



**PENGARUH PEMANFAATAN PECAHAN KERAMIK
SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA PEMBUATAN
BATA BETON BERLUBANG DITINJAU DARI KUAT
TEKAN, SERAP AIR DAN NILAI EKONOMISNYA**

SKRIPSI

Untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi
Pendidikan Teknik Bangunan

Oleh

Suwarni

5101405021

PERPUSTAKAAN
UNNES

**FAKULTAS TEKNIK
PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2010

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk disajikan kesidang panitia ujian skripsi pada:

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Hery Suroso, S.T, M.T
NIP. 196804191993101001

Mego Purnomo, S.T, M.T
NIP. 197306182005011001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. Agung Sutarto, M.T
NIP. 196104081991021001

PENGESAHAN

Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada hari Kamis, 18 Februari 2010

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

Sekretaris

Ir. Agung Sutarto, M.T
NIP. 196104081991021001

Aris Widodo, S.Pd, M.T
NIP. 197102071999031001

Pembimbing I

Penguji I

Drs. Hery Suroso, S.T, M.T
NIP. 196804191993101001

Aris Widodo, S.Pd, M.T
NIP. 197102071999031001

Pembimbing II

Penguji II

Mego Purnomo, S.T, M.T
NIP. 197306182005011001

Drs. Hery Suroso, S.T, M.T
NIP. 196804191993101001

Penguji III

Mego Purnomo, S.T, M.T
NIP. 197306182005011001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Drs. Abdurrahman, M.Pd
NIP. 196009031985031002

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi ini benar-benar karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, Februari 2010

SUWARNI

5101405021



ABSTRAK

Suwarni. 2010. *Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Keramik Sebagai Agregat Kasar Pada Pembuatan Bata Beton Berlubang Ditinjau Kuat Tekan, Serap Air dan Nilai Ekonomisnya*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pembimbing I : Drs. Hery Suroso, S.T, M.T Pembimbing II : Mego Purnomo, S.T, M.T

Kata Kunci : Bata Beton Berlubang, Keramik, Kuat Tekan, Serapan Air, Nilai Ekonomis.

Komponen suatu bangunan terdiri dari pondasi, dinding, lantai, atap, dll. Salah satu alternatif kemudahan dan efisien waktu dalam pemasangan dinding adalah dinding dengan bahan bata beton berlubang. Menurut SK SNI S-04-1989-F bata beton berlubang adalah suatu bahan bangunan yang dibuat dari campuran bahan perekat hidrolis atau sejenisnya dan agregat, ditambahkan air secukupnya atau tanpa bahan tambahan lainnya dan mempunyai luas penampang lubang lebih besar dari 25% luas penampang bata dan volume lubang lebih dari 25% volume bata seluruhnya. Sekarang ini banyak sekali bahan-bahan lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan untuk campuran bahan susun bata beton berlubang. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah pecahan keramik sebagai pengganti agregat kasar. Variasi yang digunakan adalah dengan perbandingan jumlah semen per m^3 .

Parameter yang diteliti dalam penelitian ini meliputi karakteristik bahan susun bata beton berlubang, yakni pengujian berat jenis dan gradasi pasir muntilan, berat jenis, kandungan air dan gradasi pecahan keramik dan kuat tekan dan serap air bata beton berlubang dengan bahan pengganti agregat kasar pecahan keramik pada variasi jumlah semen 300 Kg/m^3 , 350 Kg/m^3 , 400 Kg/m^3 , 450 Kg/m^3 . Pengujian bata beton berlubang dilaksanakan pada umur 28 hari. Dari hasil penelitian karakteristik bahan susun bata beton berlubang menunjukkan bahwa gradasi pasir muntilan yang dipakai masuk Zone 2 yakni pasir agak kasar, berat jenis rata – rata pasir muntilan 2,60 sedangkan berat jenis keramik 1,84.

Dari hasil pengujian kuat tekan bata beton berlubang menunjukkan bahwa kuat tekan maksimum terdapat pada jumlah semen 400 Kg/m^3 yaitu sebesar 18.78 MPa, namun demikian pada perbandingan jumlah semen 450 Kg/m^3 mengalami penurunan kuat tekan yaitu sebesar 17.87 MPa. Serap air bata beton berlubang terus mengalami kenaikan sejalan dengan penambahan jumlah pasta semen. Serap air terendah terdapat pada jumlah pasta 450 Kg/m^3 yaitu sebesar 8,09% dan serap air tertinggi pada jumlah pasta 675 Kg/m^3 sebesar 9,39%. Dari analisis biaya bata beton dengan agregat pecahan keramik memiliki kuat tekan yang lebih tinggi. Biaya pembuatan bata beton menggunakan pecahan keramik per m^3 yaitu Rp 354.416,- sedangkan pembuatan batako adalah Rp 464.380,-. Dari hasil penelitian ini, keramik dapat direkomendasikan sebagai agregat kasar pada pembuatan beton ringan dan beton non struktur seperti bata beton berlubang.

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

1. Hidup adalah perjuangan, hanya mereka yang berani gagal yang dapat meraih kesuksesan (Pringgi)
2. Awali hari dengan senyuman (penulis)
3. Berdoa adalah sumber ketenangan, belajar adalah sumber kebijaksanaan, bekerja adalah nilai keberhasilan
4. Belajar ketika orang lain tidur, bekerja ketika orang lain bermalas-malasan, dan bermimpi ketika orang lain berharap (William A. Ward)

PERSEMBAHAN :

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT. Kupersembahkan skripsi ini untuk :

1. Bapak, Ibu dan Nenek yang selalu mendoakan dan memotivasiku
2. Kakak dan adik serta ponakan tercinta
3. CalonQ Pringgi yang selalu setia mendampingi, memberi semangat dan mendoakan ku
4. Teman seperjuanganku Titik serta temen-teman PTB'05
5. Temen-temen kos (Madam, Mala, Dj Riri, Nino)
6. Almamater

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul : “Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Keramik Sebagai Agregat Kasar Pada Pembuatan Bata Beton Berlubang Ditinjau Dari Kuat Tekan, Serapan Air Dan Nilai Ekonomisnya”.

Adapun tujuan penyusunan skripsi ini adalah dalam rangka menyelesaikan studi strata 1 (S1) untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan pada program studi Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan dan kerja sama dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof.Dr.H.Sudijono Sastroatmodjo, M. Si, Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Drs. Abdurrahman, M.Pd, Dekan Fakultas Teknik
3. Ir. Agung Sutarto, MT, Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik yang memberikan ijin untuk penelitian ini
4. Drs. Hery Suroso, ST.MT, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, dorongan, bantuan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi
5. Mego Purnomo,ST.MT, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, dorongan, bantuan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi
6. Dosen serta staf karyawan di jurusan Teknik Sipil yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini
7. Teman-teman PTB angkatan 2005 yang telah sama-sama berjuang menyelesaikan studi

Penulis memberikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam segala hal sehingga skripsi ini dapat berhasil.

Semarang, Februari 2010

Penyusun



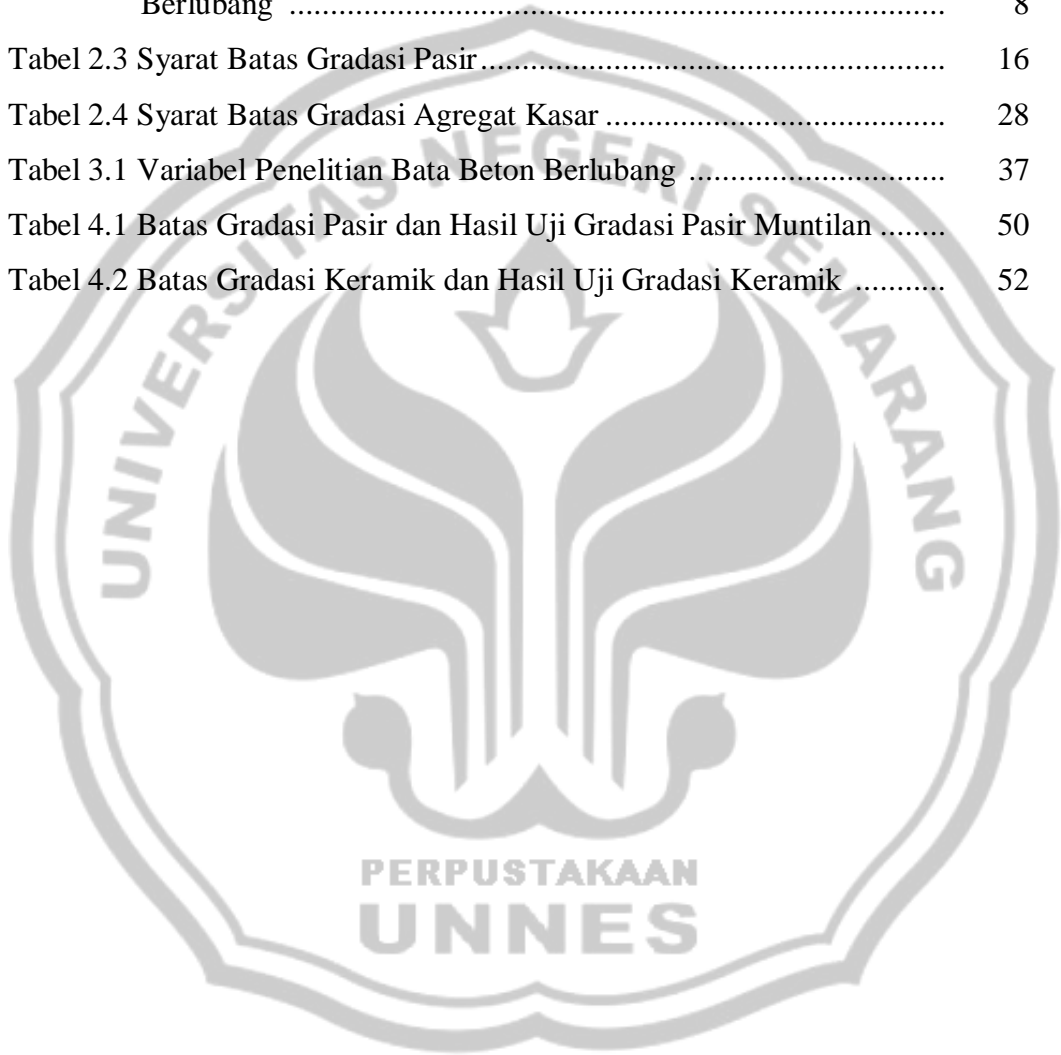
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Bata Beton Berlubang	7
2.2 Bahan Pembuat Bata Beton Berlubang	9
2.2.1 Portland Cement (Semen Portland)	9
2.2.2 Agregat	11
2.2.3 Air	23
2.2.4 Keramik	25
2.3 Kuat Tekan Bata Beton Berlubang	28
2.4 Serap Air Bata Beton Berlubang	30
2.5 Analisis Biaya Pembuatan	30
2.6 Penelitian-penelitian Terdahulu	32

2.7	Kerangka Berfikir.....	35
3. METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Variabel Penelitian	37
3.2	Bahan.....	38
3.3	Alat	38
3.4	Prosedur Penelitian	39
3.4.1	Tahap Persiapan	40
3.4.2	Tahap Pengujian Bahan	40
3.4.3	Tahap Pembuatan Adukan	44
3.4.4	Tahap Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	44
3.4.5	Tahap Pengujian Bata Beton Berlubang	45
3.4.6	Tahap Pengolahan Data.....	46
4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Bata Beton Berlubang	
4.1.1	Air	49
4.1.2	Portland Cement	49
4.1.3	Pasir	49
4.1.4	Keramik.....	51
4.2	Gradasi Campuran	53
4.3	Rancangan Adukan Bata Beton Berlubang	54
4.4	Hasil Uji Kuat Tekan Bata Beton Berlubang	55
4.5	Serapan Air Bata Beton Berlubang	58
4.6	Analisis Ekonomi Bata Beton Keramik	62
4.7	Hubungan Penelitian Bata Beton Keramik Dengan Dunia Pendidikan di SMK	66
5. PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran	70
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Persyaratan Fisis Bata Beton Berlubang	8
Tabel 2.2 Persyaratan Ukuran Standar dan Toleransi Bata Beton Berlubang	8
Tabel 2.3 Syarat Batas Gradasi Pasir	16
Tabel 2.4 Syarat Batas Gradasi Agregat Kasar	28
Tabel 3.1 Variabel Penelitian Bata Beton Berlubang	37
Tabel 4.1 Batas Gradasi Pasir dan Hasil Uji Gradasi Pasir Muntilan	50
Tabel 4.2 Batas Gradasi Keramik dan Hasil Uji Gradasi Keramik	52



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Grafik Gradasi Pasir	16
Gambar 2.2 Grafik Gradasi Keramik	28
Gambar 2.3 Grafik Hubungan Kuat Tekan Dengan Jumlah Semen Pada Bata Beton Menggunakan Agregat Pec. Genteng (Sugiharti.2003) dan Bata Beton Menggunakan Agregat Batu Padas (Hengky S.2003)	34
Gambar 2.4 Grafik Hubungan Antara Jumlah Pasta Dengan Serap Air Bata Beton Berlubang Menggunakan Bahan Ikat Semen (Prakoso.J.2006) Dengan Bata Beton Berlubang Menggunakan Bahan Ikat Kapur + <i>Fly Ash</i> (Mustain.2006) ..	35
Gambar 2.5 Grafik Alur Berfikir Penelitian	36
Gambar 3.1 Pengujian Kuat Tekan Bata Beton Berlubang.....	46
Gambar 4.1 Grafik Uji Gradasi Pasir Muntilan	51
Gambar 4.2 Grafik Uji Gradasi Keramik Butir Maximal 40 mm	53
Gambar 4.3 Grafik Gradasi Campuran	54
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Kuat Tekan Dengan Jumlah Semen Pada F.A.S 0,5 Dalam Pembuatan Bata Beton Berlubang Menggunakan Keramik.....	55
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Kuat Tekan Dengan Jumlah Semen Pada Bata Beton Berlubang Keramik Dan Bata Beton Dengan Agregat Pec. Genteng (Sugiharti.2003) Serta Bata Beton Dengan Agregat Batu Padas (Hengky. S. 2003)	47
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Serap Air Dengan Jumlah Pasta Semen Pada F.A.S 0,5 Dalam Pembuatan Bata Beton Berlubang Menggunakan Keramik	48
Gambar 4.7 Hubungan Serap Air Dengan Bahan Ikat Pada Bata Beton Berlubang Keramik Menggunakan Bahan Ikat Pc Dan Bata	

Beton Berlubang Menggunakan Bahan Ikat Kapur + <i>Fly Ash</i> (Mustain.2006) Serta Bata Beton Berlubang Menggunakan Bahan Ikat Pc (Prakoso.J 2006)	50
Gambar 4.8 Hubungan Serap Air Dengan Jumlah Pasta Pada Bata Beton Berlubang dan Bata Beton Pejal Keramik.....	62



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian Gradasi Pasir

Lampiran 2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Lampiran 3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Keramik

Lampiran 4 Gradasi Keramik dan Hasil Uji Serap Air Keramik

Lampiran 5 Gradasi Campuran

Lampiran 6 Rancangan Adukan Bata Beton Berlubang

Lampiran 7 Hasil Uji Kuat Tekan Bata Beton Berlubang

Lampiran 8 Hasil Uji Serap Air Bata Beton Berlubang

Lampiran 9 Silabus Standar Kompetensi Menghitung Campuran Beton

Lampiran Foto-foto Proses Penelitian



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kebutuhan perumahan saat ini menyebabkan peningkatan kebutuhan akan bahan bangunan. Bahan yang digunakan untuk bangunan terdiri dari bahan-bahan atap, dinding dan lantai. Bahan bangunan tersebut dapat harus tersedia dengan jumlah besar dan dari segi ekonomis dapat terjangkau oleh kalangan masyarakat.

Beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidrolis lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk masa padat. Beton berlubang merupakan bata beton yang mempunyai luas penampang lubang lebih besar dari 25% luas penampang bata dan volume lebih dari 25% volume bata seluruhnya. (SK SNI S-04-1989-F)

Bata beton dalam beberapa hal ini memberikan keuntungan diantaranya adalah penghematan adukan, berat tembok (karena bata beton termasuk beton ringan) dan waktu pemasangan. Selain itu juga sebagai hantar panas yang rendah, akibat adanya ruang udara pada batako yang akan menjamin kenikmatan dan kenyamanan bagi penghuni rumah. (Frik, H dan Ch. Koesmartadi 1999 : 97).

Besaran suatu biaya pembangunan rumah sebagian besar adalah dari biaya transportasi produk bahan bangunan. Sebagian besar dari biaya konstruksi rumah adalah pengadaan bahan bangunan yang ongkos terbesarnya untuk transportasi

dari tempat produksi ke lokasi pembangunan. Pemilihan suatu alternatif bahan yang ekonomis sebagai bahan bangunan sangat penting. Pemanfaatan bahan lokal maupun bahan-bahan limbah dapat dilakukan untuk mengurangi biaya pembangunan.

Di Indonesia pemanfaatan bahan-bahan limbah yang dapat dipakai sebagai bahan bangunan belumlah optimal. Bahan limbah biasanya hanya dibuang begitu saja tanpa adanya pemanfaatan.

Salah satu bahan limbah yang dapat dimanfaatkan adalah pecahan keramik. Keramik merupakan suatu unsur bangunan yang digunakan untuk melapisi lantai atau dinding yang biasanya berbentuk plat persegi dan tipis yang dibuat dari tanah liat atau campuran tanah liat dan bahan mentah keramik lainnya, dengan cara dibakar sampai suhu tertentu, sehingga mempunyai sifat-sifat fisik khusus. (Frik, H dan Ch. Koesmartadi 1999 : 93).

Penggunaan pecahan keramik sebagai bahan pengganti agregat kasar dalam pembuatan bata beton berlubang dapat mengurangi ketergantungan akan penggunaan kerikil dan sekaligus dapat menghemat penggunaan agregat halus yaitu pasir. Dengan demikian, penggunaan pecahan keramik diharapkan dapat meminimalkan biaya produksi bata beton berlubang sehingga harga jualnya dapat terjangkau oleh masyarakat.

Atas dasar pertimbangan tersebut, dilakukan penelitian mengenai penggunaan pecahan keramik sebagai bahan pengganti agregat kasar pada pembuatan bata beton berlubang dengan judul "Pengaruh Pemanfaatan Pecahan

Keramik Sebagai Agregat Kasar Pada Pembuatan Bata Beton Berlubang Ditinjau Dari Kuat Tekan, Serap Air, Dan Nilai Ekonomisnya”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, timbul permasalahan antara lain :

- a. Seberapa besar kuat tekan bata beton berlubang menggunakan pecahan keramik sebagai bahan pengganti agregat kasar?
- b. Seberapa besar penyerapan air bata beton berlubang menggunakan pecahan keramik sebagai bahan pengganti agregat kasar?
- c. Bagaimana nilai ekonomis bata beton berlubang menggunakan pecahan keramik sebagai bahan pengganti agregat kasar dibanding dengan bata beton berlubang normal?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui seberapa besar kuat tekan bata beton berlubang menggunakan pecahan keramik sebagai bahan pengganti agregat kasar.
- b. Mengetahui seberapa besar penyerapan air bata beton berlubang menggunakan pecahan keramik sebagai bahan pengganti agregat kasar.
- c. Mengetahui nilai ekonomis bata beton berlubang menggunakan pecahan keramik dibanding dengan bata beton berlubang normal

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah dapat memberikan kontribusi bagi diri sendiri peneliti, perkembangan ilmu pengetahuan dan masyarakat, diantaranya adalah :

- a. Sebagai tambahan wawasan pengetahuan peneliti khususnya pada pembuatan bata beton berlubang.
- b. Sebagai salah satu sumbangan dalam pengembangan ilmu pengetahuan, sehingga menambah wawasan khususnya bahan bata beton berlubang.
- c. Sebagai bahan masukan kepada masyarakat sekitar bahwa keramik yang sudah pecah dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti agregat kasar dalam pembuatan bata beton berlubang.

1.5 Batasan Masalah

Data yang diharapkan dari penelitian ini yaitu : kuat tekan dan penyerapan air pada pembuatan bata beton berlubang dengan pecahan keramik sebagai bahan pengganti agregat kasar. Macam dan jenis penelitian ini dibatasi pada permasalahan sebagai berikut :

- a. Pengujian terhadap bata beton berlubang meliputi kuat tekan dan penyerapan air.
- b. Pecahan keramik yang digunakan adalah keramik berupa limbah yang terdapat disekitar kampus UNNES dominan merk Milan.
- c. Air yang digunakan adalah air yang berasal dari laboratorium bahan Teknik Sipil UNNES.

- d. Pasir yang digunakan adalah pasir muntilan.
- e. Semen yang digunakan adalah semen portland tipe I merk Gresik kemasan 50 kg/zak.
- f. Benda uji untuk pengujian kuat tekan dan penyerapan air dibuat dalam ukuran yang digunakan dipasaran dengan lebar, tinggi dan panjang 10 x 20 x 40 cm dengan variasi berat semen 300 kg/m^3 , 350 kg/m^3 , 400 kg/m^3 dan 450 kg/m^3 yang tiap variasi ada 8 buah benda uji (5 buah untuk pengujian kuat tekan, 3 buah untuk pengujian serapan air).
- g. Pengujian terhadap bata beton berlubang dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari
- h. Pengujian terhadap agregat kasar maupun agregat halus hanya dilakukan pada pengujian berat jenis, gradasi.
- i. Nilai ekonomis bata beton berlubang ditinjau dari bahan pengganti agregat kasar berupa limbah keramik sebagai penghematan agregat halus (pasir).

1.6 Sistematika Penulisan

Urutan pokok permasalahannya maupun pembahasannya yang akan diuraikan dalam penelitian ini adalah :

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ni peneliti menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan peelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang pengertian bata beton berlubang, bahan pembuatan, pecahan keramik dan kerangka berpikir.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

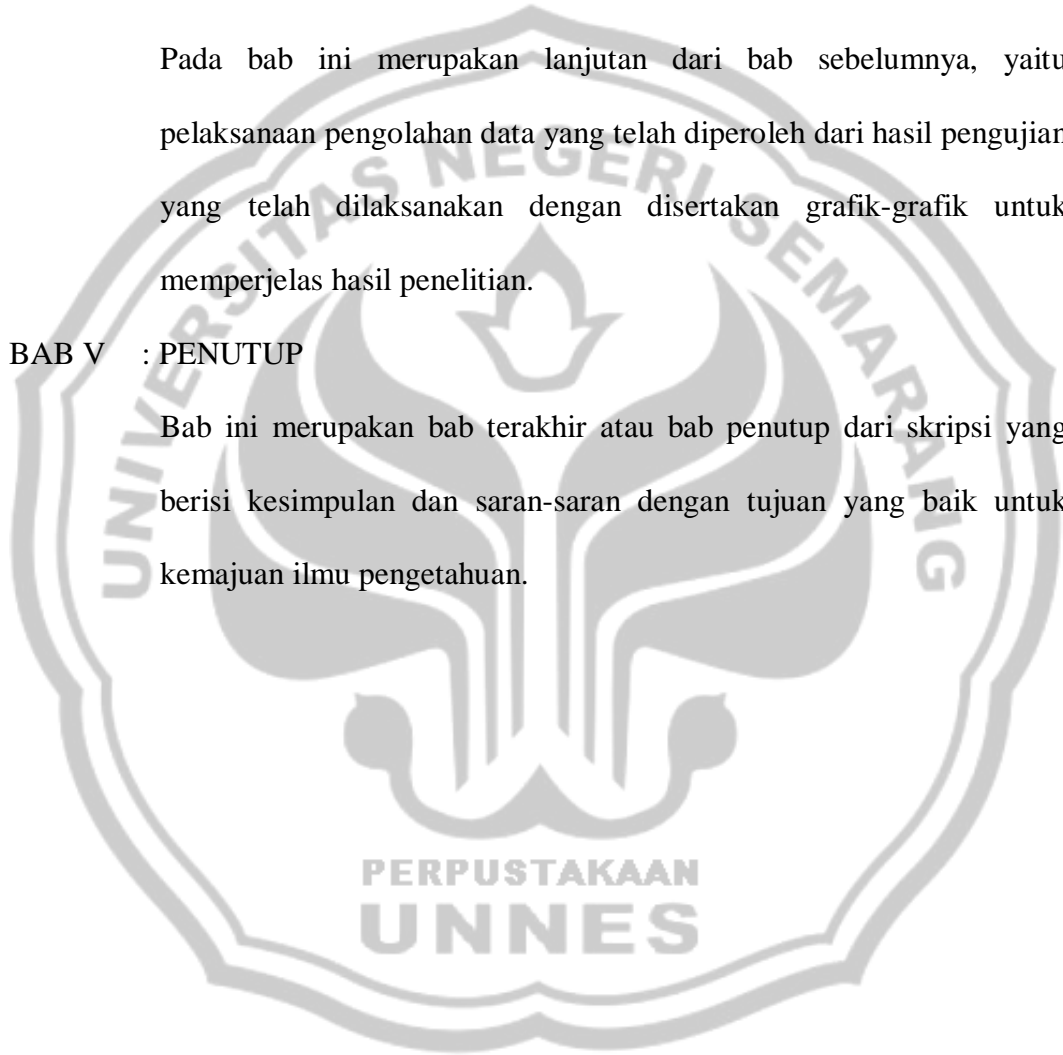
Menjelaskan tentang bahan, alat, variable dan tahap penelitian.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini merupakan lanjutan dari bab sebelumnya, yaitu pelaksanaan pengolahan data yang telah diperoleh dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan dengan disertakan grafik-grafik untuk memperjelas hasil penelitian.

BAB V : PENUTUP

Bab ini merupakan bab terakhir atau bab penutup dari skripsi yang berisi kesimpulan dan saran-saran dengan tujuan yang baik untuk kemajuan ilmu pengetahuan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Bata Beton Berlubang

Bahan bangunan yang dianjurkan untuk dipakai dalam pembangunan perumahan salah satunya adalah bata beton berlubang yang pada umumnya masyarakat mengenal dengan nama Batako. Bahan bangunan bata beton berlubang dapat bersaing baik secara teknis maupun ekonomis dengan bahan tradisional seperti batu bata.

Bata beton berlubang atau *conblock* adalah bahan bangunan untuk dinding yang dibuat dengan cara pemadatan dari campuran pasir dan semen portland (Frik, H dan Ch. Koesmartadi 1999 : 99)

Menurut SK SNI S-04-1989-F Bata beton dibagi menjadi 2 macam:

- a. Bata Beton Pajal adalah bata beton yang mempunyai luas penampang pejal 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih dari 75% volume bata seluruhnya
- b. Bata Beton berlubang merupakan bata beton yang mempunyai luas penampang lubang lebih besar dari 25% luas penampang bata dan volume lubang lebih dari 25% volume bata seluruhnya.

Menurut SK SNI S-04-1989-F klasifikasi bata beton berlubang adalah :

- a. Mutu I adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang dibebani dan untuk konstruksi yang tidak terlindung (diluar atap)

- b. Mutu II adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang dibebani, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (di bawah atap)
- c. Mutu III adalah bata beton berlubang yang digunakan hanya untuk hal-hal yang tersebut dalam mutu IV hanya permukaan dinding/konstruksi dari bata beton tersebut boleh tidak diplester.
- d. Mutu IV adalah bata beton berlubang yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari hujan maupun terik matahari (di bawah atap).

Tabel 2.1 Persyaratan Fisis Bata Beton Berlubang

SYARAT FISIS	SATUAN	TINGKAT MUTU			
		I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto *) Rata-rata, min	MPa	7	5	3,5	2
2. Kuat tekan bruto *) Masing-masing benda uji	MPa	6,5	4,5	3,0	1,7
3. Penyerapan air rata-rata, maksimal	%	25	35	--	--

*)Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu beda uji hancur, dibagi dengan luas bidang tekan nyata dari benda uji termasuk luas lubang serta cekungan tepi

Tabel 2.2 Persyaratan Ukuran Standar dan Toleransi Bata Beton Berlubang

JENIS	UKURAN + TOLERANSI			TEBAL DINDING SEKAT LUBANG MINIMUM (mm)	
	PANJANG	LEBAR	TEBAL	LUAR	DALAM
Kecil	390 +3 -5	190 +3 -5	100 + 2	20	15
Besar	390 +3 -5	190 +3 -5	100 + 2	25	20

Sumber : SK SNI S - 04 - 1989 -F

2.2 Bahan Pembuat Bata Beton Berlubang

Kualitas dan mutu bata bata beton berlubang ditentukan oleh bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan dan alat yang digunakan. Semakin baik mutu bahan bakunya, komposisi perbandingan campuran yang direncanakan dengan baik, proses pencetakan dan pembuatan yang dilakukan dengan baik akan menghasilkan bata beton berlubang yang berkualitas baik pula.

Bahan-bahan dasar bata beton berlubang adalah semen, pasir, air dalam proporsi tertentu. Tetapi ada juga bata beton berlubang yang memakai bahan tambahan misalnya pecahan genteng dan pecahan bata. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan bata beton berlubang adalah sebagai berikut :

2.2.1 Portland Cement (Semen *Portland*)

Portland Cement (Semen *Portland*) adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu (Tjokrodimuljo, K 2007 : 6)

Fungsi semen adalah untuk bereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat. Selain itu pasta semen juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat. Walaupun volume semen hanya kira-kira sebanyak 10 % saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan perekat yang aktif dan mempunyai harga yang paling mahal daripada bahan dasar beton yang lain maka perlu diperhatikan/dipelajari secara baik.

Semen *portland* merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Di dunia sebenarnya terdapat berbagai macam semen, dan tiap macamnya digunakan untuk kondisi-kondisi tertentu sesuai dengan sifat-sifatnya yang khusus. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, Semen *Portland* di Indonesia (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam, SK SNI S-04-1989-F) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu :

Jenis I : Semen *portland* untuk konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain.

Jenis II : Semen *portland* untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

Jenis III : Semen *portland* untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi

Jenis IV : Semen *portland* untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah

Jenis V : Semen *portland* untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat.

Adapun susunan unsur semen *portland* adalah Kapur (60-65%), silika (17-25%), alumina (3-8%), besi (0,5-6%), magnesia (0,5-4%), sulfur (1-2%), soda/potash (0,5-1%). Ketika semen dicampur dengan air, timbul reaksi kimia antara campuran-campurannya. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan, ada empat macam senyawa yang paling penting yaitu :

- 1) Trikalsium Aluminate (C_3A), senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas yang menyebabkan pengerasan awal, tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas, kurang ketahanannya terhadap agresi kimiawi, paling mengalami disintegrasi oleh sulfat air tanah dan tendensinya sangat besar untuk retak-retak oleh perubahan volume.
- 2) Tricalcium Silikat (C_3S), senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama dalam 14 hari perama.
- 3) Dikalsium Silikat (C_2S), senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 sampai 28 hari, dan seterusnya mempunyai ketahanan terhadap agresi yang relatif tinggi penyusutan kering yang relatif rendah.
- 4) Tetra Calcium Aluminoferrite (C_4AF), senyawa ini kurang tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat-sifat semen.

2.2.2 Agregat

1) Umum

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/betonya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan didasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar disebut dengan agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir kecil disebut agregat halus. Sebagai batas antara ukuran butir yang kasar dan yang halus tampaknya belum ada nilai yang pasti, masih berbeda antara satu disiplin ilmu dengan disiplin ilmu yang lain dan mungkin juga dari satu daerah dengan daerah yang lain. Dalam bidang teknologi beton nilai batas tersebut umumnya adalah 4,75 mm atau 4,80 mm. Agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,80 mm disebut agregat kasar dan agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 4,80 mm disebut agregat halus. Secara umum, agregat kasar sering disebut sebagai kerikil, kricak, batu pecah atau split adapun agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian atau dari hasil pemecahan batu. Agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 1,20 mm kadang-kadang disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut *silt* dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut *clay*. Agregat harus mempunyai bentuk yang baik (bulat atau mendekati kubus), bersih, keras, kuat, dan gradasinya baik. Agregat harus mempunyai kestabilan kimiawi, tahan aus dan tahan cuaca (Tjokrodimuljo, K 2007:17).

2) Agregat Alami Dan Buatan

Agregat diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara almah (misalnya kerikil) atau dapat pula diperoleh dengan cara memecah batu alam, membakar tanah liat dan sebagainya (Tjokrodimuljo, K 2007 : 18).

Pasir alam terbentuk dari pecahan batu karena beberapa sebab. Pasir alam dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai atau dari tepi laut. Oleh karena itu pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 macam :

- a. Pasir Galian, diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut berpori dan bebas dari kandungan garam.
- b. Pasir Sungai, diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus dan bulat - bulat akibat proses gesekan. Pada sungai tertentu yang dekat dengan hutan kadang-kadang banyak mengandung humus.
- c. Pasir Pantai adalah pasir yang diambil dari pantai. Pasir pantai berasal dari pasir sungai yang mengendap di muara sungai (di pantai) atau hasil gerusan air di dasar laut yang terbawa arus air laut dan mengendap di pantai.

Bila agregat alami jauh dari lokasi pekerjaan, maka dapat dipakai agregat buatan (agregat tiruan, *artificial aggregate*). Agregat buatan dapat berupa :

- a. Batu Pecah

Batu pecah (*split*) merupakan butor-butir hasil pemecahan batu. Permukaan butir-butirnya biasanya lebih kasar dan bersudut tajam.

- b. Pecahan Bata/ Genteng

Agregat ini merupakan hasil pemecahan bata/ genteng. Bahan ini harus bebas dari kotoran dan tidak mengandung kotoran yang mengurangi mutu beton. Mutu tanah liat dapat berbeda, dan cara pembakaran (suhu) juga berbeda, sehingga mutu bahan ini juga berbeda-beda. Pecahan bata/ genteng dari bata/ genteng yang baik akan menghasilkan agregat yang baik pula, sehingga

memenuhi syarat untuk beton, akan tetapi jika untuk beton bertulang sebaiknya kuat tekan batanya tidak kurang dari 30 MPa. Beton dari agregat pecahan bata/genteng ini biasanya lebih ringan. Sifat kedap airnya kurang baik. Ketahanan ausnya juga rendah sehingga tidak baik untuk beton yang memerlukan ketahanan aus tinggi.

c. Tanah Liat Bakar

Tanah liat dengan kadar air tertentu dibuat berbutir sekitar 5 - 20 mm, kemudian dibakar. Hasil pembakaran berbentuk bola yang keras dan ringan serta berpori. Serapan airnya berkisar antara 8 - 20 %. Beton dengan agregat ini beratnya lebih rendah daripada beton dari agregat normal, yaitu sekitar 1900 kg/m³ (beton dengan agregat normal beratnya sekitar 2300 kg/m³).

d. *Herculite* Atau *Hydite*

Agregat ini adalah hasil pembuatan dari tanah *shale* yang dimasukkan ke dalam tungku putar pada suhu 1200 °C selama 10 - 15 menit. Gas yang ada dalam *shale* mengembang membentuk jutaan sel kecil (pori udara) dalam massa yang keras. Sel-sel kecil tersebut dikelilingi oleh selaput tipis kedap air yang kuat. Agregat ini mempunyai berat jenis 1,15 dan daya serap air sekitar 16 %. (Loka Perintisan Bahan Bangunan, Balitbang PU, 1991, Cilacap). Agregat ini dapat dipakai untuk menggantikan agregat dalam pembuatan beton. Berat jenis betonnya sekitar 2/3 beton biasa (pada jumlah semen yang sama). Beton ini mempunyai ketahanan tinggi terhadap panas sehingga biasanya digunakan untuk dinding penahan panas, lapisan tahan api pada baja struktur, dan untuk struktur beton yang permukaannya terkena panas tinggi. Beton ini juga

mempunyai sifat meredam suara yang baik.

e. Abu Terbang (*sintered fly ash aggregate*)

Agregat ini adalah hasil dari pemanasan abu terbang (pada pembakaran batu bata) sampai meleleh dan mengeras lagi yang membentuk butir-butir seperti kerikil.

f. Terak Dingin

Terak dingin adalah hasil sampingan dari pembakaran bijih besi pada tanur tinggi, yang didinginkan pelan-pelan di udara terbuka. Pemilihan terak dingin secara cermat dapat menghasilkan beton yang baik, dan mungkin malahan lebih baik daripada beton dengan agregat alami biasa.

g. Benda Padat Buangan Atau Limbah

Kemungkinan pemakaian benda padatlimbah untuk dipakai sebagai pengganti agregat dalam pembuatan beton yang pada masa-masa terakhir ini sering dibicarakan dan tampak meningkat kebutuhannya, sebenarnya bukanlah suatu konsep yang baru. Misalnya, pemakaian abu terbang (*fly ash*), *blast-furnace* dan robekan-robekan kaleng bekas, juga barang-barang bekas bongkaran bangunan, maupun barang-barang sampah dari kantor dan rumah, misalnya kertas, gelas, plastik dan sebagainya.

3) Gradasi Agregat

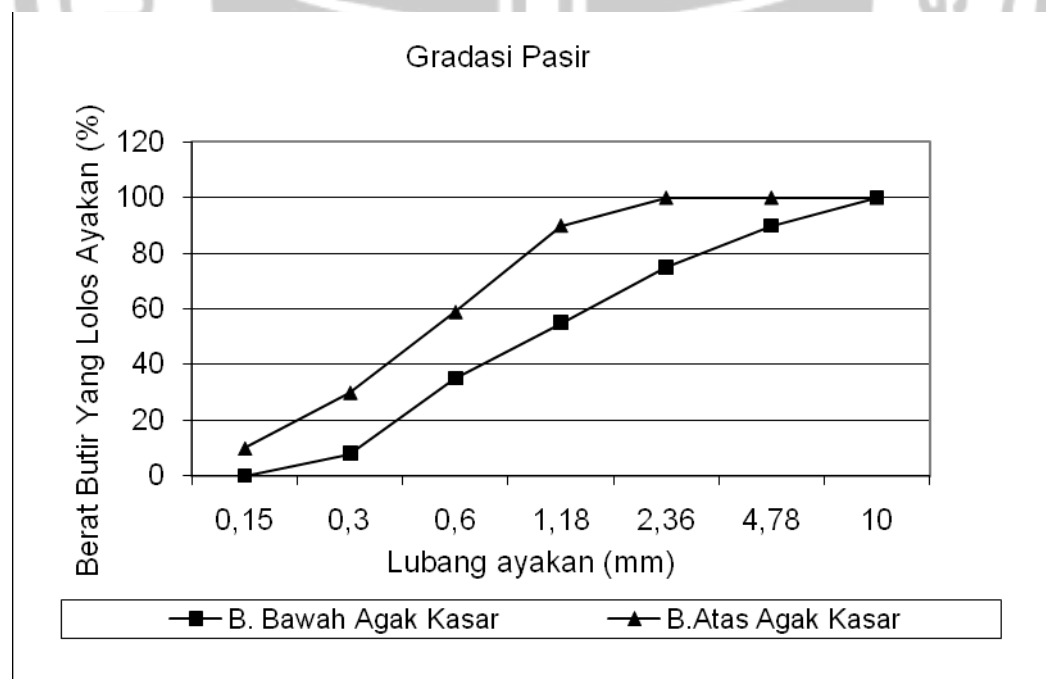
Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butir dari agregat. Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai persentasi dari berat butiran yang tertinggal atau lewat di dalam suatu susunan ayakan. Susunan ayakan itu adalah ayakan dengan lubang: 76 mm; 38 mm; 19 mm; 9.6 mm; 4.80 mm; 2.40 mm; 1.20 mm; 0.06 mm;

0.30 mm; dan 0.15 mm.

Dalam buku Perencanaan Campuran dan Pengendalian Mutu Beton (1994) agregat halus (pasir) dapat dibagi menjadi empat jenis menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar, sebagai mana tampak pada Tabel 2.3 (Tjokrodinuljo, K 2007:26).

Tabel 2.3 Syarat Batas Gradasi Pasir

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan Jenis agregat halus			
	Kasar	Agak kasar	Agak halus	Halus
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15



Gambar 2.1 Grafik Gradasi Pasir

4) Berat Jenis

Berat jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama (maka tanpa satuan). Karena butir agregat umumnya mengandung pori-pori yang ada dalam butiran dan tertutup tidak saling berhubungan, maka berat agregat dibedakan menjadi dua istilah, yaitu :

- a. Berat jenis mutlak, jika volume benda padatnya tanpa pori
- b. Berat jenis semu (berat jenis tampak) jika volume benda padatnya termasuk pori tertutupnya.

Menurut Tjokrodimuljo, K (2007:21) agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya, yaitu :

- a. Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7. Agregat ini biasanya berasal dari agregat granit, basalt, kuarsa, dan sebagainya. Beton yang dihasilkan berberat jenis sekitar 2,3. Betonnya pun disebut dengan Beton Normal
- b. Agregat berat berberat jenis lebih dari 2,8 misalnya magnetik (Fe_3O_4), barytes (BaSO_4), atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan juga berat jenisnya tinggi (sampai 5), yang efektif sebagai dinding pelindung/perisai radiasi sinar X.
- c. Agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 yang biasanya dibuat untuk beton ringan.

5) Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (*fineness modulus*) adalah suatu indek yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Makin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa makin besar ukuran butir-butir agregatnya.

Pada umumnya agregat halus mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8 adapun agregat kasar biasanya diantara 6 dan 8.

Modulus halus butir (MHB) ini didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan dan kemudian dibagi seratus. Susunan lubang ayakan itu adalah sebagai berikut : 38 mm; 19 mm; 9,60 mm; 4,80 mm; 2,40 mm; 1,20 mm; 0,60 mm; 0,30 mm dan 0,15 mm.

$$\text{MHB} : \frac{\sum \% \text{Kumulatif butir} - \text{butir yang lolos ayakan}}{100}$$

6) Berat Satuan Dan Kepadatan Agregat

Berat satuan agregat ialah berat agregat dalam satu satuan volume bejana, dinyatakan dalam kg/m³. Jadi berat satuan ialah berat agregat dalam satuan bejana, (dalam bejana terdiri atas volume butir (meliputi pori tertutup) dan pori terbukanya).

Kepadatan adalah volume butiran agregat dalam bejana dibagi volume total bejana dikalikan 100 %.

Dalam praktek umumnya nilai-nilai untuk agregat normal adalah :

- a. Porositas : 35 – 40 %
- b. Kepadatan : 60 – 65 5
- c. Berat jenis : 2,5 – 2,70
- d. Berat satuan : 1,50 – 1,80

7) Bentuk Agregat

Jika panjang dan sumbu pokok amat pendek dibandingkan dengan panjang dua sumbu pokok yang ketiga, butiran disebut berbentuk panjang, adapun jika panjang dua sumbu pokok amat panjang dibandingkan dengan panjang sumbu pokok yang ketiga, butiran disebut pipih.

Agregat dengan butir-butir bulat yang mempunyai panjang ketiga sumbu pokoknya hampir sama umumnya lebih baik daripada agregat dengan butir-butir yang berbentuk pipih atau panjang jika dipakai untuk membuat beton, karena butir-butir bulat tersebut menghasilkan tumpukan butir yang erat jika dikonsolidasikan. Hal ini karena butir-butir yang bulat lebih mudah menumpuknya, karena lebih mudah memindahkan butir satu terhadap yang lain dalam beton segar, daripada butir-butir yang pipih atau panjang.

Agregat pipih ialah agregat yang ukuran terkecil butirannya kurang dari $\frac{3}{5}$ ukuran rata-ratanya. Ukuran rata-rata agregat adalah rata-rata ukuran ayakan yang meloloskan dan yang menahan butiran agregat.

Butir agregat disebut panjang bila ukuran terbesar (yang paling panjang) lebih dari $\frac{9}{5}$ dari ukuran rata-rata.

Kepipihan atau kepanjangan butir agregat berpengaruh jelek terhadap daya tahan/ keawetan beton, karena agregat ini cenderung berkedudukan pada bidang rata air (horizontal), sehingga terdapat rongga udara di bawahnya.

Umumnya butiran agregat yang pipih/ panjang tidak boleh lebih dari 15 %. Hal ini biasanya perlu diperhatikan pada agregat buatan, karena ada jenis mesin pemecah batu yang hasilnya cenderung berbentuk panjang atau pipih.

8) **Tekstur Permukaan Butir**

Tekstur permukaan ialah suatu sifat permukaan yang tergantung pada ukuran apakah permukaan butir termasuk halus atau kasar, mengkilap atau kusam, dan macam dari bentuk kekasaran permukaan. Pada umumnya permukaan butiran hanya disebut sebagai agregat, tekstur permukaan butiran agregat dapat dibedakan menjadi : sangat halus, halus, granuler, kasar, berkilat, berpori dan berlubang-lubang. Ukuran permukaan secara numerik, misalnya seperti yang dipakai dalam logam, belum dipakai dalam agregat.

Tekstur permukaan tergantung pada kekasaran, ukuran molekul, tekstur batuan dan juga pada besar gaya yang bekerja pada permukaan butiran yang telah membuat licin atau kasar permukaan. Bahan agregat yang keras, padat berbutir kecil-kecil umumnya menjadikan permukaan butiran agregat bertekstur halus.

Butir-butir dengan tekstur permukaan yang licin membutuhkan air lebih sedikit daripada butir-butir yang tekstur permukaannya kasar. Dilain pihak, hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis tertentu dari agregat kasar, kekasaran menambah kekuatan tarik maupun kekuatan lentur beton, oleh karena menambah gesekan antara pasta semen dan permukaan butir-butir agregat.

Sifat-sifat fisik agregat, misalnya bentuk dan tekstur permukaan secara nyata mempengaruhi tingkat kemudahan dikerjakan dari adukan beton segarnya, maupun daya rekat antara permukaan agregat dan pastanya. Daya rekat antara agregat dan pasta semen tergantung pada tekstur permukaan tersebut. Rekatan tersebut merupakan pengembangan dari ikatan mekanis antar butiran. Suatu agregat dengan permukaan yang berpori dan kasar lebih disukai daripada agregat

dengan permukaan yang halus, karena agregat dengan tekstur kasar dapat meningkatkan daya rekat antara permukaan agregat dan semen sampai 1.75 kali, adapun kuat tekan betonnya dapat meningkat sekitar 20 %.

9) Kandungan Air Dalam Agregat

Karena adanya udara yang terjebak dalam suatu butiran agregat ketika pembentukannya atau karena dekomposisi mineral pembentuk tertentu oleh perubahan cuaca, maka terbentuklah rongga kecil atau pori di dalam butiran agregat. Pori dalam butiran agregat tersebut mempunyai ukuran yang bervariasi, dari yang besar sehingga mampu dilihat dengan mata telanjang, sampai yang hanya dapat dilihat dengan mikroskop. Pori-pori tersebar di seluruh tubuh butiran, beberapa merupakan pori-pori yang tertutup dalam butiran, beberapa yang lainnya terbuka terhadap permukaan butiran. Beberapa jenis agregat yang sering dipakai untuk bahan bangunan mempunyai volume pori tertutup sekitar 0 – 20 % dari volume butirnya. Karena agregat menempati sampai 75 % dari volume betonnya maka porositas agregat memberikan iuran/ kontribusi cukup berarti pada porositas beton secara keseluruhan.

10) Pengembangan Volume Agregat Halus

Volume agregat halus biasanya mengembang bila sedikit mengandung air. Pengembangan volume itu disebabkan karena adanya dorongan oleh lapisan tipis permukaan air di sekitar butir-butir agregat halus. Dorongan lapisan tipis permukaan air itu membuat jarak antar butir agregat halus semakin jauh, dan ini berarti pengembangan volume total agregat halus

Agregat halus mengembang lebih banyak daripada agregat halus yang kasar. Besar pengembangan volume pasir itu dapat sampai 25 - 40 %, pada kadar air sekitar 5 – 8 %. Pengembangan volume agregat halus ini penting diketahui untuk menghindari kesalahan hitung (perbedaan antara perhitungan dan pelaksanaan) pada pencampuran agregat halus dalam perbandingan campuran adukan mortar/beton.

11) Kekuatan Dan Kekerasan Agregat

Kekuatan agregat dapat sangat bervariasi dalam batas-batas yang besar. Butir-butir agregat dapat bersifat kurang kuat karena dua sebab, yaitu karena terdiri dari bahan butiran yang lemah atau terdiri dari bahan butiran yang kuat tetapi tidak terikat satu sama lain dengan kuat, jadi bahan perekatnya yang kurang kuat.

Porositas butiran agregat berpengaruh sekali terhadap kekuatan agregatnya. Pengaruh yang lain ialah terhadap keuletannya, yang merupakan ketahanan terhadap beban kejut (benturan).

Kekuatan agregat dapat diperiksa dengan cara pengujian yang sesuai untuk bahan-bahan lain yang getas. Pengujian kuat tekan langsung dilakukan dengan membuat agregat (jenis batuannya) berbentuk kubus dengan sisi antara 50 – 200 mm, kemudian di tekan sampai pecah dengan mesin uji tekan beton

12) Ketahanan Cuaca (Kekekalan)

Sifat ketahanan (keawetan) agregat terhadap perubahan cuaca disebut ketahanan cuaca atau kekekalan. Sifat ini merupakan petunjuk kemampuan agregat untuk menahan perubahan volume yang berlebihan yang diakibatkan oleh

perubahan-perubahan pada kondisi lingkungan, misalnya : pembekuan dan pencairan (pada daerah cuaca dingin), perubahan suhu, terik matahari, musim kering dan hujan yang berganti-ganti. Suatu agregat dikatakan tidak bersifat kekal apabila terjadi perubahan volume yang cukup berarti. Ini mungkin muncul dalam bentuk perubahan setempat hingga terjadi retakan permukaan atau *disintegrasi* pada suatu kedalaman yang cukup besar. Jadi kerusakannya bervariasi dari kenampakannya yang berubah sampai keadaan yang membahayakan struktur bangunan.

Uji ketahanan cuaca dilakukan dengan merendamnya dalam natrium sulfat (Na_2SO_4) atau magnesium sulfat (MgSO_4), kemudian dikeringkan dalam tungku. Berat yang berkurang setelah beberapa kali pengujian dihitung. Jika digunakan Na_2SO_4 biasanya 12 %, jika dengan MgSO_4 18 % (Shetty,M.S.,1997 :103).

2.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Dalam pembuatan beton, air diperlukan untuk :

1. Bereaksi dengan semen portland.
2. Menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat, agar mudah dikerjakan (diaduk, dituang, dan dipadatkan).

Untuk bereaksi dengan semen portland, air yang diperlukan hanya sekitar 25-30% saja dari berat semen, namun dalam kenyataanya jika nilai faktor air semen (berat air dibagi berat semen) kurang dari 0,35 adukan beton akan sulit dikerjakan, sehingga umumnya nilai faktor air semen lebih dari 0,40 (Tjokrodinuljo,K 2007:51).

Air sebagai bahan bangunan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut (Standar SK SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A) :

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang, yang dapat dilihat secara visual. benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter
4. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter
5. Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO_3) lebih dari 1 gram/liter.

Air harus terbebas dari zat-zat yang membahayakan beton, dimana pengaruh zat tersebut antara lain :

1. Pengaruh adanya garam-garam mangan, timah, seng, tembaga dan timah hitam dengan jumlah cukup besar pada air adukan akan menyebabkan pengurangan kekuatan beton
2. Pengaruh adanya seng klorida dapat memperlambat ikatan awal beton sehingga beton belum memiliki kekuatan yang cukup dalam umur 2-3 hari.
3. Pengaruh adanya sodium karbonat dan pontasium dapat menyebabkan ikatan awal sangat cepat dan dalam konsentrasi yang besar akan mengurangi kekuatan beton.
4. Pengaruh air laut yang umumnya mengandung 3,5% larutan garam, sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium sulfat akan dapat mengurangi kekuatan beton sampai 20% dan dapat memperbesar resiko terhadap korosi tulangnya.

5. Pengaruh adanya ganggang yang mungkin terdapat dalam air atau pada permukaan butir-butir agregat, bila tercampur dalam adukan akan mengurangi rekatan antara permukaan butir agregat dan pasta.
6. Pengaruh adanya kandungan gula yang mungkin juga terdapat dalam air. Bila kandungan itu kurang dari 0,05% berat air tampaknya tidak berpengaruh terhadap kekuatana beton. Namun dalam jumlah yang lebih banyak dapat memperlambat ikatan awal dan kekuatan beton dapat berkurang.

2.2.4 Keramik

Keramik adalah suatu unsur bangunan yang dipergunakan untuk melapisi lantai atau dinding yang biasanya berbentuk plat persegi dan tipis yang dibuat dari tanah liat atau campuran tanah liat dan bahan mentah keramik lainnya, dengan cara dibakar sampai suhu tertentu, sehingga mempunyai sifat-sifat fisik khusus. Bahan keramik selain dipergunakan untuk ubin, digunakan juga dalam pembangunan sebagai perlengkapan saniter (wastafel, kloset, urinoir dan sebagainya) dan pada rumah tangga sebagai barang pecah belah.

Menurut Frik, H dan Ch. Koesmartadi (1999) keramik dapat dogolongkan menjadi 4, yaitu :

- 1) Keramik kasar

Keramik kasar terbuat dari tanah liat (pasir kuarsa, tanah pekat, silb termasuk abu tertentu) yang dibakar pada suhu 1000°-1400°C. Jika dibutuhkan glasir maka keramik kasar dilapisi dengan campuran felspar, kuarsa, kaolin, kapurspar dan dolomit yang diaduk dengan air. Pada proses pembakaran glasir ini terjadinya lapisan seperti kaca tipis. Kegunaan keramik kasar berupa:

- a. Pipa keramik kasar (sebagai pipa saluran air kotor)
- b. Bata klinker (sebagai dinding batu merah yang terbuka terhadap udara)
- c. Ubin tanah liat (sebagai ubin lantai yang agak alamiah)
- d. Genteng tanah liat berglasir (sebagai genteng keramik flam atau pres)

2) Keramik halus

Terbuat dari tanah liat yang halus sekali dengan campuran jerami yang digiling (tembikar merah) atau dengan tambahan kaolin, kuarsa, felspar, atau bubuk magnesium-silika yang dibakar (pembakaran tunggal) pada suhu 1330°. Kecuali barang tembikar yang berwarna agak merah, maka keramik halus biasanya berwarna putih kekuning-kuningan. Keramik halus umumnya dilapisi glasir (tembikar). Kegunaan keramik halus di dalam pembangunan berupa perlengkapan saniter (wastafel, kloset, urinoir, dan sebagainya)

3) Keramik pelapis dinding (*fayence*)

Keramik *fayence* terbuat dari tanah pekat putih yang halus sekali dan mengandung kaolin, felspar, kuarsa atau bubuk magnesium silikat sehingga warna menjadi putih. Setelah dicetak atau dibentuk keramik *fayence* dikeringkan dan dilapisi glasir (tembikar) yang mengandung banyak timah-oksida dan selama tembikar masih basah dilaksanakan proses pewarnaan. Kemudian dibakar pada suhu 1100°C (pembakaran ganda). Kegunaan keramik *fayence* di dalam pembangunan berupa : tegel dinding dan bahan pecah belah.

4) Porselen (tembikar putih)

Terbuat dari 50 % kaolin, 25 % felspar, dan 25 % kuarsa. Sesudah dicetak atau dibentuk porselen dibakar pada suhu 1200° - 1300°C. Setelah dingin di beri

glasir halus (tembikar putih) dan dibakar kedua kalinya pada suhu 1380° - 1450°C selama 24 jam sehingga menjadi lapisan seperti kaca tipis. Warna porselen biasanya putih dan jika perlu pewarnaan dapat dilakukan dengan kobalt-oksida (biru) atau krom-oksida (hijau) sebagai lapisan bawah glasir atau dengan cara memberi motif di atas tembikar putih (pembakaran ganda). Kegunaan porselen dalam pembangunan berupa : barang pecah belah.

Limbah pecahan keramik adalah sisa atau pecahan keramik dari keramik lantai sebuah bangunan. Dengan menggunakan limbah keramik peneliti bermaksud memberdayakan sumber daya lokal yang berupa pemanfaatan barang-barang rusak yang sudah tidak bisa dipakai sebagaimana mestinya. Salah satu sumber daya lokal di sekitar kita yang dapat dimanfaatkan contohnya pecahan keramik, pecahan keramik yang peneliti manfaatkan adalah pecahan dari keramik ubin/ lantai.

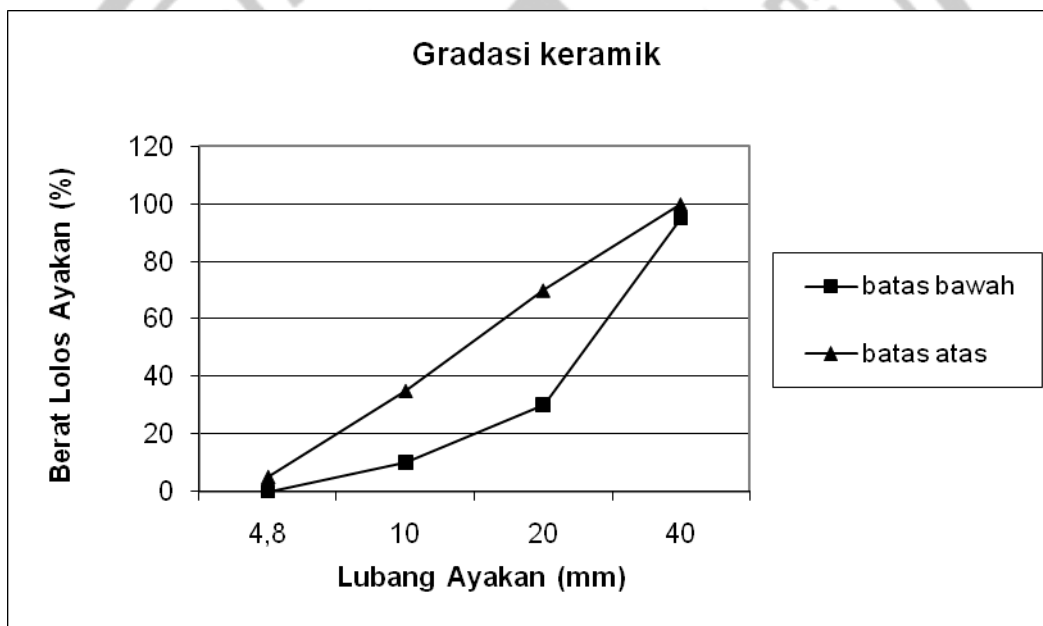
Dipilihnya pecahan keramik sebagai penelitian ini dikarenakan banyak masyarakat yang kurang maksimal memanfaatkan pecahan dari bahan keramik. Umumnya barang-barang yang terbuat dari bahan keramik yang sudah pecah atau rusak dibuang begitu saja, namun ada juga yang memanfaatkannya sebagai penghias pot bunga dengan cara di tempel. Agar pecahan keramik yang sudah pecah atau rusak tidak menjadi timbunan seperti sampah, peneliti memanfaatkannya sebagai bahan tambahan pembuatan bata beton berlubang yang umumnya masyarakat mengenal dengan nama batakoko.

Peneliti memperoleh limbah pecahan keramik dari sisa atau pecahan ubin keramik di daerah sekitar kampus UNNES. Pecahan keramik dalam pembuatan

bata beton berlubang sebagai pengganti agregat kasar. Adapun batas-batas gradasi agregat kasar tercantum dalam Tabel 2.4 (Tjokrodinuljo,K 2007:28) dibawah ini.

Tabel 2.4 Syarat Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan Besar butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10



Gambar 2.2 Grafik Gradasi keramik

2.3 Kuat Tekan Bata Beton Berlubang

Pada hakekatnya faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan bata beton berlubang diidentifikasi dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, diantaranya adalah :

1. Faktor air semen, adalah perbandingan antara air dengan semen yang dipakai dalam pembuatan adukan. Nilai faktor air semen yang tinggi menyebabkan adukan menjadi banyak pori-pori yang berisi air setelah beton keras akan menimbulkan rongga sehingga kekuatannya akan rendah. Sedangkan nilai faktor air semen yang rendah menyebabkan adukan akan sulit dipadatkan sehingga menimbulkan banyak rongga udara. Hal ini mengakibatkan beton yang dihasilkan berkualitas rendah dan adukan beton sulit untuk dikerjakan (Tjokrodimuljo,K. 1996)
2. Umur beton, umur beton dihitung sejak beton dibuat dan kekuatan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur, kecepatan kenaikan kekuatan beton dipengaruhi oleh faktor air semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi faktor air semen maka semakin lambat kenaikan kekuatannya dan semakin tinggi suhu perawatan maka kenaikan kekuatan beton semakin cepat (Tjokrodimuljo,K. 1996)
3. Jenis semen, setiap jenis semen mempunyai laju kenaikan yang berbeda-beda.
4. Jumlah semen, jumlah kandungan semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Pada faktor air semen yang sama beton dengan kandungan jumlah semen tertentu mempunyai kekuatan tekan yang tinggi. Pada jumlah semen yang sedikit dan jumlah air sedikit adukan beton akan sulit dipadatkan sehingga kuat tekan beton rendah, jika jumlah semen berlebihan maka jumlah air juga berlebihan beton akan menjadi berpori dan berakibat kekuatan beton rendah (Tjokrodimuljo,K. 1996)

2.4 Serapan Air Bata Beton Berlubang

Serapan air bata beton dipengaruhi oleh porositas agregat yang dipakai dalam pembuatan adukan beton maupun porositas pasta semen itu sendiri. Serapan air dalam agregat adalah *prosentase* berat air yang mampu diserap oleh suatu agregat jika direndam dalam air. Agregat mempunyai pori dengan ukuran yang beragam, semakin besar pori semakin besar pula serapan air pada agregat. Pori dalam agregat tersebar di seluruh tubuh butiran, beberapa merupakan pori-pori yang tertutup, beberapa lainnya terbuka pada permukaan butiran. Beberapa jenis agregat yang sering dipakai mempunyai pori tertutup sekitar 0 % - 20 % dari volume butirnya (dalam Desi WN.).

Menurut Tjokrodimuljo, K. 1996 (dalam Desi WN.) bahwa dalam adukan beton atau mortar, air dan semen membentuk pasta yang disebut pasta semen. Pasta semen ini selain mengisi pori-pori diantara agregat halus, juga bersifat sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butir-butir agregat saling terikat kuat dan terbentuklah suatu masa yang kompak dan padat. Penyebab semakin meningkatnya porositas pasta semen sebagai akibat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Air ini akan menguap atau tinggal dalam pasta semen sehingga akan menghasilkan pasta yang porous, hal ini menyebabkan semakin berkurangnya kekedapan air pasta semen dan juga kuat tekan beton yang dihasilkan.

2.5 Analisis Biaya Pembuatan

Analisis biaya pembuatan pada dasarnya merupakan analisis mengenai anggaran biaya yang dipakai untuk membuat barang, bangunan atau benda. Membuat anggaran biaya berarti menaksir atau memperkirakan harga suatu barang, bangunan yang dibuat dengan teliti dan secermat mungkin (Mukomoko, J.A 1985 : 67)

Penyusunan anggaran biaya sangat memerlukan pengetahuan tentang teknik, harga bahan-bahan dipasaran, alat-alat yang digunakan dalam pembuatan barang produksi dan upah rata-rata pekerjaan menurut upah harian setempat.

Menurut Mokomoko, J.A (1985 : 363) untuk menghitung harga satuan tiap m^3 beton tak bertulang, komponen yang harus dihitung adalah sebagai berikut :

- a. Bahan-bahan dasar pembentuk beton
- b. Upah tenaga kerja untuk membuat beton
- c. Nilai bahan-bahan untuk pembuatan cetakan
- d. Upah kerja membuat cetakan

Sedangkan menurut Tjokrodinuljo, K (1991:15) bahan-bahan yang dibutuhkan untuk membuat $1m^3$ adukan beton non pasir dengan agregat pecahan genteng pada faktor air semen optimum yaitu pada 0,42 sebesar :

- a. Air sekitar 93 liter
- b. Semen 221 kg
- c. Pecahan genteng 1285 kg

Untuk menghitung biaya bata beton berlubang, unsur-unsur yang mempengaruhi adalah :

- a. Bahan susun beton adalah semen dan agregat (pecahan genteng). Penggunaan

- air tidak diperhitungkan, karena kebutuhan akan air dapat diperoleh secara gratis dan tersedia cukup.
- b. Nilai cetakan adalah perbandingan biaya pembuatan cetakan dengan umur pemakaian cetakan tersebut.
 - c. Upah pekerja adalah upah untuk mencetak bata beton berlubang. Besarnya upah pekerja tersebut ditentukan oleh besarnya Upah Minimum Regional (UMR) daerah setempat
 - d. Produktivitas pekerja juga mempengaruhi biaya pembuatan yaitu pada besarnya upah pekerja. Semakin tinggi produktivitas pekerja maka semakin kecil pula upah pekerja yang dibebankan untuk setiap unit barang yang dihasilkan.

2.6 Penelitian-penelitian Terdahulu

Menurut Sutiyono (2003) bata beton pejal dengan variasi perbandingan agregat dan semen ditinjau dari kuat tekan dan biaya pembuatannya, menunjukkan bahwa perbandingan semen agregat 1 : 6 mempunyai kuat tekan 6,844 MPa (68,44 kg/ cm³) dan mempunyai berat jenis 1,466 t/ m³. Sedangkan dari segi biaya, pembuatan bata beton pejal dalam penelitian ini juga relatif lebih murah jika dibandingkan dengan bata beton yang ada dipasaran yaitu berkisar antara Rp 1.180 – Rp 1.655

Menurut Nanang F.Y. (2004) bata beton pejal aplikasi beton non pasir ditinjau dari kuat tekan dan biaya pembuatan, menunjukkan bahwa kuat tekan beton non pasir tertinggi pada campuran 1 : 6 yaitu 4,4554 MPa (44,554 kg/ cm³)

yang selanjutnya mengalami penurunan harga terhadap penambahan pecahan genteng, harga terendah terdapat pada perbandingan 1 : 10 yaitu Rp. 1.387,5 yang memiliki kuat tekan 2,6188 MPa (26,188 kg/ cm³). Bila dibandingkan dengan batako dipasaran yang dijual seharga Rp. 1.500 dan memiliki kuat tekan 2,625 MPa (26,25 kg/ cm³) maka bata beton dalam penelitian ini jauh lebih dan memiliki kuat tekan yang lebih tinggi.

Menurut Joko Prakoso (2006) bata beton berlubang dengan penambahan abu terbang terhadap kuat tekan dan serapan air menunjukkan bahwa kuat tekan optimum pada variasi komposisi 1,6 Fa : 1 Pc : 8 ps yaitu sebesar 42,4 kg/ cm² (mutu B1) pada umur 60 hari, sedangkan pada umur 30 hari kuat tekan optimum terjadi pada komposisi 1,8 Fa : 1 Pc : 8 Ps yakni 52,4 kg/ cm² (mutu B1). Untuk nilai serapan air menunjukkan bahwa semakin banyak pasta, maka serapan air menurun. Serapan air terbesar terjadi pada variasi komposisi 0 Fa : 1 Pc : 8 Ps yakni 13,57 % dan serapan air terkecil terjadi pada variasi komposisi 1,8 Fa : 1 Pc : 8 Ps yakni 6,67 %.

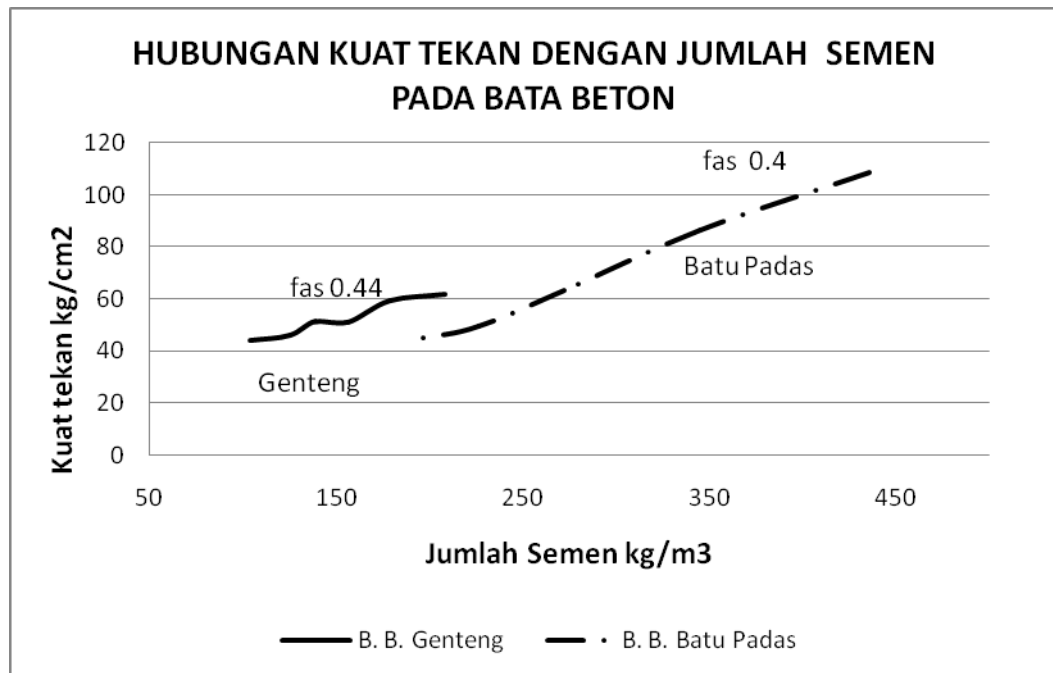
Menurut Desi Wulan N. (2007) beton pejal dengan penambahan tras muria ditinjau dari kuat tekan dan serapan air atau menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi terjadi pada komposisi 0,27 tras : 1 pc : 5,92 ps yaitu sebesar 47,576 kg/ cm² (mutu A1 dan A2). Untuk serapan air terendah terjadi pada perbandingan 0 tras : 1 pc : 5,92 ps yaitu sebesar 14,79% dan serapan air tertinggi terjadi pada perbandingan 0,53 tras : 1 pc : 5,92 ps yaitu sebesar 17,62%.

Menurut Mefri Dian Rosyida (2007) bata beton berlubang dengan campuran tras muria ditinjau kuat tekan dan serapan air dapat dijadikan bahwa

pada perbandingan campuran 0,27 tras ; 1 pc : 5,92 ps dicapai kuat tekan tinggi yaitu $37,74 \text{ kg/cm}^2$ (syarat mutu III) sedangkan dari campuran 0,53 tras : 1 pc : 5,92 ps diperoleh serapan air rata-rata 17,97% penggunaan tras membuat batabeton berlubang lebih kedap air.

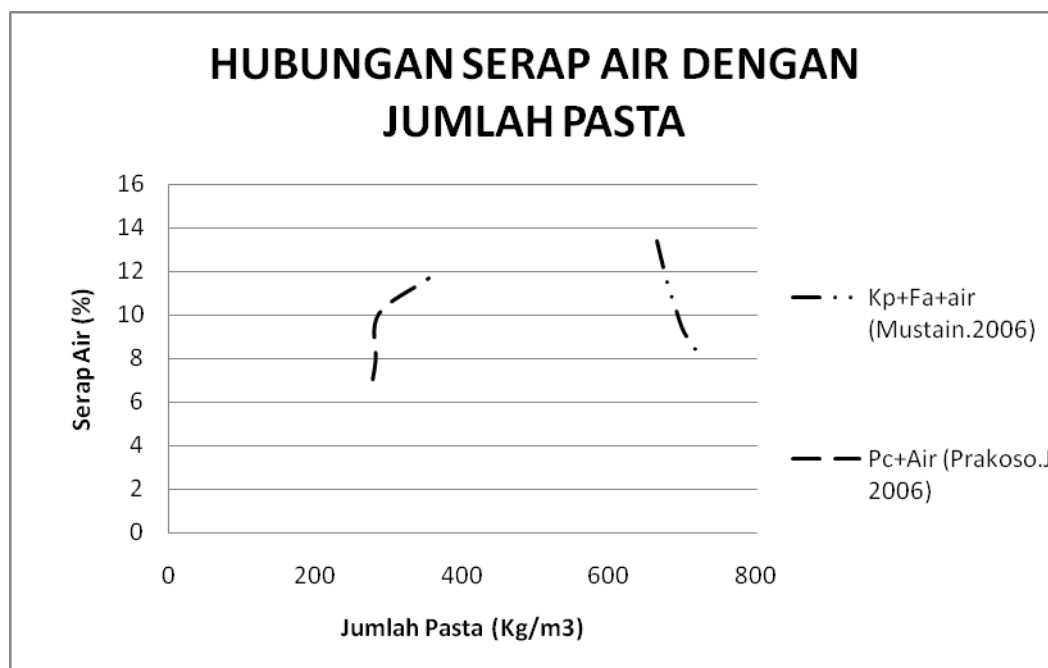
Menurut Kusumaharni (2008) bata beton berlubang dengan penambahan tempurung kelapa sawit ditinjau dari kuat tekan dan serapan air, menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi pada variasi 0% yaitu $27,4 \text{ kg/cm}^2$. Hingga seterusnya mengalami penurunan terhadap penambahan tempurung kelapa sawit begitu pula dengan serapan yang selalu bertambah sejalan dengan penambahan tempurung kelapa sawit namun demikian batako yang dihasilkan dengan campuran 0%, 2%, 5%, 8,5%, terhadap berat pasir masih masuk dalam kuat tekan standar, sedangkan pada penambahan 11% dan 18% tidak memenuhi kuat tekan standar.

Hubungan kuat tekan bata beton menggunakan Agregat Pec. Genteng (Sugiharti.2003) dan Bata Beton Menggunakan Agregat Batu Padas (Hengky S.2003) dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini



Gambar 2.3 Grafik Hubungan Kuat Tekan Dengan Jumlah Semen Pada Bata Beton Menggunakan Agregat Pec. Genteng (Sugiharti.2003) dan Bata Beton Menggunakan Agregat Batu Padas (Hengky S.2003)

Hubungan serap air bata beton berlubang menggunakan bahan ikat kapur + *fly ash* (Mustaini.2006) dan bata beton berlubang dengan bahan ikat semen (Prakoso.J.2006) dapat dilihat pada Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Grafik Hubungan Antara Jumlah Pasta Dengan Serap Air Bata Beton Berlubang Menggunakan Bahan Ikat Semen (Prakoso.J.2006) Dengan Bata Beton Berlubang Menggunakan Bahan Ikat Kapur + *Fly Ash* (Mustain.2006)

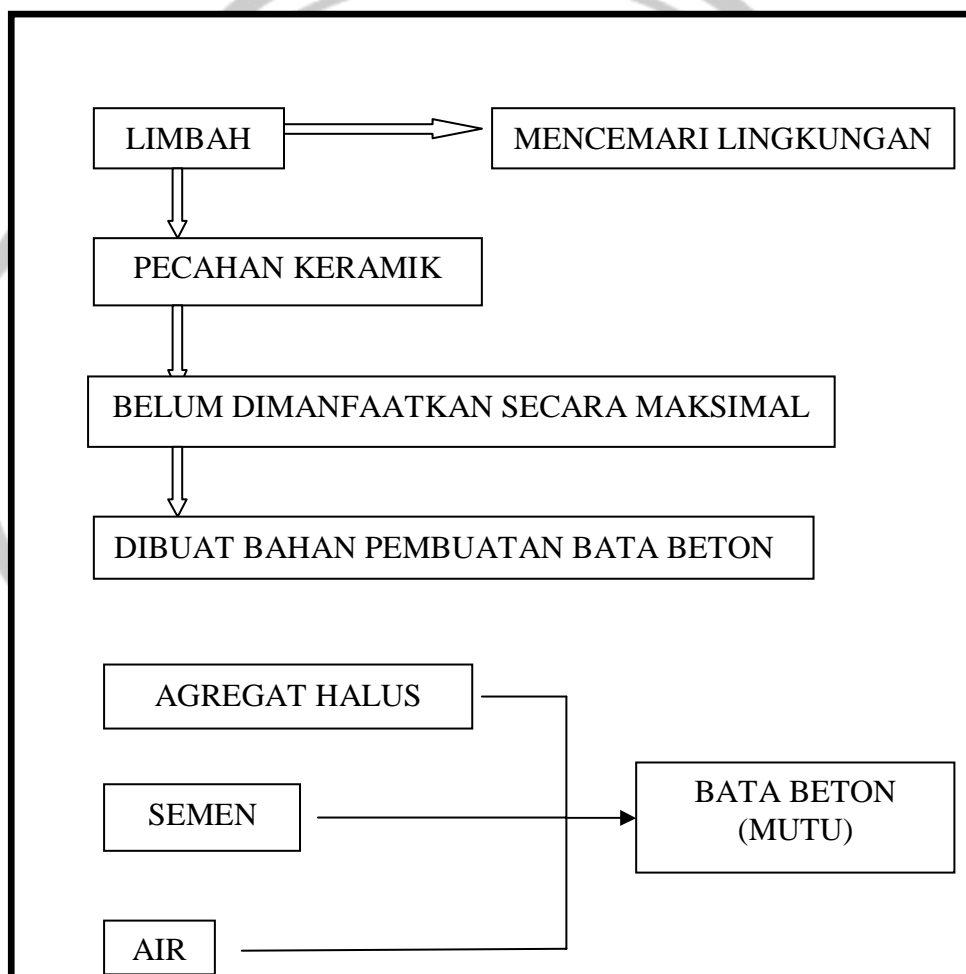
2.7 Kerangka Berpikir

Sejalan dengan meningkatnya kegiatan pembangunan dan banyaknya penggunaan bata beton berlubang sebagai bahan bangunan, perlu dilakukan upaya untuk mendapatkan bahan pengisi yang dapat digunakan sebagai agregat dalam pembuatan bata beton berlubang. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan atau dimanfaatkan adalah limbah pecahan keramik.

Pecahan keramik merupakan limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat, agar pemanfaatan pecahan keramik menjadi optimal perlu adanya penelitian tentang pemanfaatan pecahan keramik khususnya sebagai bahan pengisi pada bata beton berlubang. Agar dicapai hasil yang maksimal perlu adanya penelitian yang melalui beberapa pengujian yaitu, pengujian bahan,

serapan air. Pengujian kuat tekan bata beton berlubang setelah umur 28 hari bertujuan untuk mengetahui mutu bata beton berlubang.

Dengan serangkaian pengujian tersebut akan diketahui seberapa besar pengaruh penggunaan pecahan keramik terhadap kuat tekan beton berlubang. Berikut gambaran singkat dari kerangka berfikir di atas yang disajikan dalam bentuk bagan seperti di bawah ini.



Gambar 2.5 Grafik Alur Berfikir Penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan cara yang digunakan dalam penelitian, sehingga dalam pelaksanaan dan hasil penelitian dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu suatu metode penelitian untuk mengadakan kegiatan percobaan yang mendapatkan suatu hasil, hasil tersebut menunjukkan hubungan sebab akibat antara variabel satu dengan yang lainnya.

3.1 Variabel Penelitian

Variabel adalah segala sesuatu yang akan menjadi obyek pengamatan penelitian. Variabel juga dapat diartikan sebagai faktor-faktor yang berperan penting dalam peristiwa atau gejala yang akan diteliti. Variabel dalam penelitian ini adalah dalam Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Variabel Penelitian Bata Beton Berlubang

Berat Semen (kg/m ³)	Faktor air Semen (F.A.S)	Jml. Benda Uji	
		Kuat Tekan	Serapan Air
300	0.5	5	3
350		5	3
400		5	3
450		5	3
Jumlah total : 32 Benda Uji		20	12

3.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Air

Air yang dipakai dalam penelitian ini adalah air yang tersedia di Laboratorium Jurusan Teknik Sipi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

2. Semen

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah semen portland jenis I merk Gresik kemasan 50 kg/zak yang ada di pasaran.

3. Agregat

Agregat yang digunakan sebagai agregat halus adalah pasir muntilan yang ada dipasaran

4. Limbah pecahan keramik

Limbah pecahan keramik yang dipakai adalah limbah lantai keramik dominan merk Milan yang banyak terdapat disekitar kampus UNNES. Keramik yang didapat kemudian dipecah hingga lolos ayakan 40 mm.

3.3 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Ayakan

Ayakan dengan lubang berturut-turut 4,80 mm, 2,40 mm, 1,20 mm, 0,6 mm, 0,3mm, 0,015 mm yang dilengkapi dengan tutup pan dan alat penggetar, digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan limbah pecahan keramik dengan merk "Tatonas".

2. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur bahan susun adukan bata beton berlubang dengan merk "Radjin".

3. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur banyaknya air yang digunakan pada pembuatan bata beton berlubang.

4. Piknometer

Piknometer dengan kapasitas 500 gr digunakan untuk mencari berat jenis agregat halus.

5. Oven

Oven untuk mengeringkan bahan pada pemeriksaan bahan dengan merk "Gallen Kamp Size Two Oven".

6. Cetakan bata beton berlubang

Cetakan bata beton berlubang yang digunakan adalah dengan ukuran panjang 40 cm, lebar 10 cm, tinggi 20 cm yang terbuat dari kayu.

7. Mesin uji tekan

Mesin uji tekan yang digunakan untuk menguji kuat tekan bata beton berlubang adalah merk "Universal Testing Machine".

3.4 Prosedur Penelitian

Data dalam penelitian ini merupakan hasil uji berat jenis pasir, gradasi pasir, berat jenis keramik, gradasi keramik, kuat tekan dan serapan air bata beton berlubang dengan percobaan (eksperimen), dengan cara membuat bata beton

berlubang dengan campuran limbah pecahan keramik.

Tahap dan prosedur penelitian ini adalah :

3.4.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan yaitu menyiapkan bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian pembuatan bata beton berlubang dengan campuran limbah pecahan keramik. Bahan dan peralatan yang akan digunakan adalah :

1. Bahan
 - a. Air
 - b. Semen
 - c. Agregat
 - d. Limbah pecahan keramik.

2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Ayakan
- b. Timbangan
- c. Gelas ukur
- d. Piknometer
- e. *Oven*
- f. Cetakan bata beton berlubang
- g. Mesin uji tekan

3.4.2 Tahap Pengujian Bahan

Untuk mengetahui karakteristik dari bahan penyusun bata beton berlubang dengan campuran limbah pecahan keramik perlu diteliti bahan penyusunnya,

dalam hal ini yang diteliti adalah semen, air, pasir dan limbah pecahan keramik.

Pengujian bahan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis pasir adalah sebagai berikut :

Mengeringkan pasir dalam tungku pemanas dengan suhu 110° sampai beratnya tetap, selanjutnya pasir didinginkan pada suhu ruang kemudian rendam pasir dalam air selama 24 jam. Kemudian selama 24 jam air rendaman dibuang dengan hati-hati agar butiran pasir tidak ikut terbang, menebarkan pasir dalam talam, kemudian dikeringkan di udara dengan cara membolak-balik pasir sampai kering. Memasukkan pasir tersebut dalam piknometer sebanyak 500 gr, kemudian masukkan air ke dalam piknometer hingga mencapai 90% isi piknometer, memutar dan mengguling-gulingkan piknometer sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.

Setelah itu merendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan dengan suhu standar 25°C , tambahkan air sampai tanda batas kemudian ditimbang (Bt). Lalu pasir dikeluarkan dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C sampai beratnya tetap kemudian didinginkan, lalu ditimbang (Bk). Terakhir piknometer dibersihkan lalu diisi air sampai penuh kemudian ditimbang (B).

b. Pemeriksaan Gradasi Pasir

Tujuannya untuk mengetahui variasi diameter butir pasir dan modulus kehalusan pasir. Alat : satu set ayakan 4,80 mm, 2,40 mm, 1,20 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, timbangan, alat penggetar. Langkah-langkah pemeriksaan gradasi

pasir adalah sebagai berikut :

Mengeringkan pasir dalam oven dengan suhu 110°C sampai beratnya tetap, lalu mengeluarkan pasir dalam oven kemudian didinginkan. Setelah itu susun ayakan sesuai dengan urutannya, ukuran terbesar diletakkan paling atas yaitu : 4,80 mm, 2,40 mm, 1,20 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm. Lalu masukkan pasir dalam ayakan paling atas, tutup dan ayak dengan cara digetarkan selama 10 menit kemudian pasir didiamkan selama 5 menit agar pasir tersebut mengendap. Pasir yang tertinggal dalam masing-masing ayakan ditimbang beserta wadahnya.

Gradasi pasir yang diperoleh dengan menghitung komulatif prosentase butir-butir pasir yang lolos pada masing-masing ayakan. Nilai modulus halus butir pasir dihitung dengan menjumlahkan prosentase komulatif butir yang tertinggal kemudian dibagi seratus.

c. Pemeriksaan Berat Jenis Limbah Pecahan Keramik

Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis limbah pecahan keramik adalah sebagai berikut :

Pecahan keramik dicuci sampai bersih untuk menghilangkan kotoran yang ada. Lalu pecahan keramik dimasukkan kedalam oven selama 24 jam sehingga kering dan ditimbang beratnya (Bk). Kemudian direndam dalam air selama 24 jam, selanjutnya dikeluarkan dan dikeringkan dengan kain sampai kondisinya jenuh kering muka dan ditimbang beratnya (Bj). Pecahan keramik kemudian dimasukkan kedalam keranjang kawat dan kemudian ditimbang beratnya (Ba) dalam air dengan timbangan khusus untuk berat jenis agregat kasar.

d. Pemeriksaan Gradasi Limbah Pecahan Keramik

Langkah-langkah pemeriksaan gradasi limbah pecahan keramik adalah sebagai berikut :

Pecahan keramik dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C sampai beratnya tetap. Kemudian ayakan disusun berdasarkan urutannya, ukuran terbesarnya diletakkan dibagian paling atas, yaitu 40 mm, 20 mm, 10 mm, dan 5 mm. Setelah itu pecahan keramik dimasukkan kedalam ayakan yang paling atas dan diayak dengan cara digetarkan selama kurang lebih 10 menit. Pecahan keramik yang tertinggal pada masing-masing ayakan dipindahkan pada tempat yang tersedia dan kemudian ditimbang.

Gradasi pecahan keramik diperoleh dengan menghitung jumlah *kumulatif prosentase* butiran yang lolos pada masing-masing ayakan. Nilai modulus dihitung dengan cara menjumlahkan prosentase kumulatif butiran yang tertinggal kemudian dibagi seratus.

e. Semen

Pemeriksaan terhadap semen dilakukan dengan cara *visual* yaitu semen dalam keadaan tertutup rapat dan setelah dibuka tidak ada gumpalan serta butirannya halus. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Gresik Jenis I dengan berat 50 kg/zak.

f. Air

Pemeriksaan terhadap air juga dilakukan secara *visual* yaitu air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan garam sesuai dengan persyaratan air untuk minum. Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dari Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

3.4.3 Tahap Pembuatan Adukan

Agregat halus, semen dengan variasi berat 300 kg/m^3 , 350 kg/m^3 , 400 kg/m^3 dan 450 kg/m^3 , air dengan perbandingan tertentu dan campuran limbah pecahan keramik dibuat adukan bata beton berlubang. Pembuatan adukan bata beton berlubang dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

Menimbang bahan-bahan susun yaitu semen, pasir, pecahan keramik dan air dengan berat yang telah ditentukan dalam perencanaan campuran kemudian mempersiapkan cetakan dan peralatan lain yang dibutuhkan. Setelah itu campurkan bahan pengisi (agregat), bahan ikat (semen portland), dan limbah pecahan keramik dalam komposisi yang telah direncanakan dalam keadaan kering.

Langkah ini dilakukan agar pencampuran antara bahan-bahan tersebut dapat lebih homogen, sehingga diharapkan hasil yang diperoleh maksimal, lalu masukkan air 80% dari air yang dibutuhkan dengan faktor air semen (fas) 0,5 kedalam campuran bahan semen, pasir dan limbah pecahan keramik yang telah dicampur dalam keadaan kering pada komposisi yang telah direncanakan. Ketika masih dalam proses pengadukan sisa air dimasukkan sedikit sampai airnya habis dalam jangka waktu tidak kurang dari 3 menit. Pengadukan dilakukan sebanyak satu kali untuk setiap macam campuran.

3.4.4 Tahap Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Masukkan adukan kedalam cetakan yang sebelumnya pada bagian dalam cetakan diberi minyak pelumas. Lalu isi cetakan dengan adukan sampai penuh kemudian dipadatkan.

Pembuatan bata beton berlubang harus benar-benar dalam keadaan rata pada bagian atas cetakan. Setelah dipadatkan kemudian bata beton berlubang dikeluarkan dari cetakan dan diletakkan pada tempat perawatan selama 28 hari dan disiram dengan air. Setelah berumur 28 hari dilakukan pengukuran volumenya, kemudian dilakukan uji tekan dan serapan air.

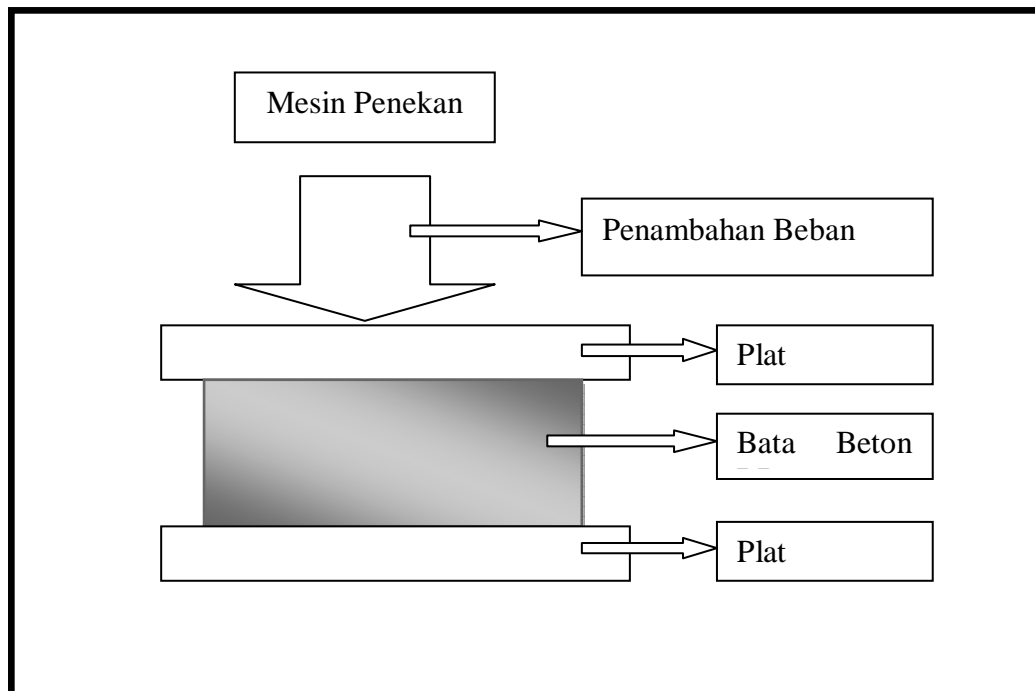
3.4.5 Tahap Pengujian Bata Beton Berlubang

Pada penelitian ini benda uji hanya dilakukan pengujian kuat tekan dan serapan air. Cara pengujiannya adalah sebagai berikut :

a. Pengujian Kuat Tekan Bata Beton Berlubang

Tahap pengujian kuat tekan bata beton berlubang adalah sebagai berikut:

Masing-masing bata beton berlubang diukur panjang, lebar, tinggi dan beratnya. kemudian letakkan benda uji pada mesin tekan secara simetris. Lalu jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm². Lalu lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian benda uji.



Gambar 3.1 Pengujian Kuat Tekan Bata Beton Berlubang

b. Pengujian Serapan Air Bata Beton Berlubang

Tahap pengujian serapan air adalah sebagai berikut :

Bata Beton Berlubang yang telah berumur 28 hari dan dalam kondisi kering udara dimasukkan dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam. Setelah 24 jam bata beton berlubang dikeluarkan dan didinginkan. Bata beton berlubang kering oven ditimbang beratnya (W_1). Kemudian dilanjutkan dengan merendam selama 24 jam. Setelah 24 jam, bata beton berlubang diangkat dan ditimbang beratnya (W_2).

3.4.6 Tahap Pengolahan Data

a. Berat Jenis Pasir

$$\text{Bulk Specific Gravity} = \frac{Bk}{B + 500 - Bt}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity (SSD)} = \frac{500}{B + 500 - Bt}$$

$$\text{Apparent specific Gravity} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt}$$

$$\text{Absorption (penyerapan)} = \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100 \%$$

Dimana :

Bt = Berat piknometer berisi pasir dan air

Bk = Berat pasir setelah kering oven

B = Berat piknometer berisi air

500 = Berat pasir dalam keadaan kering permukaan

b. Berat Jenis Pecahan Keramik

$$\text{Bulk Specific Gravity} = \frac{Bk}{Bj - Ba}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity (SSD)} = \frac{Bj}{Bj - Ba}$$

$$\text{Apparent specific Gravity} = \frac{Bk}{Bk - ba}$$

$$\text{Absorption (penyerapan)} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \%$$

Dimana :

Bk = Berat keramik kering oven

Bj = Berat keramik dalam keadaan permukaan jenuh

Ba = Berat keramik dalam keranjang air

c. Kuat Tekan Bata Beton

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A}$$

Dimana :

f_c = Kuat tekan beton (Kg/cm^2)

P = Beban maksimum (Kg)

A = Luas permukaan benda uji (Cm²)

d. Serapan Air

$$\text{Serapan air} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\%$$

Dimana :

W1 = Berat bata beton berlubang kering mutlak (dioven)

W2 = Berat bata beton berlubang setelah direndam



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Bata Beton Berlubang

4.1.1 Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang diperoleh dari Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. Pemeriksaan terhadap air dilakukan secara *visual* yaitu air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan garam sesuai dengan persyaratan air untuk minum. Hal ini sesuai dengan persyaratan yang tercantum pada SK SNI-S-04-1989-F.

4.1.2 Portland Cement

Semen yang digunakan adalah semen portland jenis I merk Gresik dengan kemasan 50 kg/zak. Semen yang digunakan tidak menggumpal dan dalam keadaan kering sehingga semen layak digunakan sebagai bahan penelitian.

4.1.3 Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir muntilan yang didapat dari toko bangunan terdekat dengan Laboratorium tempat dilaksanakannya penelitian. Pasir muntilan digunakan dalam penelitian ini karena secara umum mutu pasir tersebut memenuhi syarat untuk dapat digunakan sebagai bahan bangunan, walaupun demikian tetap perlu diadakan pemeriksaan mengenai mutu pasir tersebut. Berikut adalah hasil pemeriksaan yang dilakukan.

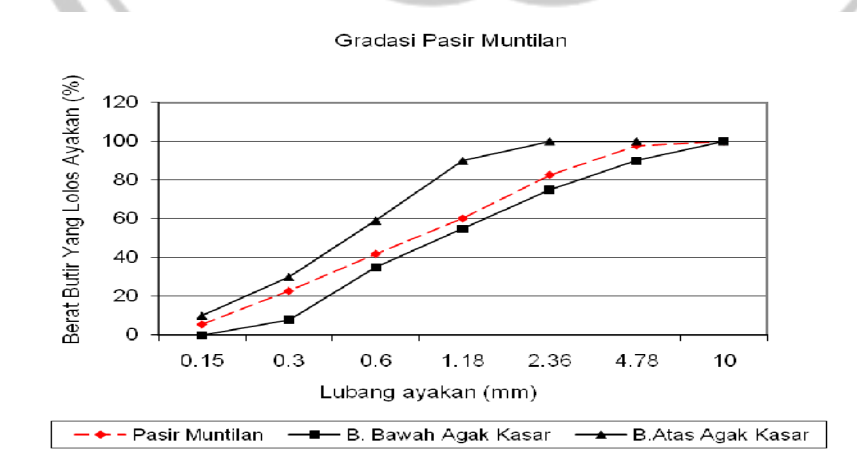
a. Gradasi pasir

Hasil pemeriksaan pasir Muntilan bahwa modulus kehalusan pasir adalah 2,88 sehingga memenuhi syarat yang ditetapkan dalam SK SNI-S-04-1989-F yakni dengan modulus halus butir 1,5 sampai 3,8. (Lampiran 1). Tabel batas-batas gradasi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini

Tabel 4.1 Batas Gradasi Pasir dan Hasil Uji Gradasi Pasir Muntilan

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan Jenis agregat halus				Hasil Uji
	Kasar	Agak kasar	Agak halus	Halus	
10	100	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100	97.87
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100	82.73
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100	60.22
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100	41.94
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50	22.77
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15	5.55

Hasil pemeriksaan gradasi pasir muntilan menunjukkan bahwa pasir masuk dalam kategori pasir agak kasar (Zone 2) sebagaimana ditunjukan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Uji Gradasi Pasir Muntilan

b. Berat jenis pasir

Hasil pemeriksaan berat jenis pasir muntilan adalah 2,60. Berat jenis pasir Muntilan secara umum berkisar antara 2,50 sampai 2,70 untuk beton normal (Tjokrodimuljo, K 2007:21) sehingga pasir yang digunakan masih memenuhi syarat sebagai bahan susun bata beton berlubang. (Lampiran 2)

4.1.4 Keramik

Keramik yang digunakan dalam penelitian ini adalah keramik lantai dominan merk Milan dengan ukuran butir maksimal 40 mm. Pemeriksaan untuk mengetahui keadaan sifat fisik dari bahan keramik ini meliputi pemeriksaan berat jenis, gradasi keramik, kadar air.

a. Berat Jenis Keramik

Pemeriksaan berat jenis ini dilakukan dua kali yaitu pada sampel 1 dan sampel 2. Dari hasil pemeriksaan diperoleh berat jenis keramik sebesar 1,84. (Lampiran 3).

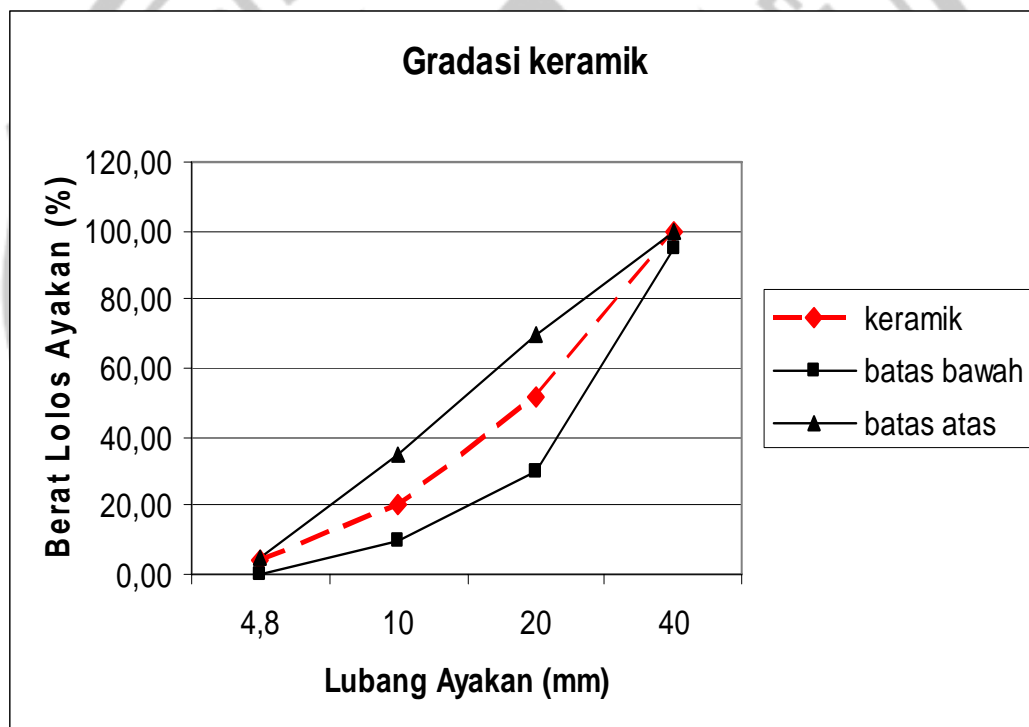
b. Gradasi Keramik

Hasil pemeriksaan gradasi keramik menunjukkan bahwa modulus halus butir keramik adalah sebesar 7,24. Syarat batas gradasi keramik di samakan dengan syarat batas gradasi agregat kasar, karena dalam penelitian ini keramik merupakan pengganti agregat kasar dalam pembuatan bata beton berlubang. Gradasi keramik yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan selengkapnya dapat dilihat dalam lampiran 4.

Tabel 4.2 Batas Gradasi Keramik dan Hasil Uji Gradasi Keramik

Lubang ayakan (mm)	Hasil Uji (%)	Berat Tembus Kumulatif (%)	
		Ukuran butir maksimal 40 mm	
		Batas Bawah	Batas Atas
40	100.00	95	100
20	51.29	30	70
10	20.07	10	35
4.8	4.47	0	5

Keramik yang digunakan adalah keramik yang lewat ayakan besar butir maksimum 40 mm sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Grafik Uji Gradasi Keramik Butir Maximal 40 mm

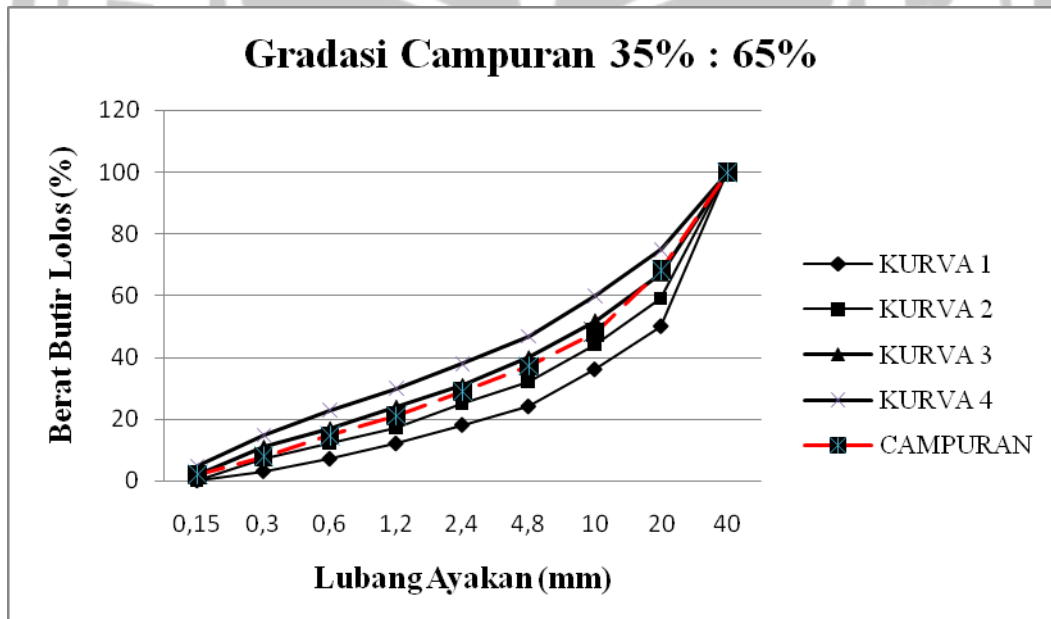
c. Serapan air keramik

Serapan air adalah prosentase berat air yang mampu diserap oleh agregat jika direndam dalam air dalam air. Agregat ringan umumnya mempunyai daya serap air yang tinggi sebesar 8–20 % pada tanah liat bakar (Tjokrodinuljo, K 2007 : 19)

Hasil pengujian serapan air agregat pecahan keramik sebesar 11%. Hal ini menunjukkan bahwa pecahan keramik termasuk dalam agregat ringan. Hasil uji serapan air keramik selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4.

4.2 Gradasi Campuran

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar. Dalam penelitian ini, gradasi campuran terdiri dari gradasi pasir dan gradasi keramik. Gradasi campuran yang digunakan adalah perbandingan 35% : 65%. Batas-batas gradasi agregat campuran yang dipakai adalah butir maksimal 40 mm (Tjokrodinuljo, K 2007:29) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 5.



Gambar 4.3 Grafik Gradasi Campuran

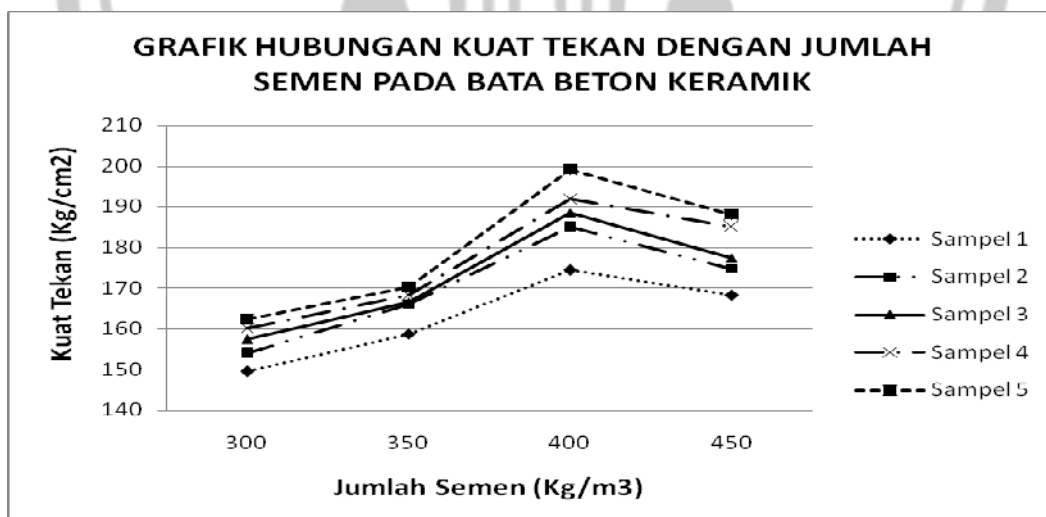
4.3 Rancangan Adukan Bata Beton Berlubang

Bahan susun campuran bata beton berlubang yang dipakai meliputi: Agregat halus berupa Pasir Muntilan, Semen Portland jenis I merk Gresik kemasan 50kg/zak, Keramik, dan air dari Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Negeri Semarang. Dalam penelitian ini nilai fas ditetapkan sebesar 0,5 dengan variasi semen 300 kg/m³, 350 kg/m³, 400 kg/m³, 450kg/m³.

Pada tiap variasi perbandingan campuran benda uji dibuat 8 sampel dengan ukuran bata beton berlubang 40 x 20 x 10 cm. Hasil rancangan adukan bata beton berlubang dengan menggunakan pecahan keramik dapat dilihat pada Lampiran 6.

4.4 Hasil Uji Kuat Tekan Bata Beton Berlubang

Uji kuat tekan dilakukan pada saat bata beton berlubang berumur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan bata beton berlubang dengan penambahan pecahan keramik ditunjukkan pada Gambar 4.4, sedangkan hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7.



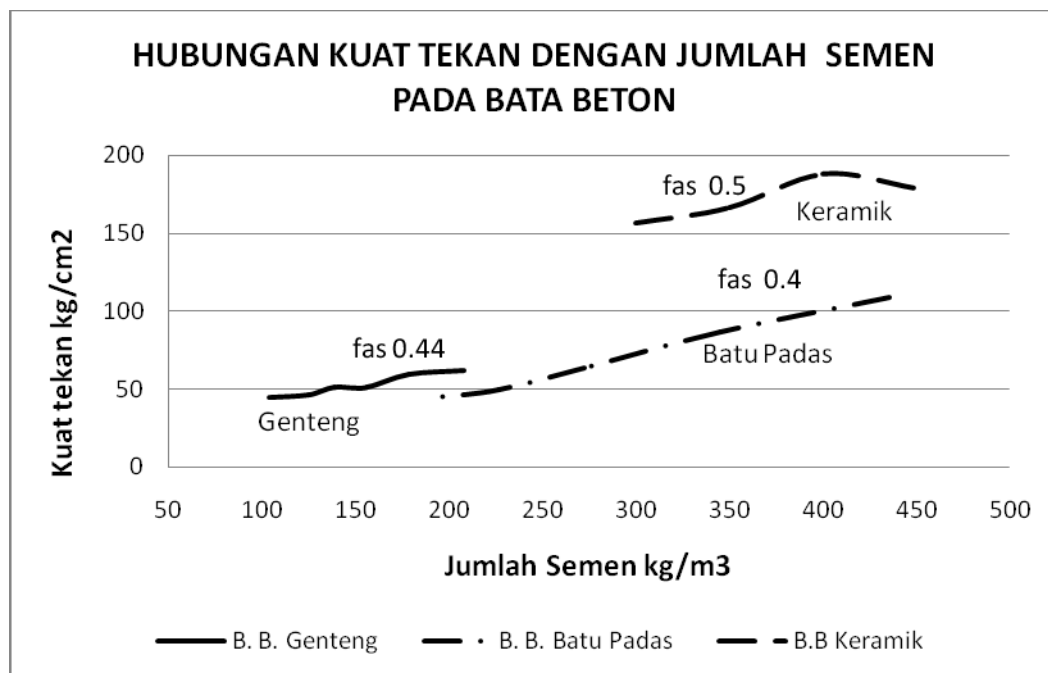
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Kuat Tekan Dengan Jumlah Semen Pada F.A.S 0,5 Dalam Pembuatan Bata Beton Berlubang Menggunakan Pecahan Keramik.

Dari Gambar 4.4 terlihat bahwa kuat tekan bata beton berlubang mengalami kenaikan pada penambahan jumlah semen 350 kg/m^3 , 400 kg/m^3 selanjutnya mengalami penurunan kembali pada perbandingan jumlah semen 450 kg/m^3 . Kuat tekan maksimal terdapat pada variasi jumlah semen 400 kg/m^3 yaitu sebesar 187.76 Kg/cm^2 atau 18.776 MPa .

Kenaikan kuat tekan bata beton berlubang pada penambahan jumlah semen terjadi karena semakin banyak jumlah pasta semen dalam kandungan beton maka ikatan-ikatan antar butir agregat akan semakin kuat, serta seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen sehingga kuat tekan betonnya akan naik. Namun sebaliknya jika jumlah pasta semen terlalu banyak maka kuat tekan beton lebih didominasi oleh pasta semen, bukan agregat. (Tjokrodinuljo, K 2007:74)

Berdasarkan Gambar 4.4 juga dapat dilihat bahwa pada tiap perbandingan jumlah semen bata beton berlubang masuk dalam persyaratan fisis bata beton berlubang mutu I pada standar SK SNI-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bukan Logam. Adapun persyaratan fisis bata beton berlubang untuk mutu I adalah 9 MPa atau 90 Kg/cm^2 .

Hasil penelitian kuat tekan bata beton berlubang menggunakan pecahan keramik bila dibandingkan dengan bata beton berlubang menggunakan bahan ikat lain dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini:



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Kuat Tekan Dengan Jumlah Semen Pada Bata Beton Berlubang Keramik Dan Bata Beton Dengan Agregat Pec. Genteng (Sugiharti,2003) Serta Bata Beton Dengan Agregat Batu Padas (Hengky S.2003)

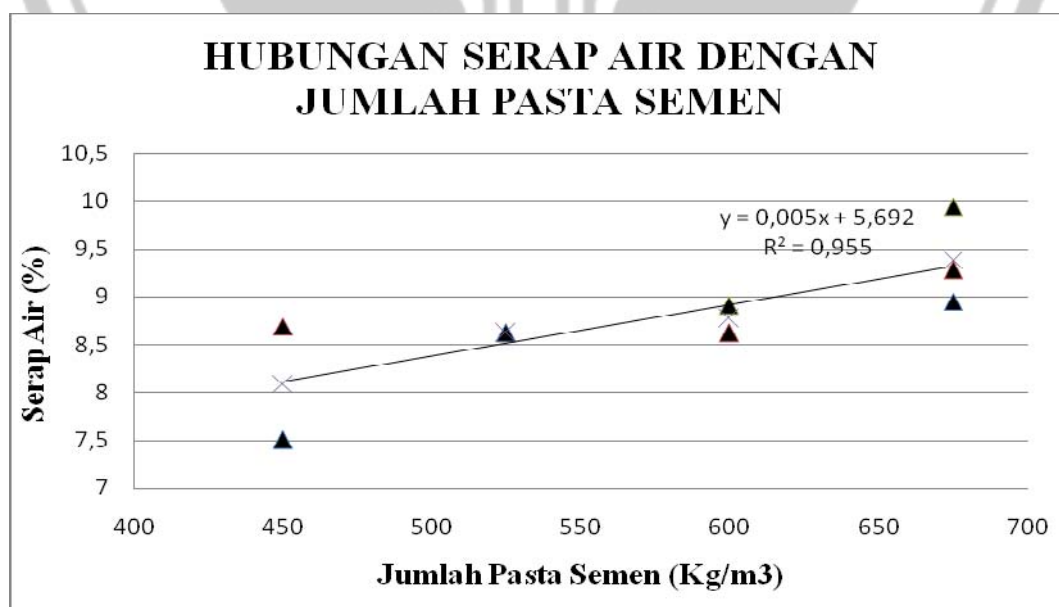
Gambar 4.5 menunjukkan bahwa kuat tekan bata beton berlubang dari ketiga penelitian mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya jumlah semen yang digunakan. Bata beton menggunakan agregat kasar keramik dan bata beton menggunakan agregat batu padas (Hengky.S 2003) menunjukkan bahwa pada jumlah semen yang sama, kuat tekan bata beton menggunakan keramik lebih besar dibandingkan bata beton menggunakan batu padas. Sedangkan pada penelitian Sugiharti (2003) bata beton menggunakan agregat pecahan genteng bila dibandingkan dengan penelitian Hengky.S (2003) bata beton menggunakan agregat batu padas, pada penggunaan jumlah semen yang sama menunjukkan bahwa bata beton menggunakan pecahan genteng memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan bata beton menggunakan batu padas. Hal ini terjadi karena

pengaruh agregat yang digunakan, dimana berat jenis pecahan keramik adalah 1,84 sedangkan berat jenis pecahan genteng 1,7 sehingga kuat tekan bata beton menggunakan pecahan keramik memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan bata beton menggunakan agregat yang lain.

4.5 Serapan Air Bata Beton Berlubang

Uji serap air dilakukan dengan cara bata beton berlubang dioven pada suhu 110°C selama 24 jam, kemudian direndam dalam air selama 24 jam. Pengujian serap air dilakukan terhadap 3 benda uji pada setiap variasi.

Serapan air bata beton berlubang semakin meningkat seiring dengan jumlah pasta semen pada tiap campuran yang semakin banyak. Hubungan antara variasi perbandingan campuran bata beton berlubang dan serapan air dapat dilihat dalam Gambar 4.6 dan hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 8.



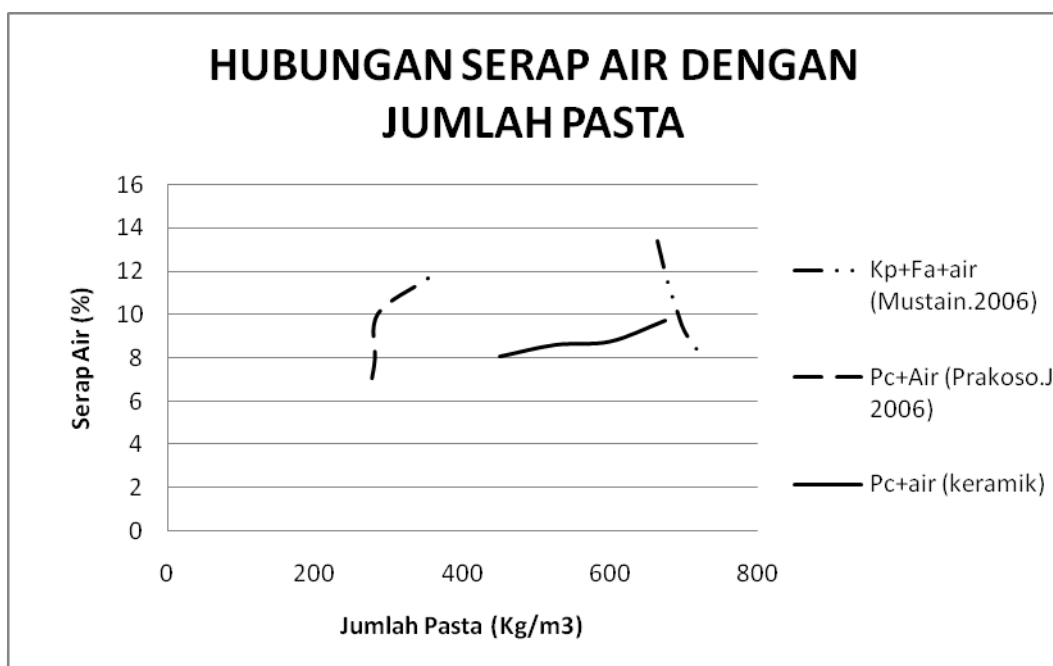
Gambar 4.6. Grafik Hubungan Serap Air Dengan Jumlah Pasta Semen Pada F.A.S 0,5 Dalam Pembuatan Bata Beton Berlubang Menggunakan Keramik.

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa serap air bata beton berlubang menggunakan pecahan keramik mengalami kenaikan pada penambahan jumlah pasta semen. Serap air terendah terdapat pada perbandingan jumlah pasta 450 Kg/m³ yaitu sebesar 8,095% selanjutnya terus mengalami peningkatan sampai pada perbandingan jumlah pasta 675 Kg/m³ yaitu sebesar 9,39%. Berdasarkan gambar diatas terlihat bahwa semakin banyak pasta semen maka serapan air semakin meningkat pula. Hal ini terjadi akibat pemanasan semakin besar sehingga bata beton berlubang menjadi lebih porous dan serapan air semakin besar.

Keadaan ini sesuai dengan pendapat Troxell (dalam Suroso, 2001) bahwa pengeringan beton dengan cara dipanaskan mengakibatkan kandungan air bebas dalam beton dan sekaligus air dalam bentuk koloid (berukuran 0,000001 – 0,002 mm) yang lebih kenyal yang terikat dalam pasta akan menguap. Kondisi penguapan kandungan air dalam beton tersebut selanjutnya menimbulkan kerusakan pada pasta. Dengan semakin banyak jumlah pasta, maka kerusakan yang terjadi akibat pemanasan semakin besar sehingga beton menjadi lebih porous dan serapan air semakin besar.

Menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam. Persyaratan fisis bata beton berlubang untuk mutu I disyaratkan mempunyai serapan air maksimum 25%, sedang dalam penelitian ini berdasarkan penelitian hasil uji kuat tekan diperoleh bata beton berlubang tertinggi mutu I. Namun demikian, serap air tertinggi yang diperoleh masih memenuhi syarat untuk bata beton berlubang dengan tingkat mutu I yaitu 9,39%.

Hasil penelitian serap air bata beton berlubang menggunakan pecahan keramik bila dibandingkan dengan bata beton berlubang menggunakan bahan ikat lain dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut ini:



Gambar 4.7 Hubungan Serap Air Dengan Bahan Ikat Pada Bata Beton Berlubang Keramik Menggunakan Bahan Ikat Pc Dan Bata Beton Berlubang Menggunakan Bahan Ikat Kapur + *Fly Ash* (Mustain.2006) Serta Bata Beton Berlubang Menggunakan Bahan Ikat Pc (Prakoso.J 2006)

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa bata beton berlubang menggunakan keramik dan penelitian Prakoso.J (2006) sama-sama mengalami kenaikan serap air seiring dengan peningkatan jumlah pasta. Hal ini sesuai dengan pendapat Troxell dalam Suroso (2002) bahwa semakin banyak jumlah pasta, maka kerusakan yang terjadi akibat pemanasan semakin besar sehingga beton menjadi lebih porous dan serapan air semakin besar. Penelitian Prakoso.J (2006) Pada bata beton berlubang menggunakan bahan ikat semen mencapai serap air 11.69 %, sedang bata beton keramik menggunakan bahan ikat semen memiliki nilai serap air hingga 9.39%.

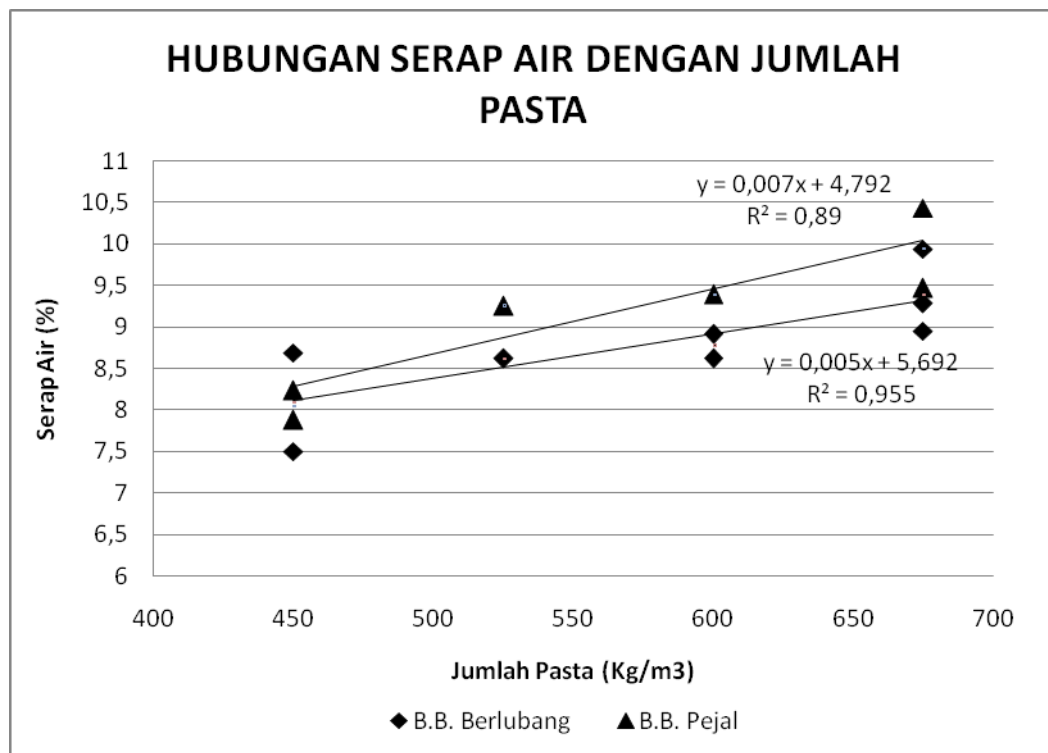
Berdasarkan Gambar 4.7 pada penelitian Mustain (2006) Bata beton dengan *fly ash* sebagai bahan ikat tambahan menjadi pasta saat bereaksi dengan semen dan air, dimana kandungan *fly ash* semakin meningkat jumlahnya pada tiap variasi, yaitu 254 Kg/m³, 269.7 Kg/m³, 285 Kg/m³, 299.9 Kg/m³, 328.6 Kg/m³

Pada penelitian Mustain (2006) menunjukkan keadaan yang tidak sesuai dengan teori yang dikeluarkan oleh Troxell, bahwa semakin banyak jumlah pasta dalam beton, maka nilai serap air akan semakin meningkat pula. Kondisi yang membuat hasil penelitian ini berbeda adalah karena penambahan *fly ash* dengan konsentrasi yang terlalu tinggi. Menurut Tjokrodinuljo, K (2007:55) keefektifan *fly ash* sebagai pengganti semen hanya terbatas sampai 35% berat semen.

Berdasarkan teori tersebut maka Mustain (2006) menyatakan bahwa ada batasan yang memungkinkan kombinasi antara *fly ash* dengan kapur sebagai bahan ikat. Hal ini berarti sebagian dari *fly ash* yang tidak lagi efektif sebagai bahan ikat, akan tetapi lebih cenderung sebagai bahan pengisi, karena kedudukannya sebagai bahan pengisi maka ia tidak berpengaruh ketika dipanaskan dalam oven, meskipun pasta telah mengalami kerusakan.

Fly ash mempunyai butiran yang lebih kecil daripada semen, hal ini memungkinkan *fly ash* mengisi rongga-rongga yang terdapat diantara butiran pasir, sehingga volume bata beton berlubang menjadi lebih padat. Hal ini lah yang menyebabkan serap air menurun walaupun jumlah pasta meningkat.

Hasil pengujian serap air bata beton berlubang menggunakan keramik bila dibandingkan dengan bata beton pejal dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut ini:



Gambar 4.8 Hubungan Serap Air Dengan Jumlah Pasta Pada Bata Beton Berlubang dan Bata Beton Pejal Keramik

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa pada jumlah pasta yang sama bata beton pejal memiliki serap air yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan bata beton berlubang. Serap air maksimal pada bata beton pejal sebesar 9,95% sedangkan bata beton berlubang 9,39%.

4.6 Analisis Ekonomi Bata Beton Keramik

Analisis ekonomi dari bata beton berlubang dengan pecahan keramik sebagai agregat kasar memiliki nilai ekonomi yang baik, selain harga murah bata beton keramik memiliki kuat tekan yang baik dibanding dengan bata beton biasa.

Keekonomisan yang didapat adalah dari bahan pecahan keramik yang

digunakan sebagai agregat kasar dalam pembuatan bata beton berlubang. Pecahan keramik diambil dari limbah yang berada di sekitar kampus peneliti, sehingga dapat memberi keuntungan dalam penghematan adukan. Penghematan adukan yang dimaksudkan adalah dengan adanya tambahan pecahan keramik sebagai agregat kasar dalam pembuatan bata beton berlubang mengurangi kebutuhan bahan pasir dan semen.

Bata beton dengan campuran keramik memiliki kualitas yang cukup baik. Kuat tekan bata beton keramik dapat bersaing baik dengan bata beton biasa. Pada variasi jumlah semen 400 kg/m^3 mencapai kuat tekan rata-rata 18,776 MPa yang menurut Standar SK SNI-04-1989-F masuk pada mutu I. Keekonomisan bata beton keramik cukup baik di banding bata beton berlubang biasa.

Analisis biaya pembuatan bata beton berlubang dengan tambahan pecahan keramik sebagai agregat kasar dan pembuatan bata beton biasa adalah sebagai berikut:

1. Biaya Pembuatan Bata Beton Biasa

$$\text{BJ semen} = 3,15$$

$$\text{BJ pasir} = 2,6$$

Dengan perbandingan campuran 1 : 10 dapat diketahui

$$\text{Isi padat 1 ton semen} = \frac{1}{3,15} = 0,318 \text{ m}^3$$

$$\text{Isi padat 10 ton pasir} = \frac{10}{2,6} = 3,85 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Fas} &= 0,5 \times 1 = 0,5 + \\ &= 4,668 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk 1 m³ batako dibutuhkan

a. Semen

$$\text{Semen} = \frac{1}{4,668} \times 1 = 0,214 \text{ ton} = 214 \text{ kg}$$

Harga 1 zak semen portland merk Semen Gresik Tipe 1 kemasan 50 kg adalah Rp. 51.500,- (Data diperoleh pada tahun 2009)

b. Pasir

$$\text{Pasir} = \frac{1}{4,668} \times 10 = 2,14 \text{ ton} = 2140 \text{ kg}$$

Harga 1 kg pasir adalah Rp. 114,- (Data diperoleh pada tahun 2009)

Jadi analisis biaya per-1 m³ bata beton biasa adalah :

a. Semen = 214 kg (4,28 zak)

$$\text{Harag } 4,28 \text{ zak} \times \text{Rp. } 51.500; = \text{Rp. } 220.420,-$$

b. Pasir = 2140 kg

$$\text{Harga } 2140 \text{ kg} \times \text{Rp. } 114; = \text{Rp. } 243.960,- +$$

$$\text{Harga per-1 m}^3 \text{ bata beton biasa} = \text{Rp. } 464.380,-$$

2. Biaya Pembuatan Bata Beton Keramik

a. Pecahan Keramik

$$1 \text{ m}^3 \text{ Pecahan keramik} = 734.23 \text{ Kg}$$

$$1 \text{ keramik} = 1,41 \text{ Kg}$$

$$\text{Untuk } 1 \text{ m}^3 \text{ pecahan keramik dibutuhkan} = \frac{734.23}{1.41} = 520.73 \text{ buah}$$

1 buah keramik limbah harganya Rp. 50

Jam kerja = 7 jam

1 tenaga kerja dapat memecah keramik 280 buah/ hari atau $\frac{280}{521} = 0,54 \text{ m}^3$

Dengan upah Rp. 37.500,-

Jadi harga pecahan keramik = $(280 \times 50) + \frac{37500}{0,54} = \text{Rp } 83.776,79$

b. Semen

Harga 1 zak semen portland merk Semen Gresik Tipe 1 kemasan 50 kg adalah Rp. 51.500,-

Kebutuhan semen 219 Kg (4.38 zak)

Jadi jumlah kebutuhan semen = $4.38 \times \text{Rp. } 51.500,- = \text{Rp. } 225.570,-$

c. Pasir

Harga 1 kg pasir = Rp. 114,-

Kebutuhan pasir 395,35 Kg

Jadi jumlah kebutuhan pasir = $395,35 \text{ Kg} \times \text{Rp. } 114 = \text{Rp. } 45.069,9$

Analisis biaya per-m³ bata beton keramik adalah :

Keramik = Rp. 83.776,79

Semen = Rp. 225.570,00

Pasir = Rp. 45.069,90 +
Rp. 354.416,70

Dari analisis biaya di atas dapat disimpulkan bahwa bata beton dengan agregat pecahan keramik memiliki kuat tekan dan nilai keekonomisan yang lebih baik dari bata beton biasa. Dari hasil penelitian ini, keramik bisa direkomendasikan sebagai agregat kasar pada pembuatan beton ringan seperti bata beton berlubang.

4.7 Hubungan Penelitian Bata Beton Keramik Dengan Dunia

Pendidikan di SMK

Perkembangan dan perubahan selalu terjadi dalam kehidupan bermasyarakat, berbangsa, dan bernegara khususnya dunia pendidikan. Salah satu persoalan pendidikan yang dihadapi bangsa Indonesia adalah rendahnya mutu pendidikan pada setiap jenjang dan satuan, khususnya pendidikan menengah dan kejuruan. Berbagai upaya untuk meningkatkan mutu pendidikan tersebut telah dan terus dilakukan, mulai dari berbagai pelatihan untuk meningkatkan kualitas guru, penyempurnaan kurikulum, perbaikan sarana dan prasarana pendidikan sampai dengan peningkatan mutu manajemen sekolah. Pendidikan diharapkan mampu mempengaruhi seseorang untuk mempelajari ilmu pengetahuan dan keterampilan baru, manusia dituntut untuk lebih maju dan berkembang dengan mampu menciptakan pengetahuan baru melalui penelitian-penelitian yang dapat menambah pengetahuan dalam dunia pendidikan.

Penelitian dalam dunia pendidikan khususnya bidang teknologi beton menjadi salah satu hal yang menarik untuk dikembangkan. Para peneliti tidak pernah berhenti untuk melakukan inovasi-inovasi baru, contoh yang banyak dilakukan adalah dengan memanfaatkan bahan-bahan limbah yang ada dilingkungan sekitar. Dalam penelitian ini peneliti memanfaatkan limbah pecahan keramik sebagai agregat kasar dalam pembuatan bata beton berlubang.

Dalam bidang pendidikan, penelitian ini merupakan pengetahuan baru bagi siswa yang duduk di bangku Sekolah Menengah Kejuruan khususnya jurusan Teknik Bangunan. Salah satu standar kompetensi yang diajarkan di SMK adalah

Menghitung Campuran Beton yang didalamnya berisi beberapa kompetensi dasar mengenai konstruksi beton, diantaranya definisi dan pengertian beton, bahan-bahan dan alat konstruksi beton, susunan beton dan memahami sifat-sifat dan kekuatan beton.

Penelitian bata beton berlubang dengan menggunakan pecahan keramik sebagai agregat kasar merupakan pengetahuan baru untuk standar kompetensi Menghitung Campuran Beton. Adapun tinjauan dalam penelitian ini yaitu menghitung rancangan adukan bata beton, memahami sifat-sifat bata beton keramik yaitu kuat tekan dan serapan airnya, menghitung anggaran biaya untuk per- m^3 adukan bata beton. Tinjauan dalam penelitian ini berkaitan dengan kompetensi dasar yang diajarkan di bangku Sekolah Menengah Kejuruan jurusan Teknik Bangunan. Siswa dapat mengetahui seberapa besar kuat tekan dan serapan air bata beton keramik dibandingkan dengan bata beton biasa, selain itu siswa dapat mengetahui sifat-sifat bahan susun bata beton keramik, dari berat jenis dan gradasi agregat halus (pasir), berat jenis, gradasi dan serapan air keramik sebagai agregat kasarnya.

Peneliti melakukan pengujian bahan terlebih dahulu untuk mengetahui sifat-sifat bahan susun bata beton keramik, dari berat jenis pasir dan keramik, peneliti dapat menghitung rancangan adukan yang dibutuhkan untuk membuat $1m^3$ adukan bata beton keramik. Setelah pengujian bahan peneliti melakukan pembuatan benda uji, dari pengecoran sampai dengan perawatan benda uji. Pengujian kuat tekan dan serapan air dilakukan pada benda uji setelah berumur 28 hari. Berdasarkan rancangan adukan beton kita dapat menghitung anggaran biaya

untuk tiap m^3 adukan bata beton keramik, dari sini kita dapat mengetahui nilai ekonomis bata beton keramik dibanding bata beton biasa.

Dari uraian tersebut siswa diharapkan dapat memperoleh pengetahuan baru tentang bata beton keramik. Pengetahuan baru mengenai pembuatan bata beton berlubang dengan pecahan keramik sebagai agregat kasar dapat dimasukkan dalam kompetensi dasar konstruksi beton, karena dalam penelitian ini menyangkut beberapa aspek yang terkandung dalam materi pembelajaran konstruksi beton. Untuk lebih lengkapnya mengetahui kompetensi dasar konstruksi beton di SMK Bangunan dapat dilihat dalam silabus pada lampiran 9.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan, mulai dari uji bahan sampai uji kuat tekan bata beton berlubang serta dari hasil pengolahan data, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pecahan keramik dapat digolongkan kedalam jenis agregat ringan, karena mempunyai berat jenis 1,84 dan mempunyai kadar air 11% sehingga memenuhi syarat untuk pengganti agregat kasar dalam pembuatan bata beton berlubang.
2. Semakin banyak jumlah semen dan makin sedikit pecahan keramik dalam proporsi campuran bata beton berlubang diperoleh kuat tekan yang semakin tinggi. Kuat tekan tertinggi terdapat pada jumlah semen 400 Kg/m³ yaitu sebesar 18.766 MPa, namun demikian pada perbandingan jumlah semen 450 Kg/m³ mengalami penurunan kuat tekan yaitu sebesar 17.87 Mpa.
3. Semakin banyak jumlah pasta semen dan makin sedikit pecahan keramik dalam proporsi campuran bata beton berlubang diperoleh serap air yang semakin tinggi. Serap air terendah terdapat pada jumlah pasta semen 450 Kg/m³ yaitu sebesar 8,09 % dan serap air tertinggi pada jumlah pasta 675 Kg/m³ sebesar 9,39%.

4. Ditinjau dari kuat tekan dan nilai serap airnya, Bata Beton Berlubang menggunakan pecahan keramik masuk dalam kategori Bata Beton Berlubang mutu I, sehingga bisa digunakan sebagai bahan bangunan non struktur.
5. Ditinjau dari analisis ekonomi penggunaan pecahan keramik dalam pembuatan Bata Beton Berlubang mempunyai nilai ekonomis yang lebih tinggi dibandingkan dengan Batako pada umumnya yaitu sebesar Rp 354.416,70 per m³, sedangkan batako biasa Rp 464.380,-

5.2 Saran

Dari kesimpulan diatas penulis mempunyai saran sebagai berikut:

1. Ditinjau dari sifat-sifat agregat pecahan keramik dan hasil pengujian kuat tekan Bata Beton Berlubang maka pecahan keramik dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar dalam pembuatan Bata Beton Berlubang, oleh karena itu peneliti mengharapkan kepada masyarakat yang memiliki limbah pecahan keramik untuk dimanfaatkan dalam pembuatan beton non struktur.
2. Peneliti menyadari adanya keterbatasan pada penelitian ini, maka peneliti mengharapkan agar dilakukan penelitian lebih lanjut terutama pengaruh kandungan kimia pada pecahan keramik terhadap sifat-sifat beton non struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.1989. *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam) (SK SNI S-04-1989-F)*. Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan. Bandung
- Dian,M.2007. *Pengaruh Penambahan Trus Muria Terhadap Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Bata Beton Berlubang*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang
- Frik,H dan Ch. Koemartadi.1999.*Ilmu Bahan Bangunan*.Jakarta.
- Kusumarhani.2008.*Pemanfaatan Limbah tempurung kelapa sawit sebagai bahan pembuatan batako*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang
- Mukomoko,JA.1985.*Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan*. Jakarta.
- Mustain.2006.*Uji Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Bata Beton Berlubang Dengan Bahan Ikut Kapur Dan Abu Layang*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang
- Nanang.2004 *Bata Beton Pejal Aplikasi Beton Non Pasir Ditinjau Dari Kuat Tekan Dan Biaya Pembuatan*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang
- Prakoso,Joko.2006.*Pengaruh Penambahan Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Bata Beton Berlubang*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang
- Sugiharti (2003) *Pengaruh Pemakaian Pecahan Genteng Terhadap Sifat-Sifat Bata Beton Pejal*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang
- Suprpto, Hengky.2003. *Kuat Tekan Bata Beton Non-Pasir Dengan Agregat Kasar Pecahan Batu Padas*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang
- Sutiyono.2003.*Bata Beton Pejal Dengan Variasi Perbandingan Agregat Dan Semen Ditinjau Dari Kuat Tekan Dan Biaya Pembuatannya*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Tjokrodinuljo,K.2007.*Teknologi Beton*.Yogyakarta: KMTS FT UGM.

Wulan,D.2007. *Pengaruh Penambahan Trus Muria Terhadap Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Bata Beton Pejal*. Skripsi. Semarang : Universitas Negeri Semarang



LAMPIRAN 1



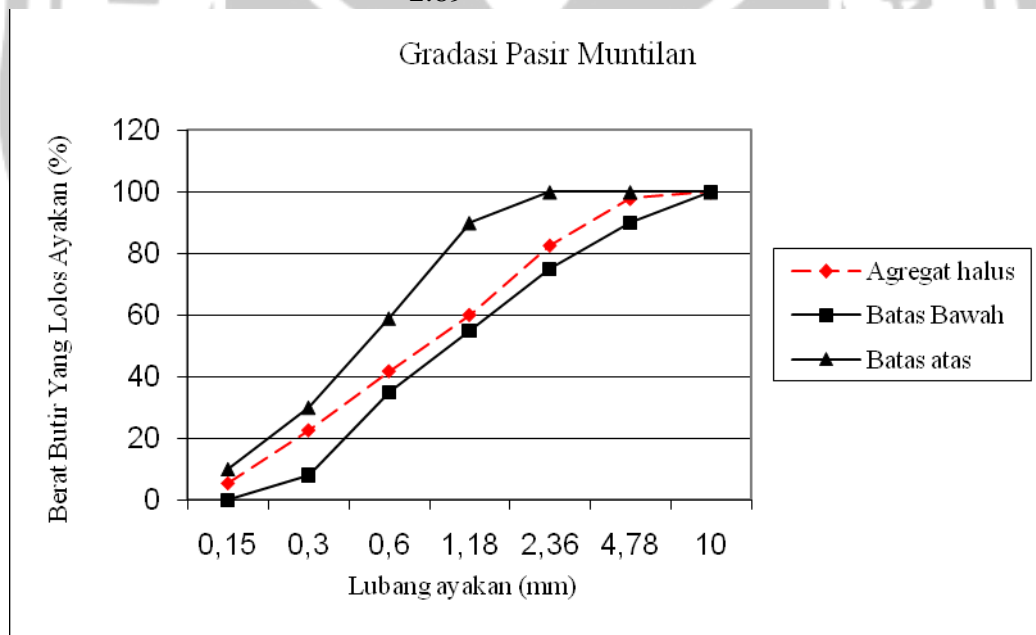
LABORATORIUM BAHAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Gd.E4 Lt.1 Kampus Sekaran, Gunung Pati, Semarang
50229

Hasil Pengujian Gradasi Pasir

Lubang ayakan (mm)	Berat tertahan (gram)	Persentase berat tertahan (%)	Berat kom tertahan (%)	Berat komulatif lolos (%)
10	0	0	0	100
4.8	21.3	2.13	2.13	97.87
2.4	151.4	15.14	17.27	82.73
1.2	225.1	22.51	39.78	60.22
0.6	182.8	18.28	58.06	41.94
0.3	191.7	19.17	77.23	22.77
0.15	172.2	17.22	94.45	5.55
sisa	55.5	5.55		
Jumlah	1000	100	288.92	

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = 288,92 / 100$$

$$= 2.89$$



LAMPIRAN 2

Gambar 4.1 Grafik Gradasi Pasir Muntilan
Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

No	Uraian	Sat	Hasil	
			1	2
1	No cawan		1	2
2	Berat sampel jenuh permukaan (SSD)	gram	500	500
3	Berat sampel kering oven	gram	492	493
4	Berat labu ukur + air	gram	1185	1185
5	Berat labu ukur + berat (SSD) + Air	gram	1496	1495
6	Berat jenis (bulk)		2.60	2.59
7	Berat jenis (SSD)		2.65	2.63
8	Berat jenis semu		2.72	2.69
9	Penyerapan		1.63	1.42
Berat jenis rata-rata			2.60	

Bulk Specific Gravity	$= \frac{Bk}{B + 500 - Bt}$
Bulk Sesific Gravity (SSD)	$= \frac{500}{B + 500 - Bt}$
Apparent specific Gravity	$= \frac{Bk}{B + Bk - Bt}$
Absorption (penyerapan)	$= \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100 \%$

Dimana :

Bt = Berat piknometer berisi pasir dan air

Bk = Berat pasir setelah kering oven

B = Berat piknometer berisi air

500 = Berat pasir dalam keadaan kering permukaan

PERPUSTAKAAN
UNNES



**LABORATORIUM BAHAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Gd. E4 Lt. 1 Kampus Sekaran, Gunung Pati, Semarang
50229**

Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Keramik

Pengertian	Berat Sampel (gr)		Rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
Bk	4989	4984	
Bj	5543	5539	
Ba	2832	2820	
BJ	1,840	1,833	1,837

$$Bj = \frac{Bk}{Bj - Ba}$$

Dimana :

Bk = Berat keramik kering oven

Bj = Berat keramik dalam keadaan permukaan jenuh

Ba = Berat keramik dalam keranjang air

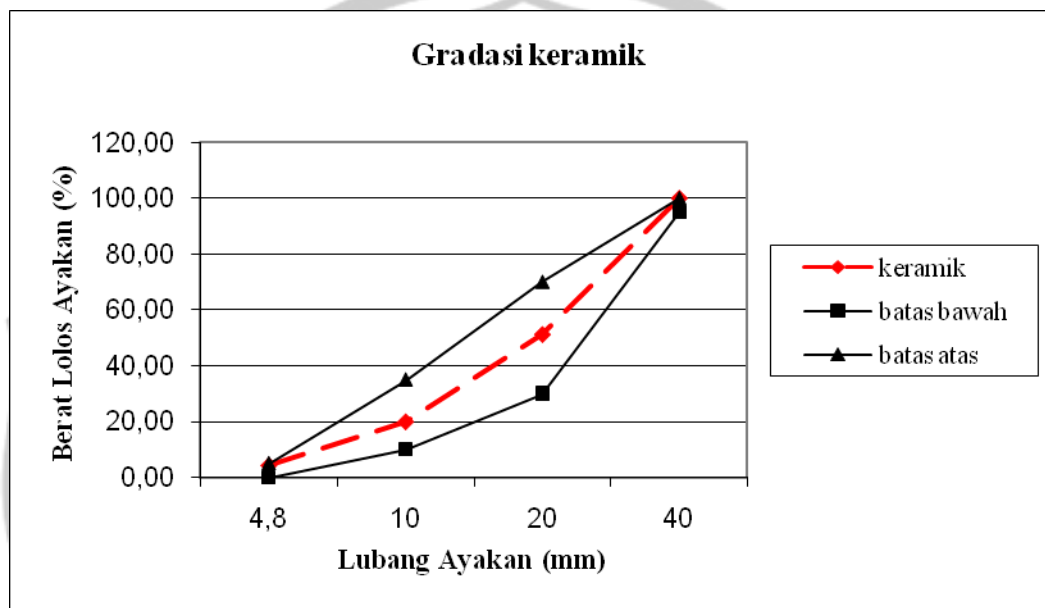
Tabel Analisis Gradasi Keramik

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Berat Tertahan (%)	Berat Tertahan Kom (%)	Berat Lolos Kom (%)
40	0	0	0	100,00
20	2435,50	48,71	48,71	51,29
10	1561,00	31,22	79,93	20,07
4,8	780,00	15,60	95,53	4,47
2,4	223,50	4,47	100,00	0,00
1,2	0,00	0,00	100,00	0,00
0,6	0,00	0,00	100,00	0,00
0,3	0,00	0,00	100,00	0,00
0,15	0,00	0,00	100,00	0,00
Jumlah	5000,00	100,00	724,17	0,00

Modulus Halus Butir (MHB) = $724,17 / 100 = 7,24$

Tabel 2.4 Syarat Batas Gradasi Keramik

Lubang ayakan (mm)	Berat lolos Kom (%)	Berat Tembus Kumulatif (%)	
		Ukuran butir maksimal 40 mm	
		Batas Bawah	Batas Atas
40	100,00	95	100
20	51,29	30	70
10	20,07	10	35
4,8	4,47	0	5



Gambar 4.2 Grafik Gradasi Keramik

Hasil Uji Serap Air Keramik

Keterangan	Berat (gr)
Bk	4989
Bj	5543
Ba	2832
Serapa air (%)	11.1

$$\text{Serapan air} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$$



LABORATORIUM BAHAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Gd. E4 Lt. 1 Kampus Sekaran, Gunung Pati, Semarang
50229

Rancangan Adukan Bata Beton Berlubang

1. Ketentuan yang sudah ditentukan :

- a. Berat Semen :
 - 300 kg / m³
 - 350 kg / m³
 - 400 kg / m³
 - 450 kg / m³
- b. F.a.s 0.5

2. Berdasarkan hasil pengujian di peroleh :

- a. BJ Pasir 2.6
- b. BJ Keramik 1.84
- c. Perbandingan berat pasir dan keramik 35% : 65%

3. Menentukan Berat Beton:

- a. BJ agregat Campuran = (2,6 x 35 %) + (1,84 x 65%)= 2.106
- b. Kebutuhan Air
 - = 300 x 0,5 = 150 liter
 - 350 x 0,5 = 175 liter
 - 400 x 0,5 = 200 liter
 - 450 x 0,5 = 225 liter

4. Perkiraan berat Beton :

- W btn : W semen (1+ fas) + BJ agr.Camp [V - W semen (fas+0,3175)]
- a. 300 (1 + 0,5) + 2,106 [980 - 300 (0,5+0,3175)]
: 1997.38 kg / m³
 - b. 350 (1 + 0,5) + 2,106 [980 - 350 (0,5+0,3175)]

$$: 1986.30 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{c. } 400 (1 + 0,5) + 2,106 [980 - 400 (0,5+0,3175)]$$

$$: 1975.22 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{d. } 450 (1 + 0,5) + 2,106 [980 - 450 (0,5+0,3175)]$$

$$: 1964.14 \text{ kg / m}^3$$

5. Berat Agregat Campuran :

$$W \text{ agr. Camp} = W \text{ beton} - W \text{ air} - W \text{ semen}$$

$$\text{a. } 1997,38 - 150 - 300 = 1547.38 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{b. } 1986,30 - 175 - 350 = 1472.38 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{c. } 1975,22 - 200 - 400 = 1375.22 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{d. } 1964,14 - 225 - 450 = 1289.14 \text{ kg / m}^3$$

6. Berat Agregat halus :

$$W \text{ agr. Halus} = \% \text{ agregat halus} \times \text{berat agregat campuran}$$

$$\text{a. } 35\% \times 1547,38 = 541.58 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{b. } 35\% \times 1472,38 = 515.33 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{c. } 35\% \times 1375,22 = 481.33 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{d. } 35\% \times 1289,14 = 451.20 \text{ kg / m}^3$$

7. Berat Agregat Kasar :

$$W \text{ agr. Kasar} = \% \text{ agregat kasar} \times \text{berat agregat campuran}$$

$$1. 65\% \times 1547,38 = 1005.80 \text{ kg / m}^3$$

$$2. 65\% \times 1472,38 = 957.05 \text{ kg / m}^3$$

$$3. 65\% \times 1375,22 = 893.89 \text{ kg / m}^3$$

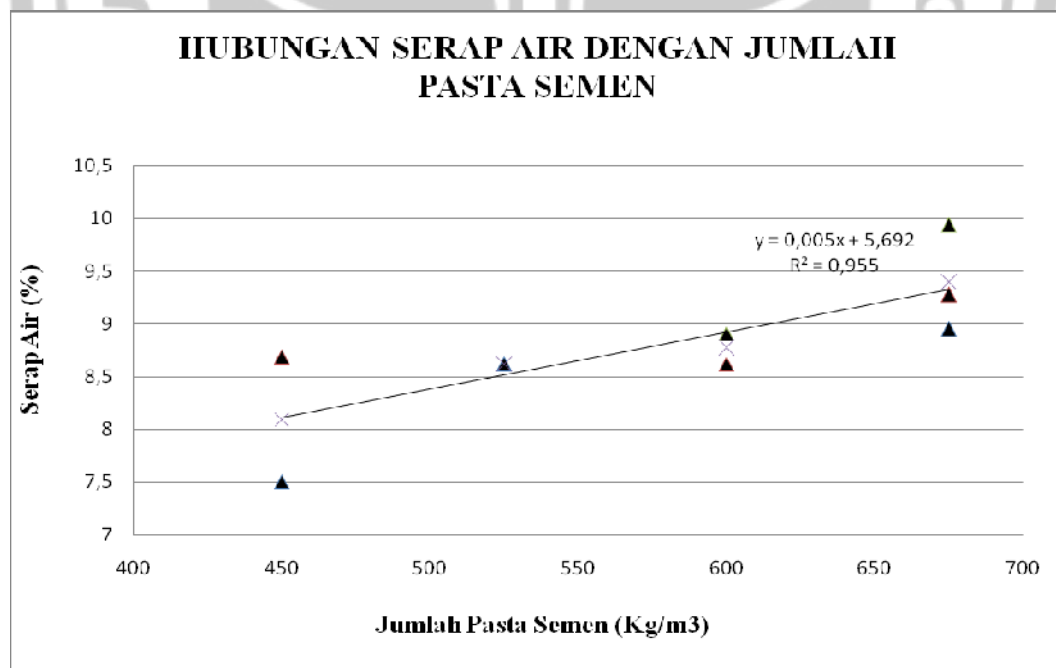
$$4. 65\% \times 1289,14 = 837.94 \text{ kg / m}^3$$

Rencana adukan bata beton berlubang (73% x Vol. beton pejal)

Volume	Berat (kg/m ³)	Air (lt)	Semen (kg)	Agr. Halus (kg)	Agr. Kasar (kg)
1 m ³ Pejal	1997.38	150	300	541.58	1005.8
	1986.30	175	350	515.33	957.05
	1975.22	200	400	481.33	893.89
	1964.14	225	450	451.2	837.94
1 m ³ Berlubang (73% x Pejal)	1458.09	109.50	219.00	395.35	734.23
	1450.00	127.75	255.50	376.19	698.65
	1441.91	146.00	292.00	351.37	652.54
	1433.82	164.25	328.50	329.38	611.70
1 batako (0,008 m ³)	15.98	1.2	2.4	4.33	8.05
	15.89	1.4	2.8	4.12	7.66
	15.80	1.6	3.2	3.85	7.15
	15.71	1.8	3.6	3.61	6.70
1 batako berlubang (73% x Pejal)	11.66	0.876	1.752	3.16	5.87
	11.60	1.022	2.044	3.01	5.59
	11.54	1.168	2.336	2.81	5.22
	11.47	1.314	2.628	2.64	4.89
8 benda uji	93.32	7.008	14.016	25.30	46.99
	92.80	8.18	16.35	24.08	44.71
	92.28	9.34	18.69	22.49	41.76
	91.76	10.512	21.024	21.08	39.15
Total		35.04	70.08	92.95	172.62
Dalam Pelaksanaan di tambah 5%		36.792	73.584	97.59	181.25

HASIL UJI SERAP AIR BATA BETON BERLUBANG

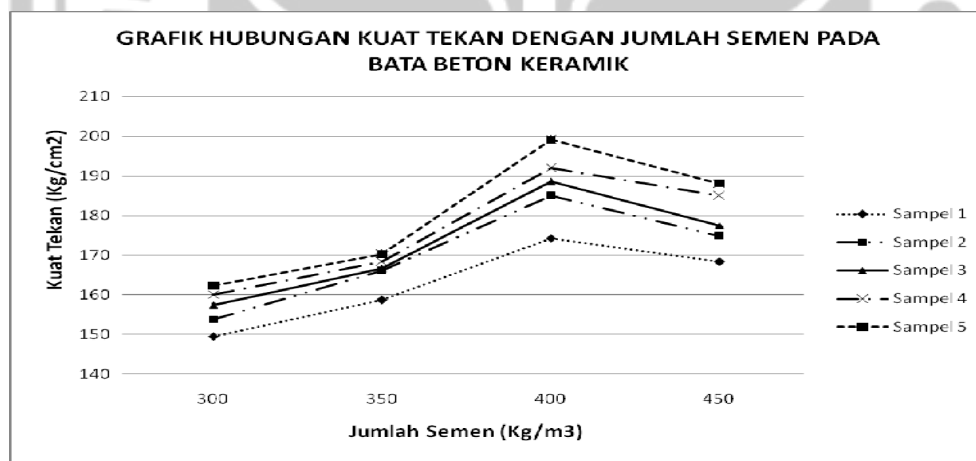
Pasta Semen (kg/m ³)	Kode Sampel	Nilai Serap Air Sebelum dan Sesudah perendaman		
		Berat Kering Oven (W1) (kg)	Berat Kering Udara (W2) Setelah Direndam 24 jam (kg)	Serapan Air (%)
450	A1	9.358	10.06	7.50
	A2	8.566	9.310	8.69
	A3	8.174	8.928	9.22
525	B1	9.926	10.782	8.62
	B2	8.815	9.642	9.38
	B3	8.980	9.848	9.67
600	C1	10.83	11.725	8.26
	C2	9.86	10.71	8.62
	C3	8.53	9.29	8.91
675	D1	8.572	9.339	8.95
	D2	9.423	10.297	9.28
	D3	9.367	10.298	9.94



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Serap Air Dengan Jumlah Pasta

HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BATA BETON BERLUBANG

Variasi Semen (kg/m ³)	Kode Sampel	Berat (kg)	Ukuran sisi (cm)			Luas Tamapang (cm ²)	Luas Lubang (cm ²)	Luas Tampang Bersih	Beban Tekan (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	σ rata-rata (kg/cm ²)	σ rata-rata (Mpa)
			P	L	T							
300	A1	8.39	39	10	19.5	390	108	282	42158.03	149.50	156.64	15.66
	A2	9.03	39.5	10	19.3	395	108	287	44158.03	153.86		
	A3	8.75	38	10	19.5	380	108	272	44158.03	162.35		
	A4	8.76	39	10	19.8	390	108	282	45158.03	160.13		
	A5	9.18	39.5	10	20	395	108	287	45158.03	157.35		
350	B1	8.51	38	10	19.8	380	108	272	43158.03	158.67	165.98	16.60
	B2	8.56	38	10	19.5	380	108	272	45158.03	166.02		
	B3	9.21	38.5	10	19.5	385	108	277	46158.03	166.64		
	B4	9.79	39	9.8	19	382.2	108	274.2	46158.03	168.34		
	B5	10.27	38.5	10	19.3	385	108	277	47158.03	170.25		
400	C1	8.74	39	10	19	390	108	282	49158.03	174.32	187.76	18.78
	C2	9.67	39	10	19	390	108	282	52158.03	184.96		
	C3	10.81	39	10	20	390	108	282	53158.03	188.50		
	C4	10.07	38.5	10	19.5	385	108	277	53158.03	191.91		
	C5	9.93	38	10	20	380	108	272	54158.03	199.11		
450	D1	10.22	40	10	19.5	400	108	292	49158.03	168.35	178.72	17.87
	D2	9.88	38.5	10	19.5	385	108	277	49158.03	177.47		
	D3	10.51	39.5	10	19.5	395	108	287	50158.03	174.77		
	D4	10.02	40	9.5	19	380	108	272	51158.03	188.08		
	D5	11.28	39	10	19.5	390	108	282	52158.03	184.96		



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Jumlah Semen

Gradasi Campuran Untuk Agregat Butir Maksimum 40 mm (yang dipakai)

Ayakan (mm)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4	Pasir	Keramik	Campuran 0,35 : 0,65
40	100	100	100	100	100	100	100
20	50	59	67	75	100	51.290	68.34
10	36	44	52	60	100	20.070	48.05
4.8	24	32	40	47	97.87	4.470	37.16
2.4	18	25	31	38	82.73	0.000	28.96
1.2	12	17	24	30	60.22	0.000	21.08
0.6	7	12	17	23	41.94	0.000	14.68
0.3	3	7	11	15	22.77	0.000	7.97
0.15	0	0	2	5	5.55	0.000	1.94

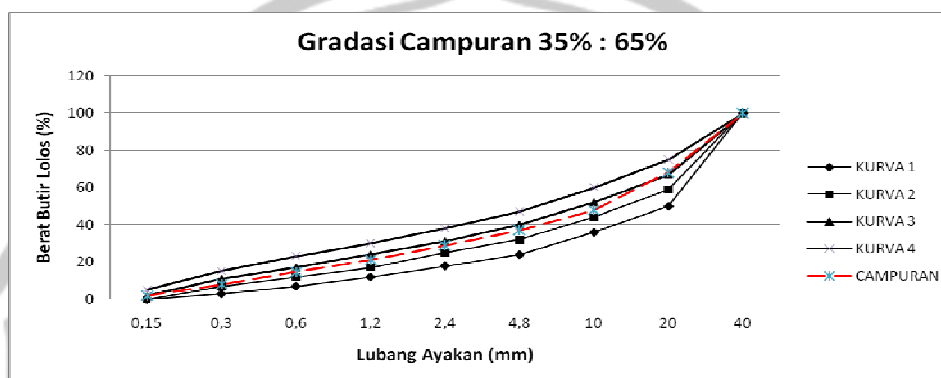


Foto-foto Proses Penelitian



Pencarian Limbah keramik



Pembuatan Cetakan



Pemecahan Keramik Secara Manual



Penimbangan Bahan



Proses Pengecoran dan Pemasakan



Bata Beton Sebelum di Uji



Perawatan Benda uji



Proses Pengujian Kuat Tekan