

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN FUNDAMENTAL

Judul Kegiatan : Optimalisasi Penggunaan Limbah Pembakaran Batubara Sebagai Bahan Substituis Semen pada Beton Mutu Normal dan Beton Mutu Tinggi

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 421 / Teknik Sipil

Ketua Peneliti

A. Nama Lengkap : Dr. FIRDAUS S.T.,M.T.
B. NIDN : 0231036902
C. Jabatan Fungsional : Lektor
D. Program Studi : Teknik Sipil
E. Nomor HP : 08122140478
F. Surel (e-mail) : firdaus@mail.binadarma.ac.id

Anggota Peneliti (1)

A. Nama Lengkap : INDAH HANDAYASARI
B. NIDN : 0222047701
C. Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS BINA DARMA

Anggota Peneliti (2)

A. Nama Lengkap : ROSIDAWANI S.T., M.T.
B. NIDN : 0009057602
C. Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Lama Penelitian Keseluruhan : 1 Tahun

Penelitian Tahun ke : 1

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp 36.000.000,00

Biaya Tahun Berjalan : - diusulkan ke DIKTI Rp 36.000.000,00
- dana internal PT Rp 0,00
- dana institusi lain Rp 0,00
- inkind sebutkan

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik UBD

(Dr. Firdaus, ST., MT)
NIP/NIK 060109230



Palembang, 11 - 11 - 2013,
Ketua Peneliti

(Dr. FIRDAUS S.T.,M.T.)
NIP/NIK 00109230

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian

(Priambodo Hendro Saksano, ST., M.Sc., Ph.D)
NIP/NIK 110109348

RINGKASAN

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan limbah pembakaran batubara pada PLTU Bukit Asam. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan limbah pembakaran batu bara sebagai flyash yang digunakan sebagai bahan substitusi semen pada campuran beton dengan mutu normal dan beton mutu tinggi. Penelitian ini sangat penting mengingat penggunaan batu bara sebagai energi alternatif belakangan dan pada masa yang akan datang masih akan terus bertambah. Sedangkan penggunaan batubara tersebut tak lepas dari proses pembakaran yang tidak terlepas dari abu yang dihasilkan. Optimalisasi penggunaan abu batubara yang disebut sebagai abu terbang (flyash) yang diproduksi oleh PLTU Bukit Asam dilakukan secara komprehensif dengan menilai karakteristik flyash tersebut berdasarkan zona jatuhnya abu terhadap titik acuan pada saat abu tersebut diterbangkan. Selanjutnya penggunaan flyash tersebut sebagai bahan substitusi semen akan ditentukan sebagai bahan yang dapat menggantikan sebagian material semen dengan nilai yang optimum untuk mendapatkan sifat kuat tekan yang paling optimum pada beton normal dan beton mutu tinggi.

PRAKATA

Penelitian ini berjudul “Optimalisasi Penggunaan Limbah Pembakaran Batubara Sebagai Bahan Substituís Semen pada Beton Mutu Normal dan Beton Mutu Tinggi” merupakan bagian dari penelitian desentralisasi untuk skim fundamental yang dibiayai oleh DikTi untuk tahun anggaran 2013.

Penelitian ini bermaksud untuk meneliti Penggunaan bahan penyusun beton yang berasal dari alam sampai dengan saat ini masih dipakai secara luas, mengingat kebutuhan akan material beton sebagai material konstruksi yang sampai dengan masa yang akan datang masih tetap menjadi pilihan dalam dunia konstruksi disamping mudah dalam pelaksanaan maupun murah dalam pembiayaan. Usaha perbaikan kualitas maupun performa digunakan secara luas, membutuhkan pengembangan pengetahuan untuk mencari dan memformulasikan campuran beton (*mix design*) secara tepat sehingga dapat menghasilkan beton dengan kriteria mutu dan kinerja lain, sesuai dengan perkembangan teknologi.

Upaya yang dilakukan dalam inovasi material bentuk beton adalah mencari bahan alternatif sebagai pengganti bahan penyusun beton yang berasal dari alam, maupun pemanfaatan limbah sebagai bahan pengganti maupun substitusi adalah yang paling banyak diupayakan. Optimasi penggunaan limbah yang ada disekitar kita dan memiliki potensi sebagai bahan substitusi yang memberikan kinerja yang baik terhadap sifat beton adalah permasalahan utama dalam penelitian ini. Bagaimana sifat-sifat flyash dan bottom ash dari abu sisa pembakaran batubara yang digunakan pada PLTU dioptimasi penggunaannya dalam campuran beton baik untuk beton normal maupun beton mutu tinggi.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN.....	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1. Batubara Penghasil Limbah Berpotensi	2
2.2. Flyash sebagai Limbah Berpotensi	3
2.3. Beton dengan Bahan Admixture Flyash	4
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT	11
3.1. Tujuan Penelitian	11
3.2. Manfaat Penelitian	11
BAB 4. METODOLOGI PENELITIAN	12
4.1. Metode Penelitian.....	12
4.2. Tempat Penelitian.....	12
4.3 Bahan dan Alat yang digunakan.....	13
4.4 Prosedur Penelitian.....	16
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
5.1. Flyash	16
5.2. Agregat Kasar	18
5.3. Agregat Halus	18
5.5. Semen	18

5.6. Pengujian Slump Beton	18
5.7. Komposisi Campuran Adukan Beton	19
5.8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	20
	48
BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN	48
7.1. Kesimpulan	48
7.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Kualitas Batubara Indonesia Peringkat Rendah 2
Tabel 2.2	Spesifikasi Batubara untuk PLTU Suralaya 3
Tabel 2.3	Physical properties of fly ash 4
Tabel 2.4	Susunan Oksida Semen Portland 5
Tabel 2.5	Type dan Kegunaan Semen 5
Tabel 2.6	Syarat Gradasi Agregat Halus 8
Tabel 2.7	Tipe dan Penggunaan Admixture 9
Tabel 2.3	Physical properties of fly ash 4
Tabel 4.1	Parameter, Variasi dan Jumlah Benda Uji 14
Tabel 5.1	Hasil Ayakan <i>fly ash</i> Zona I 16
Tabel 5.2	Hasil Ayakan <i>fly ash</i> Zona I 17
Tabel 5.3	Hasil Ayakan <i>fly ash</i> Zona I 17
Tabel 5.4	Hasil Ayakan <i>fly ash</i> Zona I 17
Tabel 5.5	Komposisi campuran beton normal per m ³ 19
Tabel 5.6	Komposisi campuran beton mutu tinggi per m ³ 19
Tabel 5.7	Hasil pengujian kuat tekan beton normal 0% fa 20
Tabel 5.8	Hasil pengujian kuat tekan beton normal zona 1 21
Tabel 5.9	Hasil pengujian kuat tekan beton normal zona 2 24
Tabel 5.10	Hasil pengujian kuat tekan beton normal zona 3 27
Tabel 5.11	Hasil pengujian kuat tekan beton normal zona 4 30
Tabel 5.12	Hasil pengujian kuat tekan beton mutu tinggi non-fa 33
Tabel 5.13	Hasil pengujian kuat tekan beton mutu tinggi zona 1 34
Tabel 5.14	Hasil pengujian kuat tekan beton mutu tinggi zona 2 37
Tabel 5.15	Hasil pengujian kuat tekan beton mutu tinggi zona 3 40
Tabel 5.16	Hasil pengujian kuat tekan beton mutu tinggi zona 4 43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Senyawa pembentuk semen	2
Gambar 5.1 Hubungan antara kuat tekan dengan umur untuk beton normal ..	21
Gambar 5.2 Hubungan antara kuat tekan dengan umur untuk beton normal Fa zona 1	23
Gambar 5.3 Hubungan antara kuat tekan dengan umur untuk beton normal Fa zona 2	26
Gambar 5.4 Hubungan antara kuat tekan dengan umur untuk beton normal Fa zona 3	29
Gambar 5.5 Hubungan antara kuat tekan dengan umur untuk beton normal Fa zona 4	32
Gambar 5.6 Hubungan antara kuat tekan dengan umur untuk beton mutu Tinggi non-fa	34
Gambar 5.7 Hubungan antara kuat tekan dengan umur untuk beton mutu Tinggi fa zona 1	37
Gambar 5.8 Hubungan antara kuat tekan dengan umur untuk beton mutu Tinggi fa zona 2	40
Gambar 5.9 Hubungan antara kuat tekan dengan umur untuk beton mutu Tinggi fa zona 3	43
Gambar 5.10 Hubungan antara kuat tekan dengan umur untuk beton mutu Tinggi fa zona 4	46
Gambar 5.11 Kurva hubungan kuat tekan vs kandungan fly ash beton normal	47
Gambar 5.12 Kurva hubungan kuat tekan vs kandungan fly ash beton Mutu tinggi	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran foto-foto penelitian

- Foto. Cerobong PLTU Bukit Asam
- Foto. Wadah penampungan Bottom Ash PLTU Bukit Asam
- Foto. Tempat Penampungan Bottom Ash PLTU Bukit Asam
- Foto. Proses Penyaringan fly ash di Laboratorium
- Foto. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus
- Foto. Fan Blower untuk penyaringan flyash
- Foto. Benda uji yang dipergunakan pada penelitian
- Foto. Proses pembuatan adukan beton
- Foto. Pengujian kuat tekan beton
- Foto. Proses pengujian kuat tekan beton

Lampiran personalia tenaga peneliti beserta kualifikasinya.

Lampiran publikasi

BAB 1. PENDAHULUAN

Penggunaan batubara sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak sudah digunakan luas dalam kurun waktu yang cukup lama. Penggunaan batubara sebagai bahan bakar tersebut menghasilkan limbah berupa abu dalam bentuk abu dasar (bottom ash) dan abu terbang (flyash). Berdasarkan PP 85 tahun 1999 disebutkan bahwa abu terbang (fly ash) dari pembakaran batubara sebagai limbah termasuk dalam kategori limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), sehingga pengelolaan flyash sebagai limbah harus mengacu pada PP 85/1999. Pemerintah mengatur pengelolaan limbah B-3 pada pasal 10 PP Nomor 18/1999 dengan maksud agar industri penghasil limbah B-3 dapat menyimpan limbah B-3 yang dihasilkannya paling lama 90 hari sebelum diserahkan kepada pengumpul atau pemanfaat atau pengolah atau penimbun limbah B-3. Namun apabila limbah B-3 yang dihasilkan kurang dari 50 Kg per hari, penghasil limbah B-3 dapat menyimpan limbahnya lebih dari 90 hari dengan persetujuan KLH. Artinya industri membutuhkan dana khusus untuk mengelola limbah agar tidak merusak lingkungan. Limbah flyash ini dapat diantisipasi tingkat bahayanya dengan salah satu cara yaitu dengan proses solidifikasi/stabilisasi. Prosesnya ini pada prinsipnya adalah dengan mengubah sifat fisika dan kimia flyash ini dengan cara menambahkan bahan pengikat (*cement*) membentuk senyawa monolit dengan struktur yang kompak agar supaya pergerakan flyash sebagai limbah B-3 terhambat atau dibatasi, daya larut diperkecil sehingga daya racunnya tersebut berkurang sebelum limbah B-3 tersebut ditimbun atau dimanfaatkan kembali. Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai pengikat (*cement*) adalah kapur, tanah liat, aspal, semen portland.

Berangkat dari permasalahan tersebut, maka flyash dari abu batubara dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku semen maupun bahan substitusi semen pada material berbasis semen seperti beton, batako dan paving block.

Sumatera Selatan dikenal sebagai penghasil batubara Bukit Asam. Batubara ini digunakan di daerah lokal maupun di luar Sumatera Selatan. Salah satu pengguna batubara terbesar lokal adalah PLTU. Abu batubara baik berupa bottom ash maupun flyash dari pembakaran di PLTU merupakan limbah yang yang dapat dioptimalkan penggunaannya. Kriteria sifat properties flyash dan bottom ash dipengaruhi oleh

sumber batubara, kondisi pembakaran, lokasi flyash. Hal ini diasumsikan akan ikut mempengaruhi kondisi material yang terbentuk dari bahan penyusun abu tersebut. Mengingat potensi keberadaan limbah tersebut yang akan meningkat, seiring dengan rencana bertambahnya PLTU-PLTU yang akan dibangun di Sumatera khususnya Sumatera Selatan, maka pemanfaatan limbah tersebut sebagai salah satu bahan admixture beton perlu diperhatikan. Oleh karena itulah diperlukan penelitian yang komprehensif mengenai sifat flyash dan bottom ash ditinjau dari sumbernya terhadap sifat beton.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Batubara penghasil Limbah Berpotensi

2.1.1. Sifat-sifat Batubara

Batubara adalah bahan bakar alternatif yang secara alamiah dibentuk oleh pembusukan sisa tanaman purba dalam kurun waktu jutaan tahun. Sehingga sifat dan mutu batubara sangat beragam dan tidak sama (homogen). Peringkat batubara dibedakan atas peringkat tinggi ke rendah berdasarkan jenis batuan yaitu bituminus, subbituminus dan antrasit. Peringkat ini akan mempengaruhi nilai kalor, kadar air dan sifat kadar dan karakteristik abu (komposisi dan titik leleh abu). Berdasarkan sumber batubara sifat-sifat tersebut meliputi:

Tabel 2.1. Kualitas Batubara Indonesia Peringkat Rendah

Parameter	Peranap (Sumsel)	Bara Mutiara Prima (Sumsel)
Kadar Air, %	49	30
Kadar Abu, %	1,19	4,3
Nilai Kalor, kal/g	3.234	4.400
Sulfur, %	0,1	0,3
HGI	54	60
Deformasi awal abu, °C	1.200	1.350
Indeks Penerakan	Tinggi*	Rendah*
Indeks Fouling	Rendah*	Rendah

Sumber: Slamet Suprpto, 2009

Tabel 2.2. Spesifikasi Batubara untuk PLTU Suralaya

Parameter	Minimum	Maksimum	Rata-rata
Kadar Air, %	-	28,3	23,6
Kadar Abu, %	-	12,8	7,8
Nilai Kalor, kal/g	4,225	-	5.242
Sulfur,%	-	0,9	0,4
HGI	48	-	61.8
Titik Leleh Abu	1.010	-	1.279
Deformasi awal abu, ⁰ C			
Indeks Penerakan	-	-	medium*
Indeks Fouling	-	-	tinggi

Sumber: Slamet Suprpto, 2009

2.1.2. Penggunaan Batubara

Penggunaan batubara sebagai bahan bakar alternatif menjadi meluas saat Indonesia mengalami krisis bahan bakar minyak. Indonesia memiliki cadangan batubara yang cukup besar di dunia. Sebagai alternatif utama pengganti bahan bakar minyak karena potensinya yang cukup besar, batubara diproyeksikan menjadi penyumbang terbesar dalam *energy mix* nasional dibanding sumber energi lainnya. Seiring dengan kebutuhan listrik nasional, pembangunan pembangkit listrik tenaga uap terus dilaksanakan. 18 Pembangkit listrik telah dan sedang dibangun di wilayah Sumatera, dengan jenis pembangkit berupa batubara, air dan panas bumi (Kompas, Hal ini menyebabkan penggunaan batubara sebagai salah satu bahan bakar pembangkit listrik tersebut menjadi sangat potensial untuk pembangkit yang sudah berdiri maupun yang akan dibuat di masa yang akan datang.

2.2. Flyash sebagai Limbah Berpotensi

Fly ash (Abu terbang) adalah debu yang dihasilkan dari sisa pembakaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batubara (Shu, 2011). Penggunaan abu terbang juga dapat mengurangi penggunaan semen dan sekaligus sebagai bentuk pemanfaatan limbah yang akan membantu menjaga kelestarian lingkungan.

Abu terbang sepertinya cukup baik untuk digunakan sebagai bahan ikat karena bahan penyusun utamanya adalah silikon dioksida (SiO_2), aluminium (Al_2O_3) dan Ferrum

oksida (Fe_2O_3). Oksida-oksida tersebut dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen ketika bereaksi dengan air.

Tabel 2.3 Physical properties of fly ash

No	Physical properties of fly ash	Properties Values
1	Blaine fineness	340 m ² /kg (1659.9 ft ² /lb)
2	Water requirement ratio	94%
3	Loss on ignition (LOI)	1.15%
4	Moisture content	0.32%
5	Pozzolanic activity index	$1.65 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

Sumber: Zhonghe Shui, Rui Yu, and Jun Dong, 2011

2.3. Beton dengan Bahan Admixture Flyash

2.3.1. Sifat-sifat Beton

Beton merupakan suatu material yang menyerupai batu, diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir, koral atau agregat lainnya, dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan. Semen bereaksi secara kimiawi untuk mengikat partikel agregat tersebut menjadi suatu masa yang padat

Untuk menghasilkan beton yang tahan terhadap klorida dan sulfat serta dengan mutu tinggi, dibutuhkan bahan pengikat dan pengisi serta aditif mineral dengan kadar yang tepat. Karena jika komposisi material dicampur dengan kadar yang tidak tepat hasilnya dapat menurunkan kuat tekan.

2.3.2. Komposisi Beton

A. Semen

Material semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu masa yang padat yang mempunyai kekuatan yang cukup. Bahan utama untuk membuat semen adalah batu kapur yang mengandung CaO dan tanah liat atau endapan batuan yang terdiri dari

SiO₂ dan A₂O₃. Untuk lebih jelasnya, dibawah ini adalah perkiraan susunan oksida semen portland yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.4. Susunan Oksida Semen Portland

No.	Nama Senyawa	Kandungan %
1	CaO	60 – 67
2	SiO ₂	17 – 25
3	Al ₂ O ₃	3 – 8
4	Fe ₂ O ₃	0,5 – 6
5	MgO	0,1 – 4
6	Alkali (K ₂ O + Na ₂ O)	0,2 - 1,3
7	SO ₃	1 – 3

Semen Portland adalah semen hidraulis yang di hasilkan dengan cara menghaluskan klinker. Empat senyawa komplek terpenting yang terkandung dalam semen adalah C₃S, C₂S, C₃A,C₄AF (Neville, 1995). Karakteristik ke empat unsur tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1. Senyawa pembentuk semen

(Sumber: Neville, 1995)

Semen portland di Indonesia dalam SK SNI S-04-1989-F(1989: 3) dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu:

Tabel 2.5. Tipe dan kegunaan Semen

Tipe	Kegunaan
Tipe I (Ordinary Portland Cement)	Semen Portland tipe ini digunakan untuk segala macam konstruksi yang tidak memerlukan sifat-sifat khusus. Semen ini mengandung 5 % MgO dan 2,5 - 3% SO ₃ .

Tipe II (Moderate Heat Portland Cement)	Semen ini digunakan untuk bahan konstruksi yang memerlukan sifat khusus tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang, biasanya digunakan untuk daerah pelabuhan dan bangunan sekitar pantai. Semen ini mengandung 20% SiO ₂ , 6 % Al ₂ O ₃ , 6% Fe ₂ O ₃ , 6% MgO, dan 8% C ₃ A.
Tipe III (High Early Strength Portland Cement)	Semen ini merupakan semen yang digunakan biasanya dalam keadaan-keadaan darurat dan musim dingin. Semen ini memiliki kandungan C ₃ S yang lebih tinggi sehingga proses pengerasan terjadi lebih cepat dan cepat mengeluarkan kalor. Semen ini tersusun dari 3,5-4% Al ₂ O ₃ , 6% Fe ₂ O ₃ , 35% C ₃ S, 6% MgO, 40% C ₂ S dan 15% C ₃ A.
Tipe IV (Low Heat Portland Cement)	Semen tipe ini digunakan pada bangunan dengan tingkat panas hidrasi yang rendah misalnya pada bangunan beton yang besar dan tebal, baik sekali untuk mencegah keretakan. Cement ini memiliki kandungan C ₃ S dan C ₃ A lebih rendah sehingga kalor yang dilepas lebih rendah. Semen ini tersusun dari 6,5 % MgO, 2,3 % SO ₃ , dan 7 % C ₃ A.
Tipe V (Super Sulphated Cement)	Semen yang sangat tahan terhadap pengaruh sulphat misalnya pada tempat pengeboran lepas pantai, pelabuhan, dan terowongan. Komposisi komponen utamanya adalah slag tanur tinggi dengan kandungan aluminanya yang tinggi, 5% terak portland cement , 6 % MgO, 2,3 % SO ₃ , dan 5 % C ₃ A

*(sumber ; SK SNI-T-15-1990-03:2 dan standar ASTM C – 150)

B. Agregat

Menurut Nugraha (2007) agregat adalah material yang sangat berpengaruh terhadap kualitas beton mengingat agregat menempati 70-75% dari total volume beton. Dengan agregat yang baik beton dapat mudah dikerjakan (*workable*), kuat (*strength*), tahan lama (*durable*) dan sekaligus ekonomis. Pengaruh tipe agregat terhadap kualitas

mortar beton menjadi faktor penting yang harus diperhitungkan. Tipe agregat juga mempengaruhi *mechanical properties* pada beton yang menggunakan *reactive powder* yang bertujuan untuk menghasilkan beton mutu tinggi (Aydin, 2010). Hal lain juga ditunjukkan oleh Wu (2001), bahwa *strength*, *stiffness* dan *fracture energy* pada beton tergantung pada type agregat, khususnya pada beton kuat tekan tinggi (*high strength concrete*).

- **Agregat Kasar**

Agregat yang digunakan berupa sirtu hasil pecah mesin (*crushed gravel*) atau batu pecah (*crushed stone*) yang bersih lempung, bahan organik dan bahan-bahan lainnya yang tidak dikehendaki serta memiliki persyaratan berikut :

- a. Kehilangan berat akibat abrasi mesin Los Angeles pada 500 putaran: 4%
- b. Kelekatan agregat 95%.
- c. Indeks kepipihan maksimum 25%.
- d. Peresapan agregat terhadap air maksimum 3%.
- e. Berat jenis semu agregat maksimum 2,5%.
- f. Maksimum agregat kasar yang tertahan saringan No.4 harus mempunyai satu bidang pecah.

- **Agregat Halus**

Agregat halus adalah agregat yang ukuran butirannya antara 0.075 mm sampai dengan 4.75 mm yang diperoleh dari hasil disintegrasi batuan alam atau didapat dari pemecah batu berdiameter besar.

Persyaratan umum dalam menggunakan agregat halus sebagai campuran beton, adalah:

- a. Agregat halus terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras, bersifat kekal, dalam arti tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- b. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % (terhadap berat kering)
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak, tidak melebihi warna standar
- d. Agregat halus harus terdiri butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan melewati saringan 4.75 mm dan tertahan pada saringan no. 200 (0.075 mm)

Tabel 2.6. Syarat Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan		Persen Berat Tembus Komulatif				
British Standard	ASTM No.	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV	ASTM Standard C 33-78
9,5 mm	3/8 in	100	100	100	100	100
4,75 mm	3/16 in	90 - 100	90 -	90 -	95 -	95 - 100
2,36 mm	8	60 - 95	100	100	100	80 - 100
1,18 mm	16	30 - 70	75 -	85 -	95 -	50 - 85
600 μ m	30	15 - 34	100	100	100	25- 60
300 μ m	50	5 - 20	55 - 90	75 -	90 -	10 - 30
150 μ m	100	0 - 10	35 - 59	100	100	- 10
			8 - 30	60- 79	80-	
			0 - 10	12 - 40	100	
				0 - 10	15 - 50	
					0 - 15	

*(sumber British Standar dan ASTM standar)

C. Air

Air mempunyai 2 fungsi, yang pertama untuk proses pengikatan dan berlangsungnya pengerasan. Kedua berfungsi sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan pencetakan. Di dalam penggunaannya, air tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton atau mortar.

D. Bahan Campuran Tambahan (Admixture)

Penambahan bahan *admixture* dimaksudkan untuk memperbaiki sifat beton yang diinginkan. Dalam pekerjaan pencampuran beton, *admixture* berdasarkan ASTM C494-91 ditunjukkan dalam tabel berikut :

Tabel 2.7. Tipe dan Penggunaan Admixture.

Jenis	Tujuan Penggunaan
Tipe A	Water reducing admixture, adalah bahan tambah untuk mengurangi jumlah air pencampur yang di perlukan untuk menghasilkan beton yang berkonsistensi tinggi
Tipe B	Retarding admixture, adalah bahan tambahan kimia yang berfungsi menghambat pengikatan beton
Tipe C	Accelerating admixture, adalah bahan tambahan kimia yang berfungsi mempercepat pengikatan dan kekuatan awal beton
Tipe D	Water reducing dan retarding adalah bahan tambah untuk mengurangi jumlah air dan menghambat pengikatan beton
Tipe E	Water reducing dan Accelerating admixture, adalah bahan tambah untuk mengurangi jumlah air pencampur dan mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton
Tipe F	High range water reducing admixture, adalah bahan tambah untuk mengurangi jumlah air yang diperlukan dalam membuat beton konsistensi tinggi yang diberikan sebesar 12% atau lebih
Tipe G	High range water reducing admixture dan Retarding admixture, adalah bahan tambah untuk mengurangi jumlah air yang diperlukan untuk memproduksi beton konsistensi tinggi yang diberikan sebesar 12% lebih dan menghambat pengikatan beton

*(sumber ; ASTM C494-91)

1. Retarder

Retarder diperlukan untuk mengatur *setting time* (waktu pengikatan), karna biasanya tempat pengadukan beton (*batching plat*) berada jauh dari tempat pengecoran (*proyek*), sehingga *retarder* membantu memperlambat proses pengikatan

agar tidak mengeras di dalam perjalanan. Menurut *Technical Data Sheet*, PT. Sika Nusa Pratama dosis retarder adalah 0.15%-0.40% dari berat semen.

2. Superplastisizer

Superplasticizer atau *High range water reducing admixture* diperlukan untuk bisa mengontrol dan menghasilkan nilai slump yang optimal pada beton segar (*workable*), karena kondisi fas yang umumnya sangat rendah dibuat pada beton mutu tinggi. Sehingga bisa mempermudah kinerja pengecoran beton. Menurut *Technical Data Sheet*, PT. Sika Nusa Pratama dosis retarder *Superplasticizer* 0.6%-1.5% dari berat semen.

2.3.3. Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton dinyatakan dengan beban (tegangan) maksimum yang dapat dipikulnya. Oleh karena itu dengan bertambahnya kekuatan sifat – sifat lainnya bertambah baik pula dan karena percobaan untuk menentukan kekuatan tekan adalah sangat mudah, maka kekuatan tekan beton dalam industri konstruksi biasa dipakai untuk menilai serta untuk mengendalikan mutu beton dan untuk tujuan persyaratan spesifikasi. Beton merupakan suatu bahan yang relatif getas dan relatif lemah dalam memikul tegangan tarik.

Kekuatan beton tergantung pada:

- Kekuatan agregat, khususnya agregat kasar
- Kekuatan pasta semen
- Kekuatan ikatan / lekatan antara semen dengan agregat

Kekuatan tekan beton adalah muatan tekan maksimum yang dapat dipikul per satuan luas. Kekuatan tekan beton yang dapat dicapai dengan tinggi (mutu tinggi) dengan menggunakan semen dengan mutu terpilih, perbandingan–perbandingan bahan campuran dan cara pemadatan yang seksama serta sarana–sarana perawatan yang menguntungkan.

Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan maksimum $f'c$ pada saat beton mencapai usia 28 hari. Nilai kuat tekan beton ini didapatkan melalui cara pengujian standar ASTM C39 (*ASTM C39 Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*). dengan menggunakan Unit Testing Machine (UTM). Pemberian beban tekan dilakukan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder. Beban yang diberikan akan dipikul rata oleh penampang sehingga memberikan tegangan sebesar :

$$f'c = P/A \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana,

$f'c$: Kuat Tekan benda uji silinder beton (MPa)

P : Beban Tekan Beton (N)

A : Luas Penampang Benda Uji (mm^2)

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan nilai kuat tekan optimum dari penggunaan variasi flyash dan bottom ash berdasarkan karakteristik flyash berdasarkan radius jatuhnya abu terhadap cerobong PLTU.
2. Untuk mendapatkan ukuran/dimensi agregat optimum yang digunakan dalam campuran beton dengan pengujian kuat tekan .
3. Untuk mengetahui persentase optimum dari penggunaan bahan tambahan flyash dan superplastisizer pada beton normal dan beton mutu tinggi.
4. Untuk mendapatkan formulasi campuran beton yang dapat menghasilkan kuat tekan yang optimum.

3.2 Manfaat Penelitian

Penggunaan bahan penyusun beton yang berasal dari alam sampai dengan saat ini masih dipakai secara luas, mengingat kebutuhan akan material beton sebagai material konstruksi yang sampai dengan masa yang akan datang masih tetap menjadi pilihan dalam dunia konstruksi disamping mudah dalam pelaksanaan maupun murah dalam pembiayaan. Usaha perbaikan kualitas maupun performa digunakan secara luas, membutuhkan pengembangan pengetahuan untuk mencari dan memformulasikan campuran beton (*mix design*) secara tepat sehingga dapat menghasilkan beton dengan kriteria mutu dan kinerja lain, sesuai dengan perkembangan teknologi.

Upaya yang dilakukan dalam inovasi material bentuk beton adalah mencari bahan alternatif sebagai pengganti bahan penyusun beton yang berasal dari alam, maupun pemanfaatan limbah sebagai bahan pengganti maupun substitusi adalah yang paling banyak diupayakan. Optimasi penggunaan limbah yang ada disekitar kita dan

memiliki potensi sebagai bahan substitusi yang memberikan kinerja yang baik terhadap sifat beton adalah permasalahan utama dalam penelitian ini. Bagaimana sifat-sifat flyash dan bottom ash dari abu sisa pembakaran batubara yang digunakan pada PLTU dioptimasi penggunaannya dalam campuran beton baik untuk beton normal maupun beton mutu tinggi.

BAB 4. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental murni yang dilakukan di laboratorium.

4.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pemeriksaan karakteristik dari bahan limbah abu pembakaran batubara di PLTU Bukit Asam berupa bottom ash dan flyash, di laboratorium PT Sucofindo Palembang. Sifat karakteristik dari beberapa sampel bahan tersebut akan menjadi penentu parameter dalam pengujian sifat benda uji beton yang akan dilaksanakan di Laboratorium Beton pada jurusan Teknik Sipil Universitas Bina Darma Palembang selama semester genap 2011/2012 - ganjil 2012/2013.

4.3 Bahan dan Alat yang digunakan dalam Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Semen portland tipe I (merk Indocement)
2. Agregat Halus asal Tanjung Raja
3. Agregat kasar ukuran 5-10 asal Lahat
4. Agregat kasar asal Lahat
5. Air PDAM
6. Superplastisizer
7. Flyash dari limbah pembakaran batubara di PLTU

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Mesin uji tekan beton berkapasitas 1500 KN

2. Cetakan beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300mm
3. Saringan ayakan 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, No. 30, No. 50, No. 100
4. Oven, yang digunakan untuk mengeringkan semple dalam pemeriksaan bahan – bahan yang akan digunakan dalam campuran beton.
5. Timbangan , untuk mengetahui berat dari bahan – bahan penyusunan beton
6. Gelas ukur, untuk menakar volume air, berat jenis dan memeriksa kadar Lumpur pasir
7. Kerucut Abrams dengan ukuran diatas ± 3 mm, diameter bawah 200 ± 3 mm, tinggi 300 ± 3 mm dan baja penumbuk, digunakan untuk mengukur nilai *slump* dari beton segar
8. Cangkul, cethok, dan talam yang digunakan untuk menampung dan menuang adukan beton kedalam cetakan
9. Mistar, digunakan untuk mengukur dimensi dari alat – alat dan benda uji yang digunakan
10. Stop watch, digunakan untuk mengukur waktu saat pengisian terakir beton yang telah diratakan dengan saat kerucut diangkat.

4.4 Prosedur Penelitian

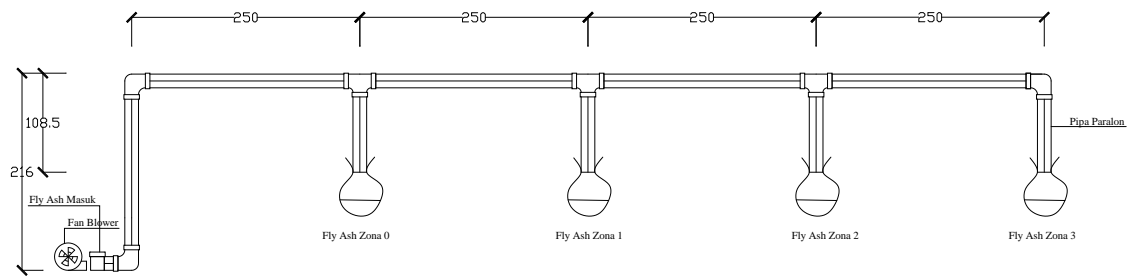
Prosedur penelitian ini dibagi 3 tahapan pokok sebagai berikut :

1. Pemeriksaan properties flyash

Material flyash yang akan dipergunakan akan diteliti dengan pengambilan sample langsung ditempat flyash dihasilkan untuk pemeriksaan tingkat kehalusan dengan analisis saringan. Sample yang diambil berdasarkan parameter zona jatuh. Parameter zona jatuhnya adalah zona I, II, III dan IV seperti terlihat pada gambar 4.1

2. Persiapan Material

Material yang akan digunakan pada penelitian ini selain flyash antara lain adalah semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (split), dan air . Untuk agregat kasar digunakaan split, dengan ukuran 5-10mm dan 10-20 mm, sedangkan pasir terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap sifat-sifat fisiknya.



Gambar 4.1 skema penyaringan flyash

3. Penelitian Pendahuluan

Tahap penelitian pendahuluan ini terdiri dari:

- a. Beberapa pengujian karakteristik fisis agregat kasar dan halus yang terdiri dari: kadar air, *specific gravity*, analisa saringan, kekerasan, bobot isi, kadar butir lolos saringan no. 200, kadar lumpur dan kadar organik.
- b. Perlakuan terhadap material agregat kasar dan halus < 5%.
- c. Pembuatan perencanaan campuran beton (*mix design*) untuk campuran beton normal dan mutu tinggi.
- d. Membuat benda uji dengan standar ASTM untuk uji kuat tekan beton (*compression test*) dengan bentuk silinder diameter 10 cm tinggi 20 cm, dengan jumlah benda uji sesuai dengan parameter uji sebagai berikut;

Tabel 4.1. Parameter, Variasi dan Jumlah Benda Uji

No.	Jenis Semen	Jenis Agregat		Jenis Admixtures		Jumlah Benda Uji pada Pengujian Kuat Tekan			Total Jumlah silinder
	Semen	Agregat kasar	Agregat Halus	Flyash	SP	7 hari	21 Hari	28 hari	
1	Indocement	Split 10-20	Tanjung Raja	0	0	5	5	5	15
2		Split 10-20	Tanjung Raja	F1-5%	0	5	5	5	15
3		Split 10-20	Tanjung Raja	F1-10%	0	5	5	5	15
4		Split 10-20	Tanjung Raja	F1-15%	0	5	5	5	15

5		Split 10-20	Tanjung Raja	F2-5%	0	5	5	5	15
6		Split 10-20	Tanjung Raja	F2- 10%	0	5	5	5	15
7		Split 10-20	Tanjung Raja	F2- 15%	0	5	5	5	15
8		Split 10-20	Tanjung Raja	F3-5%	0	5	5	5	15
9		Split 10-20	Tanjung Raja	F3- 10%	0	5	5	5	15
10		Split 10-20	Tanjung Raja	F3- 15%	0	5	5	5	15
11		Split 5-10 mm	Tanjung Raja	0	0	5	5	5	15
12		Split 5-10 mm	Tanjung Raja	F1-5%	5%	5	5	5	15
13		Split 5-10 mm	Tanjung Raja	F1- 10%	5%	5	5	5	15
14		Split 5-10 mm	Tanjung Raja	F1- 15%	5%	5	5	5	15
15		Split 5-10 mm	Tanjung Raja	F2-5%	5%	5	5	5	15
16		Split 5-10 mm	Tanjung Raja	F2- 10%	5%	5	5	5	15
17		Split 5-10 mm	Tanjung Raja	F2- 15%	5%	5	5	5	15
18		Split 5-10 mm	Tanjung Raja	F3-5%	5%	5	5	5	15
19		Split 5-10 mm	Tanjung Raja	F3- 10%	5%	5	5	5	15
20		Split 5-10 mm	Tanjung Raja	F3- 15%	5%	5	5	5	15

4. Penelitian Pokok

Setelah selesai melakukan penelitian pendahuluan maka dilakukan pembuatan mix design yang dilanjutkan dengan pengecoran. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur uji 7,14,28 hari dengan perawatan beton dengan perendaman sampai

dengan 1 hari sebelum pengujian kuat tekan dilaksanakan Pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dengan pengujian dengan berdasarkan standar pengujian ASTM C39 (*ASTM C39 Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*).

Analisis Hasil Uji

Berdasarkan tujuan dan perumusan masalah dari penelitian ini, maka hasil pengujian berupa nilai kuat tekan beton , berupa nilai yang diperoleh dari semua benda uji akan dianalisis berdasarkan jenis parameter yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Flyash

Flyash yang dipergunakan pada penelitian ini adalah hasil dari penyaringan yang dilakukan dengan menerbangkan flyash dan mendapatkan kehalusan flyash berdasarkan kepada zona jatuh flyash. Semakin halus flyash, maka zona jatuh akan semakin jauh. Untuk mendapatkan kehalusan dari flyash yang digunakan, maka dilakukan penyaringan berdasarkan pada zona jatuh dalam hal ini zona I, II, III dan IV. Berat sampel 500 gr per zona dan diayak dalam kurun waktu yang konstan yaitu ± 10 menit, dengan menggunakan susunan ayakan 40, 60, 100, dan 200. Hasil pengayakan yang dilakukan per zona dapat dilihat pada tabel....

Tabel 5.1 Hasil Ayakan *fly ash* Zona I

No	Nomor Saringan	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)
1	40	150	30
2	60	105	21
3	100	100	20
4	200	80	16
5	Pan	65	13
	Total	500	100

Tabel 5.2 Hasil Ayakan *fly ash* Zona II

No	Nomor Saringan	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)
1	40	0	0
2	60	0	0
3	100	25	5
4	200	250	50
5	Pan	225	45
	Total	500	100

Tabel 5.3 Hasil Ayakan *fly ash* Zona III

No	Nomor Saringan	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)
1	40	0	0
2	60	0	0
3	100	0	0
4	200	150	30
5	Pan	350	70
	Total	500	100

Tabel 5.4 Hasil Ayakan *fly ash* Zona IV

No	Nomor Saringan	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)
1	40	0	0
2	60	0	0
3	100	0	0
4	200	50	10
5	Pan	450	90
	Total	500	100

Dari Tabel 5.1 sampai dengan Tabel 5.4 terlihat bahwa semakin jauh zona jatuh flyash, maka semakin besar persentase lolos flyash terhadap saringan no.200. Untuk persentase terbesar yang lolos saringan no.200 adalah sample flyash pada zona IV sebesar 90%.

5.2 Agregat Kasar

Agregat Kasar yang dipergunakan pada penelitian ini bersasal dari Lahat, Sumatera Selatan. Diameter maksimum agregat yang dipergunakan ada jenis, yaitu diameter 20 mm untuk beton normal dan 12 mm untuk beton mutu tinggi. Pemeriksaan agregat kasar meliputi berat jenis, berat isi gembur dan isi padat, analisa saringan, kadar lumpur serta kadar air.

Hasil pemeriksaan agregat kasar berupa batu koral dan batu split dapat dilihat pada lampiran-lampiran.

5.3 Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus meliputi berat isi gembur dan isi padat, analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, kadar lumpur serta kadar air.

Hasil pemeriksaan agregat halus berupa pasir dapat dilihat pada lampiran-lampiran.

5.4 Semen

Semen yang digunakan pada ini adalah semen portland type I dalam kemasan 60 kg. Pengamatan secara visual butir-butir semen tidak menggumpal sehingga layak digunakan.

5.5 Air

Pada penelitian ini, air yang digunakan berasal dari PDAM. Secara visual air dalam keadaan jernih dan layak di minum, sehingga air ini dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.

5.6 Pengujian Slump Beton

Bahwa untuk mendapatkan kelecakan pada adukan beton sebelumnya diukur dengan Slump Test. Adapun besar slump yang diperoleh dari percobaan untuk beton

normal adalah 10 cm, hasil ini masih dalam range slump perencanaan berkisar antara 7,5 cm hingga 12 cm. Untuk beton mutu tinggi, rata-rata tinggi slump yang didapat adalah 7,5 cm, hasil ini masih dalam range slump perencanaan berkisar antara 5 cm hingga 10 cm.

5.7 Komposisi Campuran Adukan Beton

Pada penelitian ini akan dibuat beberapa komposisi campuran beton yang disesuaikan dengan kandungan flyash dan zona untuk beton normal dan beton mutu tinggi. Komposisi campuran untuk setiap m³ beton normal dan beton mutu tinggi dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6.

Tabel 5.5. Komposisi campuran beton normal per m³

No	Bahan (kg)	Kandungan Flyash Zona I, II, III, IV			
		0%	5%	10%	15%
1	Semen	420,95	399,90	378,85	357,80
2	Agregat halus (pasir)	596,88	596,88	596,88	596,88
3	Agregat kasar (batu pecah)	984,54	984,54	984,54	984,54
4	Air	206,51	206,51	206,51	206,51
5	Abu terbang (fly ash)	-	21,04	42,09	63,14

Tabel 5.6. Komposisi campuran beton normal mutu tinggi per m³

No	Bahan (kg)	Kandungan Flyash Zona I, II, III, IV			
		0%	5%	10%	15%
1	Semen	483,66	459,47	435,29	411,11
2	Agregat halus (pasir)	580,06	580,06	580,06	580,06
3	Agregat kasar (batu pecah)	964,80	964,80	964,80	964,80
4	Air	193,90	193,90	193,90	193,90
5	Abu terbang (fly ash)	-	24,18	48,36	72,54
6	Superplastizer (Sp)	3,20	3,20	3,20	3,20

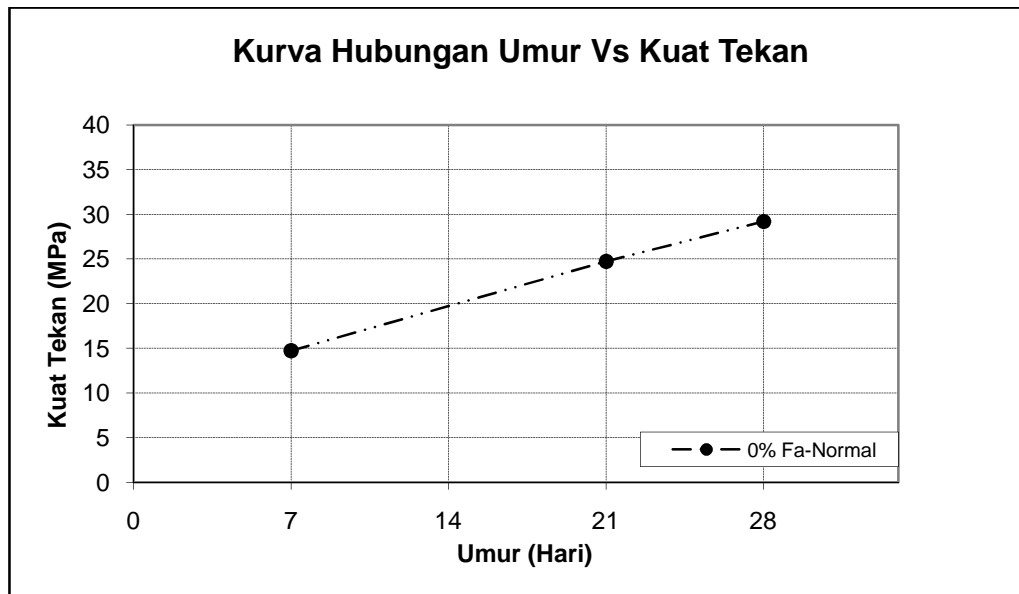
5.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

5.8.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian untuk beton mutu tinggi normal dilakukan terhadap beton tanpa penambahan flyash dan penambahan flyasah sebesar 5%, 10% dan 15%. Pengujian kuat tekan terhadap beton mutu tinggi dilakukan pada umur 7, 21, dan 28 hari.

Tabel 5.7 Hasil pengujian kuat tekan beton normal 0% fa

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Normal	7850	3720	123	15,70
2	Normal	7850	3780	115	14,67
3	Normal	7850	3810	128	16,24
4	Normal	7850	3800	98	12,45
5	Normal	7850	3820	115	14,62
Rata-rata					14,74
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (Mpa)
1	Normal	7850	3750	193	24,52
2	Normal	7850	3650	198	25,19
3	Normal	7850	3750	205	26,08
4	Normal	7850	3850	180	22,96
5	Normal	7850	3800	196	24,97
Rata-rata					24,75
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (Luas²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (Kg/cm²)
1	Normal	7850	3785	244	31,05
2	Normal	7850	3650	214	27,23
3	Normal	7850	3700	204	26,04
4	Normal	7850	3900	255	32,48
5	Normal	7850	3850	231	29,38
Rata-rata					29,24



Gambar 5.1 Hubungan antara kuat tekan dengan umur untuk beton normal

Dari Tabel 5.7 dan Gambar 5.1 diatas dapat dilihat bahwa pada saat umur 7 hari kuat tekan beton normal yang terjadi rata-rata sebesar 14,74 MPa, pada umur 21 hari rata-rata sebesar 24,75 MPa dan mengalami kenaikan persentase kuat tekan beton sebesar 67,91 %, 28 hari sebesar rata-rata 29,24 MPa dan mengalami kenaikan persentase kuat tekan beton sebesar 18,14% dibandingkan dengan umur beton 21 hari.

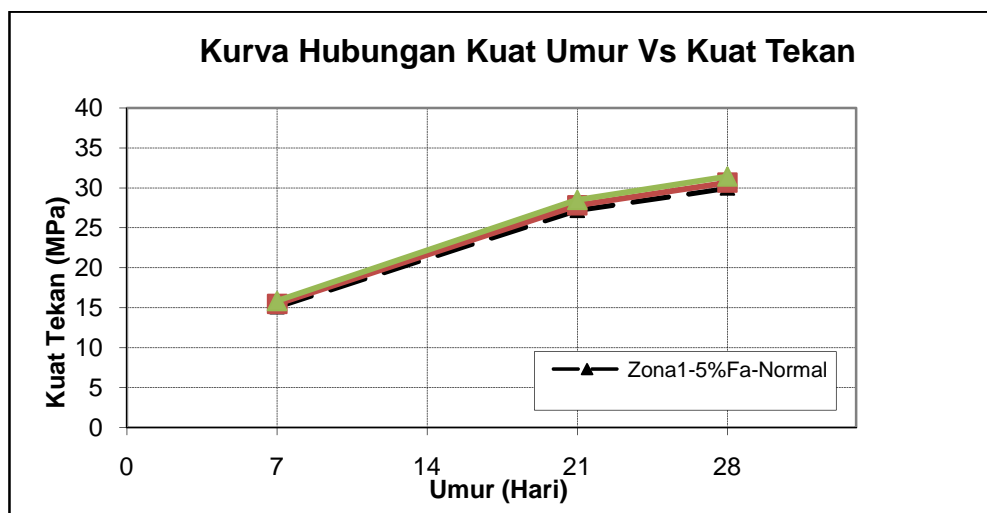
Tabel 5.8 Hasil pengujian kuat tekan beton normal zona 1

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-5%fa	7850	3750	100	12,72
2	Z1-5%fa	7850	3700	118	15,00
3	Z1-5%fa	7850	3710	126	16,08
4	Z1-5%fa	7850	3780	118	15,00
5	Z1-5%fa	7850	3800	130	16,62
Rata-rata					15,08
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-5%fa	7850	3730	198	25,22
2	Z1-5%fa	7850	3750	215	27,42
3	Z1-5%fa	7850	3720	212	26,94
4	Z1-5%fa	7850	3650	217	27,66
5	Z1-5%fa	7850	3700	225	28,61

Rata-rata					27,17
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-5%fa	7850	3765	261	33,30
2	Z1-5%fa	7850	3750	236	30,10
3	Z1-5%fa	7850	3700	250	31,82
4	Z1-5%fa	7850	3850	219	27,90
5	Z1-5%fa	7850	3800	209	26,66
Rata-rata					29,95

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-10%fa	7850	3730	133,875	17,05
2	Z1-10%fa	7850	3750	102,425	13,05
3	Z1-10%fa	7850	3720	120,7	15,38
4	Z1-10%fa	7850	3650	129,625	16,51
5	Z1-10%fa	7850	3700	121,125	15,43
Rata-rata					15,48
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-10%fa	7850	3765	230,25	29,33
2	Z1-10%fa	7850	3750	202,875	25,84
3	Z1-10%fa	7850	3700	220,5	28,09
4	Z1-10%fa	7850	3850	216,375	27,56
5	Z1-10%fa	7850	3800	222,375	28,33
Rata-rata					27,83
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-10%fa	7850	3750	214,5	27,32
2	Z1-10%fa	7850	3700	267,75	34,11
3	Z1-10%fa	7850	3710	241,875	30,81
4	Z1-10%fa	7850	3780	255,75	32,58
5	Z1-10%fa	7850	3800	224,25	28,57
Rata-rata					30,68

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-15%fa	7850	3765	132,6	16,89
2	Z1-15%fa	7850	3750	123,675	15,75
3	Z1-15%fa	7850	3700	137,275	17,49
4	Z1-15%fa	7850	3850	104,975	13,37
5	Z1-15%fa	7850	3800	123,25	15,70
Rata-rata					15,84
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-15%fa	7850	3750	221,625	28,23
2	Z1-15%fa	7850	3700	227,625	29,00
3	Z1-15%fa	7850	3710	235,875	30,05
4	Z1-15%fa	7850	3780	207,75	26,46
5	Z1-15%fa	7850	3800	225,75	28,76
Rata-rata					28,50
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-15%fa	7850	3730	262,125	33,39
2	Z1-15%fa	7850	3750	229,875	29,28
3	Z1-15%fa	7850	3720	219,75	27,99
4	Z1-15%fa	7850	3650	274,125	34,92
5	Z1-15%fa	7850	3700	247,875	31,58
Rata-rata					31,43



Gambar 5.2 Hubungan kuat tekan dengan umur untuk beton normal fa zona1

Dari Tabel 5.8 dan Gambar 5.2 diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan beton normal dengan penambahan flyash sebesar 5% untuk zona 1 rata-rata sebesar 29,95 Mpa pada umur 28 hari, pada penambahan flyash 10% didapat kuat tekan rata-rata sebesar 30,68 MPa dan pada penambahan kadar flyash menjadi 15% didapat kuat tekan rata-ratanya adalah sebesar 31,43 Mpa. Untuk penambahan kadar flyash 5%, 10% dan 15% pada beton normal ini didapat peningkatan prosentase peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 2,4%.

Tabel 5.9 Hasil pengujian kuat tekan beton normal zona 2

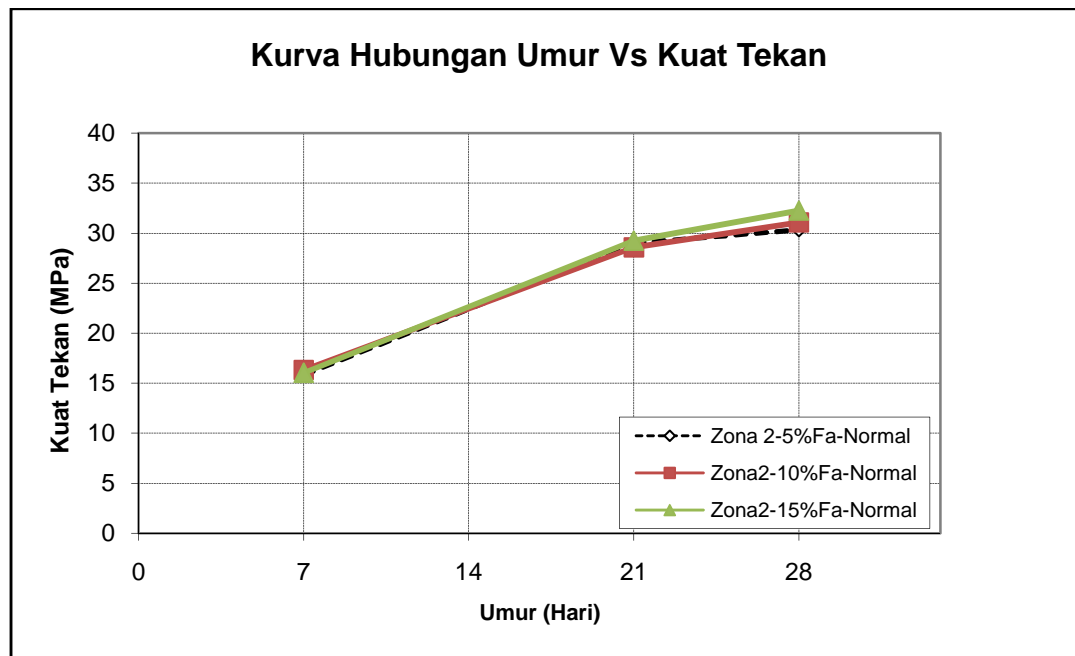
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-5%fa	7850	3750	105	13,36
2	Z2-5%fa	7850	3700	124	15,75
3	Z2-5%fa	7850	3710	133	16,88
4	Z2-5%fa	7850	3780	124	15,75
5	Z2-5%fa	7850	3800	137	17,45
Rata-rata					15,84
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-5%fa	7850	3730	211	26,90
2	Z2-5%fa	7850	3750	230	29,25
3	Z2-5%fa	7850	3720	226	28,74
4	Z2-5%fa	7850	3650	232	29,50
5	Z2-5%fa	7850	3700	240	30,52
Rata-rata					28,98
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-5%fa	7850	3765	265	33,74
2	Z2-5%fa	7850	3750	239	30,50
3	Z2-5%fa	7850	3700	253	32,24
4	Z2-5%fa	7850	3850	222	28,27
5	Z2-5%fa	7850	3800	212	27,01
Rata-rata					30,35

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)

1	Z2-10%fa	7850	3730	141	17,91
2	Z2-10%fa	7850	3750	111	14,08
3	Z2-10%fa	7850	3720	127	16,14
4	Z2-10%fa	7850	3650	136	17,34
5	Z2-10%fa	7850	3700	127	16,20
Rata-rata					16,33
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-10%fa	7850	3765	236	30,11
2	Z2-10%fa	7850	3750	208	26,53
3	Z2-10%fa	7850	3700	226	28,84
4	Z2-10%fa	7850	3850	222	28,30
5	Z2-10%fa	7850	3800	228	29,08
Rata-rata					28,57
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-10%fa	7850	3750	217,36	27,69
2	Z2-10%fa	7850	3700	271,32	34,56
3	Z2-10%fa	7850	3710	245,1	31,22
4	Z2-10%fa	7850	3780	259,16	33,01
5	Z2-10%fa	7850	3800	227,24	28,95
Rata-rata					31,09

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-15%fa	7850	3765	134	17,09
2	Z2-15%fa	7850	3750	125	15,94
3	Z2-15%fa	7850	3700	139	17,69
4	Z2-15%fa	7850	3850	106	13,53
5	Z2-15%fa	7850	3800	125	15,89
Rata-rata					16,03
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-15%fa	7850	3750	228	28,99
2	Z2-15%fa	7850	3700	234	29,77
3	Z2-15%fa	7850	3710	242	30,85
4	Z2-15%fa	7850	3780	213	27,17

5	Z2-15%fa	7850	3800	232	29,52
Rata-rata					29,26
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-15%fa	7850	3730	269	34,28
2	Z2-15%fa	7850	3750	236	30,06
3	Z2-15%fa	7850	3720	226	28,74
4	Z2-15%fa	7850	3650	281	35,85
5	Z2-15%fa	7850	3700	254	32,42
Rata-rata					32,27



Gambar 5.3 Hubungan kuat tekan dengan umur untuk beton normal fa zona 2

Dari Tabel 5.9 dan Gambar 5.3 diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan beton normal dengan penambahan flyash sebesar 5% untuk zona 2 rata-rata sebesar 30,35 Mpa pada umur 28 hari, pada penambahan flyash 10% didapat kuat tekan rata-rata sebesar 31,09 MPa dan pada penambahan kadar flyash menjadi 15% didapat kuat tekan rata-ratanya adalah sebesar 32,27 Mpa. Untuk penambahan kadar flyash dari 5% ke 10% didapat kenaikan kuat tekan sebesar 2,44% dan kadar flyash dari 10% ke 15% didapat kenaikan sebesar 3,79%.

Tabel 5.10 Hasil pengujian kuat tekan beton normal zona 3

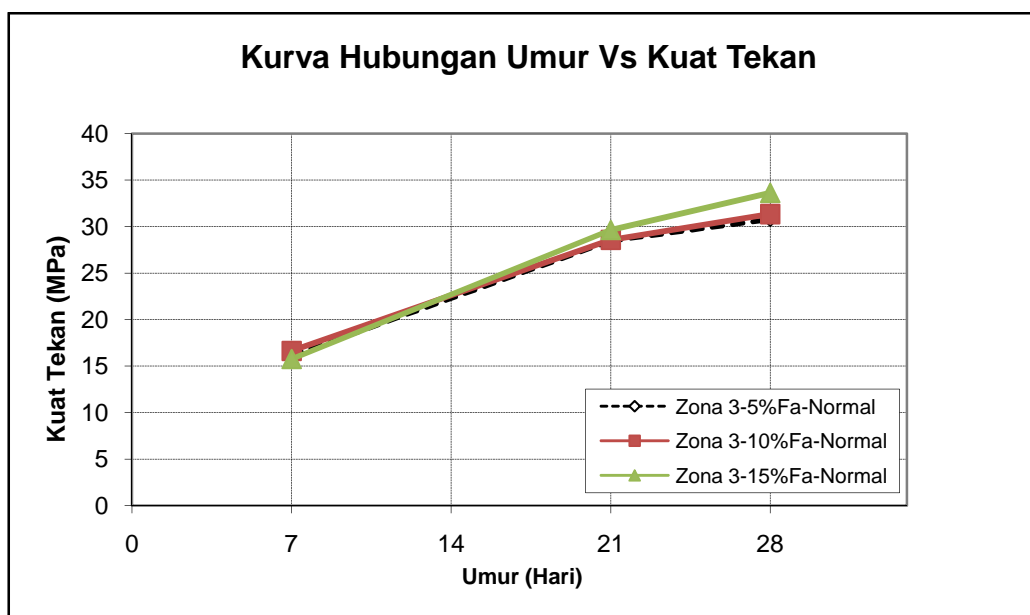
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari)					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-5%fa	7850	3650	108	13,77
2	Z3-5%fa	7850	3750	134	17,02
3	Z3-5%fa	7850	3710	133	16,88
4	Z3-5%fa	7850	3580	121	15,36
5	Z3-5%fa	7850	3800	137	17,45
Rata-rata					16,10
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-5%fa	7850	3720	214	27,24
2	Z3-5%fa	7850	3780	222	28,34
3	Z3-5%fa	7850	3800	228	29,10
4	Z3-5%fa	7850	3750	220	28,03
5	Z3-5%fa	7850	3800	233	29,63
Rata-rata					28,47
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-5%fa	7850	3760	268	34,18
2	Z3-5%fa	7850	3755	243	30,90
3	Z3-5%fa	7850	3750	256	32,66
4	Z3-5%fa	7850	3650	225	28,64
5	Z3-5%fa	7850	3600	215	27,37
Rata-rata					30,75

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari)					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-10%fa	7850	3740	144	18,33
2	Z3-10%fa	7850	3730	110	14,02
3	Z3-10%fa	7850	3740	130	16,52
4	Z3-10%fa	7850	3650	139	17,75
5	Z3-10%fa	7850	3750	130	16,58

Rata-rata					16,64
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-10%fa	7850	3760	236	30,11
2	Z3-10%fa	7850	3740	208	26,53
3	Z3-10%fa	7850	3700	226	28,84
4	Z3-10%fa	7850	3850	222	28,30
5	Z3-10%fa	7850	3800	228	29,08
Rata-rata					28,57
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-10%fa	7850	3750	271,32	34,56
2	Z3-10%fa	7850	3700	245,1	31,22
3	Z3-10%fa	7850	3710	259,16	33,01
4	Z3-10%fa	7850	3780	227,24	28,95
5	Z3-10%fa	7850	3800	227,24	28,95
Rata-rata					31,34

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-15%fa	7850	3760	125	15,92
2	Z3-15%fa	7850	3750	127	16,13
3	Z3-15%fa	7850	3720	131	16,69
4	Z3-15%fa	7850	3850	110	14,01
5	Z3-15%fa	7850	3800	126	16,07
Rata-rata					15,76
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-15%fa	7850	3750	230	29,36
2	Z3-15%fa	7850	3700	237	30,16
3	Z3-15%fa	7850	3710	245	31,25
4	Z3-15%fa	7850	3780	216	27,52
5	Z3-15%fa	7850	3800	235	29,91
Rata-rata					29,64

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-15%fa	7850	3760	263	33,45
2	Z3-15%fa	7850	3750	249	31,73
3	Z3-15%fa	7850	3800	276	35,10
4	Z3-15%fa	7850	3650	265	33,77
5	Z3-15%fa	7850	3800	268	34,11
Rata-rata					33,63



Gambar 5.4 Hubungan kuat tekan dengan umur untuk beton normal fa zona 3

Dari Tabel 5.10 dan Gambar 5.4 diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan beton normal dengan penambahan flyash sebesar 5% untuk zona 3 rata-rata sebesar 30,75 Mpa pada umur 28 hari, pada penambahan flyash 10% didapat kuat tekan rata-rata sebesar 31,34 MPa dan pada penambahan kadar flyash menjadi 15% didapat kuat tekan rata-ratanya adalah sebesar 33,63 Mpa. Untuk penambahan kadar flyash dari 5% ke 10% didapat kenaikan kuat tekan sebesar 1,92% dan kadar flyash dari 10% ke 15% didapat kenaikan sebesar 7,31%.

Tabel 5.11 Hasil pengujian kuat tekan beton normal zona 4

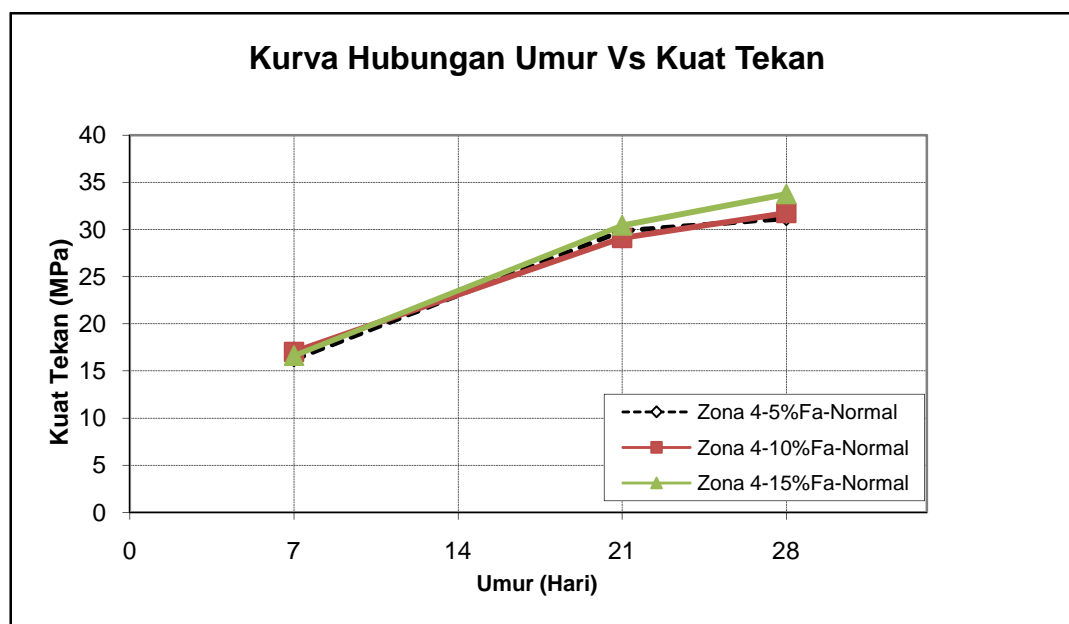
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari)					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-5%fa	7850	3650	107	13,67
2	Z4-5%fa	7850	3750	127	16,12
3	Z4-5%fa	7850	3710	136	17,28
4	Z4-5%fa	7850	3580	127	16,12
5	Z4-5%fa	7850	3800	140	17,86
Rata-rata					16,21
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-5%fa	7850	3720	232	29,61
2	Z4-5%fa	7850	3780	228	29,10
3	Z4-5%fa	7850	3800	234	29,87
4	Z4-5%fa	7850	3750	243	30,90
5	Z4-5%fa	7850	3800	233	29,63
Rata-rata					29,82
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-5%fa	7850	3760	272	34,63
2	Z4-5%fa	7850	3755	246	31,30
3	Z4-5%fa	7850	3750	260	33,09
4	Z4-5%fa	7850	3650	228	29,01
5	Z4-5%fa	7850	3600	218	27,72
Rata-rata					31,15

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari)					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-10%fa	7850	3740	147	18,75
2	Z4-10%fa	7850	3730	113	14,34
3	Z4-10%fa	7850	3740	133	16,90
4	Z4-10%fa	7850	3650	143	18,15
5	Z4-10%fa	7850	3750	133	16,96

Rata-rata					17,02
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-10%fa	7850	3760	246	31,29
2	Z4-10%fa	7850	3740	211	26,88
3	Z4-10%fa	7850	3700	229	29,21
4	Z4-10%fa	7850	3850	225	28,67
5	Z4-10%fa	7850	3800	231	29,46
Rata-rata					29,10
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-10%fa	7850	3750	274,89	35,02
2	Z4-10%fa	7850	3700	248,325	31,63
3	Z4-10%fa	7850	3710	262,57	33,45
4	Z4-10%fa	7850	3780	230,23	29,33
5	Z4-10%fa	7850	3800	230,23	29,33
Rata-rata					31,75

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-15%fa	7850	3760	139	17,69
2	Z4-15%fa	7850	3750	129	16,50
3	Z4-15%fa	7850	3720	144	18,31
4	Z4-15%fa	7850	3850	110	14,00
5	Z4-15%fa	7850	3800	129	16,44
Rata-rata					16,59
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-15%fa	7850	3750	236	30,11
2	Z4-15%fa	7850	3700	243	30,93
3	Z4-15%fa	7850	3710	252	32,05
4	Z4-15%fa	7850	3780	222	28,23
5	Z4-15%fa	7850	3800	241	30,68
Rata-rata					30,40

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-15%fa	7850	3760	281	35,84
2	Z4-15%fa	7850	3750	247	31,43
3	Z4-15%fa	7850	3800	236	30,05
4	Z4-15%fa	7850	3650	294	37,48
5	Z4-15%fa	7850	3800	266	33,89
Rata-rata					33,74



Gambar 5.5 Hubungan kuat tekan dengan umur untuk beton normal fa zona 4

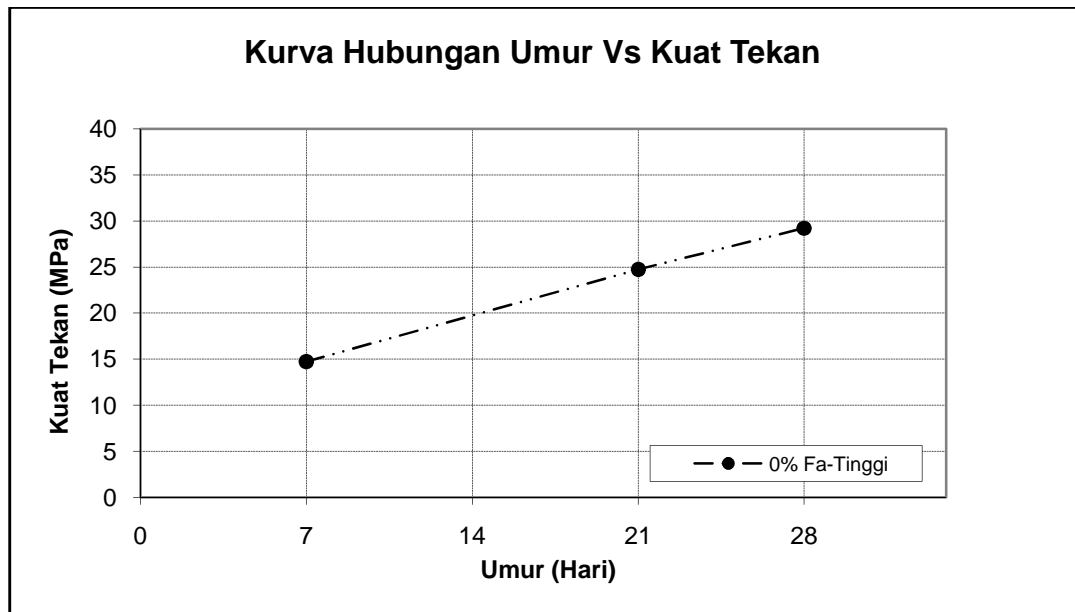
Dari Tabel 5.11 dan Gambar 5.5 di atas dapat dilihat bahwa kuat tekan beton normal dengan penambahan flyash sebesar 5% untuk zona 4 rata-rata sebesar 31,15 Mpa pada umur 28 hari, pada penambahan flyash 10% didapat kuat tekan rata-rata sebesar 31,75 MPa dan pada penambahan kadar flyash menjadi 15% didapat kuat tekan rata-ratanya adalah sebesar 33,74 Mpa. Untuk penambahan kadar flyash dari 5% ke 10% didapat kenaikan kuat tekan sebesar 1,93% dan kadar flyash dari 10% ke 15% didapat kenaikan sebesar 6,27%.

5.8.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi

Pengujian untuk beton mutu tinggi normal dilakukan terhadap beton tanpa penambahan flyash dan penambahan flyasah sebesar 5%, 10% dan 15%. Pengujian kuat tekan terhadap beton mutu tinggi dilakukan pada umur 7, 21, dan 28 hari.

Tabel 5.12 Hasil pengujian kuat tekan beton mutu tinggi non-fa

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Normal	7850	3900	181	23,09
2	Normal	7850	3820	185	23,55
3	Normal	7850	3840	178	22,63
4	Normal	7850	3900	170	21,70
5	Normal	7850	3800	181	23,09
Rata-rata					22,81
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (Mpa)
1	Normal	7850	3950	308	39,25
2	Normal	7850	3860	314	40,04
3	Normal	7850	3950	302	38,47
4	Normal	7850	3920	290	36,90
5	Normal	7850	3870	308	39,25
Rata-rata					38,78
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (Luas²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Normal	7850	3920	363	46,18
2	Normal	7850	3850	370	47,10
3	Normal	7850	3900	355	45,25
4	Normal	7850	3900	341	43,41
5	Normal	7850	3850	363	46,18
Rata-rata					45,62



Gambar 5.6 Hubungan kuat tekan dengan umur untuk beton mutu tinggi non-fa

Dari Tabel 5.12 dan Gambar 5.6 diatas dapat dilihat bahwa pada saat umur 7 hari kuat tekan beton normal yang terjadi rata-rata sebesar 22,81 MPa, pada umur 21 hari rata-rata sebesar 38,78 MPa dan mengalami kenaikan persentase kuat tekan beton sebesar 70,01 %, 28 hari sebesar rata-rata 45,62 MPa dan mengalami kenaikan persentase kuat tekan beton sebesar 17,64% dibandingkan dengan umur beton 21 hari.

Tabel 5.13 Hasil pengujian kuat tekan beton mutu tinggi zona 1

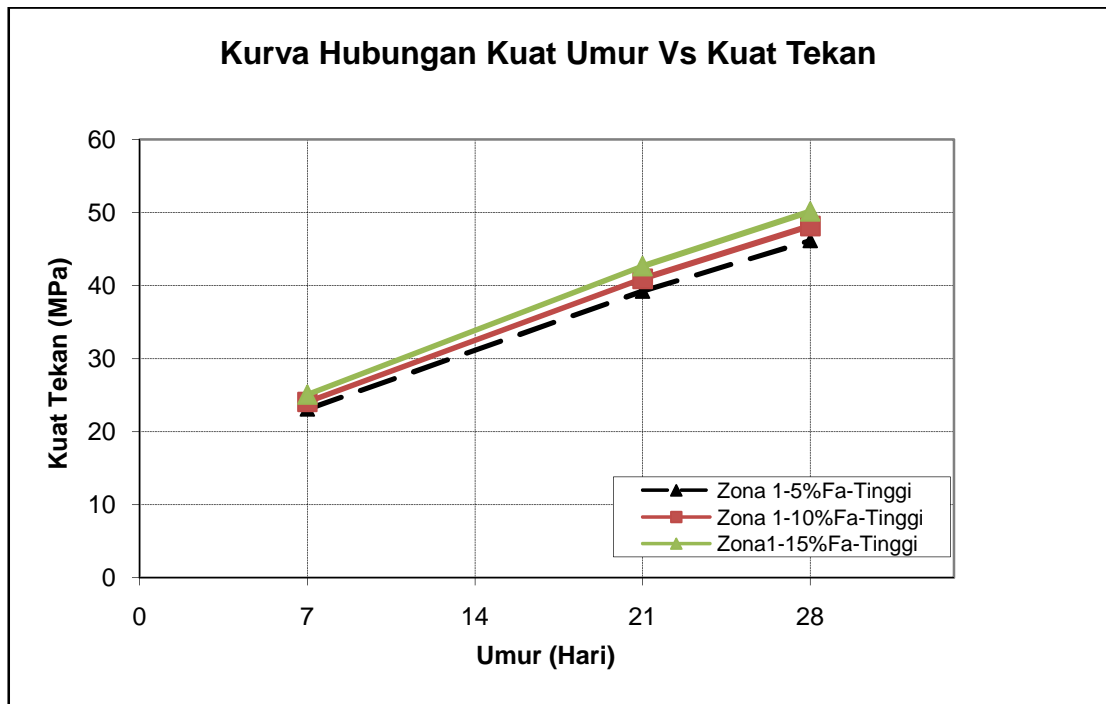
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-5%fa	7850	3750	173	21,97
2	Z1-5%fa	7850	3700	184	23,44
3	Z1-5%fa	7850	3710	178	22,71
4	Z1-5%fa	7850	3780	184	23,44
5	Z1-5%fa	7850	3800	187	23,81
Rata-rata					23,07
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas	Berat	Beban	Kuat tekan

		(mm ²)	(gram)	(KN)	(MPa)
1	Z1-5%fa	7850	3730	293	37,36
2	Z1-5%fa	7850	3750	313	39,85
3	Z1-5%fa	7850	3720	303	38,60
4	Z1-5%fa	7850	3650	313	39,85
5	Z1-5%fa	7850	3700	318	40,47
Rata-rata					39,22
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-5%fa	7850	3765	345	43,95
2	Z1-5%fa	7850	3750	368	46,88
3	Z1-5%fa	7850	3700	357	45,41
4	Z1-5%fa	7850	3850	368	46,88
5	Z1-5%fa	7850	3800	374	47,61
Rata-rata					46,15

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-10%fa	7850	3730	180	22,93
2	Z1-10%fa	7850	3750	192	24,46
3	Z1-10%fa	7850	3720	186	23,69
4	Z1-10%fa	7850	3650	192	24,46
5	Z1-10%fa	7850	3700	195	24,84
Rata-rata					24,08
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-10%fa	7850	3950	306	38,98
2	Z1-10%fa	7850	3860	326	41,58
3	Z1-10%fa	7850	3950	316	40,28
4	Z1-10%fa	7850	3920	326	41,58
5	Z1-10%fa	7850	3870	332	42,23
Rata-rata					40,93
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)

1	Z1-10%fa	7850	3900	360	45,86
2	Z1-10%fa	7850	3820	384	48,92
3	Z1-10%fa	7850	3840	372	47,39
4	Z1-10%fa	7850	3900	384	48,92
5	Z1-10%fa	7850	3800	390	49,68
Rata-rata					48,15

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-15%fa	7850	3900	188	23,89
2	Z1-15%fa	7850	3820	200	25,48
3	Z1-15%fa	7850	3840	194	24,68
4	Z1-15%fa	7850	3900	200	25,48
5	Z1-15%fa	7850	3800	203	25,88
Rata-rata					25,08
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-15%fa	7850	3750	319	40,61
2	Z1-15%fa	7850	3700	340	43,31
3	Z1-15%fa	7850	3710	329	41,96
4	Z1-15%fa	7850	3780	340	43,31
5	Z1-15%fa	7850	3800	345	43,99
Rata-rata					42,64
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z1-15%fa	7850	3730	375	47,77
2	Z1-15%fa	7850	3750	400	50,96
3	Z1-15%fa	7850	3720	388	49,36
4	Z1-15%fa	7850	3650	400	50,96
5	Z1-15%fa	7850	3700	406	51,75
Rata-rata					50,16



Gambar 5.7 Hubungan kuat tekan dengan umur untuk beton mutu tinggi fa zona 1

Dari Tabel 5.13 dan Gambar 5.7 diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan beton mutu tinggi dengan penambahan flyash sebesar 5% untuk zona 1 rata-rata sebesar 46,15 Mpa pada umur 28 hari, pada penambahan flyash 10% didapat kuat tekan rata-rata sebesar 48,15 MPa dan pada penambahan kadar flyash menjadi 15% didapat kuat tekan rata-ratanya adalah sebesar 50,16 Mpa. Untuk penambahan kadar flyash dari 5% ke 10% didapat kenaikan kuat tekan sebesar 4,33% dan kadar flyash dari 10% ke 15% didapat kenaikan sebesar 4,17%.

Tabel 5.14 Hasil pengujian kuat tekan beton mutu tinggi zona 2

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-5%fa	7850	3750	176	22,45
2	Z2-5%fa	7850	3700	188	23,95
3	Z2-5%fa	7850	3710	182	23,20
4	Z2-5%fa	7850	3780	188	23,95
5	Z2-5%fa	7850	3800	191	24,32
Rata-rata					23,57
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					

No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-5%fa	7850	3730	300	38,17
2	Z2-5%fa	7850	3750	320	40,71
3	Z2-5%fa	7850	3720	310	39,44
4	Z2-5%fa	7850	3650	320	40,71
5	Z2-5%fa	7850	3700	325	41,35
Rata-rata					40,08
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-5%fa	7850	3765	353	44,90
2	Z2-5%fa	7850	3750	376	47,90
3	Z2-5%fa	7850	3700	364	46,40
4	Z2-5%fa	7850	3850	376	47,90
5	Z2-5%fa	7850	3800	382	48,65
Rata-rata					47,15

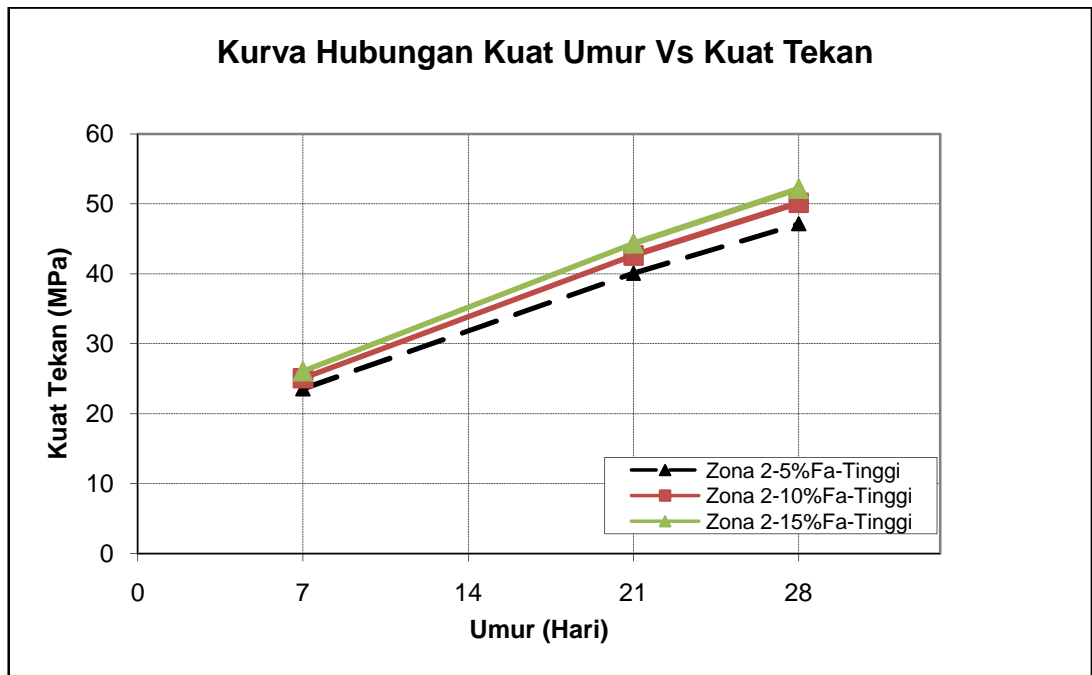
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-10%fa	7850	3730	188	23,89
2	Z2-10%fa	7850	3750	200	25,48
3	Z2-10%fa	7850	3720	194	24,68
4	Z2-10%fa	7850	3650	200	25,48
5	Z2-10%fa	7850	3700	203	25,88
Rata-rata					25,08
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-10%fa	7850	3950	319	40,61
2	Z2-10%fa	7850	3860	340	43,31
3	Z2-10%fa	7850	3950	329	41,96
4	Z2-10%fa	7850	3920	340	43,31
5	Z2-10%fa	7850	3870	345	43,99
Rata-rata					42,64
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas	Berat	Beban	Kuat tekan

		(mm ²)	(gram)	(KN)	(MPa)
1	Z2-10%fa	7850	3900	375	47,77
2	Z2-10%fa	7850	3820	400	50,96
3	Z2-10%fa	7850	3840	388	49,36
4	Z2-10%fa	7850	3900	400	50,96
5	Z2-10%fa	7850	3800	406	51,75
Rata-rata					50,16

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-15%fa	7850	3900	195	24,84
2	Z2-15%fa	7850	3820	208	26,50
3	Z2-15%fa	7850	3840	202	25,67
4	Z2-15%fa	7850	3900	208	26,50
5	Z2-15%fa	7850	3800	211	26,91
Rata-rata					26,08

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-15%fa	7850	3750	332	42,23
2	Z2-15%fa	7850	3700	354	45,04
3	Z2-15%fa	7850	3710	343	43,64
4	Z2-15%fa	7850	3780	354	45,04
5	Z2-15%fa	7850	3800	359	45,75
Rata-rata					44,34

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z2-15%fa	7850	3730	390	49,68
2	Z2-15%fa	7850	3750	416	52,99
3	Z2-15%fa	7850	3720	403	51,34
4	Z2-15%fa	7850	3650	416	52,99
5	Z2-15%fa	7850	3700	423	53,82
Rata-rata					52,17



Gambar 5.8 Hubungan kuat tekan dengan umur untuk beton mutu tinggi fa zona 2

Dari Tabel 5.14 dan Gambar 5.8 diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan beton mutu tinggi dengan penambahan flyash sebesar 5% untuk zona 2 rata-rata sebesar 47,15 Mpa pada umur 28 hari, pada penambahan flyash 10% didapat kuat tekan rata-rata sebesar 50,16 MPa dan pada penambahan kadar flyash menjadi 15% didapat kuat tekan rata-ratanya adalah sebesar 52,17 Mpa. Untuk penambahan kadar flyash dari 5% ke 10% didapat kenaikan kuat tekan sebesar 6,38% dan kadar flyash dari 10% ke 15% didapat kenaikan sebesar 4,01%.

Tabel 5.15 Hasil pengujian kuat tekan beton mutu tinggi zona 3

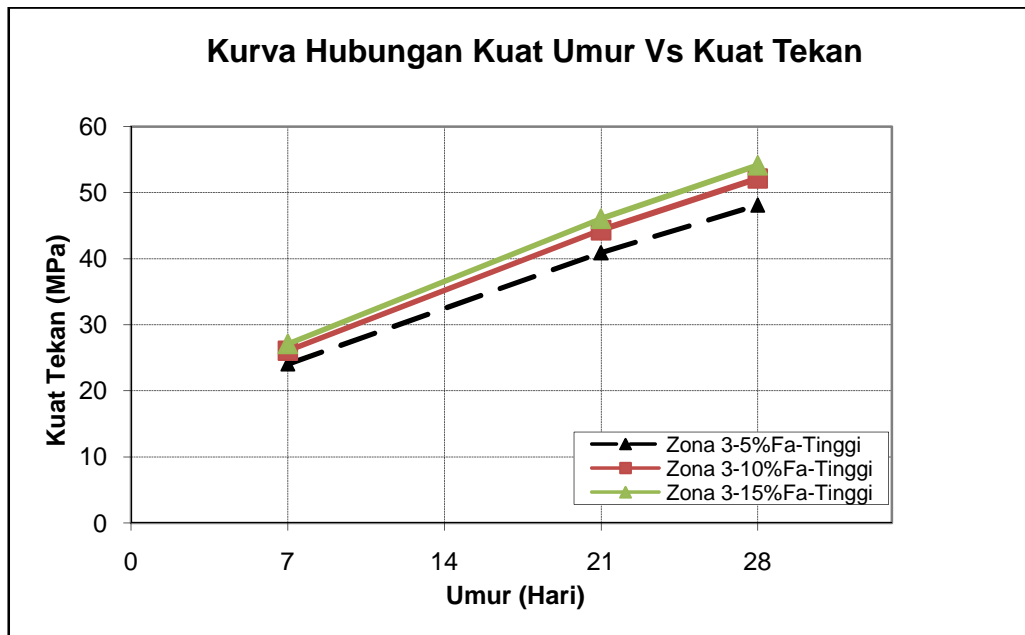
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-5%fa	7850	3750	180	22,93
2	Z3-5%fa	7850	3700	192	24,46
3	Z3-5%fa	7850	3710	186	23,69
4	Z3-5%fa	7850	3780	192	24,46
5	Z3-5%fa	7850	3800	195	24,84
Rata-rata					24,08
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					

No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-5%fa	7850	3730	306	38,98
2	Z3-5%fa	7850	3750	326	41,58
3	Z3-5%fa	7850	3720	316	40,28
4	Z3-5%fa	7850	3650	326	41,58
5	Z3-5%fa	7850	3700	332	42,23
Rata-rata					40,93
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-5%fa	7850	3765	360	45,86
2	Z3-5%fa	7850	3750	384	48,92
3	Z3-5%fa	7850	3700	372	47,39
4	Z3-5%fa	7850	3850	384	48,92
5	Z3-5%fa	7850	3800	390	49,68
Rata-rata					48,15

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-10%fa	7850	3730	195	24,84
2	Z3-10%fa	7850	3750	208	26,50
3	Z3-10%fa	7850	3720	202	25,67
4	Z3-10%fa	7850	3650	208	26,50
5	Z3-10%fa	7850	3700	211	26,91
Rata-rata					26,08
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-10%fa	7850	3950	332	42,23
2	Z3-10%fa	7850	3860	354	45,04
3	Z3-10%fa	7850	3950	343	43,64
4	Z3-10%fa	7850	3920	354	45,04
5	Z3-10%fa	7850	3870	359	45,75
Rata-rata					44,34
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas	Berat	Beban	Kuat tekan

		(mm ²)	(gram)	(KN)	(MPa)
1	Z3-10%fa	7850	3900	390	49,68
2	Z3-10%fa	7850	3820	416	52,99
3	Z3-10%fa	7850	3840	403	51,34
4	Z3-10%fa	7850	3900	416	52,99
5	Z3-10%fa	7850	3800	423	53,82
Rata-rata					52,17

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-15%fa	7850	3900	203	25,80
2	Z3-15%fa	7850	3820	216	27,52
3	Z3-15%fa	7850	3840	209	26,66
4	Z3-15%fa	7850	3900	216	27,52
5	Z3-15%fa	7850	3800	219	27,95
Rata-rata					27,09
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-15%fa	7850	3750	344	43,85
2	Z3-15%fa	7850	3700	367	46,78
3	Z3-15%fa	7850	3710	356	45,32
4	Z3-15%fa	7850	3780	367	46,78
5	Z3-15%fa	7850	3800	373	47,51
Rata-rata					46,05
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z3-15%fa	7850	3730	405	51,59
2	Z3-15%fa	7850	3750	432	55,03
3	Z3-15%fa	7850	3720	419	53,31
4	Z3-15%fa	7850	3650	432	55,03
5	Z3-15%fa	7850	3700	439	55,89
Rata-rata					54,17



Gambar 5.9 Hubungan kuat tekan dengan umur untuk beton mutu tinggi fa zona 3

Dari Tabel 5.15 dan Gambar 5.9 diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan beton mutu tinggi dengan penambahan flyash sebesar 5% untuk zona 3 rata-rata sebesar 48,13 Mpa pada umur 28 hari, pada penambahan flyash 10% didapat kuat tekan rata-rata sebesar 52,14 MPa dan pada penambahan kadar flyash menjadi 15% didapat kuat tekan rata-ratanya adalah sebesar 54,19 Mpa. Untuk penambahan kadar flyash dari 5% ke 10% didapat kenaikan kuat tekan sebesar 8,35% dan kadar flyash dari 10% ke 15% didapat kenaikan sebesar 3,83%.

Tabel 5.16 Hasil pengujian kuat tekan beton mutu tinggi zona 4

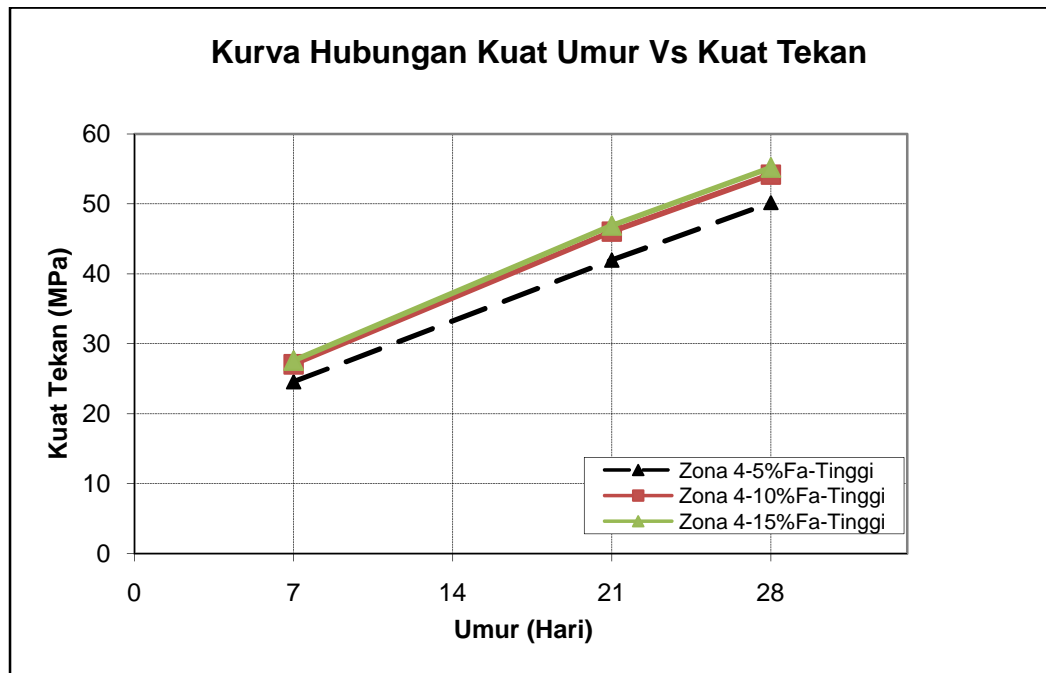
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-5%fa	7850	3750	184	23,41
2	Z4-5%fa	7850	3700	196	24,97
3	Z4-5%fa	7850	3710	190	24,19
4	Z4-5%fa	7850	3780	196	24,97
5	Z4-5%fa	7850	3800	199	25,36
Rata-rata					24,58
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas	Berat	Beban	Kuat tekan

		(mm ²)	(gram)	(KN)	(MPa)
1	Z4-5%fa	7850	3730	314	39,96
2	Z4-5%fa	7850	3750	335	42,62
3	Z4-5%fa	7850	3720	324	41,29
4	Z4-5%fa	7850	3650	335	42,62
5	Z4-5%fa	7850	3700	340	43,29
Rata-rata					41,95
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-5%fa	7850	3765	375	47,77
2	Z4-5%fa	7850	3750	400	50,96
3	Z4-5%fa	7850	3700	388	49,36
4	Z4-5%fa	7850	3850	400	50,96
5	Z4-5%fa	7850	3800	406	51,75
Rata-rata					50,16

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-10%fa	7850	3730	203	25,80
2	Z4-10%fa	7850	3750	216	27,52
3	Z4-10%fa	7850	3720	209	26,66
4	Z4-10%fa	7850	3650	216	27,52
5	Z4-10%fa	7850	3700	219	27,95
Rata-rata					27,09
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-10%fa	7850	3950	344	43,85
2	Z4-10%fa	7850	3860	367	46,78
3	Z4-10%fa	7850	3950	356	45,32
4	Z4-10%fa	7850	3920	367	46,78
5	Z4-10%fa	7850	3870	373	47,51
Rata-rata					46,05
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)

1	Z4-10%fa	7850	3900	405	51,59
2	Z4-10%fa	7850	3820	432	55,03
3	Z4-10%fa	7850	3840	419	53,31
4	Z4-10%fa	7850	3900	432	55,03
5	Z4-10%fa	7850	3800	439	55,89
Rata-rata					54,17

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Umur 7 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-15%fa	7850	3900	206	26,27
2	Z4-15%fa	7850	3820	220	28,03
3	Z4-15%fa	7850	3840	213	27,15
4	Z4-15%fa	7850	3900	220	28,03
5	Z4-15%fa	7850	3800	223	28,46
Rata-rata					27,59
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-15%fa	7850	3750	351	44,67
2	Z4-15%fa	7850	3700	374	47,64
3	Z4-15%fa	7850	3710	362	46,15
4	Z4-15%fa	7850	3780	374	47,64
5	Z4-15%fa	7850	3800	380	48,39
Rata-rata					46,90
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari					
No.	Kode	Luas (mm ²)	Berat (gram)	Beban (KN)	Kuat tekan (MPa)
1	Z4-15%fa	7850	3730	413	52,55
2	Z4-15%fa	7850	3750	440	56,05
3	Z4-15%fa	7850	3720	426	54,30
4	Z4-15%fa	7850	3650	440	56,05
5	Z4-15%fa	7850	3700	447	56,93
Rata-rata					55,18



Gambar 5.10 Hubungan kuat tekan dengan umur untuk beton mutu tinggi fa zona 4

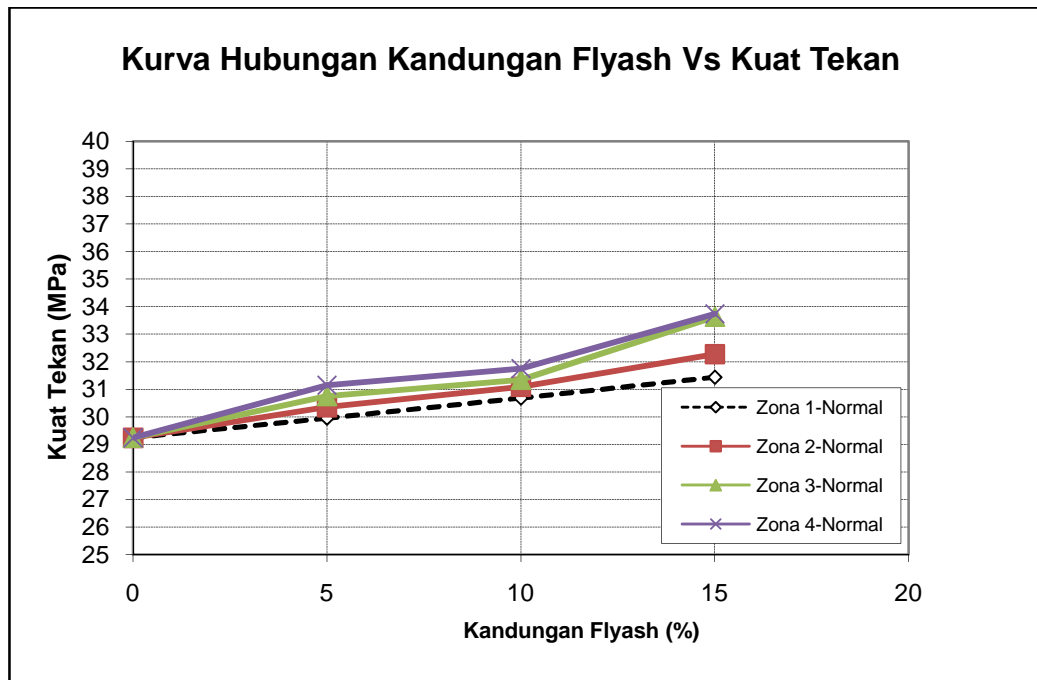
Dari Tabel 5.16 dan Gambar 5.10 diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan beton mutu tinggi dengan penambahan flyash sebesar 5% untuk zona 4 rata-rata sebesar 50,16 Mpa pada umur 28 hari, pada penambahan flyash 10% didapat kuat tekan rata-rata sebesar 54,17 MPa dan pada penambahan kadar flyash menjadi 15% didapat kuat tekan rata-ratanya adalah sebesar 55,18 Mpa. Untuk penambahan kadar flyash dari 5% ke 10% didapat kenaikan kuat tekan sebesar 7,99% dan kadar flyash dari 10% ke 15% didapat kenaikan sebesar 1,86%.

5.8.3 Korelasi Penambahan Flyash Berdasarkan Zona Terhadap Kuat Tekan Beton

a. Beton normal

Dari gambar 5.11 kurva hubungan antara penambahan flyash berdasarkan zona didapat bahwa peningkatan kekuatan tekan beton dengan memberi penambahan flyash untuk semua zona terhadap beton normal relatif kecil, untuk zona 1 terjadi peningkatan kekuatan sebesar 7,52% pada penambahan flyash sebesar 15%. Untuk zona 2 terjadi peningkatan kuat tekan beton terhadap beton normal akibat penambahan kandungan flyash sebesar 10,38% pada penambahan kadar flyash sebesar 15%. Pada zona 3 terjadi peningkatan kuat tekan beton terhadap beton

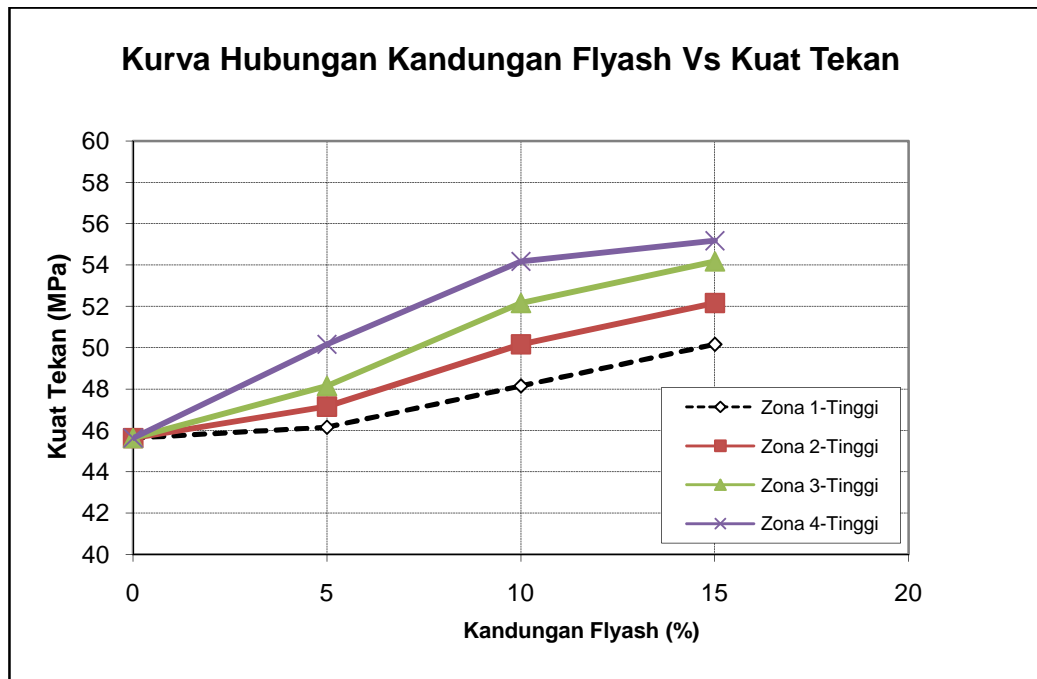
normal akibat penambahan kandungan flyash sebesar 15,04% pada penambahan kadar flyash sebesar 15%. Zona 4 terjadi peningkatan kuat tekan beton terhadap beton normal akibat penambahan kandungan flyash sebesar 15,40% pada penambahan kadar flyash sebesar 15%.



Gambar 5.11 Kurva hubungan kuat tekan vs kandungan flyash beton normal

a. Beton mutu tinggi

Dari gambar 5.12 kurva hubungan antara penambahan flyash berdasarkan zona didapat bahwa peningkatan kekuatan tekan beton mutu tinggi dengan memberi penambahan flyash untuk semua zona terhadap beton normal cukup signifikan, untuk zona 1 terjadi peningkatan kekuatan sebesar 9,94% pada penambahan flyash sebesar 15%. Untuk zona 2 terjadi peningkatan kuat tekan beton terhadap beton normal akibat penambahan kandungan flyash sebesar 14,34% pada penambahan kadar flyash sebesar 15%. Pada zona 3 terjadi peningkatan kuat tekan beton terhadap beton normal akibat penambahan kandungan flyash sebesar 18,73% pada penambahan kadar flyash sebesar 15%. Zona 4 terjadi peningkatan kuat tekan beton terhadap beton normal akibat penambahan kandungan flyash sebesar 20,93% pada penambahan kadar flyash sebesar 15%.



Gambar 5.12 Kurva hubungan kuat tekan vs kandungan flyash beton mutu tinggi

BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Penelitian “Optimalisasi Penggunaan Limbah Pembakaran Batubara Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton Mutu Normal dan Beton Mutu Tinggi telah selesai dilaksanakan. Adapun tahap berikutnya yang akan dilakukan untuk lanjutan penelitian ini adalah melakukan penelitian mengenai sifat-sifat karakteristik lainnya pada beton yang menggunakan flyash sebagai substitusi semen, seperti sifat permeabilitas, kuat tarik dan lentur.

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap Optimalisasi Penggunaan Limbah Pembakaran Batubara Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton Mutu Normal dan Beton Mutu Tinggi dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan kadar flyash sebagai bahan substitusi semen pada campuran beton normal dapat memberikan peningkatan kuat tekan yang dihasilkan berdasarkan

zona flyash. Untuk kuat tekan beton pada umur 28 hari peningkatan kuat tekan yang terkecil didapat dari zona 1 sebesar 7,52% terhadap beton normal non flyash. Sedangkan yang tertinggi didapat dari zona 3 untuk kadar flyash 15% didapat peningkatan kuat tekan sebesar 15,4%.

2. Penambahan kadar flyash sebagai bahan substitusi semen pada campuran beton mutu tinggi dapat memberikan peningkatan kuat tekan yang dihasilkan berdasarkan zona flyash. Untuk kuat tekan beton pada umur 28 hari peningkatan kuat tekan yang terkecil didapat dari zona 1 sebesar 9,94% terhadap beton normal non flyash. Sedangkan yang tertinggi didapat dari zona 4 untuk kadar flyash 15% didapat peningkatan kuat tekan sebesar 20,93%.
3. Peningkatan kuat tekan beton untuk beton normal dengan penambahan kadar flyash dalam campuran beton relatif kecil, tetapi untuk beton mutu tinggi memberikan kontribusi yang cukup signifikan dalam meningkatkan kuat tekan beton.
4. Zona jatuh flyash yang ada pada yang dipergunakan sebagai parameter penelitian memberikan kontribusi dalam meningkatkan kuat tekan beton.

7.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik, maka peneliti menyarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Penelitian perlu dilakukan dengan penambahan kandungan flyash sebagai substitusi semen dalam campuran beton yang lebih banyak.
2. Perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan sifat-sifat karakteristik lainnya pada beton akibat penambahan kandungan flyash berdasarkan zona jatuhnya, seperti sifat kedap beton (permeabilitas), dan lain-lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aydin Serdar, etc, Sept-Oct 2010, *Effect of Aggregate Type on Mechanical Properties of reactive Powder Concrete*, American Concrete Institute (ACI) Material Journal, pp 441-449
- Neptune, AI, etc, Nov-Dec 2010, "*Effect of Aggregate Size and Gradation on Pervious Concrete Mixtures*", American Concrete Institute (ACI) Material Journal, pp 625-631
- Neville, A.M, *Properties of Concrete*, Longman, New York, 1995

Nugraha,Paul, 2007,Teknologi Beton, Penerbit Andi

Shui,Zhonghe, et al, March-April 2011, “*Activation of FlyAsh with Dehydrated Cement Paste,*” American Concrete Institute (ACI) Material Journal, pp 204-208

Suprpto, Slamet, Blending Batubara untuk Pembangkit Tenaga Listrik (Studi Kasus PLTU Suralaya Unit 1-4), Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara (tekMIRA), 2009

Wu, K.R, et al, 2001, “*Effect of Coarse Aggregate Type on Mechanical Properties of High Performance Concrete*”, Cemenet and Concrete Research, V31, pp1421-1425

....., *ASTM C39 Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*

....., *Technical Data Sheet*, PT. Sika Nusa Pratama

LAMPIRAN

- **Foto-foto Penelitian**
- **Personalia Tenaga Peneliti beserta kualifikasinya**
- **Publikasi**



Foto. Cerobong PLTU Bukit Asam



Foto. Wadah penampungan Bottom Ash PLTU Bukit Asam



Foto. Tempat Penampungan Bottom Ash PLTU Bukit Asam



Foto. Proses Penyaringan fly ash di Laboratorium



Foto. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus



Foto. Fan Blower untuk penyaringan fly ash



Foto Benda uji yang dipergunakan pada penelitian



Foto. Proses pembuatan adukan beton



Foto. Pengujian kuat tekan beton



Foro. Proses pengujian kuat tekan beton

Biodata Ketua dan Anggota Tim Peneliti

1.1. Biodata Ketua Peneliti

A. Identitas Diri

1	Nama	DR. FIRDAUS, ST., MT	L
2	Jabatan Fungsional	Lektor	
3	Jabatan Struktural	Dekan Fakultas Teknik	
4	NIP/NIK	060109230	
5	NIDN	0231036902	
6	Tempat/Tgl. Lahir	Rengat, 31 Maret 1969	
7	Alamat Rumah	Jl. Srijaya Negara Lrg. Hasan AS No. 2415 RT 11 RW 33 Palembang	
8	Nomor Telepon/Faks/HP	08122140478	
9	Fakultas/Jurusan	Teknik/Teknik Sipil	
10	Alamat Kantor	Fakultas Teknik Universitas Bina Darma, Jl. A. Yani No. 12 Plaju Palembang	
11	Nomor Telepon/Faks	0711– 515581 / 515582	
12	E-Mail	firdaus@mail.binadarma.ac.id / firdaus.dr@gmail.com	
13	Lulusan yang Telah dihasilkan	S1 = 20 Orang (T. Sipil) S-2 = 15 Orang (MTI) S-3 = -	
14	Mata Kuliah yang diampu	1. Struktur beton I dan II 2. Struktur Baja I dan II 3. Analisa Struktur I dan II 4. Mekanika Bahan dan Statika	

B. Riwayat Pendidikan

Jenjang	S1	S2	S3
Perguruan Tinggi	Univ. Winaya Mukti	I T B	I T B
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Teknik Sipil	Teknik Sipil
Tahun Masuk-Lulus	1993-1996	1998-2000	2001-2006
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Penelitian Sifat-sifat Mekanik Kayu Kamper dan Kayu Merbau Ditinjau Dari Uji Lentur Statik, Uji Geser Sejajar Serat dan Uji Tekan Sejajar Serat	Perilaku Balok Beton Sandwich Dalam Menerima Beban Lentur	Perilaku Elemen Sandwich Beton Dalam Menerima Beban Aksial Sentris dan Eksentris
Nama Pembimbing/Promotor	Ir. Dicky Rezady Munaf, MSc., MSCE.,PhD	Prof. Ir. M. Sahari Besari, MSc, PhD	Prof. Dr. Ir. Ridwan Suhud, DEA Prof. Ir. M. Sahari Besari, MSc, PhD Ir. Dicky Rezady Munaf, MSc., MSCE.,PhD

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2010	Pengaruh Gradasi Batu Koral dan Batu Koral Pecah Terhadap Mutu Beton	LPPM Universitas Bina Darma, Program Studi Teknik Sipil	5
2	2011	Pengaruh Kombinasi Campuran batu Koral dan Agregat Pecah Terhadap Mutu Beton	LPPM Universitas Bina Darma, Program Studi Teknik Sipil	5

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2009	Sosialisasi Peraturan Perundang-Undangan Jasa Konstruksi	Surat Tugas No: 074/ST/LPJK/D/SS/XII/2008	2.5
2	2010	Pemanfaatan Limbah Plastik Untuk Produk Gaya (Fashion)	LPPM Universitas Bina Darma	1.5
3	2010	Sosialisasi dan Diseminasi Peraturan Perundangan-Undangan Jasa Konstruksi dan Peraturan lainnya yang Terkait di Kota Prabumulih	Surat Tugas No: 358/ST/LPJK/D/SS/V/2010	2.5
4	2011	Sosialisasi dan Diseminasi Peraturan Perundangan-Undangan Jasa Konstruksi dan Peraturan lainnya yang Terkait di Kab. Lahat	Surat Tugas No: 037/ST/LPJK/D/SS/V/2011	3.5

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
1	2008	Penggunaan Gelombang Ultrasonik dalam menentukan Mutu beton dengan Variasi Jenis Agregat dan Faktor Air Semen (FAS)	Vol. 5 No. 1	Jurnal Ilmiah TEKNO ISSN : 1907 - 5243

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan / Seminar Ilmiah Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar Nasional Teknik Sipil VIII 2012 ISBN 978-979-99327-7-8: Pembangunan Berkelanjutan Transportasi dan Infrastruktur	Perilaku Balok Beton Sandwich dalam menerima Beban Lentur	Surabaya, 2 Februari 2012, Program Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil ITS

G. PENGALAMAN PENULISAN BUKU

Urutkan judul buku yang pernah diterbitkan selama 5 tahun terakhir dimulai dari buku yang paling diunggulkan menurut saudara sampai buku yang tidak diunggulkan:

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit
-		-	-	-

H. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI

Urutkan judul HKI yang pernah diterbitkan selama 5 tahun terakhir:

No	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor Pendaftaran/ Sertifikat
-	-	-	-	-

I. PENGALAMAN RUMUSAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA

Urutkan judul rumusan kebijakan/rekayasa sosial lainnya yang pernah dbuat/ditemukan selama 5 tahun terakhir:

No.	Tahun	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang telah diterapkan	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
-	-	-	-	-

Biodata Anggota Peneliti

A. Identitas Diri

1	Nama	Indah Handayasari, ST, M.T.	P
	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli	
3	Jabatan Struktural	-	
4	NIP/NIK	030109193	
5	NIDN	0222047701	
6	Tempat/Tgl. Lahir	Palembang, 22 April 1977	
7	Alamat Rumah	Jl. Macan Lindungan No.7 Rt. 01/05 Bukit Baru Palembang	
8	Nomor Telepon/Faks/HP	0711-442988 / 0819689799	
9	Fakultas/Jurusan	Teknik/Sipil	
10	Alamat Kantor	Fakultas Teknik Universitas Bina Darma, Jl. A. Yani No. 12 Plaju Palembang	
11	Nomor Telepon/Faks	0711– 515581 / 515582	
12	E-Mail	indahhandayasari@mail.binadarma.ac.id	
13	Lulusan yang Telah dihasilkan	S1 = 25 Orang S-2= - orang = Orang	S-3
14	Mata Kuliah yang diampu	1. Rekayasa Jalan Raya 1. Dasar Rekayasa Transportasi 2. Bahan Bangunan 3. Bahasa Pemrograman	

B. Riwayat Pendidikan

Jenjang	S1	S2	S3
Perguruan Tinggi	Universitas Sriwijaya	Universitas Sriwijaya	-
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Teknik Sipil	-
Tahun Masuk-Lulus	1995-2000	2000-2002	-
Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi	Analisa & Desain Elemen Struktur Beton Bertulang menggunakan Bahasa FORTRAN berdasarkan SK SNI T-15-1991-03	Pengaruh Penggunaan Tafpack-Super Sebagai Bahan Tambah Terhadap Permeabilitas	
Nama Pembimbing/ Promotor	Ir. Hj. Marlisnar, Ir. Rozirwan	Dr. Ir. Rudy Hermawan Dr. Ir. Bambang Sugeng S	

C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2009	Pemanfaatan Hasil Pengolahan Limbah Karet Sebagai Bahan Campuran Batako	PT. Badja Baru – LPPM UBD	3,5
2	2010	Analisa Kapasitas Pada Jalan Soekarno Hatta Terhadap Beban Lalu Lintas	LPPM Universitas Bina Darma	5
3	2011	Kajian Arus Lalu Lintas Pada Traffic Light di Persimpangan Kampus Palembang	LPPM Universitas Bina Darma	5

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2010	Pemanfaatan Limbah Plastik Untuk Produk Gaya (Fashion)	LPPM Universitas Bina Darma	1,5

E. Penguasaan Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan / Seminar Ilmiah Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat

-	-	-	-

G. Pengalaman Penulisan Buku

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit
-	-	-	-	-

H. Pengalaman Perolehan Hki

Urutkan judul HKI yang pernah diterbitkan selama 5 tahun terakhir:

No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor Pendaftaran/ Sertifikat
-	-	-	-	-

I. Pengalaman Rumusan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya

No.	Tahun	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang telah diterapkan	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
-	-	-	-	-

Biodata Anggota Peneliti

J. Identitas Diri

1	Nama	Rosidawani, ST, M.T.	P
2	Jabatan Fungsional	Lektor	
3	Jabatan Struktural	-	
4	NIP/NIK	19760509 200012 2 001	
5	NIDN	0009057602	
6	Tempat/Tgl. Lahir	Palembang, 09 Meil 1976	
7	Alamat Rumah	Jl. Srijaya Negara Lrg. Hasan AS No. 2415 Palembang	
8	Nomor Telepon/Faks/HP	0711-442230 / 08127889319	
9	Fakultas/Jurusan	Teknik/Sipil	
10	Alamat Kantor	Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya, Kampus Indralaya Jl Raya Pramulih, Ogan Ilir	
11	Nomor Telepon/Faks	0711- 580139	
12	E-Mail	rosidawani@gmail.com	
13	Lulusan yang Telah dihasilkan	S1 = 50 Orang S-2= 4 orang S-3 = Orang	

14	Mata Kuliah yang diampu	1. Mekanika Bahan
		2. Struktur Beton I
		3. Teknologi Bahan
		4. Teknik gempa

K. Riwayat Pendidikan

Jenjang	S1	S2	S3
Perguruan Tinggi	Universitas Sriwijaya	Universitas Sriwijaya	-
Bidang Ilmu	Teknik Sipil	Teknik Sipil	-
Tahun Masuk-Lulus	1994-1999	1999-2001	-
Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi	Perbandingan Metode Perhitungan PBI 71 dan SKSNI T-15-1991-03 Untuk Perhitungan Struktur Portal Beton Bertulangan Tahan Gempa dengan Analisa Beban Statik Ekuivalen	Studi Eksperimental Pengaruh Dimensi Terhadap panas Hidrasi Pada Beton Agregat Alam dan Agregat Daur Ulang.	
Nama Pembimbing/ Promotor	Ir. H. F. Imron Astira, MS	Ir. Dicky Rezady Munaf, MS., MSCE., PhD	

L. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2008	Analisis Kinerja berbagai Konfigurasi Struktur Gedung Beton Bertulang terhadap Beban gempa dengan Metode Pushover Analysis	Penelitian Dosen Muda, DP2M, Dikti	10
2	2009	Identifikasi Bangunan Tahan Gempa dan jenis Tanah sebagai Upaya Antisipasi terhadap Gempa di Beberapa Wilayah di Kabupaten Lahat	Strategis Nasional 2009, Dikti	100
3	2010	Studi Eksperimental Penggunaan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tarik Lentur Beton	DIPA FT Unsri	10
4	2011	Upaya Peningkatan Nilai Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Penggunaan Variasi Agregat dan Bahan Tambahan	DIPA FT Unsri	10

M. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2007	Tim ahli Pemeriksa Pekerjaan Pembangunan Jalan Lingkungan Pasar di Desa Pampangan Kecamatan Pampangan, Kabupaten OKI, Sumatera Selatan	LPPM Unsri	3,5
2	2011	Tim Ahli Pemeriksaan Fisik serta Perhitungan Volume dan Anggaran Biaya Pekerjaan Pembangunan Pasar Kuliner Kelurahan 7 Ulu Palembang	LPPM Unsri	3,5
3	2011	Tim Ahli Pemeriksaan pekerjaan Pembangunan dan Peningkatan Jaan Paket II pada kegiatan Pembangunan dan Peningkatan Jalan Tahun Jamak 2007/2010 Kabupaten Ogan Ilir, Sumsel	LPPM Unsri	3,5

N. Penguasaan Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume/ Nomor	Nama Jurnal
1	2007	<i>Studi Eksperimental Agregat Daur Ulang dari Beton Bekas pada Beton Normal dan Beton Mutu Tinggi, Jurnal Rekayasa Sriwijaya</i>	Maret 2007	Rekayasa Sriwijaya
2		Studi Eksperimental Pengaruh Dimensi terhadap Panas Hidrasi pada Beton Agregat Alam dan Agregat Daur Ulang	November 2007	Cantilever

O. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan / Seminar Ilmiah Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar Nasional Teknik Sipil VIII 2012 ISBN 978-	Pengaruh Jenis Tanah Terhadap Gaya Geser gempa	Surabaya, 2 Februari 2012, Program

	979-99327-7-8: Pembangunan Berkelanjutan Transportasi dan Infrastruktur	dalam perencanaan Struktur dengan SNI Gempa 2010 (Studi Kasus Wilaya Gempa Lahat dan Pagaram)	Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil ITS
--	----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------

P. Pengalaman Penulisan Buku

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit
-	-	-	-	-

Q. Pengalaman Perolehan Hki

Urutkan judul HKI yang pernah diterbitkan selama 5 tahun terakhir:

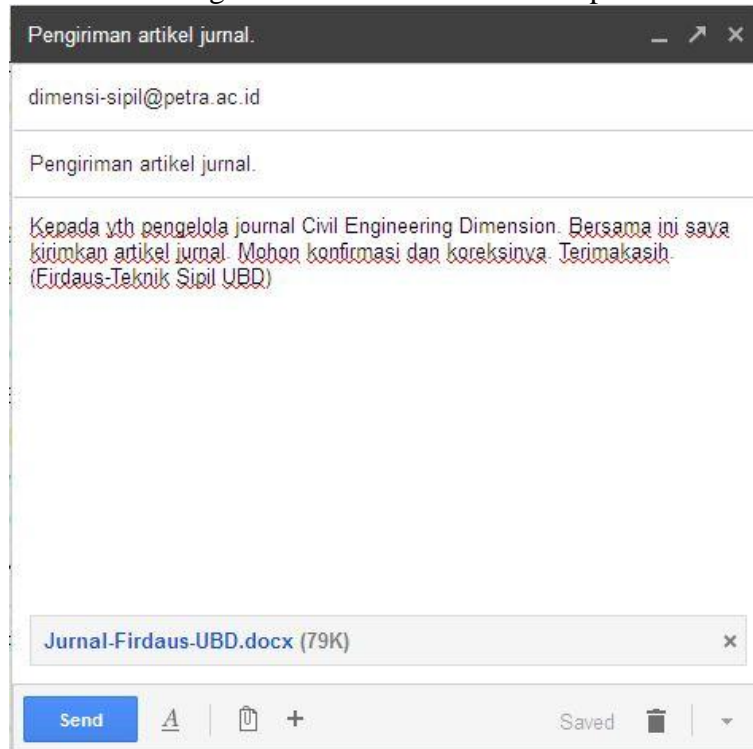
No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor Pendaftaran/ Sertifikat
-	-	-	-	-

R. Pengalaman Rumusan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya

No.	Tahun	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang telah diterapkan	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
-	-	-	-	-

PUBLIKASI

Artikel jurnal dengan judul “ Pengaruh Zona Jatuh Flayash Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Normal dan Mutu Tinggi” telah dikirim ke **Civil Engineering Dimension** Petra Christian University – Surabaya, Indonesia, yang telah terakreditasi oleh DIKTI dengan DGHE No. 80/DIKTI/Kep/2012.



Be Near The Sea in Kochi. - MalaysiaAirlines.com/Promo - Book a Flight on Malaysia Airlines. (

Pengiriman artikel jurnal. □



firdaus said <firdaus.dr@gmail.com> 10:35 AM (1 minute ago) ☆
to dimensi-sipil ▾

Kepada yth pengelola journal Civil Engineering Dimension. Bersama ini saya kirimkan artikel jurnal. Mohon konfirmasi dan koreksinya. Terimakasih. (Firdaus-Teknik Sipil UBD)

 **Jurnal-Firdaus-UBD.docx**
79K [View](#) [Download](#)

PENGARUH ZONA JATUH FLYASH TERHADAP KUAT TEKAN BETON MUTU NORMAL DAN MUTU TINGGI

Firdaus¹⁾, Indah Handayarsi²⁾ dan Rosidawani³⁾

Abstrak: Abu terbang (fly ash) dari pembakaran batubara sebagai limbah termasuk dalam kategori limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Limbah flyash ini dapat diantisipasi tingkat bahayanya dengan salah satu cara yaitu dengan proses solidifikasi/stabilisasi. Oleh karena itu flyash dari abu batubara dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku semen maupun bahan substitusi semen pada material berbasis semen seperti beton, batako dan paving block. Abu batubara baik berupa bottom ash maupun flyash dari pembakaran di PLTU merupakan limbah yang yang dapat dioptimalkan penggunaannya. Kriteria sifat properties flyash dan bottom ash dipengaruhi oleh sumber batubara, kondisi pembakaran, lokasi flyash. Hal ini diasumsikan akan ikut mempengaruhi kondisi material yang terbentuk dari bahan penyusun abu tersebut. Mengingat potensi keberadaan limbah tersebut yang akan meningkat, seiring dengan rencana bertambahnya PLTU-PLTU yang akan dibangun di Sumatera khususnya Sumatera Selatan, maka pemanfaatan limbah tersebut sebagai salah satu bahan admixture beton perlu diperhatikan. Oleh karena itulah dilakukan penelitian yang komprehensif mengenai sifat flyash berdasarkan zona jatuhnya abu terbang terhadap kuat tekan beton mutu normal dan mutu tinggi. Penambahan kadar flyash sebagai bahan substitusi semen pada campuran beton normal dapat memberikan peningkatan kuat tekan optimum yang dihasilkan sebesar 15.4% pada kandungan flyash sebesar 15% dari zona 3. Sedangkan pada beton mutu tinggi dapat memberikan peningkatan kuat tekan optimum yang dihasilkan sebesar 20.93% pada kandungan flyash sebesar 15% dari zona 4. Zona jatuh flyash sebagai parameter penelitian ini memberikan kontribusi dalam meningkatkan kuat tekan beton mutu tinggi yang lebih signifikan dibanding mutu normal.

Keyword: flyash, zona, mutu normal, mutu tinggi, kuat tekan

PENDAHULUAN

Penggunaan batubara sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak sudah digunakan luas dalam kurun waktu yang cukup lama. Penggunaan batubara sebagai bahan bakar tersebut menghasilkan limbah berupa abu dalam bentuk abu dasar (bottom ash) dan abu terbang (flyash). Berdasarkan PP 85 tahun 1999 disebutkan bahwa abu terbang (fly ash) dari pembakaran batubara sebagai limbah termasuk dalam kategori limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), sehingga pengelolaan flyash sebagai limbah harus mengacu pada PP 85/1999. Pemerintah mengatur pengelolaan limbah B-3 pada pasal 10 PP Nomor 18/1999 dengan maksud agar industri penghasil limbah B-3 dapat menyimpan limbah B-3 yang dihasilkannya paling lama 90 hari sebelum diserahkan kepada pengumpul atau pemanfaat atau pengolah atau penimbun limbah B-3. Namun apabila limbah B-3 yang dihasilkan kurang dari 50 Kg per hari,

penghasil limbah B-3 dapat menyimpan limbahnya lebih dari 90 hari dengan persetujuan KLH. Artinya industri membutuhkan dana khusus untuk mengelola limbah agar tidak merusak lingkungan. Limbah flyash ini dapat diantisipasi tingkat bahayanya dengan salah satu cara yaitu dengan proses solidifikasi/stabilisasi. Prosesnya ini pada prinsipnya adalah dengan mengubah sifat fisika dan kimia flyash ini dengan cara menambahkan bahan pengikat (*cement*) membentuk senyawa monolit dengan struktur yang kompak agar supaya pergerakan flyash sebagai limbah B-3 terhambat atau dibatasi, daya larut diperkecil sehingga daya racunnya tersebut berkurang sebelum limbah B-3 tersebut ditimbun atau dimanfaatkan kembali. Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai pengikat (*cement*) adalah kapur, tanah liat, aspal, semen portland.

Berangkat dari permasalahan tersebut, maka flyash dari abu batubara dapat dimanfaatkan

sebagai bahan baku semen maupun bahan substitusi semen pada material berbasis semen seperti beton, batako dan paving block.

Sumatera Selatan dikenal sebagai penghasil batubara Bukit Asam. Batubara ini digunakan di daerah lokal maupun di luar Sumatera Selatan. Salah satu pengguna batubara terbesar lokal adalah PLTU. Abu batubara baik berupa bottom ash maupun flyash dari pembakaran di PLTU merupakan limbah yang yang dapat dioptimalkan penggunaannya. Kriteria sifat properties flyash dan bottom ash dipengaruhi oleh sumber batubara, kondisi pembakaran, lokasi flyash. Hal ini diasumsikan akan ikut mempengaruhi kondisi material yang terbentuk dari bahan penyusun abu tersebut. Mengingat potensi keberadaan limbah tersebut yang akan meningkat, seiring dengan rencana bertambahnya PLTU-PLTU yang akan dibangun di Sumatera khususnya Sumatera Selatan, maka pemanfaatan limbah tersebut sebagai salah satu bahan admixture beton perlu diperhatikan. Oleh karena itulah diperlukan penelitian yang komprehensif mengenai sifat flyash dan bottom ash ditinjau dari sumbernya terhadap sifat beton.

MATERIAL DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Semen portland tipe I (merk Padang)
2. Agregat Halus asal Tanjung Raja
3. Agregat kasar ukuran 5-10 asal Lahat
4. Agregat kasar asal Lahat
5. Air PDAM
6. Superplastisizer
7. Flyash dari limbah pembakaran batubara di PLTU

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Mesin uji tekan beton berkapasitas 1500 KN

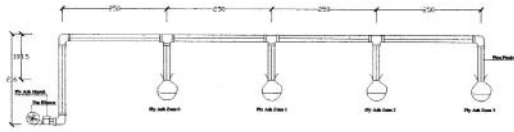
2. Cetakan beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300mm
3. Saringan ayakan 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, No. 30, No. 50, No. 100
4. Oven, yang digunakan untuk mengeringkan sample dalam pemeriksaan bahan – bahan yang akan digunakan dalam campuran beton.
5. Timbangan, untuk mengetahui berat dari bahan – bahan penyusunan beton
6. Gelas ukur, untuk menakar volume air, berat jenis dan memeriksa kadar Lumpur pasir
7. Kerucut Abrams dengan ukuran diatas ± 3 mm, diameter bawah 200 ± 3 mm, tinggi 300 ± 3 mm dan baja penumbuk, digunakan untuk mengukur nilai *slump* dari beton segar
8. Cangkul, cethok, dan talam yang digunakan untuk menampung dan menuang adukan beton kedalam cetakan
9. Mistar, digunakan untuk mengukur dimensi dari alat – alat dan benda uji yang digunakan
10. Stop watch, digunakan untuk mengukur waktu saat pengisian terakir beton yang telah diratakan dengan saat kerucut diangkat.

Prosedur penelitian ini dibagi 3 tahapan pokok sebagai berikut :

1. Penentuan zona jatuh flyash

Flyash yang diperoleh dari sumbernya (silo dari PLTU), tidak digunakan secara langsung sebagai bahan campuran beton, namun dilakukan perlakuan terlebih dahulu sesuai dengan ide penelitian berdasarkan parameter jarak jatuh flyash yang dianggap dipengaruhi oleh kehalusan flyash.

Parameter zona jatuhnya flyash dimodifikasi dengan alat yang digunakan untuk menerbangkan flyash pada gambar Zona jatuhnya flyash ditentukan dengan jarak tertentu dan dibagi menjadi 4 zona. Flyash yang jatuh pada masing-masing zona tersebut digunakan sebagai bahan substitusi semen pada campuran beton normal dan beton mutu tinggi.



Gambar 1. Penyaraiangan flyash berdasarkan zona jatuh

2. Persiapan Material

Material yang akan digunakan pada penelitian ini selain flyash antara lain adalah semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (split), dan air. Untuk agregat kasar digunakan split, dengan ukuran 5-10mm dan 10-20 mm, sedangkan pasir terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap sifat-sifat fisiknya.

3. Penelitian Pendahuluan

Tahap penelitian pendahuluan ini terdiri dari:

- Beberapa pengujian karakteristik fisis agregat kasar dan halus yang terdiri dari: kadar air, *specific gravity*, analisa saringan, kekerasan, bobot isi, kadar butir lolos saringan no. 200, kadar lumpur dan kadar organik.
- Perlakuan terhadap material agregat kasar dan halus < 5%.
- Pembuatan perencanaan campuran beton (*mix design*) untuk campuran beton normal dan mutu tinggi.
- Membuat benda uji dengan standar ASTM untuk uji kuat tekan beton (*compression test*) dengan bentuk silinder diameter 10 cm tinggi 20 cm, dengan jumlah benda uji sesuai dengan parameter uji sebagai berikut;

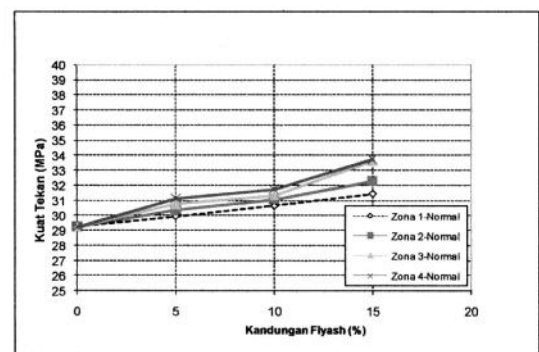
HASIL DAN PEMBAHASAN

Korelasi Penambahan Flyash Berdasarkan Zona terhadap Kuat Tekan Beton

a. Beton normal

Dari gambar 2 kurva hubungan antara penambahan flyash berdasarkan zona didapat bahwa peningkatan kekuatan tekan beton dengan memberi penambahan flyash untuk semua zona terhadap beton normal relatif kecil, untuk zona 1

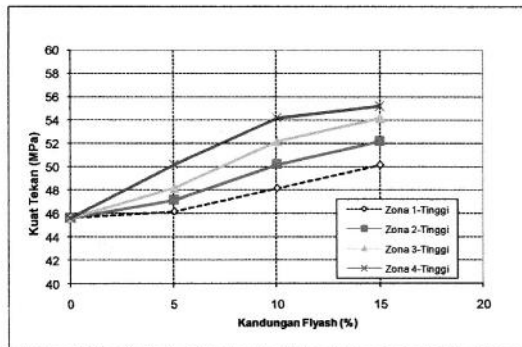
terjadi peningkatan kekuatan sebesar 7,52% pada penambahan flyash sebesar 15%. Untuk zona 2 terjadi peningkatan kuat tekan beton terhadap beton normal akibat penambahan kandungan flyash sebesar 10,38% pada penambahan kadar flyash sebesar 15%. Pada zona 3 terjadi peningkatan kuat tekan beton terhadap beton normal akibat penambahan kandungan flyash sebesar 15,04% pada penambahan kadar flyash sebesar 15%. Zona 4 terjadi peningkatan kuat tekan beton terhadap beton normal akibat penambahan kandungan flyash sebesar 15,40% pada penambahan kadar flyash sebesar 15%.



Gambar 2. Kurva hubungan kuat tekan vs kandungan flyash beton normal

b. Beton mutu tinggi

Dari gambar 3 kurva hubungan antara penambahan flyash berdasarkan zona didapat bahwa peningkatan kekuatan tekan beton mutu tinggi dengan memberi penambahan flyash untuk semua zona terhadap beton normal cukup signifikan, untuk zona 1 terjadi peningkatan kekuatan sebesar 9,94% pada penambahan flyash sebesar 15%. Untuk zona 2 terjadi peningkatan kuat tekan beton terhadap beton normal akibat penambahan kandungan flyash sebesar 14,34% pada penambahan kadar flyash sebesar 15%. Pada zona 3 terjadi peningkatan kuat tekan beton terhadap beton normal akibat penambahan kandungan flyash sebesar 18,73% pada penambahan kadar flyash sebesar 15%. Zona 4 terjadi peningkatan kuat tekan beton terhadap beton normal akibat penambahan kandungan flyash sebesar 20,93% pada penambahan kadar flyash sebesar 15%.



Gambar 3. Kurva hubungan kuat tekan vs kandungan flyash beton mutu tinggi

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan kadar flyash sebagai bahan substitusi semen pada campuran beton normal dapat memberikan peningkatan kuat tekan yang dihasilkan berdasarkan zona flyash. Untuk kuat tekan beton pada umur 28 hari peningkatan kuat tekan yang terkecil didapat dari zona 1 sebesar 7,52% terhadap beton normal non flyash. Sedangkan yang tertinggi didapat dari zona 3 untuk kadar flyash 15% didapat peningkatan kuat tekan sebesar 15,4%.
2. Penambahan kadar flyash sebagai bahan substitusi semen pada campuran beton mutu tinggi dapat memberikan peningkatan kuat tekan yang dihasilkan berdasarkan zona flyash. Untuk kuat tekan beton pada umur 28 hari peningkatan kuat tekan yang terkecil didapat dari zona 1 sebesar 9,94% terhadap beton normal non flyash. Sedangkan yang tertinggi didapat dari zona 4 untuk kadar flyash 15% didapat peningkatan kuat tekan sebesar 20,93%.
3. Peningkatan kuat tekan beton untuk beton normal dengan penambahan kadar flyash dalam campuran beton relatif kecil, tetapi untuk beton mutu tinggi memberikan kontribusi yang cukup signifikan dalam meningkatkan kuat tekan beton.
4. Zona jatuh flyash dipergunakan sebagai parameter penelitian memberikan kontribusi dalam meningkatkan kuat tekan beton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Dirjen Dikti atas bantuan dana penelitian Hibah Fundamental 2012, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- Aydin Serdar, etc, Sept-Oct 2010, *Effect of Aggregate Type on Mechanical Properties of reactive Powder Concrete*, American Concrete Institute (ACI) Material Journal, pp 441-449
- Neptune, AI, etc, Nov-Dec 2010, "*Effect of Aggregate Size and Gradation on Pervious Concrete Mixtures*", American Concrete Institute (ACI) Material Journal, pp 625-631
- Neville, A.M, *Properties of Concrete*, Longman, New York, 1995
- Nugraha, Paul, 2007, *Teknologi Beton*, Penerbit Andi
- Shui, Zhonghe, et al, March-April 2011, "*Activation of FlyAsh with Dehydrated Cement Paste*", American Concrete Institute (ACI) Material Journal, pp 204-208
- Suprpto, Slamet, *Blending Batubara untuk Pembangkit Tenaga Listrik (Studi Kasus PLTU Suralaya Unit 1-4)*, Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara (tekMIRA), 2009
- Wu, K.R, et al, 2001, "*Effect of Coarse Aggregate Type on Mechanical Properties of High Performance Concrete*", *Cement and Concrete Research*, V31, pp1421-1425
-, *ASTM C39 Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*
-, *Technical Data Sheet*, PT. Sika Nusa Pratama

