

PENGARUH KADAR SILIKA PADA AGREGAT HALUS CAMPURAN BETON TERHADAP PENINGKATAN KUAT TEKAN

Oleh:

Ir. Nadia, MT

Dosen Tetap Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email: nd7988@yahoo.co.id

Anwar Fauzi, ST

Alumni Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

ABSTRAK: Beton umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat, dan air. Jika diperlukan, bahan tambah (admixture) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari. Dalam agregat terutama agregat halus memiliki sifat-sifat yang sangat mempengaruhi kuat tekan beton yaitu keras dan kuat, bersih, tahan lama, massa jenis tinggi, butir bulat, distribusi ukuran butir yang cocok. Selain itu, di dalam agregat halus terdapat kandungan senyawa SiO_2 yang memberikan kontribusi dalam proses pengerasan maupun peningkatan kuat tekan pada beton. Salah satu upaya yang akan dilakukan untuk mengetahui korelasi antara besarnya kandungan senyawa SiO_2 dalam agregat halus terhadap peningkatan kuat tekan beton adalah dengan dilakukannya suatu penelitian beton dengan menggunakan 3 kategori pasir yang memiliki kandungan senyawa SiO_2 yang berbeda. Kategori pasir yang digunakan pada penelitian ini antara lain : pasir mundu ($SiO_2 > 40\%$), pasir cileungsi ($SiO_2 20\% - 40\%$), pasir cianjur ($SiO_2 < 20\%$). Selain itu, untuk mendapatkan optimalisasi kuat tekan dari beton, diperlukan juga standarisasi kuat tekan karakteristik yaitu $K300 (f'c = 250 \text{ kg/cm}^2)$. Hasil yang didapatkan pada pengujian kuat tekan beton yang dilakukan dengan menggunakan 3 kategori pasir yang berbeda pada umur 7, 14, 21, 28 hari menunjukkan adanya hubungan antara besarnya kandungan senyawa SiO_2 dalam pasir terhadap peningkatan kuat tekan beton. Walaupun demikian, hasil yang didapatkan pada pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan campuran pasir yang mengandung senyawa SiO_2 tidak begitu significant (pengaruhnya sangat kecil).

Kata Kunci: Beton, agregat, Kuat tekan, SiO_2 .

ABSTRACT: Concrete is generally composed of three main building blocks of cement, aggregates, and water. If necessary, add ingredients (Admixture) can be added to alter certain properties of the concrete in question. In general, the concrete containing the air cavity of about 1% -2%, the cement paste (cement and water) about 25% - 40%, and aggregate (fine aggregate and coarse aggregate) approximately 60% - 75%. To get good power, the nature and characteristics of each of the constituent materials need to be studied. In the aggregate, especially fine aggregate has properties that greatly affect the compressive strength of concrete is hard and strong, clean, durable, high density, rounded grains, grainsize distribution that fits. In addition, in the fine aggregate content contained SiO_2 compounds that contribute to the process of hardening and the increase in concrete compressive strength. An effort will be made to determine the correlation between the magnitude of the compound SiO_2 content in fine aggregate to the increased compressive strength of concrete is by doing a study using 3 categories of concrete with sand which has a different content of SiO_2 compound.

Category of sand used in this study included: mundu sand ($SiO_2 > 40\%$), Cullinan sand ($SiO_2 20\% - 40\%$), Cianjur sand ($SiO_2 < 20\%$). In addition, to obtain the optimization of the compressive strength of concrete, as well standardize required compressive strength characteristics of the K300 ($f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$). The results obtained on concrete compressive strength testing performed using three different categories of sand at the age of 7, 14, 21, 28 days showed no association between the magnitude of the compound SiO_2 content in the sand to the increased compressive strength of concrete. Nevertheless, the results obtained on testing the compressive strength of concrete by using a mixture of sand containing SiO_2 compounds are not so significant (the effect is minimized).

Keyword: Concrete, agregate, concrete strength, SiO_2

LATAR BELAKANG

Struktur beton adalah suatu bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk yang paling umum dari Beton adalah campuran semen Portland dan agregat mineral (kerikil dan pasir) serta air.

Bahan-bahan dasar pembentuk Beton ini akan saling mempengaruhi satu sama lain dalam pencapaian Kuat Tekannya.

Silika (SiO_2) merupakan bahan kimia yang dapat meningkatkan Mutu Beton, akibat reaksi yang terjadi antara Silika dan Kapur bebas yang ada didalam campuran beton. Umumnya Silika (SiO_2) yang dicampurkan pada beton merupakan bahan additive buatan pabrik seperti Silica fume atau hasil pembakaran Batubara seperti Fly ash.

Pasir, ternyata mengandung Silika (SiO_2) yang jumlahnya bervariasi mulai $< 20\%$ sampai dengan $> 40\%$ tergantung dari mana pasir itu berasal.

Untuk itulah perlu penelitian lebih lanjut, sejauh mana Silika (SiO_2) dalam Pasir berpengaruh terhadap Kuat Tekan Beton yang dihasilkannya.

IDENTIFIKASI MASALAH

1. Bagaimana pengaruh Pasir yang mengandung SiO_2 terhadap Kuat Tekan Beton?

2. Seberapa besar pengaruhnya Pasir tersebut terhadap Kuat Tekan Beton?
3. Bagaimana dan seberapa besar umur Beton berpengaruh terhadap Kuat Tekannya?

BATASAN MASALAH

1. Kategori pasir yang digunakan :
 - Pasir Mundu ($SiO_2 > 40\%$)
 - Pasir Cileungsi ($SiO_2 20\% - 40\%$)
 - Pasir Cianjur ($SiO_2 < 20\%$)
2. Agregat kasar yang digunakan adalah split dari Cileungsi.
3. Ukuran butir agregat kasar adalah 4,75 mm – 25,4 mm
4. Ukuran butir agregat halus adalah 0,075 mm - 4,75 mm
5. Admixture yang digunakan adalah Concrete Plasticizer (CP-100).
6. Semen yang digunakan adalah Portland Composite Cement (PCC) Tiga Roda.
7. Air yang digunakan adalah air PDAM.
8. Rencana Kuat Tekan Beton standar yang dipakai adalah K300 ($f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$).
9. Untuk perhitungan Mix Design menggunakan ketentuan SK-SNI-T-15-1990-03.
10. Benda uji beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
11. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14, 21, 28 hari.

PERUMUSAN MASALAH

Pasir adalah termasuk bahan standard Beton yang juga berfungsi sebagai filler. Sedangkan Silika (SiO_2) merupakan bahan perekat yang mengikat kapur bebas didalam beton, jika bahan tersebut dicampurksn didalam beton. Dari hasil Penelitian, ternyata pasir mengandung Silika yang bervariasi dalam setiap jenisnya. Oleh karena itu sangat mungkin jika kandungan Silika dalam Pasir, dapat diantisipasi berdampak pada perolehan Kuat Tekan Beton yang dihasilkannya.

MAKSUD DAN TUJUAN

1. Untuk mengetahui pengaruh persentase kandungan senyawa SiO_2 dalam pasir terhadap peningkatan kuat tekan beton.
2. Sebagai alternatif pemilihan agregat halus (pasir) yang akan digunakan dalam pembuatan beton.

HIPOTESA

1. Kadar SiO_2 dalam pasir $> 40\%$, maka akan didapatkan nilai kuat tekan beton lebih tinggi daripada pasir dengan kandungan silika yang lebih kecil.
2. Kadar SiO_2 dalam pasir $20\% - 40\%$, maka akan didapatkan nilai kuat tekan beton lebih rendah dari ad.1.
3. Kadar SiO_2 dalam pasir $< 20\%$, maka akan didapatkan nilai kuat tekan beton paling rendah.

BETON DAN AGREGAT

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton), kita

memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen.

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Berdasarkan pengalaman, komposisi agregat tersebut berkisar $60\% - 70\%$ dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat ini menjadi penting. Karena itu perlu dipelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat beton yang akan dihasilkan.

Agregat halus memiliki kandungan senyawa SiO_2 yang dapat mempengaruhi reaksi kimia dalam proses pengerasan beton sehingga didapat kuat tekan beton yang tinggi.

Agregat normal harus memenuhi syarat mutu sesuai dengan syarat mutu sesuai dengan SII 0052-80, "Mutu dan Cara Uji Agregat Beton" dan jika tidak tercantum dalam syarat ini harus memenuhi syarat ASTM C.33-82, "Standard Spesification for Concrete Aggregates".

PENGERTIAN SEMEN

Semen adalah bahan pengikat pada pembentukan beton. Semen dapat dikatakan sebagai tulang punggung beton. Silika membentuk sekitar seperlima, sedangkan alumina hanya ada sekitar seperduabelas dari semen. Silika dalam kadar tinggi, yang biasanya disertai alumina dengan kadar rendah menghasilkan semen dengan ikatan lambat dengan kekuatan tinggi dan meningkatkan ketahanan terhadap agresi kimia. Bilamana keadaan sebaliknya, alumina pada kadar tinggi dan silika pada kadar rendah, semen mengikat dengan cepat dan kekuatannya tinggi.

Semen Portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan tambahan yang biasanya digunakan adalah gypsum. Klinker adalah penamaan untuk gabungan komponen produk semen yang belum diberikan tambahan bahan lain untuk memperbaiki sifat dari semen.

PCC (Portland Composite Cement)

Portland Composite Cement adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (Blast furnace slag), pozzolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen portland komposit.

Portland Composite Cement (PCC) dapat dipergunakan untuk keperluan konstruksi umum seperti rumah, gedung bertingkat, jembatan, jalan beton, beton precast, beton prestress. Kekuatan PCC sama dengan Portland Cement tipe I.

Keunggulan Portland Composite Cement (PCC) adalah :

1. Mudah pengerjaannya.
2. Suhu adukan rendah sehingga hasilnya tidak mudah retak.
3. Menghasilkan permukaan plesteran dan beton yang halus.
4. Kedap air.
5. Tahan terhadap serangan sulfat.
6. mempunyai kuat tekan yang tinggi.

7. Bangunan atau konstruksi menjadi tahan lama.

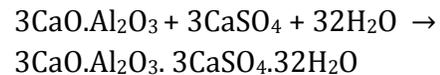
Ketika semen Portland dicampur dengan air, timbullah reaksi kimia antara campuran-campurannya dengan air. Pada tingkatan awal, sejumlah kecil dari retarder cepat terlarut dan dapat berpengaruh terhadap reaksi-reaksi kimia lain yang sedang bereaksi. Reaksi-reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan.

Secara garis besar, ada 4 (empat) senyawa kimia utama yang menyusun semen portland yaitu :

Tricalcium Aluminate ($3CaO.Al_2O_3$) yang disingkat menjadi C_3A

Senyawa ini mengalami hidrat sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas menyebabkan pengerasan awal tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas.

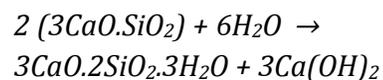
Hidrasi C_3A :



Tricalcium Silikat ($3CaO.SiO_2$) yang disingkat menjadi C_3S

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Kualitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya terutama dalam 14 hari pertama.

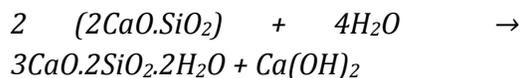
Hidrasi C_3S :



Dicalcium Silikat ($2CaO.SiO_2$) yang disingkat menjadi C_2S

Senyawa ini berpengaruh terhadap progres peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 sampai 28 hari.

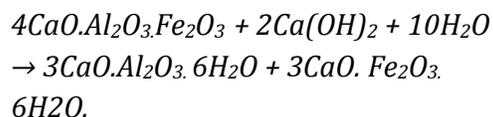
Hidrasi C_2S :



Tetra Calcium Aluminoferrite ($4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$) yang disingkat menjadi C_4AF

Adanya senyawa aluminoferrite kurang penting karena tidak tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat-sifat semen keras lainnya.

Hidrasi C_4AF ($\pm H_2O$ $30^\circ C$) :



PENGERTIAN AIR

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang baik untuk pembuatan dan perawatan beton adalah air yang mengandung ion-ion utama yang biasanya mengandung unsur kalsium, magnesium, natrium, kalium, Bikarbonat, sulfat, klorida, nitrat dan kadang-kadang mengandung karbonat.

Air yang digunakan pada pembuatan beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam zat organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton dan baja tulangan. Air tawar yang umumnya dapat diminum baik air yang telah diolah maupun yang tanpa diolah dapat dipakai pada pembuatan beton.

Air tawar yang tidak bisa diminum, tidak boleh dipakai untuk pembuatan beton kecuali dapat dipenuhi ketentuan-ketentuan. Air pembuangan kota biasanya mengandung 400 ppm bahan-bahan organik. Apabila diencerkan serta diturunkan hingga 20 ppm maka air tersebut dapat dipakai sebagai campuran beton. Tujuannya agar air dapat bereaksi sehingga terjadi hidrasi yang berakibat campuran beton mengeras.

KUAT TEKAN BETON

Standar kuat tekan adalah kuat tekan (strength) beton yang direncanakan sesuai dengan keperluan-keperluan yang akan dicapai. Kekuatan tekan karakteristik ialah kekuatan tekan dimana dari sejumlah besar hasil-hasil pemeriksaan benda uji, kemungkinan adanya kekuatan tekan yang kurang dari itu terbatas sampai 5% saja. Kekuatan tekan karakteristik yang dipersyaratkan harus berdasarkan kekuatan tekan benda uji beton berbentuk kubus 150 mm atau silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm berumur 28 hari. K300 adalah kuat tekan karakteristik beton sebesar 300 kg/cm² dimana benda uji beton berbentuk kubus 15 x 15 x 15 cm.

Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai benda uji. ⁽²⁾

Benda uji		Perbandingan kekuatan tekan
Kubus	15 x 15 x 15 cm	1,00
Kubus	20 x 20 x 20 cm	0,95
Silinder	15 x 30 cm	0,83

Kekuatan tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton dihitung dengan membagi beban maksimum (P_{maks}) dengan luas penampang.

$$f'c = \frac{P_{maks}}{A}$$

Sebagaimana yang dijelaskan dalam SNI T-15-1990-03 pasal 3.4.3 kuat tekan pada umur 28 hari, data dihitung data kuat tekan pada umur lainnya dengan menggunakan angka konversi yang diturunkan dari hasil percobaan dilaboratorium terhadap benda uji yang dirawat dilaboratorium maupun dilapangan. Bila percobaan ini tidak dilakukan, alternatif lainnya untuk mendapatkan kuat tekan beton umur 28 hari adalah dengan menggunakan nilai konversi yang terdapat dalam tabel dibawah ini, asalkan beton tersebut menggunakan campuran tambahan ataupun agregat ringan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kandungan senyawa SiO_2 dalam pasir terhadap peningkatan kuat tekan beton. Dalam pembuatan beton digunakan jenis pasir dengan kategori yang berbeda dilihat dari segi besarnya persentase kandungan senyawa SiO_2 yang terkandung dalam pasir.

Kategori pasir yang digunakan dalam pembuatan beton yang meliputi :

- Pasir SiO_2 tinggi ($SiO_2 > 40\%$) meliputi : pasir mundu
- Pasir SiO_2 sedang ($SiO_2 20\% - 40\%$) meliputi : pasir cileungsi

Pasir SiO_2 rendah ($SiO_2 < 20\%$) meliputi : pasir cianjur

Pengujian kadar SiO_2 dalam pasir dilakukan di Laboratorium Afiliasi UI Departemen Kimia, FMIPA UI, Kampus UI Depok 16424. Sedangkan pelaksanaan pembuatan beton dilakukan di Laboratorium Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta di jalan Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat 10510. Pengujian kuat tekan beton dilakukan di Laboratorium Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta jalan Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat 10510.

Metode yang digunakan adalah pendekatan eksperimen untuk mencari tingkat kuat tekan optimal dari masing-masing beton dengan menggunakan jenis pasir yang berbeda. Peralatan maupun persyaratan yang digunakan mengacu pada peraturan konstruksi yaitu Standar SK-SNI-T-15-1990-03 dalam perencanaan mix design beton.

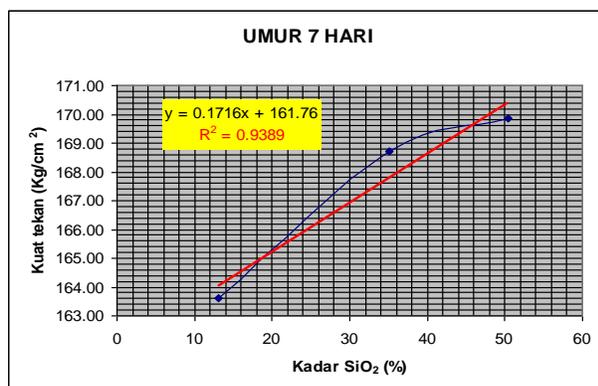
Jumlah sample beton secara keseluruhan untuk setiap kategori pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah 16 sample beton. Dimana jumlah sample beton dari setiap kategori pasir yang digunakan terbagi atas 4 kategori sesuai dengan umur uji kuat tekan beton yaitu 7, 14, 21, 28 hari. Dalam setiap kategori tersebut terdiri dari 4 sample beton yang akan dianalisa sehingga dalam proses pengecekan standar deviasi bahan uji tidak menggunakan standar analisa berdasarkan kurva normal melainkan menggunakan standar analisa berdasarkan Kurva T (Student T).

HASIL PENELITIAN

KUAT TEKAN KARAKTERISTIK BETON PADA UMUR 7 HARI

NO	KODE	KADAR SiO ₂ (%)	KUAT TEKAN KARAKTERISTIK (kg/cm ²)
1	Cianjur	13.12	163.62
2	Cileungsi	35.09	168.72
3	Mundu	50.4	169.85

PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON TERHADAP PERSENTASE SiO₂ PADA UMUR 7 HARI

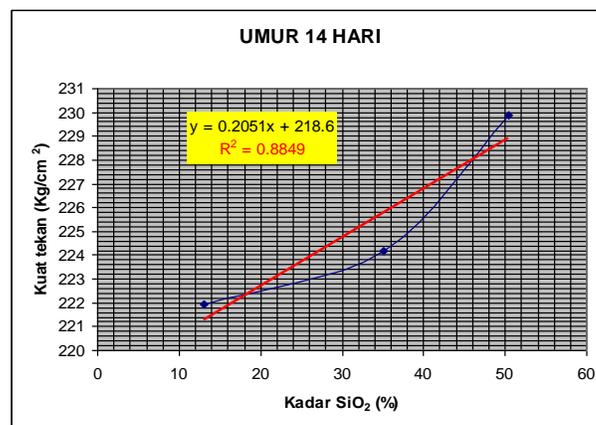


Keterangan : ———— Garis grafik sebenarnya ———— Trendline dengan nilai $R^2 = 0.9389$

KUAT TEKAN KARAKTERISTIK BETON PADA UMUR 14 HARI

NO	KODE	KADAR SiO ₂ (%)	KUAT TEKAN KARAKTERISTIK (kg/cm ²)
1	Cianjur	13.12	221.94
2	Cileungsi	35.09	224.2
3	Mundu	50.4	229.87

PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON TERHADAP PERSENTASE SiO₂ PADA UMUR 14 HARI

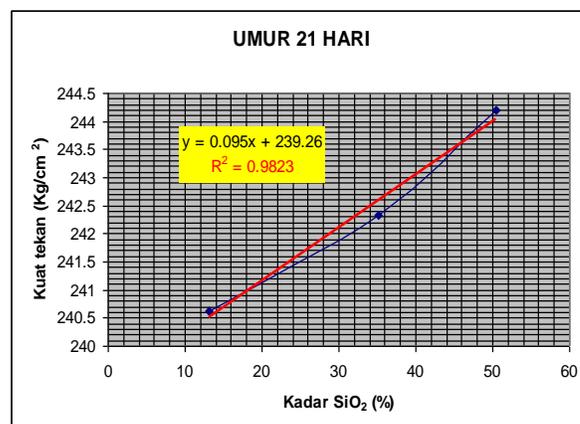


Keterangan : ———— Garis grafik sebenarnya ———— Trendline dengan nilai $R^2 = 0.8849$

KUAT TEKAN KARAKTERISTIK BETON PADA UMUR 21 HARI

NO	KODE	KADAR SiO ₂ (%)	KUAT TEKAN KARAKTERISTIK (kg/cm ²)
1	Cianjur	13.12	240.62
2	Cileungsi	35.09	242.32
3	Mundu	50.4	244.21

PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON TERHADAP PERSENTASE SiO₂ PADA UMUR 21 HARI

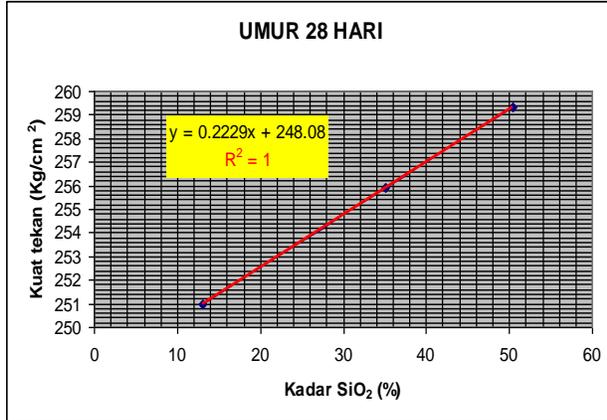


Keterangan : ———— Garis grafik
 sebenarnya ———— Trendline dengan
 nilai $R^2 = 0.9823$

**KUAT TEKAN KARAKTERISTIK BETON
 PADA UMUR 28 HARI**

NO	KODE	KADA R SiO ₂ (%)	KUAT TEKAN KARAKTERISTI K (kg/cm ²)
1	Cianjur	13.12	251
2	Cileungs i	35.09	255.91
3	Mundu	50.4	259.31

**PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON
 TERHADAP PERSENTASE SiO₂
 PADA UMUR 28 HARI**



Keterangan : ———— Garis grafik
 sebenarnya ———— Trendline dengan
 nilai $R^2 = 1$

**TABEL PERSAMAAN GRAFIK
 PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON
 TERHADAP PERSENTASE SiO₂**

No	Umur	Persamaan	Satuan
1	7	$f'c = 0.1716(Si) + 161.76$	$f'c$ dalam satuan kg/cm ² Si dalam satuan persen (%)
2	14	$f'c = 0.2051(Si) + 218.6$	$f'c$ dalam satuan kg/cm ² Si dalam satuan persen (%)
3	21	$f'c = 0.09(Si) + 239.26$	$f'c$ dalam satuan kg/cm ² Si dalam satuan persen (%)
4	28	$f'c = 0,2229(Si) + 248,08$	$f'c$ dalam satuan kg/cm ² Si dalam satuan persen (%)

Keterangan : $f'c$ menyatakan besarnya nilai y
 (kuat tekan beton).

Si menyatakan besarnya nilai x
 (persentase SiO₂)

KESIMPULAN

Dari data-data yang diperoleh dari hasil penelitian dan analisa kuat tekan beton, didapatkan suatu kesimpulan yang menyatakan pembenaran pada hipotesa sebelumnya yaitu:

1. Makin tinggi kandungan SiO₂ dalam pasir > 40%, didapatkan nilai kuat tekan beton lebih tinggi daripada kuat tekan beton pada campuran beton dengan pasir kandungan silicanya yang lebih rendah.

2. Persentase kandungan SiO₂ dalam Pasir, tidak banyak pengaruhnya terhadap Kuat Tekan Beton.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Standardisasi Nasional, **Standar Nasional Indonesia Semen Portland Komposit (SNI 15-7064-2004)**, 2004
2. Dajan, Anto. **Pengantar Metode Statistik**. Jakarta : LP3ES, 1986.
3. Departemen Pekerjaan Umum. LPMB. **Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal**. SK SNI T-15-1990-03. Cetakan Pertama, Bandung : DPU – Yayasan LPMB, 1991.
4. <http://rieko.files.wordpress.com/2007/12/proses-pembuatan-semen-pada-pt-holcim-indonesia-tbk.pdf>
5. http://wancik.files.wordpress.com/2007/06/sni-15-7064-2004_semen-portland-komposit.pdf
6. <http://www.indocementawards.com/download/Ed-144-Advertorial-Produk-ITP-Final.pdf>
7. Mulyono, Tri. **Teknologi Beton**. Yogyakarta : ANDI, 2004.
8. Murdock, L.J.,K.M.Brook, dan Stephanus Hendarko. **Bahan dan Praktek Beton**. Jakarta, Erlangga, 1991.