') dengan variasi fly ash

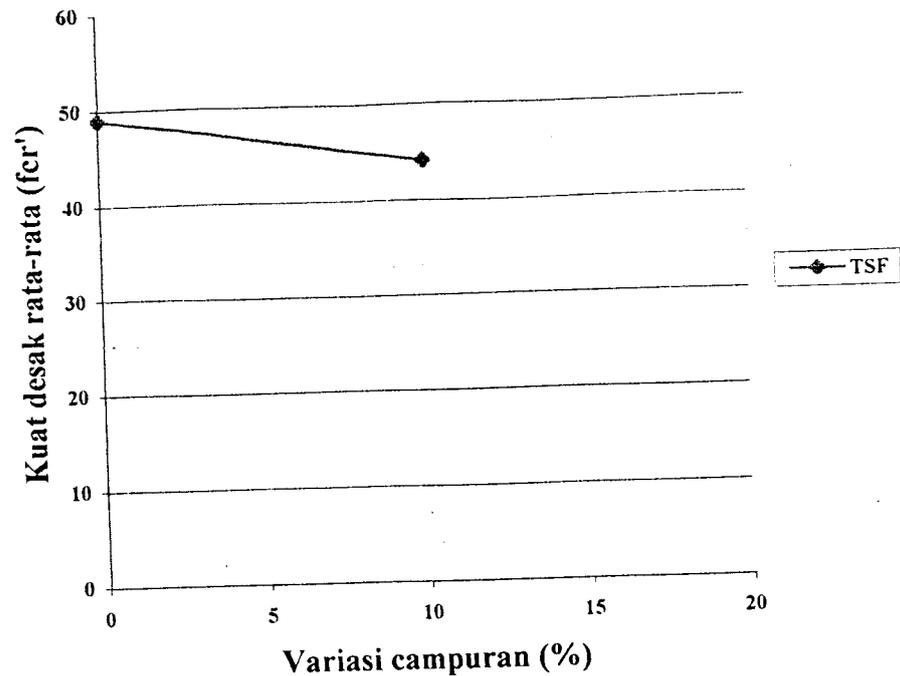
Gambar 5.1 di atas menunjukkan belum diperolehnya penggunaan fly ash yang optimum, sehingga masih memungkinkan untuk menambah prosentase variasi fly ash. Kuat desak tertinggi untuk penelitian ini, yaitu penggunaan fly ash 15 %, diperoleh kuat desak beton 49,219 Mpa atau terjadi kenaikan sebesar 0,521% dibandingkan dengan beton mutu tinggi standar dengan kuat desak 48,964 Mpa. Penggunaan fly ash 15 % ini dapat mengurangi penggunaan semen 42 kg untuk setiap m³ adukan beton.



Keterangan. TS : BMT variasi abu sekam

Gambar 5.2 Grafik kuat desak rata-rata (fcr') dengan variasi abu sekam

Hasil yang ditunjukkan Gambar 5.2 memperlihatkan penggunaan abu sekam (*rice husk ash*) yang optimum, yaitu penggunaan abu sekam 10 %. Untuk variasi yang optimum diperoleh kuat desak beton 55,839Mpa atau terjadi kenaikan sebesar 14,04% dibandingkan dengan beton mutu tinggi standar dengan kuat desak 48,964 Mpa. Penggunaan abu sekam 10 % ini dapat mengurangi penggunaan semen 14 kg untuk setiap m³ adukan beton.



Keterangan. TSF : BAT variasi campuran

Gambar 5.3 Grafik kuat desak rata-rata (fcr') dengan variasi campuran

Pencampuran kedua bahan (*fly ash* dan abu sekam) di atas sebesar 10%, menunjukkan grafik turun, seperti ditunjukkan Gambar 5.3. Jika dibandingkan dengan beton mutu tinggi tanpa pozzolan, penggunaan campuran keduanya menghasilkan kuat desak 44,171 Mpa atau lebih rendah 9,78%.

Pengujian kuat desak beton dilakukan umur 14 hari dan 28 hari. Dari hasil pengujian pemakaian pozzolan *rice husk ash* dan *fly ash* dapat mengurangi pemakaian semen, dan menaikkan kuat desak beton.

Terjadinya kenaikan kuat desak beton disebabkan karena pemakaian pozzolan yang digunakan. Pengaruh abu sekam padi dan abu terbang sebagai pengganti sebagian semen mengakibatkan terjadinya reaksi pengikatan kapur bebas yang dihasilkan dalam proses hidrasi semen oleh silika yang terkandung dalam pozzolan, membentuk Calcium Silicate Hydrate (C-S-H) yang berbentuk gel dan mempunyai kemampuan seperti perekat (Swamy, 1986).

Selain disebabkan oleh reaksi pozzolonik, mekanisme yang menyebabkan penambahan kekuatan desak beton adalah terisinya pori-pori yang sebelumnya berisi air yang terperangkap, oleh gel yang dihasilkan dari reaksi kapur bebas—pozzolan. Pada beton tanpa abu sekam padi ataupun abu terbang, daerah transisi berisi air yang terjebak oleh partikel-partikel semen dan selanjutnya menguap meninggalkan daerah yang porous. Keadaan porous ini menyebabkan kekuatan beton relatif rendah. Mekanisme lain yang dapat menyebabkan semakin berkurangnya kuat tekan adalah proses reaksi dari kapur padam itu sendiri. Kapur padam yang terdapat dalam jumlah berlebihan ini akan mengikat CO_2 dari udara dan membentuk pasta CaCO_3 (batu kapur) yang pada akhirnya mengeras. Pada tahap kadar kapur bebas masuk bereaksi dengan CO_2 dan membentuk senyawa CaCO_3 (batu kapur) memang akan mengeras. Akan tetapi karena proses pengikatan pada kapur membutuhkan waktu lama pengerasan akan terjadi pada permukaannya saja.

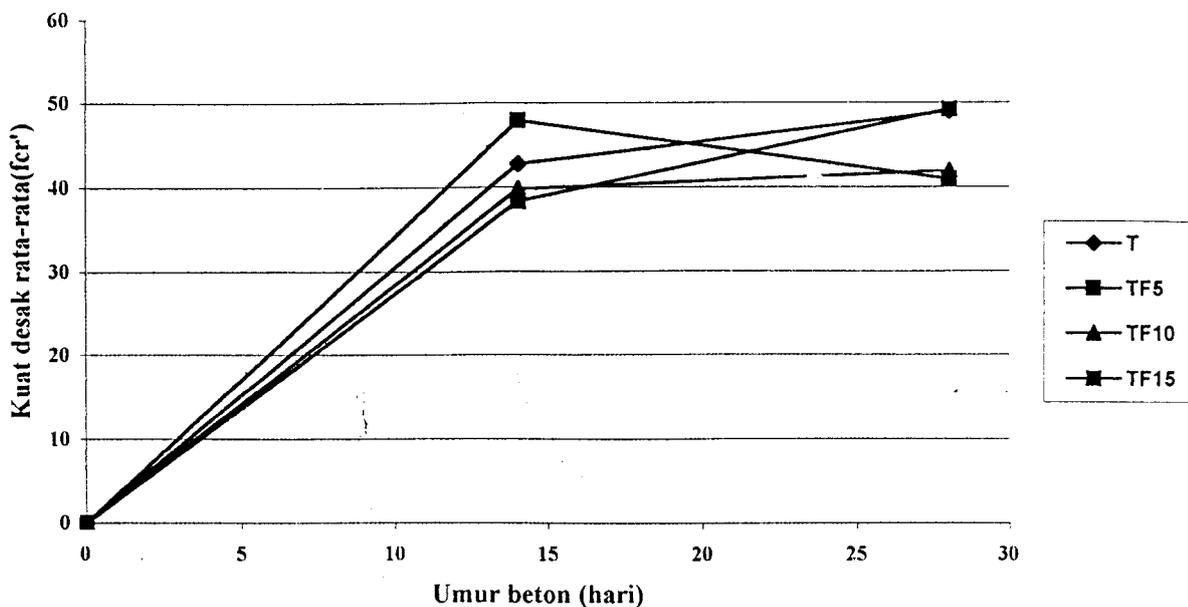
Adanya senyawa CaCO_3 (batu kapur) maka akan memperbesar jarak antara butiran agregat, kuat desak tidak lagi didukung oleh butir – butir agregat yang sudah menyatu dengan adanya pasta semen, tetapi oleh pasta CaCO_3 yang mampu menahan kuat desak dibawah kemampuan agregat.

Selain itu, butiran pozzolan yang jauh lebih kecil (75 mikron) membuat beton lebih penuh/padat karena pori yang kosong antara butiran agregat diisi oleh pozzolan.

Dari tabel 5.18 ditunjukkan adanya hasil yang menyimpang dari kuat desak yang direncanakan. Terdapat tiga sampel (15% dari jumlah benda uji), yang mengalami kegagalan. Hal ini dipengaruhi oleh pemadatan campuran beton yang kurang sempurna dalam pelaksanaannya. Akibat pemadatan yang kurang sempurna tersebut, mengakibatkan terjadinya keropos pada beton. Keropos ini terjadi karena masih banyaknya rongga udara dalam campuran beton. Selain itu proses pemadatan yang kurang baik juga mengakibatkan terjadinya *bleeding* yaitu naiknya air kepermukaan sambil membawa semen dan butir-butir halus pasir sehingga dapat terbentuk lapisan yang mempengaruhi kualitas permukaan beton.

5.2.2 Umur Beton

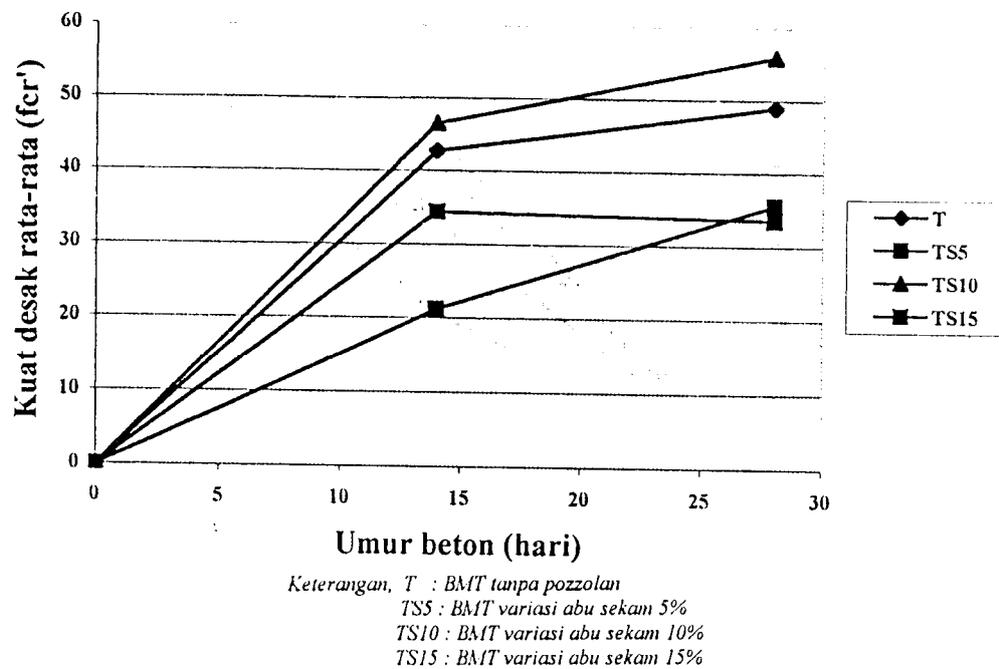
Untuk kuat desak rata-rata dan umur beton hasilnya ditunjukkan oleh gambar berikut ini.



Keterangan .
T : BMT tanpa pozzolan
TF5 : BMT variasi fly ash 5%
TF10 : BMT variasi fly ash 10 %
TF15 : BMT variasi fly ash 15%

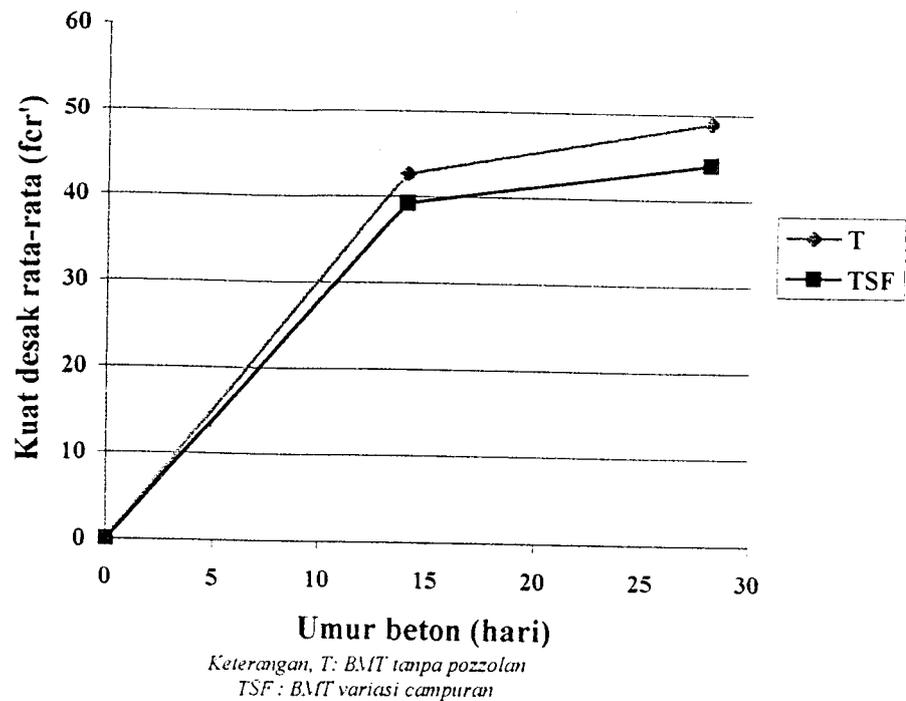
Gambar 5.4 Grafik kuat desak rata-rata (f_{cr}') dan umur beton untuk variasi *fly ash*

Gambar 5.4 di atas menunjukkan bahwa untuk beton dengan variasi *fly ash* 5% terjadi penurunan kuat desak rata-ratanya dari umur 14 hari dibandingkan dengan umur 28 hari. Beton dengan variasi *fly ash* 10% pada saat berumur 14 hari kuat desak rata-ratanya telah mencapai 94,9% terhadap kuat desak beton rata-rata umur 28 hari. Untuk beton dengan variasi *fly ash* 15% saat beton berumur 14 hari telah mencapai 78,9 % terhadap beton umur 28 hari.



Gambar 5.5 Grafik kuat desak rata-rata (f_{cr}') dan umur beton untuk variasi abu sekam

Hasil yang ditunjukkan oleh Gambar 5.5 memperlihatkan bahwa untuk beton dengan variasi abu sekam 15% terjadi penurunan kuat desak rata-ratanya dari umur 14 hari dibandingkan dengan umur 28 hari. Sedangkan beton dengan variasi abu sekam 10% pada saat berumur 14 hari kuat desak rata-ratanya telah mencapai 83,26% terhadap beton umur 28 hari. Untuk beton dengan variasi abu sekam 5% kuat desak rata-ratanya telah mencapai 60% saat umur 14 hari.



Gambar 5.6 Grafik kuat desak rata-rata (f_{cr}') dan umur beton untuk variasi campuran

Beton dengan variasi campuran ditunjukkan oleh Gambar 5.6 diatas, kuat desak rata-ratanya telah mencapai 89% saat umur 14 hari.

Kenaikan kuat desak beton dengan semakin bertambahnya umur beton diperlihatkan dalam gambar 5.4 sampai dengan 5.6. Untuk TF5 dan TS15 terjadi penurunan, dan ini seharusnya tidak terjadi. Partikel yang belum mengalami hidrasi akan terus menyerap air dari udara meskipun air pencampur telah kering, dan proses kimia ini secara berangsur-angsur meningkatkan kekuatan dan kepadatan

beton.(Murdock dan Brook). Kegagalan ini terjadi karena konsistensi pekerjaan yang rendah dalam pengerjaan campuran beton. Dalam pelaksanaan terlihat beton yang dihasilkan keropos dan adanya sarang kerikil di beberapa tempat akibat kadar pasir dan semen sedikit. Hal ini sangat dipengaruhi oleh pemadatan yang kurang baik. Oleh karena itu diperlukan tingkat ketelitian yang tinggi saat pembuatan campuran, pengadukan dan proses rawatan untuk beton mutu tinggi, sehingga untuk penelitian selanjutnya akurasi alat yang digunakan dan sumberdaya manusianya perlu mendapatkan perhatian.

Kenaikan kuat desak beton hubungannya dengan umur beton dipengaruhi oleh kandungan unsur – unsur yang terdapat dalam semen. Dalam tabel dijelaskan bahwa semen terdiri dari 4 unsur yang paling penting yaitu C_3S , C_2S , C_3A , dan C_4AF . Dua unsur yang pertama biasanya merupakan 70 sampai dengan 80 persen dari semen sehingga merupakan yang paling dominan dalam memberikan sifat semen. Bila semen terkena air, C_3S segera mulai berhidrasi, dan menghasilkan panas. Selain itu juga berpengaruh besar terhadap pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Sebaiknya, C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari dan memberikan kekuatan akhir. Unsur C_3A berhidrasi secara exothermic, dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam. Sedangkan unsur yang keempat yaitu C_4AF kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton.

Dalam penelitian ini, dihitung faktor konversi untuk masing-masing campuran dibandingkan dengan nilainya sendiri untuk umur beton 14 hari menuju 28

hari. Untuk tingkat pencampuran optimum, yaitu TS10 dan TF15 masing – masing saat beton berumur 14 hari, kuat desak rata-ratanya telah mencapai 83,26% dan 78,9% terhadap beton umur 28 hari. Hasil ini lebih rendah dibandingkan dengan PBI (Peraturan Beton Bertulang Indonesia), yaitu sebesar 88%. Hal ini menunjukkan bahwa untuk campuran beton mutu tinggi untuk campuran tersebut memiliki tingkat kenaikan kekuatan beton yang lebih rendah dibandingkan beton normal. Penggunaan pozzolan sebagai pengurang semen dalam campuran beton mempengaruhi proses hidrasi semen, sehingga kenaikan kekuatan beton menjadi lebih lambat dibandingkan beton tanpa pozzolan. Hal ini dapat dilihat untuk beton tanpa pozzolan dengan kode T pada tabel 5.17, memiliki faktor konversi yang mendekati nilai faktor konversi PBI.

Dengan penggunaan semen yang lebih banyak, seharusnya kekuatan beton mutu tinggi akan mengalami kenaikan lebih pesat dibandingkan beton normal, oleh karena itu kontrol kualitas semen dalam pembuatan beton mutu tinggi perlu mendapat perhatian, dengan misalnya memperhatikan penyimpanan semen yang baik.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut dibawah ini.

1. Hasil Penggunaan pozzolan *rice husk ash* sebanyak 10 % dapat mengurangi semen seberat 28 kg dan penggunaan pozzolan *fly ash* sebanyak 15% dapat mengurangi semen seberat 42 kg untuk setiap 1m³ adukan beton tanpa pozzolan dengan komposisi campuran sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan.
2. Untuk beton mutu tinggi umur beton 28 hari untuk campuran yang menggunakan pozzolan *rice husk ash* 10% terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 14,04% dan untuk campuran yang menggunakan pozzolan *fly ash* terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 0,521%.
3. Untuk beton mutu tinggi umur beton 14 hari kuat desak rata-rata terhadap beton umur 28 hari telah mencapai 83,26% untuk campuran yang menggunakan pozzolan *rice husk ash* 10% dan 78,9% untuk campuran yang menggunakan pozzolan *fly ash* 15%
4. Untuk campuran antara *fly ash* dan *rice husk ash* sebagai pozzolan sebesar 10 % dengan komposisi 5% *fly ash* dan 5 % *rice husk ash* hanya diperoleh kuat desak

5. karakteristik sebesar 44,171 Mpa atau kurang dari kuat desak karakteristik beton tanpa pozzolan sebesar 48,964 Mpa.
6. Penggunaan pozzolan *rice husk ash* memperoleh kenaikan kuat desak beton yang lebih tinggi dari pada penggunaan pozzolan *fly ash*.

6.2 Saran

1. Kualitas *rice husk ash* dan *fly ash* perlu dikontrol secara lebih teliti, karena sangat bergantung dari berbagai hal antara lain suhu, mutu bahan, pembakaran, dan sebagainya.
2. Perlu adanya evaluasi lebih lanjut tentang pemakaian pozzolan tersebut dengan jumlah benda uji yang memadai dan sesuai dengan standar yang berlaku.
3. Untuk perencanaan adukan beton dengan penambahan pozzolan perlu dilakukan komparasi dengan beberapa metode campuran lain sehingga memberikan hasil yang cukup optimal dalam beberapa perencanaan.
4. Penggunaan abu sekam sebanyak 10% sebagai bahan substitusi semen, dapat digunakan untuk menaikkan kuat desak beton mutu tinggi sebesar 14,04%, dan faktor konversi untuk umur 14 hari 83%. Bahan ini relatif murah untuk daerah Yogyakarta, karena mudah diperoleh.