

## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Umum**

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilaksanakan, diperoleh data kuat desak beton dan data Tegangan-Regangan dari kuat desak beton, dan yang nantinya menjadi bahasan dari hasil pengujian ini meliputi :

1. Membandingkan kuat desak beton dengan variasi campuran bubuk keramik lantai 0%, 5%, 10% dan 15% terhadap berat semen dengan beton normal tanpa bubuk keramik.
2. Membandingkan grafik Tegangan-Regangan dengan variasi campuran bubuk keramik lantai 0%, 5%, 10% dan 15% terhadap berat semen dengan beton normal bubuk keramik lantai.

#### **5.2 Analisa Dan Pengolahan Bubuk Keramik Lantai**

##### **5.2.1 Analisa Kandungan Kimia Bubuk keramik lantai**

Kandungan unsur senyawa kimia yang terdapat pada bubuk keramik lantai dianalisa di Laboratorium Fakultas MIPA UGM Jogjakarta. Hasil analisa kandungan kimia bubuk keramik lantai dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut ini :

Tabel 5.1 Kandungan Senyawa Kimia Bubuk Keramik Lantai

Parameter	Hasil Analisa ( % )
SiO <sub>2</sub>	53,245 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,66 %

Sumber : Laboratorium Fakultas MIPA UGM Jogjakarta

Dari hasil penelitian laboratorium diatas dapat dilihat bahwa unsur yang paling banyak terkandung pada bubuk keramik lantai adalah silika (SiO<sub>2</sub>) yaitu sekitar 53,245%, unsur silika ini lebih banyak dibandingkan dengan unsur silika yang terdapat didalam semen. Hampir seperempat bagian semen mengandung silika (SiO<sub>2</sub>) dimana proporsinya berperan penting dalam proses pengikatan dan pengerasan, kadar silika yang tinggi cenderung memperlambat ikatan tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kadar silika yang sedikit berlebih terdapat pada bubuk keramik lantai dapat menutupi kehilangan semen yang terjadi pada saat semen bercampur dengan air yaitu sekitar 20% dari berat semen (Edward. G Nawy, 1990).. Bersama kandungan kimia lainnya yang terkandung dalam semen, silika yang tinggi yang disertai kadar alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang rendah dapat menghasilkan semen dengan ikatan lambat dengan kekuatan tinggi dan tahan terhadap agresi kimia. Sedangkan kadar besi oksida memberi warna abu-abu pada semen dan mempunyai perlakuan yang sama dengan alumina. Adapun persentase komposisi kimia pada semen dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut ini :

Tabel 5.2 Persentase Dari Komposisi dan Kadar Senyawa Kimia Semen Portland

Parameter	Hasil Analisa (%)
Analisa Kimia : CaO	63,1
SiO <sub>2</sub>	20,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,6
Senyawa Kimia :	
Trikalsium Silikat (C <sub>3</sub> S)	40
Dikalsium Silikat (C <sub>2</sub> S)	30
Trikalsium Aluminate (C <sub>3</sub> A)	11
Tetrakalsium Aluminoferrite (C <sub>4</sub> AF)	11

Sumber : Bahan dan Praktek Beton; *L.J. Murdock dan K.M. Brook, 1986.*

Reaksi kimia setelah semen bercampur dengan air menghasilkan beberapa senyawa kimia, seperti : Trikalsium Silikat (C<sub>3</sub>S), Dikalsium Silikat (C<sub>2</sub>S), Trikalsium Aluminat (C<sub>3</sub>A) dan Tetrakalsium Aluminoferrit (C<sub>4</sub>AF). Senyawa kimia yang paling dominan dalam memberikan sifat-sifat semen adalah Trikalsium Silikat (C<sub>3</sub>S) dan Dikalsium Silikat (C<sub>2</sub>S). Pada saat hidrasi berlangsung, C<sub>3</sub>S ini menghasilkan proses pengerasan yang lebih cepat pada pembentukan kekuatan awal terutama sebelum umur 14 hari dan disertai panas hidrasi yang tinggi. Untuk senyawa C<sub>2</sub>S setelah bereaksi dengan air menghasilkan proses pengerasan yang lebih lambat terutama setelah umur lebih dari 7 hari dan tahan terhadap agresi kimia. Senyawa C<sub>3</sub>A persentase dalam semen sedikit berpengaruh pada panas hidrasi yang tinggi selama pengerasan awal dan pengerasan berikutnya dan tidak tahan terhadap asam sulfat.

Sedangkan senyawa  $C_4AF$  kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton (Teknologi Beton, *Kardiyono Tjokrodinuljo*).

### **5.2.2 Pengolahan Bubuk keramik lantai**

Proses pengolahan potongan keramik lantai menjadi bubuk keramik dilakukan di Laboratorium Badan Tenaga Atom Nasional, Jakarta dengan lolos saringan nomor #200 ASTM (*American Society for Testing Materials*). Proses pertama kali yang dilakukan adalah memanaskan keramik lantai tersebut didalam oven dengan suhu yang cukup tinggi setelah itu keramik lantai dihancurkan dengan menggunakan alat pemecah batu (*Stone Crusher*) selanjutnya keramik lantai yang masih belum mencapai khalusan yang diinginkan dihaluskan lagi dengan menggunakan alat yang disebut *Ball Mill* selama  $\pm 12$  jam baru kemudian dilakukan penyaringan selama  $\pm 30$  menit untuk mendapatkan bubuk keramik lantai dengan lolos saringan nomor #200 ASTM. Adapun bagan alir pengolahan bubuk keramik lantai sampai menjadi serbuk berukuran #200 ASTM dan gambar alat-alat yang digunakan serta hasilnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

### **5.3 Hasil Uji Kuat Desak Beton**

Kuat desak beton ( $f_c$ ) yang disyaratkan pada beton umur 28 hari adalah 25 MPa dengan rencana kuat tekan rata-rata ( $f_{cr}$ ) 33 MPa.. Dalam hasil uji kuat desak beton yang dilakukan, untuk memudahkan didalam melakukan perbandingan kuat

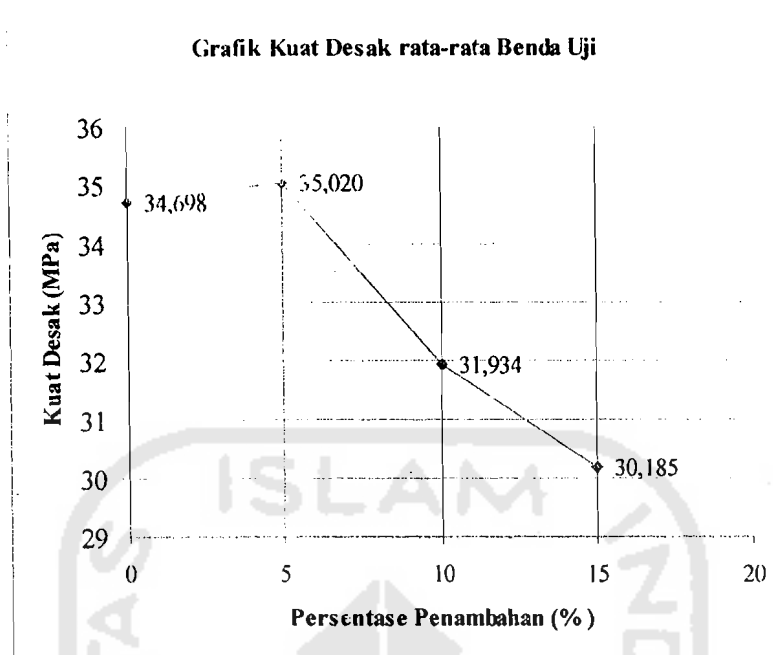
desak beton dengan variasi persentase bubuk keramik lantai dari berat semen terhadap kenaikan kuat desak beton dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut ini :

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kuat Desak ( $f'_c$ ) Rata-Rata Beton Silinder

<b>N0</b>	<b>Tipe Benda Uji</b>	<b>Variasi Campuran (%)</b>	<b>Berat Bubuk keramik lantai (kg)</b>	<b>Berat Semen (kg)</b>	<b>Kuat Desak (MPa)</b>
1	VAR 0%	0	0	48,47	<b>34,698</b>
2	VAR 5%	5%	2,43	46,04	<b>35,020</b>
3	VAR 10%	10%	4,847	43,623	<b>31,934</b>
4	VAR 15%	15%	7,27	41,2	<b>30,185</b>

Hasil pengujian kuat desak beton dapat digambarkan secara grafik hubungan antara kuat desak rata-rata beton dengan variasi bubuk keramik lantai 0%, 5%, 10% dan 15% terhadap berat semen dapat dilihat pada gambar grafik 5.1 :





Gambar 5.1 Hubungan Variasi Bubuk Keramik Lantai Dengan Kuat Desak

Pada benda uji tipe VAR 0% (Beton Normal) menunjukkan bahwa kuat desak beton sebesar 34,698 MPa sedangkan pada benda uji tipe VAR 5% mengalami kenaikan kuat desak beton sebesar 35,020 MPa, sehingga dari 2 tipe benda uji tersebut mengalami kenaikan kuat desak beton sekitar 0,928 %. Hal ini juga disebabkan karena benda uji tipe VAR 0% pada saat diuji kuat desak sama-sama dalam keadaan kering. Benda uji yang kering memberikan data kekuatan yang tinggi daripada benda uji yang dalam keadaan jenuh (Bahan dan Praktek Beton; *L.J. Murdock dan K.M. Brook, 1986*). Benda uji tipe VAR 10% menunjukkan kuat desak beton sebesar 31,934 MPa atau mengalami penurunan sekitar -6,590 % dari benda uji tipe VAR 5%. Pada benda uji tipe VAR 15% menunjukkan kuat desak beton

sebesar 30,185 MPa atau mengalami penurunan sekitar -11,97 % dari benda uji tipe VAR 0%.

Berdasarkan pada grafik hubungan antara kuat desak beton dengan variasi bubuk keramik lantai menunjukkan bahwa kuat desak beton mengalami peningkatan terhadap beton normal sampai pada variasi campuran bubuk keramik lantai sebesar 5 % dari berat semen. Kemudian dengan semakin bertambahnya persentase variasi campuran bubuk keramik lantai maka kuat desak yang dihasilkan dari benda uji silinder tersebut mengalami penurunan. Penggunaan bahan campuran yang berlebihan dapat menurunkan kekuatan beton atau sifat-sifat beton yang lain. Sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi campuran bubuk keramik lantai sebesar 5 % merupakan variasi campuran optimum dari pengaruh penggantian sebagian semen dengan menggunakan bubuk keramik lantai terhadap kuat desak beton.

### **5.3.1 Hubungan Hasil Uji Desak dengan Kuat Tekan Rata-Rata Rencana**

Kuat tekan rata-rata yang direncanakan berdasarkan perhitungan campuran beton yang menggunakan Metode DOE ( *Department Of Environment* ) adalah 33 MPa. Perbandingan kuat tekan rata-rata yang direncanakan dengan hasil pengujian kuat desak beton uji silinder beton yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 5.4 sebagai berikut :

Tabel 5.4 Perbandingan kuat tekan rata-rata rencana dengan hasil uji kuat desak

No	Tipe Benda Uji	$f'_{cr}$ Beton Normal ( Mpa )	$f'_c$ uji (Mpa)	Selisih ( % )
1.	VAR 0%	33	34,697	4,89
2.	VAR 5%	33	35,020	5,76
3.	VAR 10%	33	31,213	-3,33
4.	VAR 15%	33	30,185	-9,32

Berdasarkan hasil pengujian kuat desak dengan beberapa tipe benda uji yang tersebut diatas menunjukkan bahwa, yang memiliki uji kuat desak beton ( $f'_c$ ) yang paling tinggi adalah pada variasi 5% yaitu 35,020 Mpa atau mengalami peningkatan sebesar 5,76% dari  $f'_{cr}$  beton normal.

Pada penelitian ini perawatan yang digunakan direndam dalam bak air selama 28 hari secara terus menerus. Berdasarkan pada tabel diatas menunjukkan bahwa perawatan dengan cara membasahi beton secara terus menerus mengalami peningkatan kekuatan desak beton. Dengan perawatan yang baik disamping beton lebih kuat, selain itu dapat menjadikan beton menjadi tahan terhadap agresi kimia dan beton menjadi lebih kedap terhadap air.

#### 5.4 Analisis Modulus Elastisitas

Pengujian tegangan-regangan tidak dilakukan terhadap seluruh benda uji disebabkan keterbatasan biaya yang tersedia, sehingga hanya diambil 2 sampel dari satu variasi berjumlah 15 sampel. Seluruh pengujian tegangan-regangan dilaksanakan



di Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik, FTSP UII. Grafik hubungan tegangan-regangan benda uji untuk masing-masing variasi campuran beton ditunjukkan pada Lampiran 13.

Perhitungan Modulus Elastisitas sebagai berikut :

$$\text{Modulus Elastisitas (Ec)} = \sigma/\epsilon$$

Dimana :  $\sigma$  = Tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

$\epsilon$  = Regangan yang dihasilkan dari tegangan ( $\sigma$ )

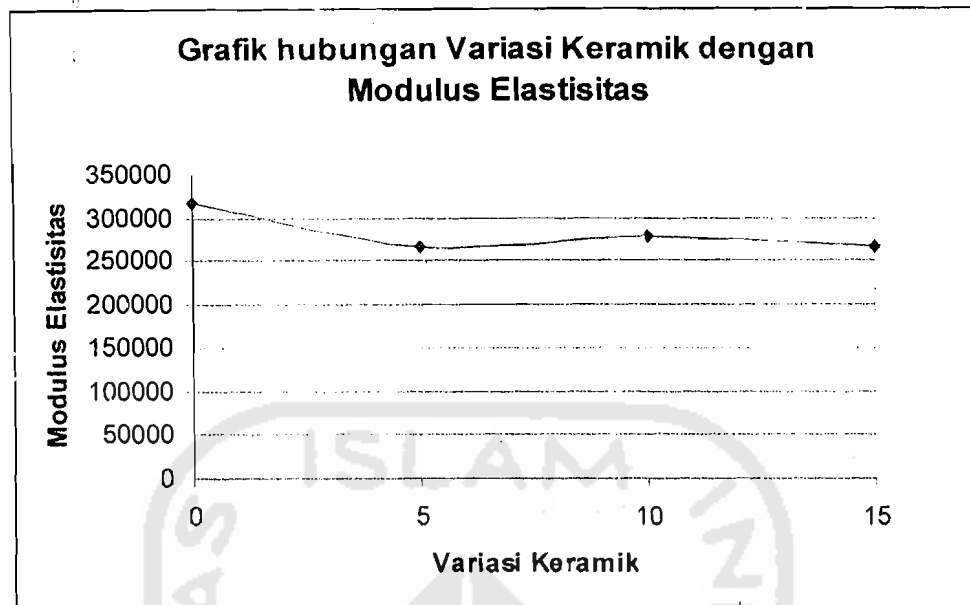
Pada tipe VAR 0%, didapat  $\sigma = 135 \text{ kg/cm}^2$  dan  $\epsilon = 4,242$

$$E_c = \frac{135}{4,242 \cdot 10^{-4}} = 317872 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk hasil perhitungan Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) VAR 5%, VAR 10%, VAR 15% berturut-turut dapat dilihat pada tabel 5.5 :

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas ( $E_c$ )

No	Jenis	Tegangan $\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Regangan $\epsilon$ (10 <sup>-4</sup> )	Modulus Elastisitas $E_c$ ( $\sigma/\epsilon$ ) kg/cm <sup>2</sup>
1	VAR 0%	135	4,242	317872
2	VAR 5%	140	5,25	266281
3	VAR 10%	125	4,49	278396
4	VAR 15%	148	5,55	266624



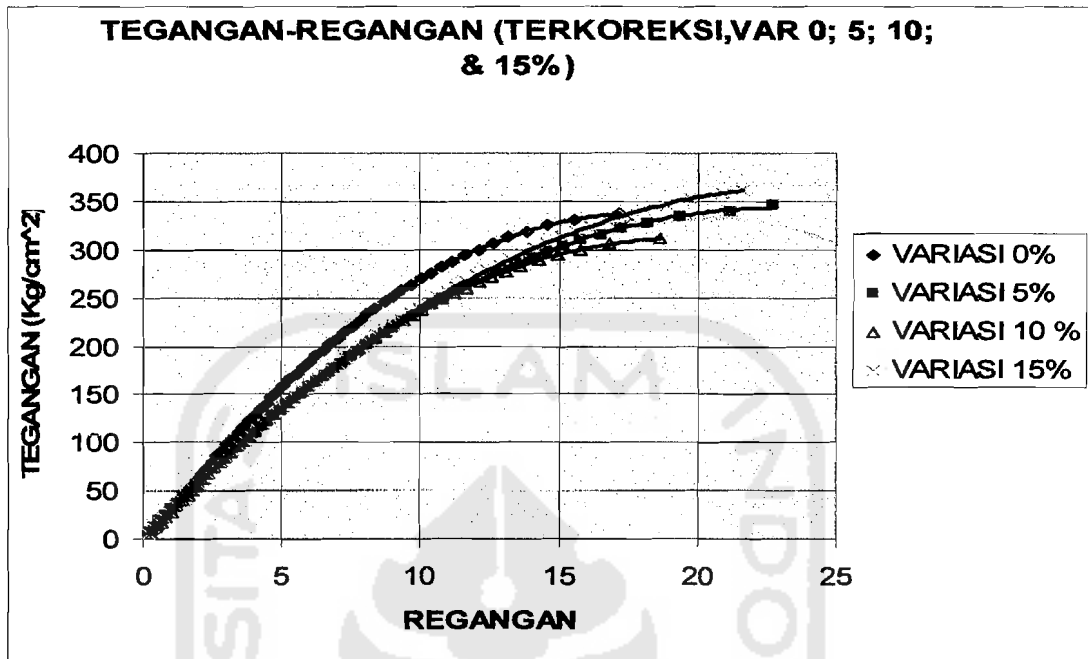
**Gambar 5.2** Grafik Hubungan Variasi Keramik dengan Modulus Elastis

Pada tabel diatas dijelaskan bahwa pengujian tegangan regangan pada benda uji beton tipe VAR 0% dihasilkan Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) sebesar  $317872 \text{ kg/cm}^2$ . Sedangkan pada benda uji tipe VAR 5% Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) sebesar  $266281 \text{ kg/cm}^2$ . Pada benda uji beton tipe VAR 10% dihasilkan Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) sebesar  $278396 \text{ kg/cm}^2$ , dari data tersebut pada benda uji ini menghasilkan Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) yang semakin membesar dibandingkan tipe-tipe benda uji sebelumnya. Sedangkan beton tipe VAR 15% berdasarkan data diatas Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) yang dihasilkan sebesar  $266624 \text{ kg/cm}^2$

Pada benda uji tipe VAR 0% mempunyai Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) yang paling besar, yaitu  $317872 \text{ k/cm}^2$ . Hal ini disebabkan bahwa pada benda uji tipe VAR 0% mempunyai regangan lebih kecil dibandingkan tipe-tipe benda uji lainnya,

yaitu  $4,242.10^{-4}$ . Ketika beton dibebani maka akan mengalami perubahan bentuk dan semakin bertambah sesuai pertambahan beban. Pengaruh beban yang terus bertambah maka perubahan bentuk atau rayapan akan semakin cepat sehingga keruntuhan pada beton akan semakin dekat (Bahan dan Praktek Beton, *L.J. Murdock dan K.M. Brook, 1986*). Pada benda uji tipe VAR 0%, kecepatan rayapan yang terjadi lebih lambat dibandingkan tipe-tipe benda uji lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh proses hidrasi semen telah berlangsung dengan maksimal selain itu juga agregat kasar yang berada dalam benda uji beton silinder memiliki permukaan yang kasar dan rongga-rongga yang ada dalam agregat kecil. Menurut *Neville* bahwa rayapan beton tergantung pada pasta semen yang merupakan daerah terlemah pada beton dan rayapan tersebut dapat dikurangi oleh agregat yang kasar. Rayapan akan bertambah bila agregat yang digunakan makin halus dan biasanya akan bertambah lagi rayapannya bila agregat yang digunakan berongga.

### 5.5 Analisis Grafik Tegangan-Regangan Gabungan



**Gambar 5.3** Grafik Tegangan-Regangan Gabungan

Pada grafik tegangan-regangan diatas didapatkan hasil yaitu pada variasi bubuk keramik sebesar 0% (tanpa penambahan keramik) posisi garis lengkungnya (warna biru) diatas variasi lainnya (yaitu variasi 5, 10 dan 15%). Hal itu menunjukkan bahwa variasi 0% memiliki tegangan yang tinggi pada saat pengujian awal.

Akan tetapi apabila grafik lengkung tersebut diteruskan (ditambah jangkah regangannya) maka pada variasi 0% terjadi penurunan tegangan dengan ditandai grafik yang melengkung turun dan cenderung terus turun. Hal ini diakibatkan karena variasi 0% telah melewati titik tekan maksimumnya.

Sebaliknya pada variasi 5% (warna merah muda) dan 15% (warna hijau) pada awalnya terletak dibawah grafik variasi 0%. Tetapi pada saat-saat terakhir terjadi penurunan pada variasi 0%, kedua grafik ini justru semakin menaik dengan posisi grafik variasi 15% diatas grafik variasi 5%. Ditilik dari kelengkungan kedua grafik ini, apabila diteruskan lagi (jangkah regangannya ditambah) maka diperkirakan grafik variasi 5% akan melampaui grafik variasi 15% dan menempati posisi tertinggi pada kuat tekan maksimumnya.

