

Pengaruh Limbah Keramik Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Mutu Beton

Ahmad Syamsul Huda

Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Suprpto, S.Pd., MT.

Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Penelitian pengaruh limbah keramik sebagai pengganti agregat halus pada mutu beton ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kuat tekan beton normal yang terdiri dari air, semen, pasir dan kerikil dengan penambahan limbah keramik (LK). Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui mutu beton dengan campuran limbah keramik sebagai pengganti pasir, serta membuat campuran benda uji spesi kubus sebagai pengganti semen dengan agregat halus limbah keramik. LK terdiri dari silika & kapur yang terdapat juga pada bahan semen dan pasir.

Campuran beton yang dipakai dalam penelitian ini adalah campuran beton normal dengan perbandingan 1 semen : 1.83 pasir : 2.75 kerikil sebagai kontrol dan dilakukan penambahan limbah agregat halus keramik sebesar 6%, 9%, dan 12% sebagai pengganti pasir, sedangkan untuk pembuatan spesi kubus 5x5x5 dipakai campuran 1PC : 4 Ps dengan menambahkan limbah keramik sebagai pengganti semen memakai variasi yang sama yakni 6%, 9% dan 12%. Tes kekuatan pada benda uji silinder beton dengan menggunakan limbah keramik sebagai pengganti pasir dilakukan pada umur 7, 14, 21 & 28. Sedangkan tes kekuatan benda uji spesi kubus dengan menggunakan campuran limbah keramik sebagai pengganti semen dilakukan pada umur 14 hari untuk mengetahui mutunya.

Hasil dari kuat tekan beton dengan campuran 6% limbah keramik sebagai pengganti pasir mempunyai kenaikan mutu beton sebesar 9.66% dari beton normal. Beton dengan campuran 9% limbah keramik sebagai pengganti pasir mempunyai kenaikan mutu beton sebesar 11.66% dari beton normal, sedangkan mutu beton dengan campuran 12% limbah keramik sebagai pengganti pasir mempunyai kenaikan mutu beton sebesar 8.89% dari beton normal. Hasil dari pengujian kuat tekan campuran limbah keramik sebagai pengganti semen mengalami peningkatan sebesar 27.876 kN pada variasi 12 % penambahan LK.

Kata Kunci : Limbah keramik, Pasir, Semen.

Abstract

Study the influence of ceramic waste as fine aggregate replacement in concrete quality is aimed to determine differences in the compressive strength of normal concrete consisting of water, cement, sand and gravel with the addition of ceramic waste. Ceramic waste itself has a chemical compound similar to the silica sand cement and lime. This study also aims to determine the quality of concrete with ceramic waste mixture as a partial replacement of sand, and make a mixture of species specimen cubes as partial replacement of cement with fine aggregate ceramic waste.

Concrete mixtures used in this study is a mixture of normal concrete with cement ratio of 1: 1.83 sand: gravel 2.75 as control and the addition of fine ceramic waste aggregate of 6%, 9%, and 12% as a substitute for sand, whereas for species making a 5x5x5 cube 1PC mix used: 4 Ps by adding ceramic waste as cement replacement using variations of 6%, 9% and 12%. Strength tests on concrete cylindrical specimens using ceramic waste as a substitute for sand was performed at 7, 14, 21 & 28. While the power of the test specimen using a mixture of species cube ceramic waste as cement replacement is done at the age of 14 days to determine its quality.

The results of the compressive strength of concrete with ceramic waste mixture 6% instead of sand have the quality of concrete increase of 9.66% of normal concrete. Concrete with ceramic waste mixture 9% sand instead of concrete quality has increase 11.66% of normal concrete, while the quality of concrete with ceramic waste mixture of 12% sand instead of concrete quality has increase by 8.89% of normal concrete. Results of compressive strength testing mixtures of ceramic waste as a substitute for cement has increased by 27 876 kN on the variation of 12% addition of ceramic waste.

Keywords : Waste ceramics, Sand, Cement.

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton seiring dengan perkembangannya dalam hal konstruksi bangunan sering digunakan sebagai bahan struktur dan dapat digunakan untuk hal yang lainnya. Banyak hal yang dapat dilakukan dengan beton dalam bangunan, contohnya dalam struktur beton yang terdiri dari balok, kolom, pondasi atau pelat.

Beton didefinisikan sebagai sebuah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil/batu disebut pecah), semen, air, dan bahan tambahan lain (*admixtures*) bila diperlukan dan telah mengeras. Bila campuran beton belum mengeras (plastis), bahan tersebut disebut spesi beton. Agar beton dapat menahan gaya tarik, maka di dalam beton diberi besi tulangan dan biasa disebut beton bertulang.

Bahan tambahan saat ini banyak digunakan kedalam campuran beton dengan berbagai tujuan, baik yang berbentuk organik dan non organik. Cara pemakaiannya pun berbeda-beda, sebagai bahan pengganti sebaiaian semen atau sebagai tambahan pada campuran untuk mengurangi pemakaian agregat. Mineral pembantu yang digunakan umumnya mempunyai komponen aktif yang bersifat pozzolanik (disebut juga material *pozzolan*), yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas (Kalsium Hidroksida) yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan adanya air.

Berbagai penelitian dan percobaan di bidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambah. Dari beberapa bahan tambah yang ada diantaranya adalah bubuk limbah kaca, abu gunung bromo, dan lain-lain. Bubuk limbah keramik adalah serpihan limbah keramik yang dihancurkan dan biasa digunakan untuk campuran pembuatan keramik di pabrik keramik. Bubuk keramik ini berupa butiran halus dengan ukuran butiran 0,075 mm - 0,15 mm.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah:

1. Bagaimana pengaruh bahan pengganti agregat halus limbah keramik terhadap kuat tekan beton?

2. Berapa komposisi agregat halus limbah keramik pada beton sehingga kuat tekan yang dihasilkan optimal?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Mengetahui pengaruh penambahan limbah keramik terhadap kekuatan beton.
2. Mengetahui komposisi bahan pengganti agregat halus limbah keramik sehingga menghasilkan kuat tekan beton yang optimal.
3. Mengetahui kuat tekan beton dengan campuran limbah agregat halus keramik sebagai pengganti agregat halus pasir.

D. Batasan Masalah

Agar memudahkan analisis dan pembahasan masalah, maka peneliti membatasi ruang lingkup permasalahan sebagai berikut :

1. Mutu beton yang dipakai acuan sebagai dalam penelitian ini adalah $f_c' 20 \text{ MPa}$
2. Pengujian hanya berdasarkan pada kuat tekan pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari
3. Keramik yang digunakan adalah jenis keramik lantai dan dinding dari limbah berangkal pemasangan keramik apartement Via & Vue Ciputra World Surabaya.
4. Pengujian pada beton keras dilakukan terbatas pada penimbangan beton dan pengujian kuat tekan beton di usia 7, 14, 21, dan 28 hari dengan menggunakan *Compresion test*.
5. Standar pengujian yang dipakai adalah SK SNI 2002.
6. Pengujian ini menggunakan varian 0%,6%,9%,12% untuk pengganti sebaiaian agregat halus pasir dengan agregat halus limbah keramik. Komposisi didapat dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan agar didapat hasil yang lebih baik.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti
Hasil penelitian ini dapat dipergunakan untuk menerapkan Ilmu Pengetahuan yang diperoleh dalam perkuliahan dan menambah pengalaman serta menambah wawasan dalam bidang penelitian ilmiah.

2. Bagi Industri
Memberikan alternatif penggunaan agregat halus dari limbah keramik sebagai bahan pengganti pasir dalam pembuatan beton.
3. Bagi akademis
Hasil penelitian ini dapat menambah pembendaharaan perpustakaan sehingga dapat diperluas ilmu pengetahuan khususnya dibidang teknologi bahan sekaligus sebagai bahan informasi untuk diteliti lebih lanjut.
4. Bagi Lingkungan
Mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan akibat dari bertambahnya limbah keramik yang banyak jumlahnya.

METODE

A. Jenis/Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian pengaruh limbah keramik sebagai pengganti agregat halus terhadap mutu beton ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen merupakan suatu penelitian yang dengan sengaja peneliti membangkitkan timbulnya suatu kejadian atau keadaan yang kemudian diteliti bagaimana akibatnya.

Proses eksperimen pada penelitian pengaruh limbah keramik sebagai pengganti agregat halus terhadap mutu beton adalah dengan membuat komposisi campuran beton dengan menggunakan tambahan limbah keramik sebagai pengganti sebagian agregat halus pada pembuatan beton sebagai kelompok eksperimen.

B. Teknik Pengumpulan Data

Hal yang terpenting dalam menyelesaikan penelitian pengaruh limbah keramik sebagai pengganti agregat halus terhadap mutu beton adalah pengumpulan data untuk mendukung data-data yang disusun. Data-data didapatkan dengan bermacam-macam cara, metode tersebut antara lain adalah:

1. Studi Literatur
Studi ini didapat dari buku-buku dan kepustakaan lain, baik berupa jurnal maupun artikel tentang agregat halus yang dapat digunakan sebagai referensi atau bahan acuan sebagai penunjang dalam penelitian tentang beton, sehingga dapat diperoleh suatu kesimpulan. Studi literatur meliputi pencarian data-data di perpustakaan, artikel ilmiah, internet dan dari pengembangan skripsi sebelumnya.
2. Eksperimen
Eksperimen dilakukan dengan melakukan percobaan dan pengujian pada benda uji.

Pengujian tersebut meliputi pengujian yang dilakukan setelah benda uji beton silinder siap. Pengujian dari kuat tekan beton akan didapatkan data-data, baik berupa grafik maupun tabel yang menunjukkan kualitas beton. Detail dari eksperimen di Laboratorium meliputi :

- a. Pengambilan sampel limbah keramik dari lokasi
- b. Pengolahan limbah keramik menjadi bubuk dengan cara digiling dengan mesin Los Angeles sampai menjadi agregat halus limbah keramik sesuai dengan syarat PBB1 1971 yaitu :
 - Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat
 - Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat
 - Sisa diatas ayakan 0.25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat
- c. Pembuatan benda uji silinder beton dengan variasi tertentu
- d. Pengujian benda uji di laboratorium
- e. Pengambilan dan pengolahan data pengujian beton silinder

C. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan cara menguji benda uji. Beton dibuat dengan cara memperhatikan peraturan-peraturan yang berlaku kemudian diuji sehingga didapatkan kualitas dari beton tersebut. Adapun tahapan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Lokasi Penelitian
Lokasi pembuatan dan pengujian benda uji dilakukan di labaratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
2. Pemilihan Bahan yang digunakan dalam penelitian
 - a. Semen
Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen jenis Portland merk SEMEN GRESIK type 1, jenis semen ini sering digunakan dalam konstruksi beton secara umum sehingga pada jenis ini tidak memerlukan sifat khusus.
 - b. Pasir
Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir alami atau pasir buatan yang terbentuk dari pecahan batu gunung dengan kehalusan butir lolos saringan 4.8 (5.0) mm serta sesuai yang disyaratkan dalam SNI.
 - c. Kerikil

Kerikil yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil yang dihasilkan dari desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu. Agregat kerikil ini halus sesuai dengan yang disyaratkan dalam SNI yakni agregat dengan besar butir dari 5 mm, terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori, tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, dll.

d. Agregat Halus Limbah Keramik

Limbah keramik yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah sisa potongan keramik dari pembangunan proyek apartemen Via & Vue Ciputra World Surabaya. Limbah keramik ini berbentuk potongan-potongan berbagai ukuran karena sisa dari pemasangan keramik lantai & dinding. Untuk menghasilkan agregat halus limbah keramik maka harus melalui proses terlebih dahulu yakni :

- Limbah keramik yang telah di ambil dari lokasi proyek di pecahi menjadi bentuk kecil-kecil
- Limbah keramik yang telah menjadi bentuk kecil-kecil digiling dengan menggunakan mesin *Los Angeles* untuk menghasilkan agregat halus seperti pasir
- Limbah keramik yang telah di giling dengan mesin *Los Angeles* kemudian disaring dengan ayakan yang telah di tentukan dalam SNI yakni :
 - a) Sisa di atas ayakan 4 mm harus minimum 2% berat
 - b) Sisa di atas ayakan 1 mm harus minimum 10% berat
 - c) Sisa di atas ayakan 0.25 mm harus berkisar antara 80% dan 95% berat
- Limbah agregat halus keramik yang telah diayak dan sesuai persyaratan bisa digunakan sebagai campuran pengganti sebagian agregat halus pasir untuk beton

e. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air PDAM yang telah di sediakan di Lab Beton Jurusan Teknik Sipil Unesa.

3. Penyediaan / penyiapan alat yang di pakai.

a. Timbangan

Digunakan untuk menentukan beratnya agregat kasar, agregat halus, semen dan limbah keramik yang dibutuhkan untuk

pembuatan beton. Timbangan yang digunakan adalah kapasitas 1000 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1.

b. Gelas ukur

Digunakan untuk menentukan volume air dengan berat jenis 1 kg/ltr yang akan digunakan untuk pembuatan beton segar.

c. Molen beton

Digunakan untuk mengaduk bahan campuran beton segar agar homogen.

d. Cetakan benda uji silinder

Digunakan untuk membentuk campuran beton segar menjadi benda uji padat silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

e. *Slump cone*

Dengan alat ini dapat diketahui faktor air semen (FAS) dari campuran beton.

4. Pemeriksaan Bahan

a. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang ada di pasaran. Pengujian terhadap pasir antara lain berat jenis SSD, berat jenis kering oven, kadar penyerapan pasir, berat per volume pasir dan analisa ayakan. Pemeriksaan untuk pasir meliputi :

1). Berat Jenis SSD

Pemeriksaan berat jenis SSD ini dengan cara mengeringkan pasir dalam oven pada suhu 110°, sampai berat tetap lalu rendam dalam air selama minimum 24 jam. Pasir ditebarkan diatas talam dengan cara dibolak-balikkan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh. kemudian pasir dimasukkan kedalam kerucut terpacung lalu pasir dipadatkan dengan cara ditumbuk menggunakan batang sebanyak 25 kali, keadaan permukaan kering jenuh tercapai bila pasir runtuh tetapi dalam keadaan tercetak. Pasir ditimbang 250 gram lalu dimasukkan ke picnometer 225 cc kemudian ditambah air sampai 90 % picnometer, diputar sambil diguncang hingga tidak terlihat gelembung didalamnya.

$$\text{Rumus berat jenis SSD} = \frac{250}{B + 250 - C}$$

Dimana : B = Berat picnometer + air suling

C = Berat picnometer + air + pasir

2). Berat Jenis Kering Oven

Langkah pemeriksaan berat jenis kering oven ini sama dengan berat jenis SSD lalu pasir dikeringkan lagi dalam oven dengan suhu 110° C sampai beratnya tetap kemudian didinginkan. Setelah dalam keadaan dingin ditimbang (A).

$$\text{Rumus Berat Jenis Oven} = \frac{A}{B-250-C}$$

Dimana :

A = Berat pasir kering oven

B = Berat picnometer + air suling

3). Kadar Penyerapan Pasir

Langkah pemeriksaan kadar penyerapan pasir sama dengan pemeriksaan berat jenis SSD terus dihitung dengan rumus :

$$\text{Penyerapan Pasir} = \frac{250-A}{A} \times 100\%$$

Dimana : A = Berat pasir kering oven

4). Berat Per Volume Pasir

Pemeriksaan ini dengan cara menimbang serta mencatat berat silinder kosong (W1), lalu pasir dimasukkan dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir dari ketinggian maksimum 10 cm (1/3 bagian silinder) diatas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh. Pasir diratakan dengan menggunakan mistar perata lalu pasir ditimbang dan dicatat berat wadah serta pasirnya (W2). Berat benda uji dihitung dengan cara $W2+W1 = W3$, lalu dihitung berat isinya dengan rumus :

$$\text{Berat Isi} = \frac{W3}{V}$$

Dimana : V = Volume takaran

5). Analisa Ayakan

Pemeriksaan ini dengan cara pasir dikeringkan dalam oven dengan suhu 110° C sampai beratnya tetap lalu pasir diayak menggunakan dengan ukuran yang paling besar sampai yang paling kecil yakni ukuran no. 4 (4.80 mm), 8 (2.40 mm), 16 (1.20 mm), 30 (0.60 mm), 50 (0.30 mm), 100 (0.15 mm).

b. Kerikil

Kerikil yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil yang ada

dipasaran. Pengujian terhadap kerikil antara lain berat jenis SSD, berat jenis kering oven, kadar penyerapan kerikil, berat per volume kerikil dan analisa ayakan.

c. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland jenis I yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik. Untuk semen tidak dilakukan penelitian secara khusus karena dianggap telah memenuhi SNI 15-7064-2004.

d. Agregat halus limbah keramik

Agregat halus limbah keramik yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah keramik yang diambil dari proyek Ciputra World Surabaya. Pengujian terhadap agregat halus limbah keramik antara lain berat jenis SSD, berat jenis kering oven, kadar penyerapan agregat halus limbah keramik, berat per volume agregat halus limbah keramik dan analisa ayakan.

e. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air tanah biasa dan tidak dilakukan penelitian khusus karena dianggap memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton.

5. Desain Mix

Desain Mix dalam pembuatan beton adalah semen, pasir, kerikil dan dilakukan pencampuran dengan agregat halus limbah keramik yang ditimbang berdasarkan berat pasir dengan perbandingan berat secara bertahap untuk komposisi berikutnya. Komposisi campuran dibuat dengan memperhatikan literatur-literatur yang mendukung dalam penelitian pengaruh limbah keramik sebagai pengganti agregat kasar terhadap mutu beton.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Kualitas Bahan

Pengujian awal terhadap bahan-bahan yang akan digunakan untuk eksperimen untuk mengetahui kualitas bahan. Proses dan prosedur pelaksanaan disajikan secara terlampir. Adapun hasil penelitian sebagai berikut:

1. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang ada di pasaran. Pengujian terhadap pasir antara lain berat jenis SSD, berat jenis kering oven, kadar penyerapan pasir, berat

per volume pasir dan analisa ayakan. Hasil dari beberapa pengujian diatas sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil Pengujian Pasir

No.	Jenis Pengujian	Hasil
1.	Berat Jenis SSD	2,63 ^{gr} / _{cc}
2.	Berat Jenis Kering Oven	2,54 ^{gr} / _{cc}
3.	Kadar Penyerapan Pasir	3.73 %
4.	Berat Per Volume Pasir	1,45 ^{gr} / _{cc}
5.	Analisa Ayakan	Zone 3

2. Kerikil

Kerikil yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil yang ada dipasaran. Pengujian terhadap kerikil antara lain berat jenis SSD, berat jenis kering oven, kadar penyerapan kerikil, berat per volume kerikil dan analisa ayakan. Hasil dari beberapa pengujian diatas sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil Pengujian Kerikil

No.	Jenis Pengujian	Hasil
1.	Berat Jenis SSD	2,75 ^{gr} / _{cc}
2.	Berat Jenis Kering Oven	2,71 ^{gr} / _{cc}
3.	Kadar Penyerapan Kerikil	1.34 %
4.	Berat Per Volume Kerikil	1,40 ^{gr} / _{cc}
5.	Analisa Ayakan	19,1 mm

3. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland jenis I yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik. Untuk semen tidak dilakukan penelitian secara khusus karena dianggap telah memenuhi SNI 15-7064-2004.

4. Agregat Halus Limbah Keramik

Agregat halus limbah keramik yang digunakan bahan tambah dalam penelitian ini adalah limbah keramik sisa dari pekerjaan pemasangan keramik lantai dan dinding Apartement Via Vue Ciputra World Surabaya. Untuk itu agregat halus limbah keramik perlu dilakukan penelitian karena dianggap mempunyai persamaan sifat dengan agregat halus pasir. Pengujian terhadap agregat halus limbah keramik antara lain berat jenis SSD, berat jenis kering oven, kadar penyerapan pasir, berat per volume pasir dan analisa ayakan. Hasil dari beberapa pengujian diatas sebagai berikut :

Tabel 3 Hasil Pengujian Agregat Halus Limbah Keramik

No.	Jenis Pengujian	Hasil
1.	Berat Jenis SSD	2,79 ^{gr} / _{cc}
2.	Berat Jenis Kering Oven	2,58 ^{gr} / _{cc}
3.	Kadar Penyerapan Pasir	4,21 %
4.	Berat Per Volume Pasir	1,47 ^{gr} / _{cc}
5.	Analisa Ayakan	Zone 2

5. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air tanah biasa dan tidak dilakukan penelitian khusus karena dianggap memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton.

6. Mix Design Penelitian

Metode mix design dalam penelitian ini mengacu pada SKSNI T-5-1990-03 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Berdasarkan perencanaan penelitian, maka *mix design* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Mutu Beton f_c' 20 Mpa pada umur 28 hari dengan cacat maksimum 5%

Semen yang digunakan = Semen Gresik

Ukuran diameter maks kerikil = 20 mm

Tinggi slump yang disyaratkan = 7.5-15 cm

Standart deviasi ditetapkan = 7 Mpa

Pasir termasuk ke dalam zone = 2

Komposisi untuk tiap-tiap campuran dengan 4 variasi benda uji didapatkan sebagai berikut :

- Komposisi 1(0% Limbah keramik) = 1
Pc:1,83 Ps :2,75 Kr: 0.00 LK

- Komposisi 2 (6% Limbah keramik) = 1
Pc:1.72 Ps :2,75 Kr: 0.109 LK

- Komposisi 3 (9% Limbah keramik) = 1
Pc:1.665 Ps :2,75 Kr: 0.164 LK

- Komposisi 4 (12% Limbah keramik) =1
Pc:1,61 Ps :2,75 Kr: 0.219 LK

7. Membuat Mortar Beton

Berikut ini adalah tata cara percampuran bahan yang dilakukan pada saat pembuatan mortal di laboratorium dengan menggunakan beton molen :

a. Pasir dengan semen yang telah ditimbang berdasarkan komposisi dicampur ke dalam molen (dalam keadaan kering) dan ditambahkan agregat halus limbah keramik berdasarkan takaran.

- b. Percampuran dilakukan sampai didapatkan campuran yang homogen dengan beton molen berputar ± 60 detik.
- c. Tambahkan kerikil, kemudian lakukan percampuran lagi ± 60 detik.
- d. Air dimasukkan ke dalam beton molen (campuran bahan tadi) sambil terus berputar.
- e. Waktu pemetaran minimal untuk campuran beton yang volume lebih kecil atau sama dengan 1 m^3 adalah 1,5 menit.
- f. Selanjutnya untuk menguji besarnya FAS dilakukan *slump test*.

8. Hasil *Slump test*

Bersarkan *Slump test* di laboraturim didapatkan bahwa nilai penurunan pada campuran beton adalah 8 - 11 cm, ini berarti bahwa campuran beton tersebut telah memenuhi persyaratan perencanaan *mix design* 7.5 - 15 cm.

9. Ukuran Benda Uji Silinder

Dari hasil pengujian benda uji silinder untuk tiap-tiap campuran keseluruhan memiliki tinggi 30 cm dan diameternya 15 cm, di mana dari tiap-tiap komposisi tersebut dibuat sebanyak 12 benda uji silinder.

10. Perawatan

Perawatan benda uji dilakukan setelah benda uji silinder beton mengeras dan dikeluarkan dari cetakan dan selanjutnya dilakukan perendaman. Lama perawatan beton adalah 6,13,20 & 27 hari, dengan perendaman selama 5,12,19,26 hari dan penyiram secara berkala.

B. Penyajian dan Pengolahan Data

Data-data yang diperoleh pada penelitian ini berupa angka-angka dan cara penyajian yang dipakai adalah tabulasi data. Data-data yang disajikan adalah hasil analisa terhadap benda uji.

C. Analisis Hasil Uji Laboratorium

Karakteristik benda uji silinder beton meliputi ukuran, berat, dan kuat tekan yang dihasilkan oleh benda uji silinder beton baik yang diberi tambahan agregat halus limbah maupun tidak, yaitu sebagai berikut :

1. Ukuran benda uji silinder beton

Silinder beton yang dipakai sebagai benda uji dicetak dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm tidak mengalami perubahan setelah berumur 28 hari. Sehingga benda uji yang dipakai dalam penelitian ini telah memenuhi syarat untuk dipakai dalam pengujian kuat tekan beton menurut SNI 03-1974-1990.

2. Berat Beton

Tabel 4 Hasil Pengujian Berat Benda Uji Silinder Beton

No	Umur	Berat Benda Uji			
		0%	6%	9%	12%
		Kg	Kg	Kg	Kg
1	28 hr	12,147	12,187	13,100	12,764
2	28 hr	12,272	12,389	13,410	13,209
3	28 hr	12,115	12,411	12,847	12,618
Rata2		12,178	12,329	13,119	12,864
1	21 hr	12,271	12,784	12,555	12,130
2	21 hr	12,015	12,072	12,700	12,070
3	21 hr	12,110	12,032	11,245	12,156
Rata2		12,132	12,296	12,167	12,119
1	14 hr	11,890	12,580	12,095	11,883
2	14 hr	11,800	12,618	12,018	11,996
3	14 hr	12,970	12,810	12,008	12,668
Rata2		12,220	12,669	12,040	12,182
1	7 hr	11,805	12,035	12,296	12,639
2	7 hr	12,085	12,227	11,717	12,684
3	7 hr	12,156	12,189	12,352	12,547
Rata2		12,015	12,150	12,122	12,623

Berdasarkan tabel 4.4 berat uji silinder beton akan semakin meningkat berdasarkan penambahan agregat halus limbah keramik pada benda uji silinder beton. Hal ini terjadi karena massa jenis yang besar dari agregat halus limbah keramik akan mempengaruhi dari berat uji silinder beton.

3. Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan benda uji silinder dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Silinder Beton

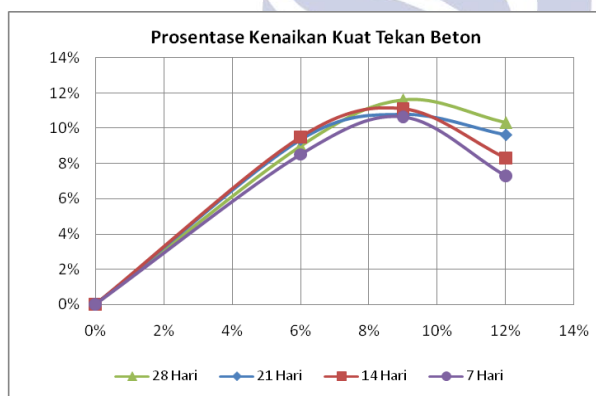
No	Umur	Kuat Tekan Benda Uji			
		Variasi 0%	Variasi 6%	Variasi 9%	Variasi 12%
1	28 hari	261.716	276.758	275.730	278.930
2	28 hari	257.894	284.608	299.112	259.714
3	28 hari	222.566	266.630	287.426	289.158
Rata2	Kg/cm2	247.392	275.999	287.423	275.934
1	21 hari	243.698	260.442	253.142	257.312
2	21 hari	215.208	249.888	238.670	249.684
3	21 hari	212.312	246.630	271.798	249.794
Rata2	Kg/cm2	223.739	252.320	254.537	252.263
1	14 hari	198.238	221.130	222.395	213.240
2	14 hari	178.562	212.104	217.122	231.030
3	14 hari	201.474	209.846	223.370	212.530
Rata2	Kg/cm2	192.758	214.360	220.962	218.933
1	7 hari	159.250	161.830	161.910	187.150
2	7 hari	142.960	179.190	165.910	167.750

3	7 hari	151.760	153.480	198.570	156.920
Rata2	Kg/cm2	151.323	164.833	175.463	170.607

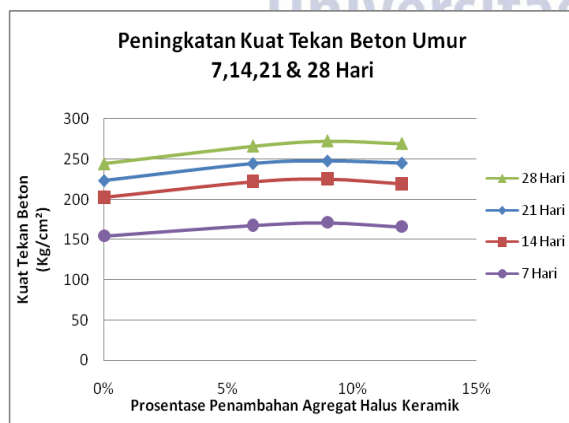
(Sumber: Hasil Pengujian)

Tabel 6 Hubungan Peningkatan Kuat Tekan Beton dengan variasi penambahan limbah keramik

Variasi Agregat Halus Keramik	Umur Beton	Kuat Tekan Tekan (Kg/cm2)	Prosentase Kenaikan Kuat Tekan (%)
0%	28 Hari	244.059	0
6%	28 Hari	265.999	8.99%
9%	28 Hari	272.423	11.62%
12%	28 Hari	269.267	10.33%
0%	21 Hari	223.739	0
6%	21 Hari	244.653	9.35%
9%	21 Hari	247.870	10.79%
12%	21 Hari	245.263	9.62%
0%	14 Hari	202.758	0
6%	14 Hari	222.027	9.50%
9%	14 Hari	225.296	11.12%
12%	14 Hari	219.600	8.31%
0%	7 Hari	154.657	0
6%	7 Hari	167.833	8.52%
9%	7 Hari	171.130	10.65%
12%	7 Hari	165.940	7.30%



Gambar 1 Hubungan antara Kuat tekan dengan Variasi penambahan limbah keramik



Gambar 2 Hubungan antara Kuat tekan dengan Variasi Umur Beton

Berdasarkan grafik dapat disimpulkan bahwa :

- beton mutu normal pada umur 28 hari mempunyai kuat tekan kuat tekan sebesar 244.059 Kg/cm², benda uji silinder beton yang diberi tambahan 6% agregat halus limbah keramik dari berat pasir pada umur 28 hari mengalami peningkatan sebesar 8.99 % menjadi 265.999 Kg/cm². hal ini terjadi karena tambahan agregat halus keramik yang butirannya sangat halus serta kecil dapat mengisi lubang pori pada beton. Setelah diberi tambahan 9% agregat halus limbah keramik dari berat pasir pada umur 28 hari mengalami peningkatan sebesar 11.62 % menjadi 272.423 Kg/cm². hal ini terjadi sama dengan pada penambahan agregat halus 6 % dikarenakan agregat halus limbah keramik dapat mengisi lebih banyak lagi pori beton sehingga kuat tekannya semakin meningkat. Sedangkan setelah diberi tambahan 12 % agregat halus limbah keramik dari berat pasir pada umur 28 hari mengalami peningkatan sebesar 10.33 % menjadi 269.267 Kg/cm². Berbeda dengan sebelumnya, pada variasi ini terjadi penurunan kuat tekan dibandingkan dengan variasi 9 % dikarenakan prosentase agregat halus keramik terlalu banyak sehingga air pada campuran beton banyak diserap oleh limbah keramik dikarenakan sebagian kandungan kimia dari agregat halus keramik adalah kapur.
- beton mutu normal pada umur 21 hari mempunyai kuat tekan kuat tekan sebesar 223.739 Kg/cm², benda uji silinder beton yang diberi tambahan 6% agregat halus limbah keramik dari berat pasir pada umur 21 hari mengalami peningkatan sebesar 9.35 % menjadi 244.653 Kg/cm². Hal ini terjadi karena tambahan agregat halus keramik yang butirannya sangat halus serta kecil dapat mengisi lubang pori pada beton. Setelah diberi tambahan 9% agregat halus limbah keramik dari berat pasir pada umur 21 hari mengalami peningkatan sebesar 10.79 % menjadi 247.87 Kg/cm². Hal ini terjadi sama dengan pada penambahan agregat halus 6 % dikarenakan agregat

halus limbah keramik dapat mengisi lebih banyak lagi pori beton sehingga kuat tekannya semakin meningkat. Sedangkan setelah diberi tambahan 12 % agregat halus limbah keramik dari berat pasir pada umur 21 hari mengalami peningkatan sebesar 9.62 % menjadi 245.263 Kg/cm². Berbeda dengan sebelumnya, pada variasi ini terjadi penurunan kuat tekan dibandingkan dengan variasi 9 % dikarenakan prosentase agregat halus keramik terlalu banyak sehingga air pada campuran beton banyak diserap oleh limbah keramik dikarenakan sebagian kandungan kimia dari agregat halus keramik adalah kapur.

- c. beton mutu normal pada umur 14 hari mempunyai kuat tekan kuat tekan sebesar 202.758 kg/cm², benda uji silinder beton yang diberi tambahan 6% agregat halus limbah keramik dari berat pasir pada umur 14 hari mengalami peningkatan sebesar 9.5 % menjadi 222.027 kg/cm². Hal ini terjadi karena tambahan agregat halus keramik yang butirannya sangat halus serta kecil dapat mengisi lubang pori pada beton. Setelah diberi tambahan 9% agregat halus limbah keramik dari berat pasir pada umur 14 hari mengalami peningkatan sebesar 11.12 % menjadi 225.296 kg/cm². Hal ini terjadi sama dengan pada penambahan agregat halus 6 % dikarenakan agregat halus limbah keramik dapat mengisi lebih banyak lagi pori beton sehingga kuat tekannya semakin meningkat. Sedangkan setelah diberi tambahan 12 % agregat halus limbah keramik dari berat pasir pada umur 14 hari mengalami peningkatan sebesar 8.31 % menjadi 219.6 kg/cm². Berbeda dengan sebelumnya, pada variasi ini terjadi penurunan kuat tekan dibandingkan dengan variasi 9 % dikarenakan prosentase agregat halus keramik terlalu banyak sehingga air pada campuran beton banyak diserap oleh limbah keramik dikarenakan sebagian kandungan kimia dari agregat halus keramik adalah kapur.
- d. beton mutu normal pada umur 7 hari mempunyai kuat tekan kuat tekan sebesar 154.657 kg/cm², benda uji silinder beton yang diberi tambahan 6% agregat halus limbah keramik dari berat pasir pada umur 7

hari mengalami peningkatan sebesar 8.52 % menjadi 167.833 kg/cm². Hal ini terjadi karena tambahan agregat halus keramik yang butirannya sangat halus serta kecil dapat mengisi lubang pori pada beton. Setelah diberi tambahan 9% agregat halus limbah keramik dari berat pasir pada umur 7 hari mengalami peningkatan sebesar 10.65 % menjadi 171.13 kg/cm². Hal ini terjadi sama dengan pada penambahan agregat halus 6 % dikarenakan agregat halus limbah keramik dapat mengisi lebih banyak lagi pori beton sehingga kuat tekannya semakin meningkat. Sedangkan setelah diberi tambahan 12 % agregat halus limbah keramik dari berat pasir pada umur 7 hari mengalami peningkatan sebesar 7.3 % menjadi 165.94 kg/cm². Berbeda dengan sebelumnya, pada variasi ini terjadi penurunan kuat tekan dibandingkan dengan variasi 9 % dikarenakan prosentase agregat halus keramik terlalu banyak sehingga air pada campuran beton banyak diserap oleh limbah keramik dikarenakan sebagian kandungan kimia dari agregat halus keramik adalah kapur.

4. Hubungan antara Kuat Tekan dengan Variasi Umur

Hasil pengujian kuat tekan dengan variasi umur benda uji silinder dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini :

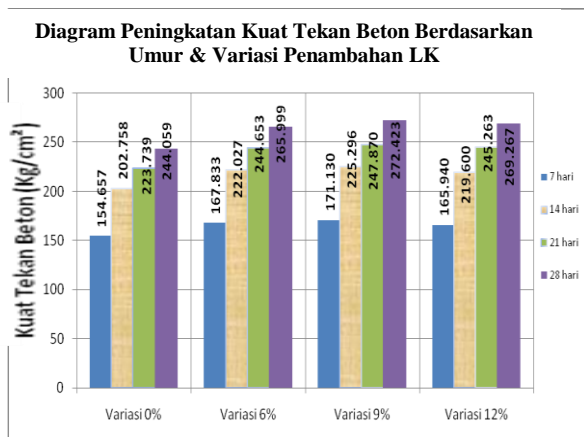
Tabel 7 Hubungan antara Kuat tekan dengan Variasi Umur

Variasi	Umur Beton (Hari)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Prosentase Kenaikan Kuat Tekan (%)
0%	7	154.657	63.37%
0%	14	202.758	83.08%
0%	21	223.739	91.67%
0%	28	244.059	100.00%
6%	7	167.833	63.10%
6%	14	222.027	83.47%
6%	21	244.653	91.98%
6%	28	265.999	100.00%
9%	7	171.130	62.82%
9%	14	225.296	82.70%
9%	21	247.870	90.99%
9%	28	272.423	100.00%
12%	7	165.940	61.63%
12%	14	219.600	81.55%

12%	21	245.263	91.09%
12%	28	269.267	100.00%

(Sumber: Hasil Pengujian)

Hubungan antara kuat tekan benda uji silinder beton dengan umur benda uji silinder beton dapat dilihat pada gambar 3 :



Gambar 3 Hubungan antara Kuat tekan optimum Persentase Penambahan Limbah Keramik pada umur 7,14,21 & 28 hari

Berdasarkan Tabel 7 & Gambar 3 di atas dapat kita amati bahwa :

- pada variasi 0% uji silinder beton normal pada umur 7 hari mempunyai kuat tekan 154.657 Kg/cm² (63.37%), pada umur 14 hari maka meningkat sebesar 202.758 Kg/cm² (83.08%), pada umur 21 hari maka meningkat sebesar 223.739 Kg/cm² (91.67%), dan pada umur 28 hari maka meningkat sebesar 244.059 Kg/cm² (100%).
- pada variasi 6% uji silinder beton normal pada umur 7 hari mempunyai kuat tekan 167.833 Kg/cm² (63.10%), pada umur 14 hari maka meningkat sebesar 222.027 Kg/cm² (83.47%), pada umur 21 hari maka meningkat sebesar 244.653 Kg/cm² (91.98%), dan pada umur 28 hari maka meningkat sebesar 265.999 Kg/cm² (100%).
- pada variasi 9% uji silinder beton normal pada umur 7 hari mempunyai kuat tekan 171.130 Kg/cm² (62.82%), pada umur 14 hari maka meningkat sebesar 225.296 Kg/cm² (82.70%), pada umur 21 hari maka meningkat sebesar 247.870 Kg/cm² (90.99%), dan pada umur 28 hari maka meningkat sebesar 272.423 Kg/cm² (100%).

- pada variasi 12% uji silinder beton normal pada umur 7 hari mempunyai kuat tekan 165.940 Kg/cm² (61.63%), pada umur 14 hari maka meningkat sebesar 219.6 Kg/cm² (81.55%), pada umur 21 hari maka meningkat sebesar 245.263 Kg/cm² (91.09%), dan pada umur 28 hari maka meningkat sebesar 269.267 Kg/cm² (100%).

Tabel 8 Persentase Perbandingan Kenaikan Kuat Tekan Optimal pada umur 7,14,21 & 28 hari antara Persyaratan Buku & Hasil Penelitian

Benda Uji	Umur Beton (Hr)	Kuat Tekan Rata2 (Kg/cm ²)	Syarat Dalam Buku (%)	Hasil Penelitian (%)	Ket
0%	7	154.657	60 - 65	63.37	Ok
0%	14	202.758	80 - 85	83.08	Ok
0%	21	223.739	90 - 93	91.67	Ok
0%	28	244.059	100	100.00	Ok
6%	7	167.833	60 - 65	63.10	Ok
6%	14	222.027	80 - 85	83.47	Ok
6%	21	244.653	90 - 93	91.98	Ok
6%	28	265.999	100%	100.00	Ok
9%	7	171.130	60 - 65	62.82	Ok
9%	14	225.296	80 - 85	82.70	Ok
9%	21	247.870	90 - 93	90.99	Ok
9%	28	272.423	100	100.00	Ok
12%	7	165.940	60 - 65	61.63	Ok
12%	14	219.600	80 - 85	81.55	Ok
12%	21	245.263	90 - 93	91.09	Ok
12%	28	269.267	100	100.00	Ok

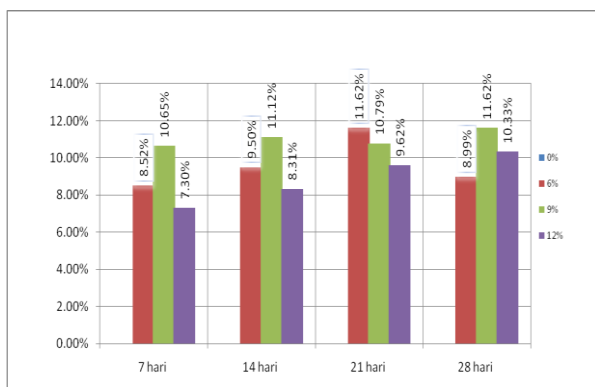
Dari hasil perbandingan diatas maka dapat disimpulkan bahwa semua beton yang diuji telah memenuhi persyaratan prosentase kenaikan kuat tekan berdasarkan umur beton yang diterangkan dalam buku.

5. Prosentase Kenaikan Kuat Tekan Optimal

Berdasarkan penelitian di laboratorium, maka didapatkan hasil pengujian prosentase kenaikan kuat tekan optimal beton seperti pada tabel 4.9 :

Tabel 9 Persentase Kenaikan Kuat Tekan Optimal pada umur 7,14,21 & 28 hari

No Benda Uji	Umur Benda Uji	Prosentase Kuat Tekan Benda Uji			
		Variasi 0%	Variasi 6%	Variasi 9%	Variasi 12%
		LK	LK	LK	LK
1	7 hari	0.00%	8.52%	10.65%	7.30%
2	14 hari	0.00%	9.50%	11.12%	8.31%
3	21 hari	0.00%	11.62%	10.79%	9.62%
4	28 hari	0.00%	8.99%	11.62%	10.33%
Rata2		0.00%	9.66%	11.04%	8.89%



Gambar 4 Grafik Hubungan antara Kuat tekan optimum dengan persentase Penambahan agregat halus limbah keramik

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan agregat halus limbah keramik yang paling bagus sehingga menghasilkan kekuatan optimum adalah pada penambahan variasi 9%, pada penambahan ini kekuatan beton mengalami kenaikan sebesar 11.04% dari beton normal sedangkan untuk variasi penambahan 6% limbah keramik prosentase kenaikannya 9.66%, dan untuk penambahan agregat halus limbah keramik sebesar 12% hanya mengalami kenaikan sebesar 8.89 % dari mutu beton normal.

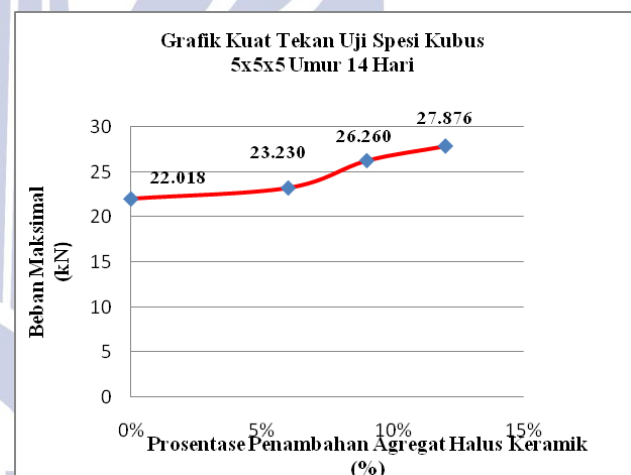
6. Hasil Pengujian Spesi Kubus 5x5x5

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh limbah keramik sebagai pengganti agregat halus terhadap mutu beton ini, maka diperlukan penelitian lanjutan dengan membuat benda uji spesi kubus 5x5x5 cm. Penelitian lanjutan ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh limbah

keramik sebagai pengganti semen pada campuran beton.

Tabel 10 Hasil Pengujian Kuat Tekan Spesi Kubus 5x5x5

No Benda Uji	Umur Benda Uji	Beban Maksimal			
		Variasi 0%	Variasi 6%	Variasi 9%	Variasi 12%
		(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
1	14 Hr	22.22	23.735	27.27	29.795
2	14 Hr	20.705	21.21	25.755	27.27
3	14 Hr	22.725	24.24	23.735	24.745
4	14 Hr	21.21	22.22	25.755	31.31
5	14 Hr	23.23	24.745	28.785	26.26
Rata-rata		22.018	23.230	26.260	27.876
Prosentase		100.00%	105.50%	119.27%	126.61%



Gambar 5 Grafik Kuat Tekan Kubus 5x5x5 Dari Berbagai Variasi

Berdasarkan hasil penelitian diatas, penambahan limbah keramik sebagai pengganti semen mengalami peningkatan pada setiap variasi penambahannya . pada variasi 0% kuat tekan kubus 22.018 kN, variasi 6% kuat tekan yang dihasilkan meningkat menjadi 23.230 kN, variasi 9% kuat tekan yang dihasilkan semakin meningkat menjadi 26.26 kN, dan pada variasi 12% penambahan limbah keramik menghasilkan kuat tekan optimal menjadi 27.876.

Hasil dari penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa agregat halus limbah keramik dapat digunakan untuk pengganti

agregat halus pasir maupun semen karena dapat meningkatkan mutu beton. Kuat tekan optimal yang dihasilkan pada benda uji spesi kubus 5x5x5 didapat dari variasi 12% penambahan limbah keramik.

PENUTUP

Simpulan

1. Agregat halus limbah keramik sebagai pengganti pasir mampu meningkatkan kuat tekan beton. Peningkatan kuat tekan optimum didapatkan pada variasi penambahan 9% limbah keramik sebesar 11.04% dari beton normal, dengan komposisi 1 PC : 1.665 Ps : 2.75 Kr : 0.164 LK untuk mutu beton f_c' 20 Mpa.
2. Agregat halus limbah keramik sebagai pengganti semen mampu meningkatkan kuat tekan spesi kubus 5x5x5. Peningkatan kuat tekan optimum didapatkan pada variasi penambahan 12% limbah keramik sebesar 26.61% dari spesi kubus normal, sehingga diperoleh kesimpulan bahwa limbah keramik dapat digunakan sebagai pengganti pasir dan semen.

Saran

Penelitian pengaruh limbah keramik sebagai pengganti agregat halus terhadap mutu beton ini masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu perlu penambahan saran agar pada penelitian selanjutnya dapat lebih baik lagi. Saran – saran dari penelitian ini sebagai berikut :

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dan lebih teliti tentang proporsi jumlah agregat halus limbah keramik agar mendapatkan hasil lebih optimum.
- Penambahan agregat halus limbah keramik yang terlalu banyak dapat mengakibatkan turunya peningkatan kuat tekan optimum pada beton. Maka disarankan pada penelitian selanjutnya untuk lebih fokus pada jumlah penambahan agregat halus yang ideal serta mencari sebab terjadinya penurunan kualitas peningkatan kuat tekan pada beton tersebut.
- Pada penelitian ini, untuk mendapatkan agregat halus limbah keramik yang memenuhi syarat maka harus melalui proses memecahan atau penggilingan limbah keramik. Limbah keramik ini masih berbentuk pecahan-pecahan kasar yang digiling/dihaluskan menggunakan mesin *los angeles* sehingga membutuhkan waktu lumayan lama. Saran untuk penelitian

selanjutnya adalah perlu mencari alternatif lain agar pada proses penghalusan/penggilingan limbah keramik bisa lebih cepat dan lebih mudah untuk menghasilkan agregat halus keramik lebih banyak lagi.

- Dengan semakin berkembangnya proyek pembangunan gedung yang memakai bahan bangunan keramik, maka akan didapatkan limbah sisa potongan-potongan keramik yang tidak terpakai lagi. Jika limbah keramik tersebut hanya dibuang maka dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memanfaatkan limbah keramik dengan harapan dapat mengurangi pencemaran lingkungan serta menemukan suatu ilmu baru tentang limbah keramik.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Material, *Annual Book of ASTM Standards 1995* : vol.04.02, *Concrete and Aggregates*, Philadelphia: ASTM 1995.
- American Concrete Institute. (1990). ACI 318-89 Building Code Requirement For Reinforce Concrete. Part I. Fifth Edition. Skokie. Illinois. USA : PCA.
- Budiyanto, Wahyu Gatot, dkk. 2008. *Kriya Keramik Jilid 1*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Dipohusodo, Istimawan. *Struktur Beton Bertulang*, SK SNI T-15-1991-0. Penerbit : Departemen Pekerjaan Umum RI.
- Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta. Penerbit : Andi.
- Nugraha, Paul. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta. Penerbit : Andi.
- Nugraha, Paul Dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- SK-SNI.M 14-1989-F. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.
- SK.SNI.M 11-1989-F. Metode pengujian kadar air
- SK.SNI.M 08- 1989-F. Metode pengujian kuat tentang analisis saringan agregat halus dan agregat kasar
- SK.SNI.M 02-1994-03. Metode pengujian bahan dalam agregat
- Sumantri, Widodo, Herman. 2000. *Konstruksi Beton Bertulang*. Penerbit : Erlangga. Jakarta.
- Sumahamijaya, Inra. 2009. *Pembuatan keramik industry*. dalam <http://majarimagazine.com> /2009/03 diunduh Kamis, 2 Desember 2011.

- Suprpto.2003. *Panduan Praktikum Uji Bahan Bangunan*. Penerbit : Universitas Negeri Surabaya.
- Sutikno, 2006. *Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton UNESA*. Penerbit : Unesa Press. Surabaya.
- Tim Penyusunan. 2006. *Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi UNESA*. Penerbit : UNESA University Press. Surabaya.
- Tim Penyusun. 1993. *Pedoman Pengerjaan Beton Berdasarkan SKNI T-15-1991-03*. Penerbit: ERLANGGA. Jakarta.
- Tim Penyusun. 2007. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Berdasarkan SNI 03-2847-2002*. Penerbit: ITS Press. Surabaya.
- Tim Penyusun. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Penerbit: PU Cipta Karya. Bandung.
- Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada.
- V.lack, Lavrence H., Sriati Djaprie, 1994, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Zulfalina. 2004. “ Identifikasi Senyawa Mineral dan Ekstraksi Titanium Dioksida Dari Pasir Mineral “. Tesis Magister. Jakarta : Program Studi Ilmu Material, Program Pascasarjana FMIPA, Universitas Indonesia.

