

## STUDI EFEK PENAMBAHAN LIMBAH PRODUKSI PABRIK GENTENG PADA CAMPURAN BETON DENGAN RASIO TERHADAP AGREGAT HALUS

**Boedi Wibowo, Danny Aji Prabowo, Jefriy Andriyono**

Program Studi Diploma Teknik Sipil ITS

Email: boewi\_boy@yahoo.com

### ABSTRAK

Limbah pabrik genteng beton (LPGB) didapatkan dari PT. Varia Usaha Beton Sidoarjo memiliki unsur oksida  $\text{SiO}_2$  yang reaktif bereaksi dengan kalsium hidroksida menjadi kalsium silikat hidrat sehingga menambah kuat tekan beton. Dalam penelitian proyek akhir ini, pengaruh LPGB ditambahkan pada komposisi campuran beton dengan rasio terhadap berat agregat halus. Desain komposisi campuran beton menggunakan tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, SNI 03-2834-1993. Benda uji silinder yang digunakan dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Variasi persentase tambahan LPGB pada komposisi campuran beton sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dengan rasio terhadap berat pasir. Hasil penelitian ini menunjukkan tambahan LPGB mempunyai pengaruh yang dapat menaikkan kuat tekan beton. Pada mutu K500 dengan proporsi limbah 10% menghasilkan kuat tekan sebesar 811  $\text{kg/cm}^2$  dibandingkan dengan komposisi 5% limbah sebesar 673  $\text{kg/cm}^2$ . Hal ini menunjukkan kenaikan sebesar 17% disertai perbandingan korelasi antar pengikat dan pengisi dengan variasi penambahan limbah, menunjukkan bahwa rasio korelasi semakin naik, disertai dengan penambahan kuat tekan beton.

**Kata kunci:** kuat tekan, limbah pabrik genteng, rasio agregat halus, unsur kimia.

### PENDAHULUAN

Limbah produksi genteng beton dapat mencemari lingkungan, dan dapat menimbulkan dampak buruk bagi masyarakat yang bermukim di sekitar pabrik, apabila limbah dialirkan langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Namun apabila limbah hasil produksi dapat digunakan kembali sebagai bahan campuran beton, maka akan mengurangi jumlah bahan utama yang digunakan, di dalam penelitian ini digunakan limbah sisa produksi genteng sebagai bahan campuran pembuatan beton.

Limbah didapatkan dari sisa produksi yang di alirkan melalui saluran pembuangan produksi genteng di PT. Varia Usaha Beton yang terletak di daerah Sidoarjo. Sifat fisik limbah berupa butiran halus yang menyerupai pasir. Limbah ini dianggap tidak begitu menguntungkan, karena merupakan sisa produksi, dan belum ada yang memanfaatkan limbah produksi genteng sebagai bahan campuran pembuatan beton.

### TINJAUAN PUSTAKA

Beton merupakan campuran antara agregat kasar, agregat halus, air, dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan halus, serta terkadang ditambahkan pula *admixture* bila diperlukan sehingga membentuk masa padat. Menurut Mulyono (2004), beton yang bermutu baik ialah yang sesuai dengan perencanaan dan material yang sangat awet serta bebas.

#### Semen Portland

Arti kata semen adalah bahan yang mempunyai sifat *adhesive* maupun *kohesif*, yaitu bahan pengikat. Menurut Standar Industri Indonesia, SII 0013-1981, definisi semen Portland adalah semen *hidraulis* yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis.

#### Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton dalam

Wangsadinata (1979). Konsentrasi senyawa organik didalam kandungan air harus 20 ppm atau kurang dari tersebut.

### Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat ini kira-kira menempati 60%-75% volume beton.

#### a. Pasir Lumajang

Agregat ini dapat juga dinamakan dengan pasir sungai, dikarenakan penambangannya dilakukan di daerah sungai, namun ada juga yang dilakukan di pegunungan, Ketersediaan pasir ini berasal dari kegiatan rutin Gunung Semeru yang mengeluarkan material kurang lebih 1 (satu) juta m<sup>3</sup>/tahun, berupa muntahan dari gunung Semeru. Kemudian dibawa oleh air sungai hingga ke laut. Muntahan gunung ini membawa partikel zat besi, sehingga kemudian menjadi pasir besi di tepi pantai.

#### b. Limbah Pabrik Genteng

Limbah ini dapat juga disebut sebagai lumpur, karena apabila dilihat secara fisik, kering keseluruhan, butirannya seperti debu atau hampir menyerupai abu terbang (*fly ash*). Limbah ini didapatkan dari hasil produksi genteng berupa lumpur yang bercampur dengan air, dan berwarna putih ke abu-abu an. Dalam proses produksi genteng sendiri, dihasilkan limbah sisa rata-rata per hari sebanyak 0,96 m<sup>3</sup>.

### Bahan Tambah

Secara umum terdapat dua bahan tambah yang disarankan untuk digunakan dalam pembuatan beton, yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*addictive*).

#### a. Bahan Tambah Kimia (*Admixture*)

*Admixture* merupakan bahan tambah yang berbentuk cair, namun berfungsi didalam campuran beton untuk mempercepat proses pengikatan awal semen ataupun memperlambat proses pengikatan awal semen.

Berdasarkan *ASTM C494-81*, *admixture* dibedakan menjadi tujuh tipe, yaitu sebagai berikut :

1. Tipe A : *Water Reducing admixture.*
2. Tipe B : *Retarding Admixture.*
3. Tipe C : *Accelerating Admixture.*
4. Tipe D : *Water Reducing and Retarding Admixtures.*
5. Tipe E : *Water Reducing and Accelerating Admixtures.*
6. Tipe F : *Water Reducing, High Range Admixture.*
7. Tipe G : *Water Reducing, High Range Retarding Admixtures.*

#### b. Bahan Tambah Mineral (*Addictive*)

Menurut Nugraha dan Antoni (2007), bahan tambah mineral ini merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton, ataupun dapat digunakan sebagai bahan tambah untuk mengurangi pemakaian jumlah material.

##### *Fly Ash*

*Fly ash* didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. (ASTM C 618).

*Fly ash* adalah material yang berasal dari sisa pembakaran batu bara yang tidak terpakai. Pembakaran batu bara kebanyakan digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap [4]. Abu terbang (*Fly ash*) diperoleh dari hasil residu PLTU.

*Fly ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

##### a. Kelas C

*Fly ash* yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite*.

##### b. Kelas F

*Fly ash* yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite*.

##### c. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opaline*, *chertz* dan *shales*, *tuff* dan abu vulkanik.

### Perawatan Beton (*curing*)

Perawatan beton merupakan prosedur yang digunakan untuk membantu mempercepat proses hidrasi beton, menjaga kestabilan temperatur dan perubahan kelembaban di dalam maupun di luar beton itu sendiri.

Secara umum perawatan beton terbagi atas 2 metode, yaitu:

- a. Metode perawatan basah  
Metode perawatan basah memberikan air yang diperlukan oleh beton.
- b. Metode perawatan membran  
Metode perawatan membran melindungi air yang ada di dalam beton agar tidak keluar.

### Uji Kuat Tekan Beton

Untuk perhitungan beton pada umur 28 hari, menggunakan perhitungan sebagai berikut:

- a. Kuat Tekan Individu:

$$f_{ci} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

- b. Kuat Tekan Rata-rata:

$$f_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ci}}{n} \dots\dots\dots(2)$$

- c. Standar Deviasi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cr})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3)$$

- d. Kuat Tekan Karakteristik:

$$f_c' = f_{cr} - (1,64 \times s) \dots\dots\dots(4)$$

dengan :

- P = Beban maksimum (kg).
- A = Luas penampang benda uji (cm<sup>2</sup>).
- s = Deviasi standar (kg/cm<sup>2</sup>).
- f<sub>ci</sub> = Kuat tekan beton yang didapat dari hasil pengujian (kg/cm<sup>2</sup>).
- f<sub>cr</sub> = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>).
- n = Jumlah benda uji, minimum 20 buah.
- f<sub>c</sub>' = Kuat tekan beton karakteristik (kg/cm<sup>2</sup>).

### METODE

Metodologi pada penelitian ini terdiri atas beberapa bagian meliputi, pemilihan bahan baku, pembuatan dan pengujian. Benda uji beton yang di gunakan berbentuk silinder, dengan ukuran silinder (Ø15 cm, tinggi 30 cm) dengan kuat tekan rencana sebesar 22,5 Mpa, 30 Mpa, 50 Mpa. Serta dilakukan konversi ke dalam mutu kubus. Benda uji berada di laboratorium Jaminan Mutu dan Inovasi ( JMI ) PT. Varia Usaha Beton.

Jumlah total benda uji sebanyak 144 buah, dengan prosentase limbah yang digunakan, sebesar 0%, 5%, 10%, 15%. Lalu menggunakan variasi faktor air semen (FAS)

0,3; 0,5; dan 0,64. Serta dicampurkan dengan proporsi fly ash sebesar 25%. Kemudian diuji menggunakan uji kuat tekan dengan variasi umur beton 3, 7, 28, dan 56 hari untuk mencari varian yang memiliki kuat tekan yang masih memenuhi standar perencanaan.

#### 1. Alat

- a. Timbangan 2600 gram.
- b. Satu set alat pemeriksaan uji agregat (cawan, piknometer, oven, mesin ayakan).
- c. Satu set ayakan.
- d. Satu set kerucut Abrams uji slump.
- e. Alat pengaduk molen.
- f. Cetakan silinder.
- g. Tongkat penumbuk.
- h. Satu set alat pelengkap (sekop besar, gelas ukur, ember, cetok, mistar).
- i. Takaran silinder volume 3lt.

#### 2. Bahan

- a. Agregat halus menggunakan pasir lumajang.
- b. Agregat halus tambahan menggunakan limbah produksi genteng beton.
- c. Agregat kasar dengan ukuran maksimum 40 mm dari quarry Mojokerto.
- d. Zat *addictive* tipe D berdasarkan ASTM C 494-92, produksi PT.SIKA Indonesia.
- e. *Fly ash* didapatkan dari PLTU PAITON.
- f. Semen Portland Tipe I produksi PT.SEMEN GRESIK.
- g. Air bersih dari laboratorium Jaminan Mutu dan Inovasi PT.VARIA USAHA BETON.

### Pelaksanaan Penelitian

1. Pemeriksaan uji agregat halus
  - a. Analisa ayakan pasir
  - b. Berat jenis pasir
  - c. Kelembapan pasir
  - d. Resapan pasir
  - e. Kebersihan pasir terhadap bahan organik
  - f. Kebersihan pasir terhadap lumpur
  - g. Berat volume pasir
2. Pemeriksaan uji agregat kasar
  - a. Analisa ayakan batu pecah
  - b. Berat jenis batu pecah

- c. Kelembapan batu pecah
  - d. Resapan batu pecah
  - e. Kebersihan batu pecah terhadap lumpur
  - f. Berat volume batu pecah
3. Pemeriksaan uji semen yang berupa uji berat jenis semen
  4. Pengujian kandungan lumpur dilakukan di laboratorium *research center* ITS, dengan 1 tipe pengujian, yaitu *X-RD*.
  5. Perencanaan *Mix Design* berdasarkan tata cara perencanaan sesuai dengan standar SK. SNI. 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal Badan Standardisasi Nasional.
  6. Pembuatan benda uji, pengujian slump, berat volume beton, perawatan hingga pengujian dengan uji kuat tekan, dilakukan di laboratorium Jaminan Mutu dan Inovasi PT.VARIA USAHA BETON.

- Hasil pengujian agregat halus:
  - Analisa ayakan pasir (Fm) = 2,06(zona 2)
  - Berat jenis pasir = 2,73 gr/cm<sup>3</sup>
  - Kelembapan pasir = 1,4%
  - Resapan pasir = 0,6%
  - Kadar organik pasir= warna 1(rendah)
  - Kandungan lumpur = 0,03%
  - Berat volume pasir = 1,6 kg/dm<sup>3</sup>
- Hasil pengujian agregat kasar:
  - Analisa ayakan (Fm) = 3,75
  - Berat jenis batu pecah = 2,28 gr/cm<sup>3</sup>
  - Kelembapan batu pecah = 3,6%
  - Resapan batu pecah = 3,6%
  - Kandungan lumpur = 0,95%
  - Berat volume batu pecah = 1,7 kg/dm<sup>3</sup>
- Hasil pengujian semen
  - Berat jenis semen = 3,15 gr/cm<sup>3</sup>
- Komposisi kandungan kimia *flyash*
  - Menggunakan tipe F, dikarenakan komposisi kandungan lebih baik.
- Hasil uji Analisa *X-RD*.

Tabel 1. Proporsi Campuran Mutu K225

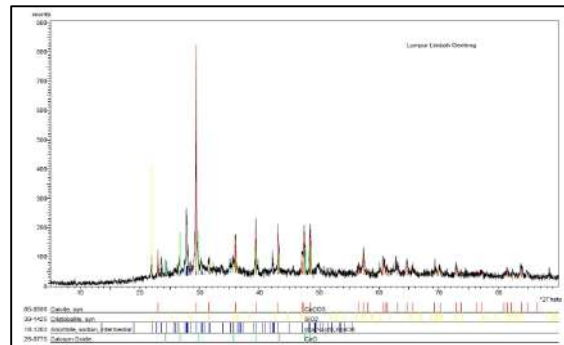
Rencana Penelitian	Pasir Lumajang	Limbah	Jumlah
Komposisi Agregat Halus, K225, FAS 0,64; Fly Ash 25%, Adc 0,3%	100%	0%	12
	95%	5%	12
	90%	10%	12
	85%	15%	12
Jumlah Total			48
Perawatan	Direndam hingga 56 hari		

Tabel 2. Proporsi Campuran Mutu K300

Rencana Penelitian	Pasir Lumajang	Limbah	Jumlah
Komposisi Agregat Halus, K300, FAS 0,64; Fly Ash 25%, Adc 0,3%	100%	0%	12
	95%	5%	12
	90%	10%	12
	85%	15%	12
Jumlah Total			48
Perawatan	Direndam hingga 56 hari		

Tabel 3. Proporsi Campuran Mutu K500

Rencana Penelitian	Pasir Lumajang	Limbah	Jumlah
Komposisi Agregat Halus, K500, FAS 0,64; Fly Ash 25%, Adc 0,3%	100%	0%	12
	95%	5%	12
	90%	10%	12
	85%	15%	12
Jumlah Total			48
Perawatan	Direndam hingga 56 hari		



Gambar 1. Hasil Uji Analisa X-RD

Dari Gambar 1 dapat dilihat untuk limbah genteng maka senyawa yang terdapat di dalam kandungan limbah, yaitu sebagai berikut:

1. *Calcite, Syn*
2. *Cristobalite, syn*
3. *Anorthite, sodian, intermediat*
4. *Calcium Oxide*

Dapat dijelaskan sebagai berikut, untuk senyawa yang muncul dengan intensitas tertinggi adalah *Calcite, syn* (CaCO<sub>3</sub>) sebesar 820, kemudian diikuti senyawa *Cristobalite, syn* (SiO<sub>2</sub>) dengan intensitas 400.

## HASIL dan PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian didapatkan hasil sebagai berikut:

• **Proporsi Campuran Mix Design**

Disajikan rancangan campuran mix design dengan mutu dan proporsi campuran limbah yang bervariasi, sebagai berikut:

Tabel 2. Proporsi Campuran Mutu K225

Proporsi	Komposisi Campuran Mutu K225 (FAS 0,64)						
	Air (kg)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Fly ash (kg)	Limbah (kg)	Additive 0,30% (kg)
0% limbah	11,46	17,88	50,23	61,39	4,47	0,00	0,05
5% limbah	7,64	11,92	31,81	40,92	2,98	1,67	0,035
10% limbah	7,64	11,92	30,14	40,92	2,98	3,34	0,035
15% limbah	7,64	11,92	28,46	40,92	2,98	5,02	0,035

Tabel 3. Proporsi Campuran Mutu K300

Proporsi	Komposisi Campuran Mutu K300 (FAS 0,5)						
	Air (kg)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Fly ash (kg)	Limbah (kg)	Additive 0,30% (kg)
0% limbah	11,46	22,92	47,97	58,64	5,73	0,00	0,068
5% limbah	7,64	15,28	31,98	30,38	3,82	1,6	0,045
10% limbah	7,64	15,28	28,78	39,09	3,82	3,19	0,046
15% limbah	3,82	7,64	13,64	19,54	1,91	2,4	0,029

Tabel 3. Proporsi Campuran Mutu K500

Proporsi	Komposisi Campuran Mutu K500 (FAS 0,3)						
	Air (kg)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Fly ash (kg)	Limbah (kg)	Additive 0,30% (kg)
0% limbah	11,46	38,16	41,1	50,23	9,54	0,00	0,114
5% limbah	7,64	25,44	26,03	33,48	6,36	1,37	0,076
10% limbah	7,64	25,44	20,66	33,48	6,36	2,74	0,077
15% limbah	3,82	12,72	11,64	16,74	9,54	2,1	0,038

• **Hasil Uji Slump Beton Segar**

Didapatkan beberapa hasil uji slump beton segar yang tertera sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Uji Slump Beton Segar

Hasil Uji Slump (mm)			
Proporsi	Mutu K225 Fas 0,64	Mutu K300 Fas 0,5	Mutu K500 Fas 0,3
0% limbah	123	120	117
5% limbah	120	120	117
10% limbah	117	120	120
15% limbah	117	120	123

• **Hasil Uji Berat Volume Beton Segar**

Didapatkan beberapa hasil uji berat volume beton segar yang tertera sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Uji Berat Volume Beton Segar

Hasil Uji Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )			
Proporsi	Mutu K225 Fas 0,64	Mutu K300 Fas 0,5	Mutu K500 Fas 0,3
0% limbah	2,41	2,45	2,41
5% limbah	2,3	2,41	2,38
10% limbah	2,34	2,4	2,37
15% limbah	2,41	2,34	2,05

• **Hasil Uji Kuat Tekan Fas 0,64, Mutu K225**

a. Umur beton 3 hari

Tabel 6. Hasil Kuat Tekan FAS 0,64 Umur 3 Hari

No	Nama Varian	Tanggal		Berat (kg)	Kuat Tekan (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan F=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Konversi Kubus (0,83)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		Buat	Tes						
1	Pasir Lumajang 100%-Pasir Limbah 0%	26 Juli 2011	29 Juli 2011	13,4	31000	176,25	175,89	211,91	221
				13,4	33000	176,25	187,23	225,58	
				12,5	33000	176,25	187,23	225,58	

2	Pasir Lumajang 95%-Pasir Limbah 5%	5 Agustus 2011	8 Agustus 2011	13,5	35000	176,25	198,58	239,25	235
				13,4	34000	176,25	192,91	232,42	
				13,5	34000	176,25	192,91	232,42	
3	Pasir Lumajang 90%-Pasir Limbah 10%	5 Agustus 2011	8 Agustus 2011	13,9	38000	176,25	215,60	259,76	242
				13,4	35000	176,25	198,58	239,25	
				13,3	33000	176,25	187,23	225,58	
4	Pasir Lumajang 85%-Pasir Limbah 15%	10 Agustus 2011	13 Agustus 2011	13,1	29000	176,25	164,54	198,24	189
				13,1	26000	176,25	147,52	177,73	
				13,1	28000	176,25	158,87	191,40	

b. Umur beton 7 hari

Tabel 7. Hasil Kuat Tekan FAS 0,64 Umur 7 Hari

No	Nama Varian	Tanggal		Berat (kg)	Kuat Tekan (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan F=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Konversi Kubus (0,83)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		Buat	Tes						
1	Pasir Lumajang 100%-Pasir Limbah 0%	26 Juli 2011	2 Agustus 2011	12,8	39000	176,25	221,28	266,60	262
				12,6	36000	176,25	204,26	246,09	
				12,8	40000	176,25	226,95	273,43	
2	Pasir Lumajang 95%-Pasir Limbah 5%	5 Agustus 2011	12 Agustus 2011	7,84	36000	176,25	204,26	246,09	255
				8,04	39000	176,25	221,28	266,60	
				7,56	37000	176,25	209,93	252,93	
3	Pasir Lumajang 90%-Pasir Limbah 10%	5 Agustus 2011	12 Agustus 2011	8,05	42000	176,25	238,30	287,11	276
				7,86	38000	176,25	215,60	259,76	
				7,83	41000	176,25	232,62	280,27	
4	Pasir Lumajang 85%-Pasir Limbah 15%	10 Agustus 2011	17 Agustus 2011	7,78	33000	176,25	187,23	225,58	246
				7,97	38000	176,25	215,60	259,76	
				7,87	37000	176,25	209,93	252,93	

c. Umur beton 28 hari

Tabel 8. Hasil Kuat Tekan FAS 0,64 Umur 28 Hari

No	Nama Varian	Tanggal		Berat (kg)	Kuat Tekan (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan F=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Konversi Kubus (0,83)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		Buat	Tes						
1	Pasir Lumajang 100%-Pasir Limbah 0%	26 Juli 2011	23 Agustus 2011	12,79	55000	176,25	312,06	375,97	376
				12,89	56000	176,25	317,73	382,81	
				12,68	54000	176,25	306,38	369,14	
2	Pasir Lumajang 95%-Pasir Limbah 5%	5 Agustus 2011	2 September 2011	7,91	53000	176,25	300,71	362,30	385
				7,97	57000	176,25	323,40	389,64	
				8,87	59000	176,25	334,75	403,32	
3	Pasir Lumajang 90%-Pasir Limbah 10%	5 Agustus 2011	2 September 2011	8,00	50000	176,25	283,69	341,79	334
				7,65	47600	176,25	270,07	325,39	
				7,89	48900	176,25	277,45	334,27	
4	Pasir Lumajang 85%-Pasir Limbah 15%	10 Juni 2011	9 Juli 2011	7,89	52000	176,25	295,04	355,46	378
				7,84	58000	176,25	329,08	397,48	
				7,78	56000	176,25	317,73	382,81	

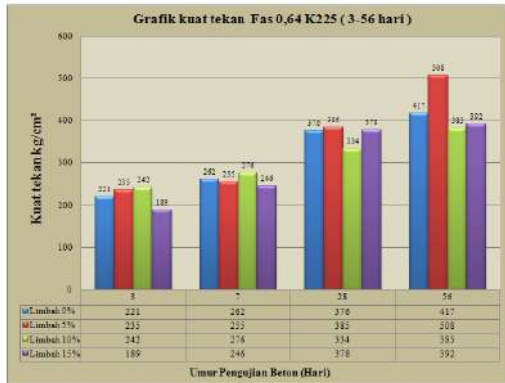
d. Umur beton 56 hari

Tabel 9. Hasil Kuat Tekan FAS 0,64 Umur 56 Hari

No	Nama Varian	Tanggal		Berat (kg)	Kuat Tekan (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan F=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Konversi Kubus (0,83)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		Buat	Tes						
1	Pasir Lumajang 100%-Pasir Limbah 0%	4 Agustus 2011	29 September 2011	13,50	64000	176,25	363,12	437,49	417
				12,8	56000	176,25	317,73	382,81	
				13	63000	176,25	357,45	430,66	
2	Pasir Lumajang 95%-Pasir Limbah 5%	5 Agustus 2011	30 September 2011	7,8	78000	176,25	442,55	533,20	508
				8,5	69000	176,25	391,49	471,67	
				7,6	76000	176,25	431,21	519,52	
3	Pasir Lumajang 90%-Pasir Limbah 10%	5 Agustus 2011	30 September 2011	8,01	54000	176,25	306,38	369,14	383
				7,29	56000	176,25	317,73	382,81	
				7,68	58000	176,25	329,08	396,48	

4	Pasir Lumajang 85%-Pasir Limbah 15%	10 Agustus 2011	5 November 2011	7,5	55000	176,25	312,06	375,97	392
				7,8	58000	176,25	329,08	396,48	
				7,9	59000	176,25	334,75	403,32	

e. Umur beton 3-56 hari



Gambar 1. Grafik Kuat Tekan FAS 0,64 Umur 3-56 Hari

Berdasarkan Gambar 1 terlihat hasil sebagai berikut:

- Varian pasir limbah 0%-pasir lumajang 100% pada umur 3 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 221 kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 7 hari kuat tekannya naik menjadi 262 kg/cm<sup>2</sup>, umur 28 hari kuat tekannya naik menjadi 376 kg/cm<sup>2</sup>, dan pada

umur 56 hari mengalami kenaikan menjadi 417 kg/cm<sup>2</sup>.

- Varian pasir limbah 5%-pasir lumajang 95% pada umur 3 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 235 kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 7 hari kuat tekannya naik menjadi 255 kg/cm<sup>2</sup>, umur 28 hari kuat tekannya naik menjadi 385 kg/cm<sup>2</sup>, dan pada umur 56 hari mengalami kenaikan menjadi 508 kg/cm<sup>2</sup>.
- Varian pasir limbah 10%-pasir lumajang 90% pada umur 3 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 242 kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 7 hari kuat tekannya naik menjadi 274 kg/cm<sup>2</sup>, umur 28 hari kuat tekannya naik menjadi 334 kg/cm<sup>2</sup>, dan pada umur 56 hari mengalami kenaikan menjadi 383 kg/cm<sup>2</sup>.
- Varian pasir limbah 15%-pasir lumajang 85% pada umur 3 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 189 kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 7 hari kuat tekannya naik menjadi 246 kg/cm<sup>2</sup>, umur 28 hari kuat tekannya naik menjadi 378 kg/cm<sup>2</sup>, dan pada umur 56 hari mengalami kenaikan menjadi 392 kg/cm<sup>2</sup>.

• Hasil Uji Kuat Tekan Fas 0,5, Mutu K300

a. Umur beton 3 hari

Tabel 10. Hasil Kuat Tekan FAS 0,5 Umur 3 Hari

No	Nama Varian	Tanggal		Berat (kg)	Kuat Tekan (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan F=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Konversi Kubus (0,83)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		Buat	Tes						
1	Pasir Lumajang 100%-Pasir Limbah 0%	26 Juli 2011	29 Juli 2011	12,9	51000	176,25	289,36	348,63	321
				13	45000	176,25	255,32	307,61	
				12,8	45000	176,25	255,32	307,61	
2	Pasir Lumajang 95%-Pasir Limbah 5%	5 Juli 2011	8 Juli 2011	8,17	62000	176,25	351,77	423,82	451
				7,93	68000	176,25	385,82	464,84	
				8,16	68000	176,25	385,82	464,84	
3	Pasir Lumajang 90%-Pasir Limbah 10%	25 Agustus 2011	28 Agustus 2011	7,90	48500	176,25	275,18	331,54	331
				7,71	48000	176,25	272,34	328,12	
				7,8	48700	176,25	276,31	332,91	
4	Pasir Lumajang 85%-Pasir Limbah 15%	3 Oktober 2011	6 Oktober 2011	7,72	34000	176,25	192,91	232,42	230
				7,74	31000	176,25	175,89	211,91	
				7,89	36000	176,25	204,26	246,09	

b. Umur Beton 7 hari

Tabel 11. Hasil Kuat Tekan FAS 0,5 Umur 7 Hari

No	Nama Varian	Tanggal		Berat (kg)	Kuat Tekan (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan F=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Konversi Kubus (0,83)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		Buat	Tes						
1	Pasir Lumajang 100%-Pasir Limbah 0%	26 Juli 2011	2 Agustus 2011	12,8	50000	176,25	283,69	341,79	367
				12,7	55000	176,25	312,06	375,97	
				13	56000	176,25	317,73	382,81	
2	Pasir Lumajang 95%-Pasir Limbah 5%	5 Juli 2011	11 Agustus 2011	8,08	60000	176,25	340,43	410,15	422
				8,01	64000	176,25	363,12	437,49	
				8,05	61000	176,25	346,10	416,99	
3	Pasir Lumajang 90%-Pasir Limbah 10%	25 Agustus 2011	1 September 2011	7,99	60000	176,25	340,43	410,15	408
				8,01	58000	176,25	329,08	396,48	
				8	61000	176,25	346,10	416,99	
4	Pasir Lumajang 85%-Pasir Limbah 15%	11 Agustus 2011	18 Agustus 2011	8,01	37000	176,25	209,93	252,93	257
				7,89	41000	176,25	232,62	280,27	
				7,86	35000	176,25	198,58	239,25	

c. Umur beton 28 hari

Tabel 12. Hasil Kuat Tekan FAS 0,5 Umur 28 Hari

No	Nama Varian	Tanggal		Berat (kg)	Kuat Tekan (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan F=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Konversi Kubus (0,83)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		Buat	Tes						
1	Pasir Lumajang 100%-Pasir Limbah 0%	26 Juli 2011	23 Agustus 2011	12,8	60000	176,25	340,43	410,15	431
				12,97	64000	176,25	363,12	437,49	
				13	65000	176,25	368,79	444,33	
2	Pasir Lumajang 95%-Pasir Limbah 5%	4 Agustus 2011	1 September 2011	8,12	75000	176,25	425,53	512,69	504
				8,09	74000	176,25	419,86	505,85	
				8,0	72000	176,25	408,51	492,18	
3	Pasir Lumajang 90%-Pasir Limbah 10%	25 Agustus 2011	22 September 2011	8,0	84000	176,25	476,60	574,21	490
				8,1	56000	176,25	317,73	382,81	
				7,89	75000	176,25	425,53	512,69	
4	Pasir Lumajang 85%-Pasir Limbah 15%	12 Juli 2011	9 Agustus 2011	7,90	50000	176,25	283,69	314,79	360
				7,85	48000	176,25	272,34	328,12	
				8,02	60000	176,25	340,43	410,15	

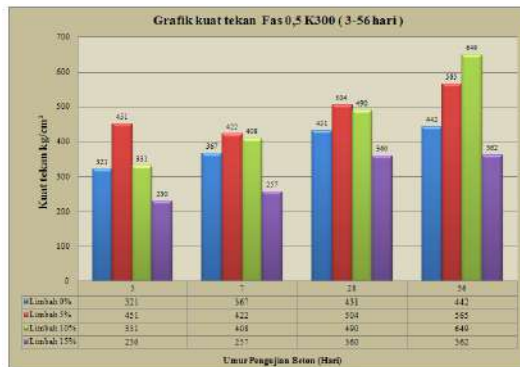
d. Umur beton 56 hari

Tabel 13. Hasil Kuat Tekan FAS 0,5 Umur 56 Hari

No	Nama Varian	Tanggal		Berat (kg)	Kuat Tekan (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan F=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Konversi Kubus (0,83)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		Buat	Tes						
1	Pasir Lumajang 100%-Pasir Limbah 0%	4 Agustus 2011	29 September 2011	13,4	66000	176,25	374,47	451,17	442
				13	65000	176,25	368,79	444,33	
				12,9	63000	176,25	357,45	430,66	
2	Pasir Lumajang 95%-Pasir Limbah 5%	4 Agustus 2011	29 September 2011	7,8	73000	176,25	414,18	499,02	565
				8,0	94000	176,25	533,33	642,57	
				7,9	81000	176,25	459,57	553,70	
3	Pasir Lumajang 90%-Pasir Limbah 10%	11 Agustus 2011	6 November 2011	7,8	94000	176,25	533,33	642,57	649
				8,1	97000	176,25	550,35	663,08	
				8,0	94000	176,25	533,33	642,57	
4	Pasir Lumajang 85%-Pasir Limbah 15%	11 Agustus 2011	6 Oktober 2011	7,8	53000	176,25	300,71	362,30	362
				8,0	52000	176,25	295,04	355,46	
				7,98	54000	176,25	306,38	369,14	

e. Umur beton 3-56 hari





Gambar 2. Grafik Kuat Tekan FAS 0,5 Umur 3-56 Hari

Berdasarkan Gambar 2 terlihat hasil sebagai berikut:

- Varian pasir limbah 0% - pasir lumajang 100% pada umur 3 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 321 kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 7 hari kuat tekannya naik menjadi 367 kg/cm<sup>2</sup>, umur 28 hari kuat tekannya naik menjadi 431 kg/cm<sup>2</sup>, dan pada umur 56 hari mengalami kenaikan menjadi 442 kg/cm<sup>2</sup>.
- Varian pasir limbah 5% - pasir lumajang 95% pada umur 3 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 451 kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 7 hari kuat tekannya naik menjadi 422 kg/cm<sup>2</sup>, umur 28 hari kuat tekannya naik menjadi 504 kg/cm<sup>2</sup>, dan pada umur 56 hari mengalami kenaikan menjadi 585 kg/cm<sup>2</sup>.
- Varian pasir limbah 10% - pasir lumajang 90% pada umur 3 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 331 kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 7 hari kuat tekannya naik menjadi 408 kg/cm<sup>2</sup>, umur 28 hari kuat tekannya naik menjadi 490 kg/cm<sup>2</sup>, dan pada umur 56 hari mengalami kenaikan menjadi 640 kg/cm<sup>2</sup>.
- Varian pasir limbah 15% - pasir lumajang 85% pada umur 3 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 230 kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 7 hari kuat tekannya naik menjadi 257 kg/cm<sup>2</sup>, umur 28 hari kuat tekannya naik menjadi 360 kg/cm<sup>2</sup>, dan pada umur 56 hari mengalami kenaikan menjadi 362 kg/cm<sup>2</sup>.

• Hasil Uji Kuat Tekan Fas 0,3, Mutu K500

a. Umur beton 3 hari

Tabel 14. Hasil Kuat Tekan FAS 0,3 Umur 3 Hari

No	Nama Varian	Tanggal		Berat (kg)	Kuat Tekan (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan F=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Konversi Kubus (0,83)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		Buat	Tes						
1	Pasir Lumajang 100%-Pasir Limbah 0%	29 Juli 2011	1	13	78000	176,25	442,55	533,20	504
			Agustus 2011	13,5	68000	176,25	385,82	464,84	
				13	75000	176,25	425,53	512,69	
2	Pasir Lumajang 95%-Pasir Limbah 5%	5 Agustus 2011	8	7,96	90000	176,25	510,64	615,23	574
				8,22	77000	176,25	436,88	526,36	
				7,94	85000	176,25	482,27	581,05	
3	Pasir Lumajang 90%-Pasir Limbah 10%	10 Agustus 2011	13	7,74	67000	176,25	380,14	458,00	451
				7,83	65000	176,25	368,79	444,33	
				8,1	66000	176,25	374,47	451,17	
4	Pasir Lumajang 85%-Pasir Limbah 15%	11 Agustus 2011	14	7,73	47000	176,25	266,67	321,29	327
				8,2	49000	176,25	278,01	334,96	
				7,9	47500	176,25	269,50	324,70	

b. Umur beton 7 hari

Tabel 15. Hasil Kuat Tekan Fas 0,3 Umur 7 Hari

No	Nama Varian	Tanggal		Berat (kg)	Kuat Tekan (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan F=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Konversi Kubus (0,83)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		Buat	Tes						
1	Pasir Lumajang 100%-Pasir Limbah 0%	27 Juli 2011	3 Agustus 2011	13	74000	176,25	419,86	505,85	488
				12,7	65000	176,25	368,79	444,33	
				13	75000	176,25	425,53	512,69	
2	Pasir Lumajang 95%-Pasir Limbah 5%	1 Desember 2011	8 Desember 2011	8,07	99000	176,25	561,70	676,75	633
				8,01	90000	176,25	510,64	615,23	
				7,84	89000	176,25	504,96	608,39	

3	Pasir Lumajang 90%-Pasir Limbah 10%	10 Agustus 2011	17 Agustus 2011	8	79000	176,25	448,23	540,03	517
				7,86	74000	176,25	419,86	505,85	
				8,01	74000	176,25	419,86	505,85	
4	Pasir Lumajang 85%-Pasir Limbah 15%	11 Agustus 2011	18 Agustus 2011	7,84	49000	176,25	278,01	334,96	342
				8,01	51000	176,25	289,36	348,63	
				7,9	50000	176,25	283,69	341,79	

c. Umur beton 28 hari

Tabel 16 Hasil Kuat Tekan FAS 0,3 Umur 28 Hari

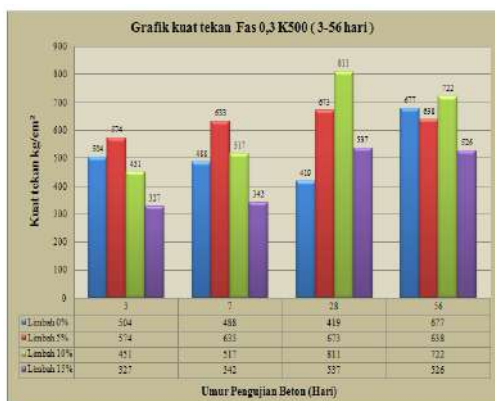
No	Nama Varian	Tanggal		Berat (kg)	Kuat Tekan (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan F=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Konversi Kubus (0,83)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		Buat	Tes						
1	Pasir Lumajang 100%-Pasir Limbah 0%	27 Juli 2011	24 Agustus 2011	12,5	65000	176,25	368,79	444,33	419
				12,81	59000	176,25	334,75	403,32	
				12,9	60000	176,25	340,43	410,15	
2	Pasir Lumajang 95%-Pasir Limbah 5%	5 Agustus 2011	2 September 2011	7,98	99500	176,25	564,54	680,17	673
				8,13	99000	176,25	561,70	676,75	
				8,0	97000	176,25	550,35	663,08	
3	Pasir Lumajang 90%-Pasir Limbah 10%	10 Agustus 2011	7 September 2011	7,9	115000	176,25	652,48	786,12	811
				7,8	120000	176,25	680,85	820,30	
				8,1	121000	176,25	686,52	827,14	
4	Pasir Lumajang 85%-Pasir Limbah 15%	12 Juli 2011	9 Agustus 2011	7,62	78000	176,25	442,55	533,20	537
				8,1	79000	176,25	448,23	540,03	
				7,98	78500	176,25	445,39	536,61	

d. Umur beton 56 hari

Tabel 17 . Hasil Kuat Tekan Fas 0,3 Umur 56 Hari

No	Nama Varian	Tanggal		Berat (kg)	Kuat Tekan (kg)	Luas Permukaan (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan F=P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	Konversi Kubus (0,83)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )
		Buat	Tes						
1	Pasir Lumajang 100%-Pasir Limbah 0%	4 Agustus 2011	29 September 2011	13,8	100000	176,25	567,38	683,59	677
				12,58	98000	176,25	556,03	669,91	
				13	99000	176,25	561,70	676,75	
2	Pasir Lumajang 95%-Pasir Limbah 5%	5 Agustus 2011	30 September 2011	7,90	95000	176,25	539,01	649,41	638
				7,97	87000	176,25	493,62	594,72	
				8,10	98000	176,25	556,03	669,91	
3	Pasir Lumajang 90%-Pasir Limbah 10%	10 Agustus 2011	5 Oktober 2011	7,51	120000	176,25	680,85	820,30	722
				7,80	98000	176,25	556,03	669,91	
				8,2	99000	176,25	561,70	676,75	
4	Pasir Lumajang 85%-Pasir Limbah 15%	11 Agustus 2011	6 Oktober 2011	8,2	72000	176,25	408,51	492,18	526
				7,97	80000	176,25	453,90	546,87	
				7,89	79000	176,25	448,23	540,03	

e. Umur beton 3-56 hari



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan FAS 0,3 Umur 3-56 Hari

Berdasarkan Gambar 3 terlihat hasil sebagai berikut:

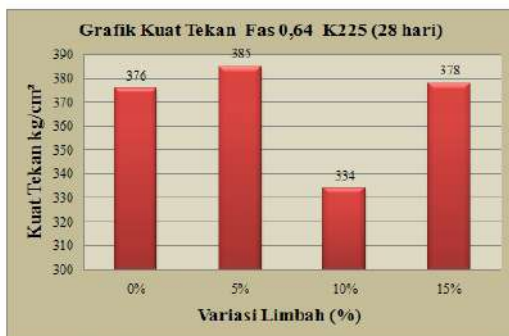
- Varian pasir limbah 0% - pasir lumajang 100% pada umur 3 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 504 kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 7 hari kuat tekannya naik menjadi 488 kg/cm<sup>2</sup>, umur 28 hari kuat tekannya naik menjadi 419 kg/cm<sup>2</sup>, dan pada umur 56 hari mengalami kenaikan menjadi 677 kg/cm<sup>2</sup>.
- Varian pasir limbah 5% - pasir lumajang 95% pada umur 3 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 574 kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 7 hari kuat tekannya naik menjadi 633

kg/cm<sup>2</sup>, umur 28 hari kuat tekannya naik menjadi 673 kg/cm<sup>2</sup>, dan pada umur 56 hari mengalami penurunan menjadi 638 kg/cm<sup>2</sup>.

- Varian pasir limbah 10% - pasir lumajang 90% pada umur 3 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 451 kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 7 hari kuat tekannya naik menjadi 517 kg/cm<sup>2</sup>, umur 28 hari kuat tekannya naik menjadi 811 kg/cm<sup>2</sup>, dan pada umur 56 hari mengalami penurunan menjadi 722 kg/cm<sup>2</sup>.
- Varian pasir limbah 15% - pasir lumajang 85% pada umur 3 hari menghasilkan kuat tekan sebesar 327 kg/cm<sup>2</sup>, pada umur 7 hari kuat tekannya naik menjadi 342 kg/cm<sup>2</sup>, umur 28 hari kuat tekannya naik menjadi 537 kg/cm<sup>2</sup>, dan pada umur 56 hari mengalami penurunan menjadi 526 kg/cm<sup>2</sup>.

• **Evaluasi Hasil Uji Kuat Tekan Beton umur 28 hari**

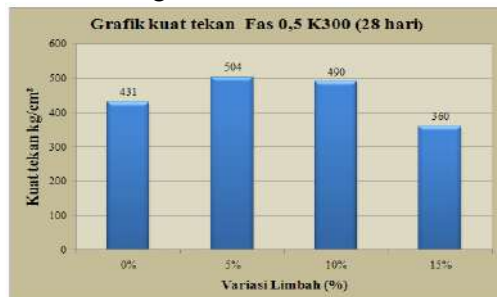
a. Beton dengan mutu K225



Gambar 4. Grafik Mutu K225

Pada mutu K225 terlihat bahwa hasil kuat tekan hingga penambahan kadar limbah mencapai 15% masih memenuhi perencanaan, akan tetapi terbatas hingga proporsi limbah 5%

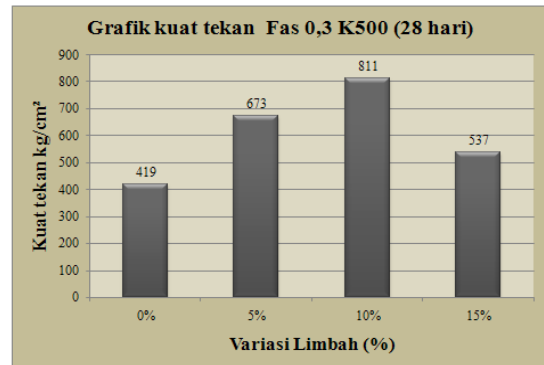
b. Beton dengan mutu K300



Gambar 5. Grafik Mutu K300

Hasil kuat tekan pada mutu K300 terlihat menunjukkan kenaikan dan masih memenuhi mutu perencanaan. akan tetapi terbatas sampai kadar 10%.

c. Beton dengan mutu K500

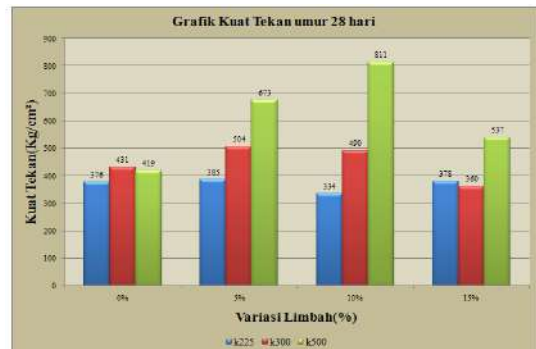


Gambar 6. Grafik Mutu K500

Pada mutu K500 terlihat bahwa hasil kuat tekan hingga penambahan kadar limbah mencapai 15% masih memenuhi perencanaan, akan tetapi terbatas hingga 10%.

• **Perbandingan Mutu K225, K300, K500 Pada Umur 28 Hari**

Dari analisa hasil kuat tekan di umur 28, kemudian diakumulasikan menjadi satu, maka terlihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 7. Grafik Perbandingan Mutu

Dari hasil yang terlihat pada grafik di umur 28 hari, pada mutu K225 dan K300, hasil kuat tekan dibatasi hingga kadar 5%, akan tetapi untuk mutu K500, hasil kuat tekan terbatas hingga kadar 10%. Namun masih memenuhi seluruh perencanaan.

• **Analisa Hubungan Dengan Komposisi Kuat Tekan**

a. Hubungan di umur 28 hari

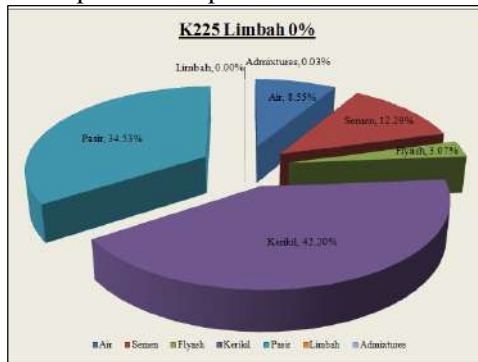
- Rasio Korelasi seluruh Mutu
- Tabel 18. Rasio Korelasi Terhadap Kuat Tekan Beton

Mutu Beton	Kadar Limbah	Korelasi (Pengikat/Pengisi)	Kuat Tekan Kg/cm <sup>2</sup>
K225	5%	0.2048	385
	10%	0.2096	334
	15%	0.2146	378
K300	5%	0.2749	504
	10%	0.2814	490
	15%	0.2882	360
K500	5%	0.5343	673
	10%	0.5469	811
	15%	0.5601	537

Dari hasil rasio korelasi pada tabel 18 diatas, terlihat untuk mutu K225 terbatas hingga 0,2146, pada mutu K300 terbatas hingga 0,2882, sedangkan untuk mutu K500 terbatas hingga 0,560.

- **Persentase Komposisi Seluruh Campuran Mutu**

a. Komposisi Campuran K225



Gambar 8. Komposisi Campuran K225

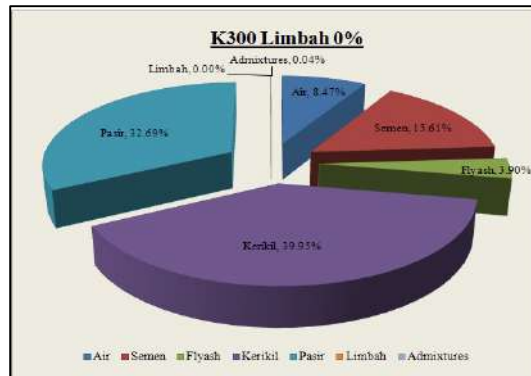
Kemudian ditabelkan hasil dari seluruh komposisi dengan penambahan kadar limbah, seperti di bawah ini:

Tabel 19. Komposisi Campuran K225

Komposisi	Mutu K225			
	0%	5%	10%	15%
Air	8.55%	8.55%	8.55%	8.55%
Semen	12.29%	12.29%	12.29%	12.29%
Flyash	3.07%	3.07%	3.07%	3.07%
Kerikil	42.20%	42.22%	42.22%	42.22%
Pasir	34.53%	32.79%	31.07%	29.34%
Limbah	0.00%	1.73%	3.45%	5.18%
Admixtures	0.03%	0.03%	0.03%	0.03%

Dari grafik diatas terlihat bahwa, dengan penambahan limbah, menyebabkan pengurangan jumlah agregat halus.

b. Komposisi Campuran Mutu K300



Gambar 9. Komposisi Campuran K300

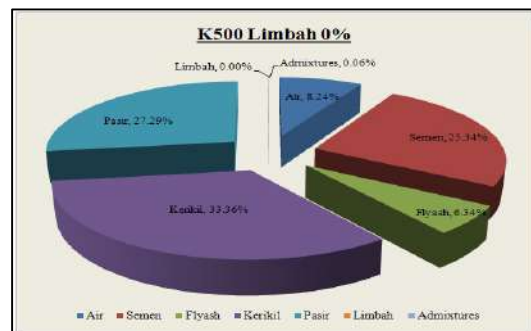
Kemudian ditabelkan hasil dari seluruh komposisi dengan penambahan kadar limbah, seperti di bawah ini:

Tabel 20. Komposisi Campuran K300

Komposisi	Mutu K300			
	0%	5%	10%	15%
Air	8.47%	8.47%	8.47%	8.47%
Semen	15.61%	15.61%	15.61%	15.61%
Flyash	3.90%	3.90%	3.90%	3.90%
Kerikil	39.95%	39.95%	39.95%	39.95%
Pasir	32.69%	31.05%	29.42%	27.78%
Limbah	0.00%	1.63%	3.27%	4.90%
Admixtures	0.04%	0.04%	0.04%	0.04%

Dari grafik diatas terlihat bahwa, dengan penambahan limbah, menyebabkan pengurangan jumlah agregat halus.

c. Komposisi Campuran Mutu K500



Gambar 10. Komposisi Campuran K500



Kemudian ditabelkan hasil dari seluruh komposisi dengan penambahan kadar limbah, seperti di bawah ini:

Tabel 21. Komposisi Campuran K500

Komposisi	Mutu K500			
	0%	5%	10%	15%
Air	8.24%	8.24%	8.24%	8.24%
Semen	25.34%	25.34%	25.34%	25.34%
Flyash	6.34%	6.34%	6.34%	6.34%
Kerikil	33.36%	33.36%	33.36%	33.36%
Pasir	27.29%	25.93%	24.56%	23.20%
Limbah	0.00%	1.36%	2.73%	4.09%
Admixtures	0.06%	0.06%	0.06%	0.06%

### KESIMPULAN

- Semakin besar kadar proporsi limbah yang ditambahkan didalam campuran beton, akan mengurangi jumlah proporsi pemakaian agregat halus, pada semua mutu.
- Hasil kuat tekan cenderung menurun, tetapi masih memenuhi mutunya dengan berbagai komposisi dan faktor air semen.
- Pada mutu K225, rasio pengikat dan pengisi memiliki batasan sebesar 0,2146 dan mutu K300 sebesar 0,2882 serta mutu K500 sebesar 0,5601.
- Dengan penambahan limbah pada komposisi campuran, hasil kuat tekan lebih tinggi dibanding komposisi tanpa campuran limbah, pada mutu K300, Fas 0,5 dan mutu K500, Fas 0,3. Dikarenakan limbah memiliki kandungan senyawa kimia  $CaCO_3$  sebesar 820 dan  $SiO_2$  sebesar 400.

### DAFTAR PUSTAKA

Agus, Irzal. 2001. *Pengaruh Variasi Faktor Air Semen Dan Temperatur Terhadap Kuat Tekan Beton*. Baubau: Unidayan.

Andoyo. 2006. *Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan dan Resapan Air Pada Mortar*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Fyzingsa., Wiyan, Dekarius., Anggraeni., dan Elly Eka, Selvi., Feb. 2009. *Lightweight Concrete Production By Addition Of Lapindo Mud And*

*Polystirene Lightweight Aggregate*, <  
URL:<http://digilib.its.ac.id>>.

Kasam, 2004. *Performansi Solidifikasi Limbah Kerak Industri Baja Sebagai Beton*, Logika. Vol. 1. No. 1. Januari, 2004.

Mardiono. 2010. *Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang(Flyash) Dalam Beton Mutu Tinggi*. Jakarta : Teknik Sipil Universitas Gunadarma.

Marsiano. *Penggunaan Admixtures Super Plasticizer Pada Beton Untuk Meningkatkan Mutu Beton*.

McCormac, Jack C. 2000. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.

Mulyono, Ir. Tri, MT. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.

Nawy, Dr. G Edward. PE. 1990. *Beton Prategang*. Jakarta: Erlangga.

Nugraha, Paul., dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Surabaya : Andi.

Nursyamsi, 2005. *Pengaruh Perawatan Terhadap Daya Tahan Beton*, Jurnal Teknik Simetrika. Vol 4. No 2. Sumatera Utara Agustus , 2005. Pp. 317-322.

Praktikum Teknologi Beton. *Petunjuk Praktikum Teknologi Beton*. Surabaya: Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

Salain Karyawan, I Made Alit.,Dharma Giri, Ida Bagus dan Alice Saraswati, Mayun Adi. 2011. *The Use Of High Volume Flyash in The Concrete Production*. Palembang . Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3. Palembang, 26-27 Oktober. Diedit oleh Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Samekto, Wuryati, Mpd, Dr., dan Rahmadiyahanto Candra, ST. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Kanisius.

Sebayang, Surya. 2006. *Pengaruh Abu Terbang Sebagai Pengganti Sejumlah Semen Type V Pada Beton Mutu Tinggi*, Teknik Sipil. Vol. 6. No. 2. Lampung April, 2006. Pp. 116-123.

SK. SNI. T-15-1990-2003. *Tata Cara Rancangan Campuran Beton Normal*. Bandung: Departeman Pekerjaan Umum.

- SK. SNI. 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standardisasi Nasional.
- Technical Data Sheet. Edition 3. 2009. *Plastiment -VZ, Water Reducing and Set Retarding*, <  
[URL:http://www.sika.co.id](http://www.sika.co.id)>.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono. 1993. *Pengaruh Jumlah Semen Pada Kuat Tekan Beton Dengan Pasir Sungai Krasak Dan Kerikil Sungai Progo*, Forum Teknik. Jilid 17. Yogyakarta. Pp. Gabungan.
- Wangsadinata, Ir. Wiratman, dkk. 1979. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*