

# PENGGUNAAN LIMBAH TIANG PANCANG SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA PEMBUATAN BETON MUTU NORMAL DENGAN VARIASI FAKTOR AIR SEMEN

**Maria Ajeng Samsi Hemar**

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

[mariahemar@mhs.unesa.ac.id](mailto:mariahemar@mhs.unesa.ac.id)

**Yogie Risdianto, ST.,MT.**

Dosen Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya

[risdi75@yahoo.com](mailto:risdi75@yahoo.com)

## Abstrak

Pesatnya perkembangan dunia industri konstruksi sebanding dengan semakin menipisnya agregat alam yang tidak dapat diperbaharui. Pemanfaatan beton daur ulang digadang menjadi salah satu alternative yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan semakin berkurangnya agregat alam yang tidak dapat diperbaharui. Adapun pemanfaatan limbah beton bukan hanya dapat mengatasi masalah lingkungan tetapi dapat memberikan nilai ekonomis suatu limbah konstruksi serta salah satu upaya dalam pelestarian sumber daya alam. Penelitian ini akan menggunakan limbah tiang pancang yang berasal dari pembangunan gedung Graha Unesa dengan mutu K-500 sebagai pengganti agregat kasar. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah faktor air semen. FAS yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,34, 0,36, 0,38, 0,40, dan 0,42. Kuat tekan rencana adalah 25 Mpa dan diuji pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 20 cm x 10 cm. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa semakin tinggi variasi FAS maka semakin tinggi pula nilai kuat tekan beton. Pada penelitian ini diperoleh kuat tekan dari variasi FAS 0,34, 0,36, dan 0,38 tidak memenuhi kuat tekan yang direncanakan sebesar 25 MPa. Tabel 4.1.4 PBI 1971 mengatakan bahwa pada umur 28 hari kuat tekan beton minimal harus sama dengan kuat tekan rencana, namun dalam kategori tersebut semen yang digunakan merupakan tipe semen biasa sedangkan tipe semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe *portland pozzolan cement* sehingga patokan perbandingan tersebut tidak dapat diterapkan dalam penelitian ini.

**Kata kunci :** Limbah tiang pancang, faktor air semen, kuat tekan beton.

## Abstract

*The rapid development of the construction industry is proportional to the depletion of non-renewable natural aggregates. Utilization of recycled concrete is predicted to be an alternative that can be used to overcome the problem of reducing non-renewable natural aggregates. The use of concrete waste can not only solve environmental problems but can provide an economic value for construction waste as well as an effort to conserve natural resources. This research will use pile waste originating from the construction of the Graha Unesa building with K-500 quality as a substitute for coarse aggregate. The independent variable in this study is the cement water factor. The FAS used in this study were 0.34, 0.36, 0.38, 0.40, and 0.42. The design compressive strength is 25 MPa and tested at the age of 7, 14, 21 and 28 days. The specimen is cylindrical with a size of 20 cm x 10 cm. From the research results, it was concluded that the higher the FAS variation, the higher the value of the compressive strength of the concrete. In this study, it was found that the compressive strength of the FAS variations of 0.34, 0.36, and 0.38 did not meet the planned compressive strength of 25 MPa. Table 4.1.4 PBI 1971 says that at the age of 28 days the minimum compressive strength of concrete must be the same as the compressive strength of the plan, but in this category the cement used is the usual type of cement while the type of cement used in this study is the portland pozzolan cement type so that the benchmark for comparison can not be applied in this research.*

**Keywords:** Pile waste, cement water factor, concrete compressive strength.

## PENDAHULUAN

Hal yang menyebabkan beton menjadi bahan yang sering digunakan dalam suatu proses pekerjaan

konstruksi adalah karena sifatnya yang mudah dibentuk dan dikerjakan. Kelebihan beton selain mudah dibentuk dan dikerjakan, juga kuat menahan gaya tekan, tahan terhadap cuaca ekstrim baik panas

maupun hujan dan bahan-bahan pembentuknya yang mudah diperoleh.

Seperti yang kita ketahui bersama bahwa dengan semakin bertambah populasi manusia maka hal itu berbanding lurus dengan semakin gencarnya pembangunan dewasa ini. Hal ini berdampak semakin tingginya permintaan pasar terhadap bahan penyusun beton seperti pasir, kerikil maupun semen. Sebagaimana kita ketahui bersama bahwa bahan-bahan tersebut merupakan agregat alam yang apabila terus-terusan diambil makan semakin lama akan habis dan tidak dapat diperbaharui kembali.

Dewasa ini isu lingkungan juga sangat santer didengarkan oleh berbagai pihak. Kebijakan pemerintah pun sekarang dipaksa untuk pro-lingkungan. Hal ini harus dilakukan karena pembangunan infrastruktur sangat erat kaitannya dengan dampak lingkungan yang akan terjadi sebelum dan setelah masa pembangunan tersebut.

Oleh karena itu, banyaknya pembangunan infrastruktur akan berakibat banyaknya sampah atau material sisa pembangunan tersebut.

Penggunaan limbah konstruksi guna dimanfaatkan kembali menjadi bahan pembuat beton santer diberitakan dewasa ini. Hal ini bertujuan untuk mengatasi ketersediaan bahan oleh alam yang semakin menipis, terutama juga mengangkat nilai ekonomis dari limbah beton tersebut. Seperti kita ketahui bersama bahwa tak jarang material sisa beton *ready mix* dibiarkan begitu saja dan terkadang keberadaannya bahkan mengganggu. Adapun pemanfaatan sisa limbah beton bukan hanya bertujuan untuk mengurangi masalah lingkungan, akan tetapi juga menambah nilai ekonomis dari limbah beton tersebut.

Limbah beton sisa konstruksi menyumbang proporsi yang cukup besar dari total material sisa pembangunan. Namun bagaimanapun juga limbah beton ini tidak dapat langsung digunakan untuk bahan campuran perkerasan. Limbah beton tersebut harus diteliti dan diolah terlebih dahulu. Pengolahan yang dimaksud adalah dengan memasukkan limbah beton tersebut ke dalam mesin kemudian membentuknya sesuai dengan ukuran butir dalam ketentuan gradasi.

Pekerjaan konstruksi pada suatu proyek pembangunan pastilah menghasilkan limbah konstruksi. Salah satu limbah yang dihasilkan oleh suatu proyek pembangunan adalah limbah tiang pancang. Hal itulah yang mendasari penulis memilih limbah tiang pancang yang disubstitusikan menjadi agregat kasar sebagai bahan penelitian kali ini.

Selain berguna untuk mengurangi sampah sisa konstruksi, penulis juga berupaya untuk mengubah material yang dianggap sebagai barang yang sudah tidak ada nilainya menjadi sesuatu yang dapat memiliki nilai atau manfaat yang baru.

#### **A. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang dipilih oleh penulis dalam penelitian ini yaitu, bagaimana pengaruh penggunaan limbah tiang pancang sebagai agregat kasar pada pembuatan beton mutu normal dengan variasi faktor air semen?

#### **B. Tujuan Penelitian**

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah tiang pancang sebagai agregat kasar pada pembuatan beton mutu normal dengan variasi faktor air semen.

#### **C. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang ingin diberikan oleh penulis kepada pembaca adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan mengenai pengaruh penggunaan limbah tiang pancang sebagai agregat kasar pada pembuatan beton mutu normal dengan variasi faktor air semen.
2. Memberikan manfaat bagi pembaca sebagai referensi dan bahan penelitian selanjutnya mengenai topik permasalahan yang sama.

#### **METODE**

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan metode penelitian eksperimen. Sugiyono (2009:107) menyatakan bahwa metode penelitian eksperimen merupakan metode yang digunakan ketika hendak mencari pengaruh variable bebas terhadap variable terikat yang telah ditetapkan sebelumnya. Adapun hasil dari laporan ini berbentuk tertulis.

#### **A. Tempat dan Waktu Penelitian**

##### **1. Tempat**

Tempat penghancur bongkahan limbah tiang pancang berlokasi di Kec. Driyorejo, Gresik. Pengujian material dan pembuatan benda uji dilakukan di laboratorium bahan jurusan Teknik Sipil Unesa.

##### **2. Waktu**

Waktu yang digunakan penulis untuk menguji material dan membuat benda uji berlangsung dari bulan September 2019 sampai dengan selesai.

#### **B. Variabel Penelitian**

##### **1. Variabel bebas**

Variabel bebas merupakan variable yang mempengaruhi atau menjadi sebab perubahan atau timbulnya variable terikat. Adapun dalam

penelitian ini yang menjadi variable bebas adalah variasi faktor air semen.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variable yang dipengaruhi atau menjadi akibat, karena adanya variable bebas. Variabel bebas pada penelitian ini berupa substitusi limbah tiang pancang menjadi agregat kasar, pasir, SP, kuat tekan dan *slump*.

C. Langkah-Langkah Penelitian

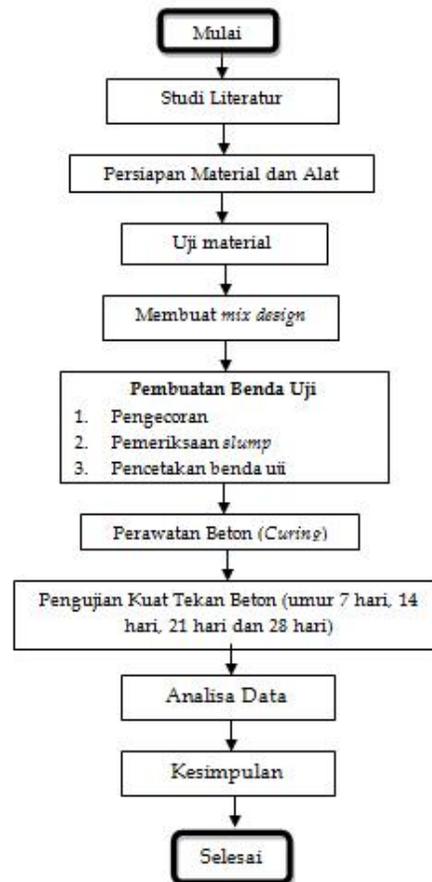
Langkah-langkah dalam penelitian ini dimulai dari kajian pustaka yang dilakukan oleh penulis di perpustakaan Jurusan Teknik Sipil Unesa, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji di laboratorium bahan Jurusan Teknik Sipil Unesa. Adapun tahapan pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan.
2. Pengujian material
  - a. Pengujian pasir dalam penelitian ini meliputi: pemeriksaan gradasi, kadar lumpur, berat jenis, berat volume dan penyerapan air.
  - b. Pengujian limbah tiang pancang meliputi: pemeriksaan gradasi, kadar lumpur, berat jenis, berat volume dan penyerapan air.
  - c. Pengujian berat jenis semen.
3. Pembuatan *mix design*.
4. Tahap pembuatan benda uji
  - a. Persiapan alat.
  - b. Mempersiapkan bahan yang akan digunakan kemudian ditimbang sesuai dengan kebutuhan material dalam *mix design*.
  - c. Mencampur semua bahan menggunakan *concrete mixer*.
  - d. Uji *slump*.
  - e. Mencetak adonan beton segar ke dalam cetakan silinder 10 cm x 20 cm yang telah dilapisi oli bekas terlebih dahulu.
  - f. *Curing* benda uji.
    - a. Penimbangan berat benda uji.
    - b. *Capping* benda uji.
    - c. Uji kuat tekan beton ketika benda uji berumur 7, 14, 21 dan 28 hari menggunakan mesin tekan hidrolis.
    - d. Tahap analisis data.
    - e. Kesimpulan hasil penelitian.

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.

Tabel 1. Rencana Benda Uji

NO.	Variasi FAS	Jumlah Benda Uji			
		7 Hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	0,34	3	3	3	3
2	0,36	3	3	3	3
3	0,38	3	3	3	3
4	0,40	3	3	3	3
5	0,42	3	3	3	3
Jumlah		15	15	15	15
Jumlah Total		60			



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

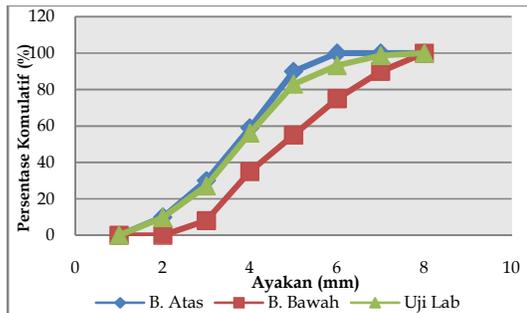
Hasil Pengujian Material

A. Pengujian Agregat Halus

Pengujian agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Unesa.

1. Gradasi ayakan agregat halus berada pada zona 2 dengan modulus halus butir=2,332.

- Berat jenis SSD= 2,551 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis kering oven= 2,449 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis semu= 2,727 gr/cm<sup>3</sup>.
- Penyerapan air= 4,17 %.
- Berat per volume pasir= 1,62 gr/cm<sup>3</sup>.
- Kandungan kadar lumpur dalam agregat halus sebesar 2,88%.

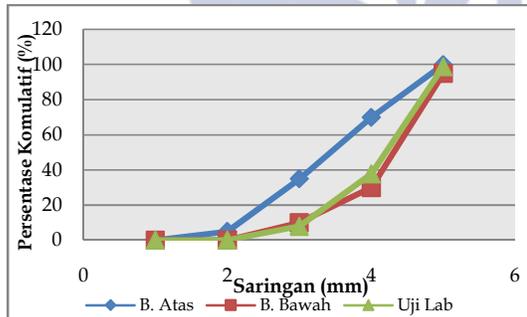


Gambar 2. Gradasi Agregat Halus Zona 2

### B. Pengujian Agregat Kasar.

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini merupakan limbah tiang pancang dari proyek pembangunan Graha Unesa dengan mutu K-500.

- Berdasarkan grafik, batas ukuran butir maksimum agregat kasar adalah 40 mm.



Gambar 2. Gradasi Agregat Kasar Uk. Max 40 mm

- Berat jenis SSD= 2,304 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis kering oven= 2,279 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis semu= 2,337 gr/cm<sup>3</sup>.
- Penyerapan air= 1,092%.
- Berat per volume agregat kasar= 0,90 gr/cm<sup>3</sup>.

### C. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini merupakan Semen Gresik PPC tipe I.

- Berat jenis semen= 3,03 gr/cm/

## Hasil Pengujian Benda Uji

### A. Uji Slump

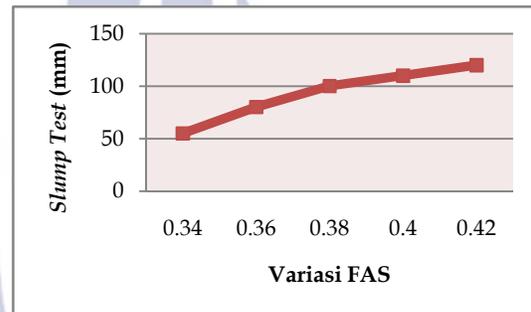
Uji slump adalah pengujian bertujuan untuk mengetahui seberapa kental adukan beton segar

dan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan suatu beton segar... Menurut PBI 1971, kekentalan suatu campuran beton bergantung pada jumlah dan jenis semen, nilai variasi faktor air semen, jumlah susunan butiran agregat dan bahan tambahan yang digunakan dalam suatu campuran beton. Pengujian slump dilakukan setelah beton segar selesai dicampur menggunakan concrete mixer dan sebelum beton dicetak ke dalam cetakan. Pengujian ini dilakukan di laboratorium bahan Unesa.

Tabel 2. Test Slump

No.	Variasi FAS	Nilai Slump (mm)
1	0,34	55
2	0,36	80
3	0,38	100
4	0,40	110
5	0,42	120

Sumber: Hasil pengujian di laboratorium.



Gambar 3. Uji Slump

### B. Berat Volume Beton

Pengujian berat volume beton diambil dari perbandingan berat benda uji sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan volume beton 10 x 20 cm.

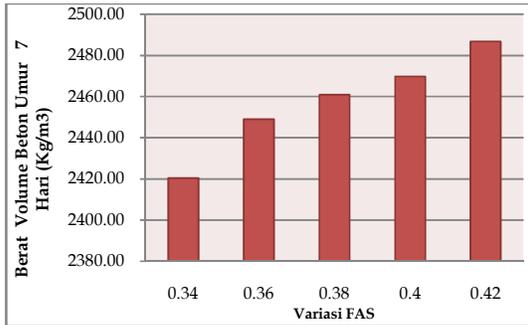
#### 1. Berat Volume Beton Umur 7 Hari

Tabel 3. Berat Volume Beton Umur 7 Hari

Variasi FAS	Berat Volume Rata-Rata (kg/m <sup>3</sup> )
0,34	2420
0,36	2449
0,38	2461
0,40	2470
0,42	2487

Tabel 3 menunjukkan hasil berat volume beton tiap variasi FAS dalam penelitian ini pada umur 7 hari. Gambar 4 menunjukkan semakin besar nilai variasi FAS maka hasil berat volume beton juga akan semakin meningkat. Sedangkan semakin bertambah umur dari benda uji maka berat volume beton akan semakin turun. Hal ini dikarenakan air

yang terkandung dalam benda uji digunakan dalam reaksi pengikatan senyawa beton.

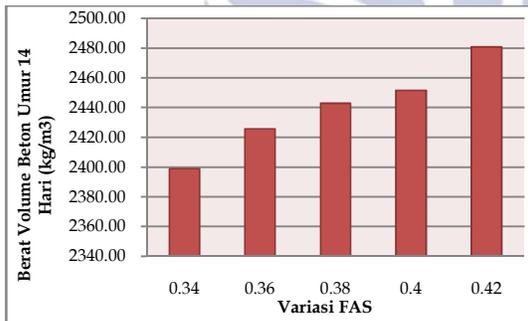


**Gambar 4.** Berat volume benda uji Vs variasi FAS pada umur 7 hari

## 2. Berat Volume Beton Umur 14 Hari

**Tabel 5.** Berat Volume Beton Umur 14 Hari

Variasi FAS	Berat Volume Rata-Rata (kg/m <sup>3</sup> )
0,34	2399
0,36	2426
0,38	2443
0,40	2452
0,42	2481

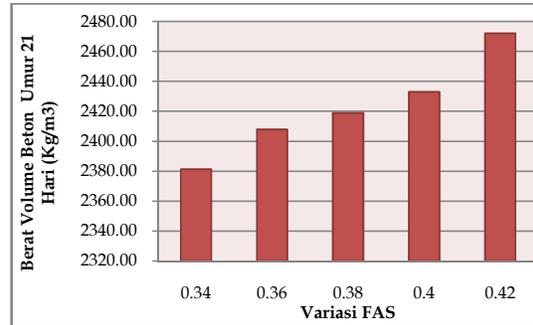


**Gambar 5.** Berat volume benda uji Vs variasi FAS pada umur 14 hari

## 3. Berat Volume Beton Umur 21 Hari

**Tabel 6.** Berat Volume Beton Umur 21 Hari

Variasi FAS	Berat Volume Rata-Rata (kg/m <sup>3</sup> )
0,34	2381
0,36	2408
0,38	2419
0,40	2433
0,42	2472

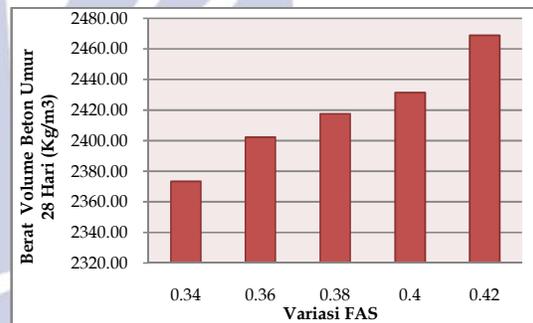


**Gambar 6.** Berat volume benda uji Vs variasi FAS pada umur 21 hari

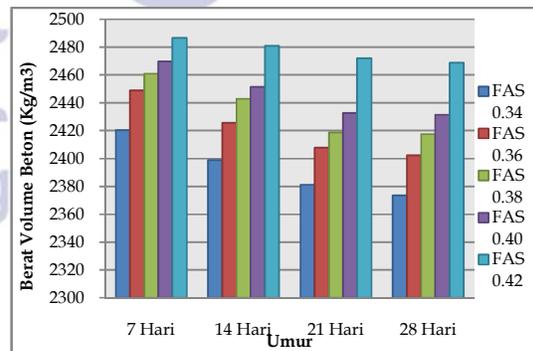
## 4. Berat Volume Beton Umur 28 Hari

**Tabel 7.** Berat Volume Beton Umur 28 Hari

Variasi FAS	Berat Volume Rata-Rata (kg/m <sup>3</sup> )
0,34	2373
0,36	2402
0,38	2418
0,40	2432
0,42	2469



**Gambar 7.** Berat volume benda uji Vs variasi FAS pada umur 28 hari



**Gambar 8.** Rekapitulasi Berat volume benda uji Vs variasi FAS

Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin besar nilai FAS maka nilai berat volume beton juga akan semakin tinggi. Namun semakin lama umur benda uji maka nilai berat volume beton akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan air yang terkandung

dalam benda uji digunakan dalam reaksi kimia perekatan beton.

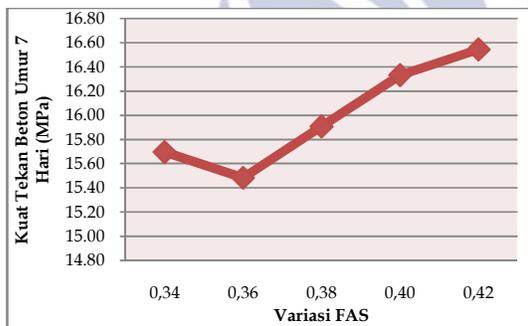
### C. Kuat Tekan

Uji kuat tekan beton dilakukan setelah pembuatan dan perawatan masing-masing benda uji. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari dengan kuat tekan yang direncanakan ( $f'_{cr}$ ) sebesar 25 MPa sebanyak 60 benda uji silinder ukuran 10 x 20 cm. Setiap pengujian pada masing-masing umur dan variasi FAS terdapat 3 silinder benda uji. Pengujian dilakukan menggunakan alat tekan hidrolis di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Unesa.

#### 1. Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

**Tabel 8. Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari**

Variasi FAS	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
0,34	15,70
0,36	15,48
0,38	15,91
0,40	16,33
0,42	16,55



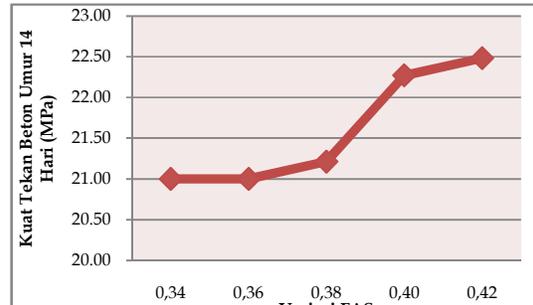
**Gambar 9.** Kuat tekan beton Vs variasi FAS umur 7 hari

Gambar 9 menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata yang dihasilkan pada umur 7 hari pada variasi FAS 0,34, 0,38, 0,40 dan 0,42 mengalami peningkatan pada masing-masing variasi FAS. Namun pada variasi FAS 0,36 kuat tekan beton lebih rendah dibandingkan variasi FAS 0,34. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh pemadatan benda uji yang kurang baik sehingga mengakibatkan banyaknya rongga kosong sehingga kekuatan beton terhadap tekan menjadi menurun.

#### 2. Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

**Tabel 9. Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari**

Variasi FAS	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
0,34	21,00
0,36	21,00
0,38	21,21
0,40	22,27
0,42	22,48



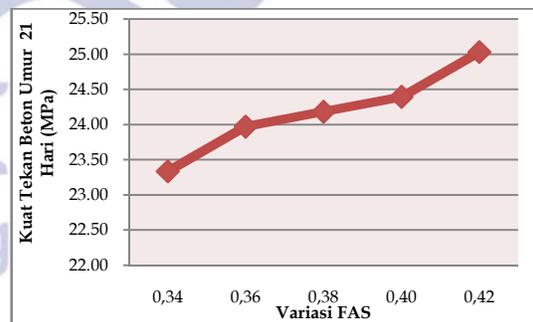
**Gambar 10.** Kuat tekan beton Vs variasi FAS umur 14 hari

Gambar 10 menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata yang dihasilkan pada umur 14 hari mengalami peningkatan pada masing-masing variasi FAS dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton rata-rata pada umur 7 hari. Nilai kuat tekan rata-rata tertinggi berada pada variasi FAS 0,42 dengan nilai 22,48 MPa. Nilai kuat tekan rata-rata terendah berada pada variasi FAS 0,34 dan 0,36 dengan nilai yang sama yaitu 21,00 MPa.

#### 3. Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

**Tabel 10. Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari**

Variasi FAS	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
0,34	21,00
0,36	21,00
0,38	21,21
0,40	22,27
0,42	22,48

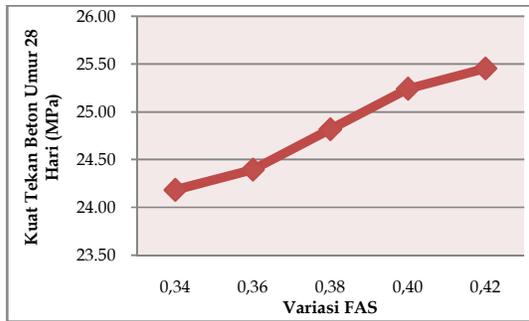


**Gambar 11.** Kuat tekan beton Vs variasi FAS umur 21 hari

#### 4. Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

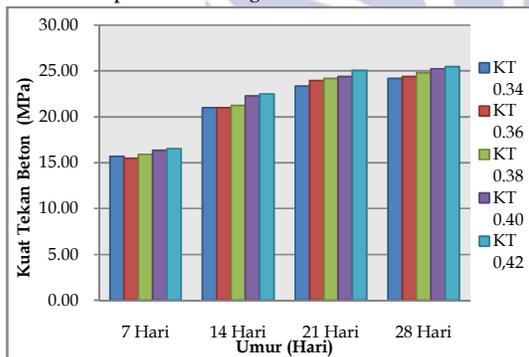
**Tabel 11. Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari**

Variasi FAS	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
0,34	24,18
0,36	24,39
0,38	24,82
0,40	25,24
0,42	25,45



**Gambar 12.** Kuat tekan beton Vs variasi FAS umur 28 hari

Gambar 12 menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata yang dihasilkan pada umur 28 hari mengalami hasil yang meningkat dari masing-masing variasi FAS. Nilai kuat tekan rata-rata tertinggi berada pada variasi FAS 0,42 dengan nilai kuat tekan rata-rata 25,45 MPa. Kuat tekan rata-rata terendah berada pada variasi FAS 0,34 dengan nilai 24,18 MPa. Menurut PBI 1971 pada tabel 4.1.4 tentang perbandingan kuat tekan beton pada berbagai-bagai umur, ketika beton berumur 28 hari maka nilai kuat beton minimal sama hasilnya dengan perencanaan kuat beton pada *mix design*.



**Gambar 13.** Rekapitulasi kuat tekan beton Vs variasi FAS

Tabel 11 menunjukkan bahwa pada variasi FAS 0,34, 0,36, dan 0,38 kuat tekan beton kurang dari kuat rencana yaitu 25 MPa. Hal ini dipengaruhi oleh jenis semen yang digunakan dalam penelitian ini. Sebagaimana dapat dilihat pada tabel 4.1.4 PBI 1971, jenis semen yang dikategorikan adalah jenis semen Portland biasa, sedangkan jenis semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *portland pozzolan cement* sehingga patokan perbandingan yang terdapat dalam PBI 1971 tidak dapat diterapkan dalam penelitian ini. Adapun kemungkinan yang menyebabkan tidak tercapainya kuat tekan beton sesuai rencana pada variasi FAS 0,34, 0,36 dan 0,38 adalah kurang baiknya pematatan beton segar pada silinder ketika

pencetakan benda uji sehingga benda uji mengalami banyak kekosongan rongga. Hal ini diketahui dapat membuat kekuatan beton menurun terhadap gaya tekan. Adapun kemungkinan lain yang dapat terjadi adalah kurang datar dan simetrisnya *capping* beton sebelum pengujian sehingga menyebabkan tidak meratanya penyaluran beban ketika dilakukannya pengujian kuat tekan beton.

## PENUTUP

### Simpulan

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan limbah tiang pancang sebagai agregat kasar pada pembuatan beton mutu normal dengan variasi faktor air semen semakin besar nilai variasi FAS suatu benda uji maka kuat tekan benda uji tersebut akan semakin tinggi. Kuat tekan tertinggi pada variasi ini berada pada variasi FAS 0,42 dengan nilai kuat tekan beton sebesar 25,45 MPa. Hubungan antara nilai *slump* dan kuat tekan dalam penelitian ini berbanding lurus, dimana semakin rendah nilai *slump* suatu variasi maka hasil kuat tekan variasi tersebut juga semakin rendah. Hubungan antara nilai *slump* dan berat volume beton dalam penelitian ini juga berbanding lurus, dimana semakin tinggi nilai berat volume beton suatu variasi maka nilai *slump* yang diperoleh juga semakin tinggi. Dalam penelitian ini variasi FAS 0,34, 0,36, dan 0,38 memiliki nilai kuat tekan beton yang kurang dari kuat rencana yaitu 25 MPa. Hal ini dipengaruhi oleh jenis semen yang digunakan dalam penelitian ini. Sebagaimana dapat dilihat pada tabel 4.1.4 PBI 1971, jenis semen yang dikategorikan adalah jenis semen *portland* biasa, sedangkan jenis semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *portland pozzolan cement* sehingga patokan perbandingan yang terdapat dalam PBI 1971 tidak dapat diterapkan dalam penelitian ini. Adapun kemungkinan yang menyebabkan tidak tercapainya kuat tekan beton sesuai rencana pada variasi FAS 0,34, 0,36 dan 0,38 adalah kurang baiknya pematatan beton segar pada silinder ketika pencetakan benda uji sehingga benda uji mengalami banyak kekosongan rongga. Hal ini diketahui dapat membuat kekuatan beton menurun terhadap gaya tekan. Adapun kemungkinan lain yang dapat terjadi adalah kurang datar dan simetrisnya *capping* beton sebelum pengujian sehingga menyebabkan tidak meratanya penyaluran beban ketika dilakukannya pengujian kuat tekan beton.

### **Saran**

Berdasarkan hasil penelitian penggunaan limbah tiang pancang sebagai agregat kasar pada pembuatan beton mutu normal dengan variasi faktor air semen, saran dari penguji bagi penelitian selanjutnya yaitu:

1. Bagi peneliti yang ingin melanjutkan penelitian ini disarankan untuk menggunakan faktor air semen sebagai variable terikat.
2. Bagi peneliti yang ingin mengembangkan penelitian ini lebih jauh lagi disarankan agar mengambil variable bebas yang lain seperti jumlah air bebas ataupun komposisi dari agregat yang akan digunakan dan juga bahan yang digunakan dalam penelitian ini.
3. Bagi peneliti yang hendak mendalami penelitian ini lebih dalam lagi disarankan untuk membandingkan hasil penelitian ini dengan menggunakan agregat batu pecah dengan kebutuhan bahan yang sama.
4. Bagi peneliti yang mempunyai minat untuk mengembangkan tema penelitian seperti ini disarankan agar mematuhi peraturan dalam SNI dalam tata cara pembuatan benda uji, perawatan benda uji hingga pengujian beton.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

PBI 1971. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

