



## PENGUNAAN PASIR LAHAR DINGIN DI KALI PUTIH SEBAGAI AGREGAT HALUS BETON

Fatkhurrohimi<sup>1</sup>, Ahmad Mashadi<sup>1</sup>, Muhammad Amin<sup>1</sup>, Dwi Sat Agus Yuwana<sup>1</sup>  
Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar  
Corresponding author: dagus9480@gmail.com

**Abstrak.** Pasca letusan Gunung Merapi yang terjadi pada tanggal 26 Oktober 2010 menghasilkan pasir lahar dingin yang melimpah. Untuk itu peneliti mencoba mengadakan pengujian pasir lahar dingin sebagai agregat halus beton. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai kuat tekan beton dengan menggunakan pasir lahar dingin yang diambil dari Kali Putih, Salam, Magelang dan pasir yang tidak terkena imbas lahar dingin yang diambil dari Kali Blondo yang terletak di daerah Blondo, Magelang. Metode penelitian ini antara lain : pengujian bahan, pembuatan benda uji, dan pelaksanaan pengujian setelah benda uji berumur 7, 14, 21 hari dan 28 hari. Dari hasil pengujian kuat tekan beton dapat diketahui kuat tekan beton pada masing-masing campuran dengan perbandingan volume berat 1PC : 2PS : 3kr dengan Fas 0,6. Berdasarkan hasil pengujian mutu bahan pasir yang diambil dari Kali Putih, Salam, Magelang terhadap kandungan lumpur, berat satuan, berat jenis, penyerapan air, dan analisa saringan memenuhi syarat PUBI 1982 sebagai bahan pengisi campuran beton. Hasil pengujian mutu bahan pasir pembanding yang diambil dari Kali Blondo terhadap analisa saringan tidak memenuhi syarat PUBI 1982. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton rata-rata, tertinggi ditunjukkan pada beton yang menggunakan pasir lahar dingin yang berasal dari Kali Putih Hilir, kuat tekan rata-rata sebesar 279,51 kg/cm<sup>2</sup>, dengan berat benda uji rata-rata sebesar 11,5kg.

**Kata kunci :** pasir lahar dingin, beton, kuat tekan

**Abstract.** After the eruption of Mount Merapi, which occurred on October 26th 2010 produced an abundance of cold lava sand. The researcher attempted to conduct test of cold lava sand as fine aggregate concrete. This study aims to compare the compressive strength of concrete by using a cold lava sand taken from the Kali Putih, Salam, Magelang and sand are not affected by cold lava taken from Kali Blondo located in the Blondo, Magelang. The method of this study include: testing of materials, manufacturing of test specimens and test concrete performance after 7, 14, 21 days and 28 days. From the test result of concrete compressive strength we can know strength combine in each mixture by weight volume ratio 1pc: 2 ps; 3kr with 0,6 water cement ratio. Based on the results of testing the quality of the sand material taken from the Kali Putih, Salam, Magelang to the mud content, unit weight, specific gravity, water absorption, and sieve analysis PUBI 1982 qualifies mixed concrete. The result of comparative testing of the quality of the sand material taken from Kali Blondo to sieve analysis are not eligible PUBI 1982. The results showed that the compressive strength of concrete on average, the highest shown in the concrete that uses cold lava sand derived from the down stream of Kali Putih, the average compressive strength of 279,51 kg/cm<sup>2</sup>, with the weight of the specimen by an average of 11, 5 kg.

**Key words :** sand lava cold, concrete, compressive strength



## PENDAHULUAN

Pasca bencana erupsi merapi yang terjadi pada akhir Oktober 2010, Berdampak pada masyarakat yang tinggal di lereng merapi. Banyak warga yang kehilangan tempat tinggal karena terkena awan panas dan tertimbun oleh abu vulkanik merapi. Dibalik bencana tersebut juga ada segi positifnya. Masyarakat yang tinggal disekitar lereng merapi juga diuntungkan dengan melimpahnya material vulkanik yang dikeluarkan gunung merapi, jika di lereng merapi terjadi hujan maka material vulkanik terbawa arus air hujan yang akan terjadi di bawah akan banyak material, yang terbawa arus yaitu berupa lahar dingin dan juga bebatuan. Lahar dingin ini dibawa arus sungai yang ada di wilayah Yogya dan Magelang. Sebagian besar material lahar dingin tersebut dapat dimanfaatkan oleh masyarakat untuk membangun rumah, dan banyak warga yang menambang pasir untuk mendapatkan penghasilan untuk memenuhi kebutuhan hidup.

Peneliti mencoba mengamati pasir lahar dingin pasca erupsi merapi. yang diambil dari aliran sungai yang berhulu di Gunung Merapi, yaitu di Kali Putih yang terletak di wilayah Muntilan, Magelang Jawa Tengah. lahar dingin tersebut banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar aliran sungai sebagai bahan bangunan termasuk untuk bahan konstruksi rumah. Penyusun melakukan penelitian untuk mengetahui pemanfaatan pasir lahar dingin. Penelitian tersebut dilakukan terutama untuk mengetahui kuat desak beton bila material lahar dingin tersebut digunakan untuk struktur bangunan yang biasa dipakai masyarakat pada umumnya.

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang banyak digunakan dalam struktur bangunan. Pemakaiannya sendiri sebagai bahan bangunan telah lama dikenal, mempunyai banyak kelebihan dibanding dengan bahan bangunan lain. Pengetahuan tentang sifat-sifat beton, yang tahan terhadap panas (cuaca) sangat penting untuk merencanakan suatu struktur yang tahan terhadap temperatur tinggi dalam jangka waktu tertentu, di samping itu juga sangat bermanfaat untuk memperkirakan reduksi kuat tekan beton bila terjadi kebakaran.

Beton adalah campuran antara semen, pasir, krikil (split), dan air yang merupakan salah satu konstruksi yang sangat penting dalam struktur bangunan, Fungsi dari beton adalah untuk menahan daya desak, sehingga dalam pengerjaan pembuatan beton hendaknya diperhatikan dengan seksama, agar dapat tercapai mutu beton sesuai dengan yang diharapkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan nilai kuat tekan beton pada variasi umur beton 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. dari pasir yang terkena lahar dingin dengan pasir yang tidak terkena lahar dingin, serta untuk mengetahui laju

kenaikan kuat tekan sampai beton dengan umur 28 hari. Pada penelitian ini digunakan perencanaan campuran (*mix design*) konvensional yang sering digunakan masyarakat pada umumnya. Pada campuran konvensional yang biasa digunakan pada masyarakat umum dengan perbandingan 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr.

## TINJAUAN PUSTAKA

Beton terdiri atas agregat, semen dan air yang dicampur bersama-sama dalam keadaan plastis dan mudah untuk dikerjakan. Karena sifat ini menyebabkan beton mudah untuk dibentuk sesuai dengan keinginan pengguna. Sesaat setelah pencampuran, pada adukan terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat hidrasi dan menghasilkan suatu pengerasan dan pertambahan kekuatan. Kuat tekan beton merupakan parameter yang sangat penting pada setiap konstruksi yang menggunakan beton sebagai konstruksi utamanya. Campuran dengan cara perbandingan agregat halus dan agregat kasar yang tepat supaya didapat beton yang ekonomis. Dalam pelaksanaan pembuatan adukan beton dipengaruhi juga oleh keadaan lingkungan setempat khususnya pada perawatan, maka tinggi temperatur akan mempercepat hidrasi sehingga akan mempengaruhi kecepatan kenaikan kekuatan beton.

Salah satu pengembangan cara memperbaiki sifat dari kelemahan beton yaitu tidak mampu menahan gaya tarik, dimana nilai kuat tarik beton berkisar 9%-15% dari kuat desaknya (Dipohusodo, 1994). Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil kuat tariknya. Nilai pendekatan yang diperoleh dari hasil pengujian berulang kali mencapai kekuatan  $0,50-0,6\sqrt{fc'}$ , sehingga untuk beton normal digunakan nilai  $0,57\sqrt{fc'}$  (Dipohusodo 1999: 10).

Temperatur yang tinggi sangat mempengaruhi beton dalam keadaan cair dan padat. Kebutuhan air untuk suatu campuran meningkat dengan bertambahnya temperatur. Kerugian lain yang dapat diakibatkan oleh temperatur diantaranya adalah kekuatan lebih rendah, lebih peka terhadap *bleeding* dan *plasticcracking* bertambah besar (Gideon, dkk., 1997).

Menurut Made dan Widiarsa (2006), kuat tekan beton berhubungan erat dengan waktu hidrasi, nilai faktor air semen yang digunakan pada saat mencampur beton dan jenis semen yang digunakan. Waktu hidrasi berhubungan erat dengan kekuatan beton, semakin bertambah umur beton semakin tinggi kekuatan beton yang dihasilkan walaupun dengan peningkatan kekuatan yang semakin kecil.

Hasil pengujian kuat tekan dan permeabilitas pada beton yang dibuat dengan menggunakan perekat hidrolik berupa PPC maupun PCI menunjukkan kecenderungan yang sama yaitu kuat tekan meningkat dan koefisien permeabilitas menurun dengan bertambahnya umur hidrasi. Hal ini dapat dihubungkan dengan perkembangan jumlah produk hidrasi yang dihasilkan semen dengan berlalunya waktu (Made, 2007).

Menurut Irzal (2005), akibat panas beton akan retak, lepas dan kehilangan kekuatannya karena perubahan komposisi kimianya. Dengan mencoba membuat campuran beton dengan faktor air semen yang berbeda-beda, yang tentunya di sekitar kuat tekan rata-rata yang diharapkan, maka akan diperoleh suatu gambaran campuran adukan beton yang cukup memuaskan.

Beton yang dipadatkan dengan alat getar (*vibrator*) akan memiliki kuat tekan yang tinggi, karena beton yang dihasilkan padat penuh. Sedangkan beton yang dipadatkan secara manual akan memiliki kepadatan yang lebih rendah daripada yang dipadatkan dengan *vibrator*, karena beton yang didapat tidak begitu padat. Faktor air semen (fas) juga mempengaruhi kuat tekan beton, semakin rendah faktor air semen semakin tinggi kuat tekan betonnya. Adapun hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (Tjokrodinulyo, 1996).

## METODE PENELITIAN

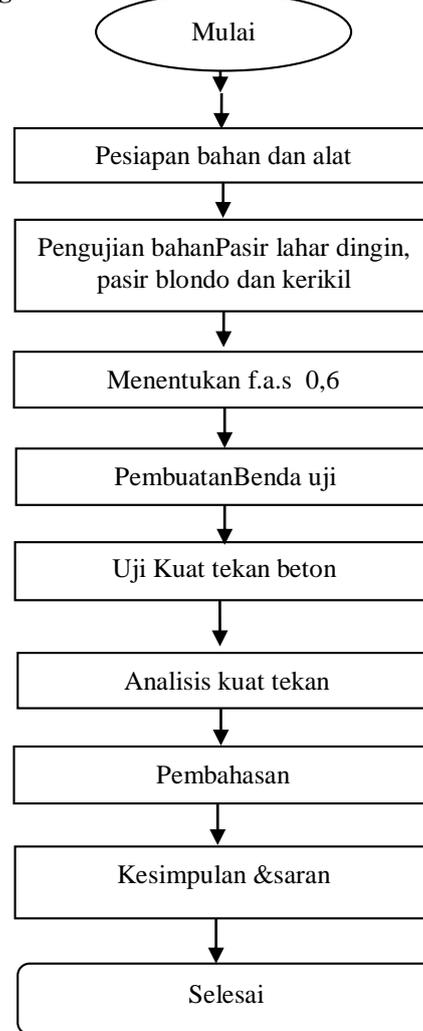
Lokasi dari pasir lahar dingin yang akan diteliti yaitu pasir dari sungai yang terkena aliran lahar dingin yang berhulu di Gunung Merapi. Material pasir diambil dari Kali Putih, di wilayah Muntilan, Magelang, Jawa Tengah. Pasir lahar dingin di ambil dari sungai Kali Putih ditiga tempat yang berbeda tetapi masih satu aliran. Bagian hulu di ambil pasirnya di desa Srumbung kec. Srumbung, untuk tengahnya diambil di desa jumoyo kec. Salam, sedangkan untuk hilir diambil didaerah Ngluwar, Sebagai pembandingnya di ambil pasir dari Sungai yang tidak terkena imbas dari aliran lahar dingin. Yaitu dari Sungai yang bermuara di Sungai Blondo, Magelang, Jawa Tengah, Untuk penelitian bahan, pembuatan sampel, dan uji kuat tekan di labotarorium Bahan Bangunan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tidar Magelang. Keempat tempat pengambilan pasir tersebut penting diteliti untuk mengetahui perbedaan gradasi dan hasil tes tekan dari masing masing tempat.

Dalam metode penelitian ini adalah suatu cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan yang ada. Bahan bahan yang berkaitan dengan semua bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : semen, semen yang digunakan cement Portland type I merek dagang tiga roda 50 kg. agregat halus yang digunakan dari kali putih dan sebagai pembandingnya dari kali blondo. Sedangkan agregat kasar yang digunakan batu pecah yang berasal dari kali progo.

Dalam penelitian ini menggunakan volume, didalam pembuatan benda uji betonnya di Karena disesuaikan dengan penggunaan dimasyarakat pada umumnya dalam pembuatan beton, yaitu dengan perbandingan 1 pc: 2 ps : 3 kr serta dengan fas 0,6. Dalam pembuatan benda uji, dilakukan terlebih dahulu pemeriksaan agregat yang digunakan seperti pemeriksaan berat jenis agregat halus, pemeriksaan analisis saringan agregat halus,

pemeriksaan berat volume agregat halus pemeriksaan kadar lumpur , butiran yang lewat ayakan no 200. Pemeriksaan agregat kasar, pemeriksaan berat jenis agregat kasar, pemeriksaan analisis saringan agregat kasar, pemeriksaan berat volume agregat kasar, pengujian kuat desak benda uji dilakukan pembebanan sampai benda uji pecah dan dicatat pembebanan maksimumnya.

### Bagan Alir Penelitian



### Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah yang dilakukan pada saat pembuatan benda uji adalah Untuk pengujian kuat tekan beton (*compressive strength*) 12 buah beton silinder untuk setiap lokasi pengambilan pasir lahar dingin dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Masing-masing umur 3 buah benda uji, dan 2 sebagai cadangan. Benda uji tersebut diuji untuk umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Kemudian dikalikan 4 dari tempat yang berbeda pada pengambilan pasir, sehingga jumlah benda uji yang dibuat berjumlah  $20 \times 4 = 80$  buah termasuk cadangan. sedangkan yang di uji  $3 \times 4 = 12$  buah benda uji untuk setiap umur beton.

**Tabel 3.1. Jumlah Perhitungan Benda Uji Tekan**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pengujian Pasir

Adapun hasil dari pengujian pasir yang

No.	Item yang di uji	Umur Beton				
		7 hari	14 hari	21 hari	28 hari	jumlah
1	Benda uji dengan pasir dari srumbung	3	3	3	3	12
2	Benda uji dengan pasir dari salam	3	3	3	3	12
3	Benda uji dengan pasir dari ngluwar	3	3	3	3	12
4	Benda uji dgn pasir dari kali blondo	3	3	3	3	12
Total Benda Uji					48	

digunakan seperti pada tabel I.

**Tabel 4.1. Hasil Pengujian Pasir**

No	Hasil Pengujian	Satuan	Kali Putih			Kali Blondo
			Hulu	Tengah	Hilir	
1	Modulus halus butir	-	2,32	2,33	2,65	2,13
2	Berat jenis	gr/cm <sup>3</sup>	2,70	2,76	2,76	2,7
3	Penyerapan air	%	1,80	1	1,2	1,80
4	Kadar lumpur no.200	%	4,85	4,25	0,75	1,2
5	Kadar air	%	1,8	4,45	1,2	4,03
6	Berat satuan pasir	gr/cm <sup>3</sup>	1,7	1,73	1,78	2,04

Didapat dari hasil pengujian bahwa pasir dari kali putih pada daerah hulu termasuk pasir kasar, pada daerah tengah termasuk pasir agak kasar dan pada daerah hilir termasuk pasir halus sedangkan dari kali blondo termasuk pasir halus.

### 4.2. Campuran Beton

Setelah di konversikan dalam satuan berat didapat bahan penyusun beton dengan

perbandingan volume 1 pc : 2 ps : 3 kr didapat seperti pada tabel 2 berikut ini.

**Tabel 4.2. Komposisi Campuran Beton**

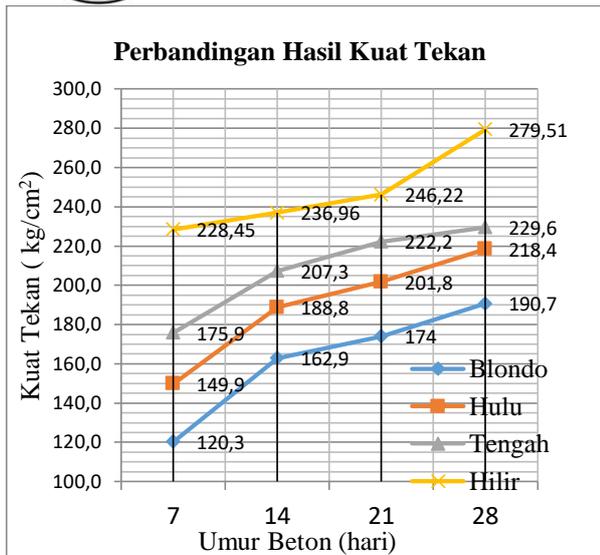
No	Komposisi campuran beton (1 pc : 2 ps : 3 kr)	Satuan	Hulu	Tengah	Hilir	Kali Blondo
1	Pc	kg	341,6	341,6	341,6	341,6
2	Pasir	kg	554	554	554	554
3	Kerikil	kg	1184	1184	1184	1184
4	Air	kg	205	205	205	205
5	Fas	-	0,6	0,6	0,6	0,6
6	Nilai slump	cm	7	9,5	9	7
7	Berat volume beton	gr/c m <sup>3</sup>	2,2846	2,2846	2,2846	2,2846

### 4.3. Uji Silinder Beton

No	Komposisi campuran beton (1 pc : 2 ps : 3 kr)	Satuan	Hulu	Tengah	Hilir	Kali Blondo
1	Kuat tekan beton umur 7 hari	Mpa	14,3	17,6	23,7	12
2	Kuat tekan beton umur 14 hari	Mpa	18,9	20,7	23,3	16
3	Kuat tekan beton umur 21 hari	Mpa	20,2	22,2	24,6	17,5
4	Kuat tekan beton umur 28 hari	Mpa	21,9	23	28	19

### Hubungan Kuat Tekan Beton Dengan Umur Beton

Umur beton merupakan salah satu factor yang mempengaruhi besarnya kuat tekan suatu beton karena dengan bertambahnya umur (termasuk umur perawatan) maka kuat tekan beton akan meningkat. Perawatan dalam hal ini adalah perawatan basah berupa perendaman.



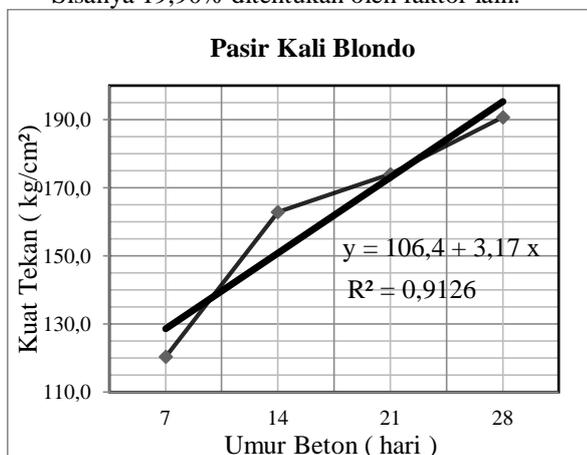
Gambar 4.1. Grafik perbandingan hubungan Kuat Tekan beton, dari semua umur

Dari tabel 4.3. diatas terlihat bahwa kekuatan beton meningkat seiring bertambahnya umur. Peningkatan dari berbagai hari, tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan. Dari hasil penelitian ini bahwa beton mempunyai kuat tekan di awal yang tinggi. namun secara umum kekuatan beton akan meningkat seiring bertambah umurnya hingga mencapai kondisi optimimnya.

#### 4.4. Analisis Data

##### Kali Blondo

Harga r tabel untuk taraf kesalahan 5% dengan  $n = 12$  diperoleh 0,576 dan untuk 1% = 0,708. Karena harga r hitung diantara dari r tabel baik dari kesalahan 5% maupun 1% ( $0,708 > 0,895 > 0,576$ ), maka dapat disimpulkan terdapat hubungan yang signifikan sebesar 0,895 antara umur beton dan kuat tekan beton. Koefisien determinasinya  $r^2 = 0,895^2 = 0,801$ . Hal ini berarti kuat tekan beton mengalami peningkatan 80,10% setiap umurnya, melalui persamaan regresi  $Y = 106,4 + 3,17X$ . Sisanya 19,90% ditentukan oleh faktor lain.

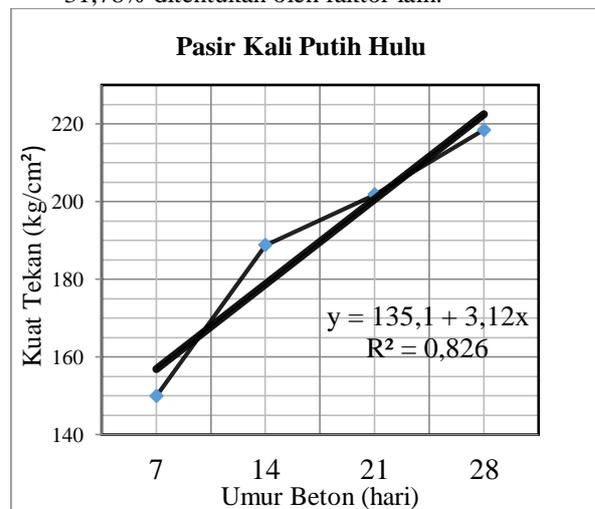


Gambar 4.2. Grafik Hubungan antara Umur Beton dengan Kuat Tekan Beton fas Blondo

##### Kali Putih Hulu

Harga r tabel untuk taraf kesalahan 5% dengan  $n = 12$  diperoleh 0,576 dan untuk 1% = 0,708. Karena harga r hitung diantara dari r tabel baik dari kesalahan 5% maupun 1% ( $0,708 > 0,826 > 0,576$ ), maka dapat disimpulkan terdapat hubungan yang signifikan sebesar 0,826 antara umur beton dan kuat tekan beton.

Koefisien determinasinya  $r^2 = 0,826^2 = 0,6822$ . Hal ini berarti kuat tekan beton mengalami peningkatan 68,22% setiap umurnya, melalui persamaan regresi  $Y = 135,01 + 3,197X$ . Sisanya 31,78% ditentukan oleh faktor lain.

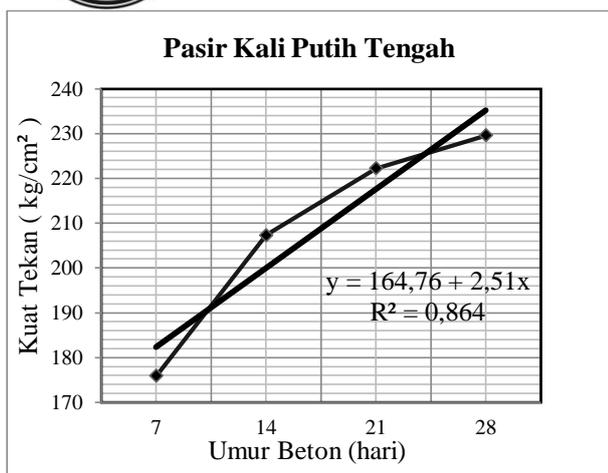


Gambar 4.3. Grafik Hubungan antara Umur Beton dengan Kuat Tekan Beton fas 0,6 Kali Putih Hulu

##### Kali Putih Tengah

Harga r tabel untuk taraf kesalahan 5% dengan  $n = 12$  diperoleh 0,576 dan untuk 1% = 0,708. Karena harga r hitung diantara dari r tabel baik dari kesalahan 5% maupun 1% ( $0,708 > 0,864 > 0,576$ ), maka dapat disimpulkan terdapat hubungan yang signifikan sebesar 0,864 antara umur beton dan kuat tekan beton.

Koefisien determinasinya  $r^2 = 0,864^2 = 0,746$ . Hal ini berarti kuat tekan beton mengalami peningkatan 74,60% setiap umurnya, melalui persamaan regresi  $Y = 164,76 + 2,51X$ . Sisanya 25,40% ditentukan oleh faktor lain.

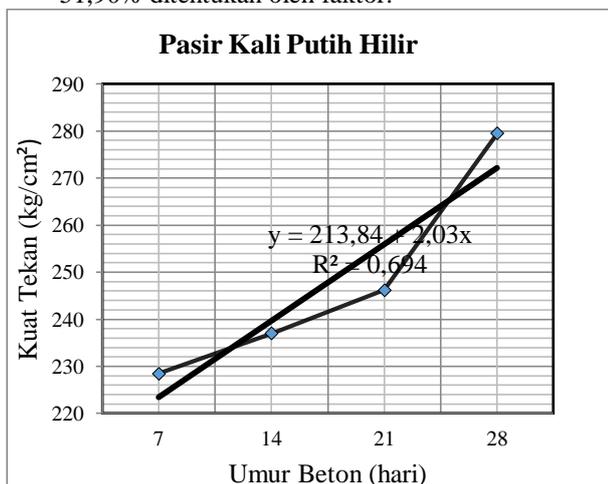


Gambar 4.4. Grafik Hubungan antara Umur Beton dengan Kuat Tekan Beton fas 0,6 Kali Putih Tengah

### Kali Putih Hilir

Harga r tabel untuk taraf kesalahan 5% dengan  $n = 12$  diperoleh 0,576 dan untuk 1% = 0,708. Karena harga r hitung diantara dari r tabel baik dari kesalahan 5% maupun 1% ( $0,708 > 0,694 > 0,576$ ), maka dapat disimpulkan terdapat hubungan yang signifikan sebesar 0,694 antara umur beton dan kuat tekan beton.

Koefisien determinasinya  $r^2 = 0,694^2 = 0,481$ . Hal ini berarti kuat tekan beton mengalami peningkatan 48,10% setiap umurnya, melalui persamaan regresi  $Y = 213,84 + 2,03X$ . Sisanya 51,90% ditentukan oleh faktor.



Gambar 4.5. Grafik Hubungan antara Umur Beton dengan Kuat tekan Beton fas 0,6 Kali Putih Hilir

### Kesimpulan

Secara rata-rata kuat tekan beton pasir lahar dingin kali putih lebih baik di banding dengan pasir biasa yang diambil dari kali blondo. Kuat tekan beton maksimum didapat pada pemakaian pasir lahar dingin dari kali putih pada daerah hilir sedangkan pada daerah hulu di dapat kekuatan

beton lebih rendah dibanding hilir dan tengah. Sedangkan kekuatan beton yang paling rendah di dapat dari pasir kali blondo.

### Saran

Sebagai bahan masukan, bagi yang berminat untuk mengembangkan penelitian ini dan ingin mendapatkan hasil penilitian yang lebih baik, memberikan saran antara lain :

1. Penelitian dapat dilanjutkan dengan variasi fas dan campuran yang berbeda dengan Sampel yang lebih banyak.
2. Perlu dilakukan penelitian mengenai kuat tekan mortar dengan menggunakan pasir lahar dingin,
3. Untuk mendapatkan kondisi beton yang seragam atau homogen, sebaiknya pencampuran beton dilakukan menggunakan molen dan pengecoran dilakukan secara bersamaan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1982), *Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia* (PUBI 1982), Pusat Penelitian dan Pengembangan, DPU, Bandung.
- Anonim. (2001), *Petunjuk Penulisan Usulan dan Laporan Tugas Akhir*, Fakultas Teknik UTM, Magelang.
- Anonim. (1971), *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I.-2*, Cetakan ke-7 Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jenderal Ciptakarya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan
- Aboe, A., K., 2010, *Pasir Lahar Dingin di kali Boyong/Code sebagai bahan susut beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UII, Yogyakarta.
- Arnandha, Y., 2008, *Teknik Bahan Konstruksi*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UTM, Magelang.
- Dipohusodo, I., 1994, *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI-T-15-1991-03* Departemen Pekerjaan Umum RI, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Gideon, HK., Sagel, P., dan Kole, P., 1997, *Pedoman Pengerjaan Beton*, Seri Beton 2, Erlangga : Jakarta.
- Hariadi, S., U., 2010, *Pengaruh Cara Pemadatan dan Faktor air Semen Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Rigid Pavement* Program Studi Teknik Sipil UTM, Magelang.
- Irzal, A., 2005, *Pengaruh Faktor air Semen dan Temperatur Terhadap Kuat Tekan Beton*, Jurnal Fakultas Teknik Unidayan, Baubau.
- Made, A., dan Widiarsa, B., R., 2006, *Hubungan Antara Kuat Tekan dan FAS Pada Beton Dengan Menggunakan Semen Portland-Pozolan*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Universitas Udayana, Bali.
- Made, A., 2007, *Seminar dan Pameran HAKI*, Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana



Fatkhurrohim, Mashadi, Amin, Yuwana

Reviews in Civil Engineering,  
v.02, n.2, p.76-81, September 2018

P-ISSN 2614-3100

E-ISSN 2614-3119

[jurnal.untidar.ac.id/index.php/civilengineering/](http://jurnal.untidar.ac.id/index.php/civilengineering/)