

## PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN PADA PEMBUATAN PAVING BLOCK

Ngk. Made Anom Wiryasa<sup>1</sup>, I Nyoman Sugita<sup>1</sup>, dan Agus Surya Wedasana<sup>2</sup>

**Abstrak:** Penelitian tentang pemanfaatan lumpur Lapindo sebagai bahan substitusi semen pada pembuatan paving block ini bertujuan untuk mengetahui komposisi yang paling ideal baik ditinjau dari kuat tekan dan penyerapan air dengan mutu fisik paving block sesuai dengan PUBI-1986.

Pada penelitian ini dibuat paving block menggunakan lumpur lapindo sebagai bahan substitusi semen dengan komposisi yaitu adukan A (100% PC: 0% LL), B (90% PC: 10% LL), C (80% PC: 20% LL), D (70% PC: 30% LL), dan E (60% PC: 40% LL). Proses pembuatan paving block dimulai dari persiapan bahan, pembuatan adukan, pencetakan, pemeliharaan awal, pemeliharaan secara alami, pemilihan paving block, kemudian dilakukan penelitian terhadap kuat tekan dan penyerapan air.

Ditinjau dari segi penyerapan air, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan lumpur lapindo sebagai bahan substitusi semen menghasilkan paving block lebih baik dengan penyerapan air secara optimum pada adukan D dan mendapatkan kuat tekan yang menurun. Hal ini disebabkan oleh besarnya kandungan SiO<sub>2</sub> (berfungsi sebagai bahan pengisi) yang juga didukung oleh kandungan CaO yang berfungsi untuk menjaga keterikatan antar material. Kecilnya nilai penyerapan air juga dapat meningkatkan ketahanan dari paving block itu sendiri. Komposisi yang paling ideal adalah adukan D, dimana tidak terjadi penurunan yang besar pada kuat tekan dan mempunyai penyerapan air yang paling optimum.

Kata kunci: paving block, lumpur Lapindo, kuat tekan, penyerapan air.

## THE BENEFITS OF LAPINDO SILT AS CEMENT SUBSTITUTION MATERIAL IN PAVING BLOCK FABRICATION

**Abstract:** The aim of this research was to obtain the benefits of Lapindo silt as cement substitution material in fabricating paving block with the most ideal mixture composition evaluated from compressive strength and water absorption with physical quality based on PUBI-1986.

Paving block were made using Lapindo silt as cement substitution with composition that were A mixture (100% PC; 0% LS), B mixture (90% PC; 10% LS), C mixture (80% PC; 20% LS), D mixture (70% PC; 30% LS), and E mixture (60% PC; 40% LS). Fabricating process of paving block started from material preparation, making mixture, molding, curing, selection, and then followed by conducting the research by compressing the paving block and obtaining the water absorption.

Based from water absorption, result of this research showed that the mix D has better benefits of Lapindo silt as cement substitution material with optimum water absorption and decreasing compressive strength. This was caused by SiO<sub>2</sub> contained in the mixture (as filler) and also supported by CaO (as a binder between materials). The small value of water absorption can also increase the durability of paving block. The best composition was D mixture, where has optimum water absorption with little decreasing in value of compressive strength.

Keywords: paving block, Lapindo silt, pressure strength, water absorption.

<sup>1</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar.

<sup>2</sup> Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar.

**PENDAHULUAN**

Bata cetak (paving block) atau bata beton untuk lantai adalah suatu komponen bahan bangunan yang dibuat dari bahan campuran semen portland, atau bahan perekat lainnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lain yang tidak mengurangi mutu bata cetak tersebut. Bata beton lantai dapat berwarna seperti warna aslinya atau diberi zat pada komposisinya dan digunakan untuk lantai baik dalam maupun diluar bangunan [PUBI-1986].

Paving block harus memenuhi persyaratan mutu sebagai berikut menurut [PUBI-1986] :

a) Sifat Tampak

Bata beton untuk lantai harus mempunyai bentuk yang sempurna, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

b) Bentuk dan Ukuran

Bentuk dan ukuran bata beton untuk lantai dapat tergantung dari persetujuan antara pemakai dan produsen. Setiap produsen harus memberikan penjelasan tertulis dalam leaflet me-

ngenai bentuk, ukuran dan konstruksi pemasangan bata beton untuk lantai. Penyimpangan tebal bata beton untuk lantai diperkenankan  $\pm 3$  mm.

c). Sifat Fisis

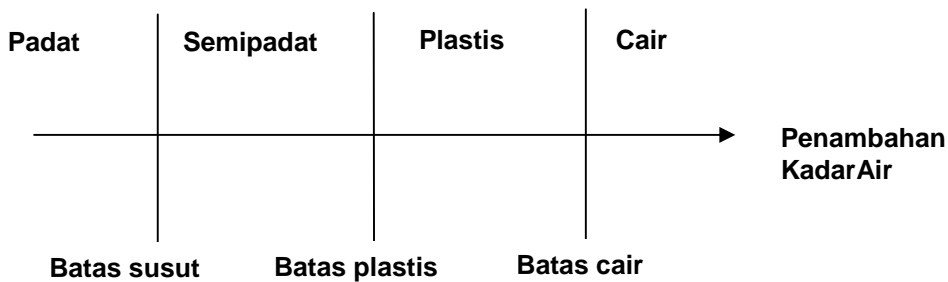
Bata beton untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisis seperti Tabel 1.

**Tabel 1. Syarat Fisis Bata Beton Lantai**

| Bata beton lantai mutu | Kuat tekan Kg/cm <sup>2</sup> | Ketahanan aus mm/menit | Persyaratan air rata-rata (%) |          |   |
|------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|----------|---|
|                        | Rata-rata                     | Terendah               | Rata-rata                     | Terendah |   |
| I                      | 400                           | 340                    | 0,090                         | 0,103    | 3 |
| II                     | 300                           | 255                    | 0,130                         | 0,149    | 5 |
| III                    | 200                           | 170                    | 0,160                         | 0,184    | 7 |

**Batas-batas Atterberg**

Pemeriksaan batas-batas Atterberg diperlukan untuk memperoleh garis besar sifat-sifat tanah yang digunakan. Sifat-sifat tersebut dapat dilihat dari nilai-nilai batas cair, batas plastis, batas susutnya. Gambar dibawah ini merupakan hubungan antara kadar air dengan Atterberg limit :



**Gambar 1. Hubungan Antara Kadar Air Dengan Atterberg Limit**

Penjelasan gambar diatas adalah sebagai berikut :

1. Batas Susut / Shrinkage Limit (SL)

Batas susut tanah merupakan batas dimana jika terjadi pengurangan air lebih lanjut tidak menyebabkan berkurangnya volume tanah atau kadar air batas antara semipadat dengan padat.

2. Batas Plastis / Plastic Limit (PL)

Batas plastis adalah kadar air minimum dimana tanah masih dalam keadaan plastis yaitu dapat diubah bentuk tanpa retak-retak sampai dengan diameter tertentu (3,2 mm).

3. Batas Cair / Liquid Limit (LL)

Batas cair adalah suatu kadar air minimum, dimana tanah masih dalam

keadaan cair atau kadar air batas dari fase cair dan plastis.

4. Indeks Plastisitas

Penentuan indeks plastisitas didapat dari data-data nilai batas cair dan nilai batas plastis sesuai dengan rumus :  
 $IP = LL - PL$ , nilai indeks plastisitas yang diperoleh dari setiap campuran bahan menunjukkan sifat plastisitas dari bahan tersebut.

**Material-material Pembentuk Paving Block**

1. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm [SK SNI T-15-1990-03].

2. Semen Portland

Semen portland (SP) adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling halus klinker, yang terdiri terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu [PUBI-1986].

Kandungan terbesar dalam semen adalah kandungan CaO yang memiliki

fungsi dalam proses perekatan, sedangkan SiO<sub>2</sub> berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki fungsi dalam mempercepat proses pengerasan. Sedangkan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki suhu leleh yang rendah yang menyebabkannya sebagai bahan bakar dalam proses pembakaran klinker.

3. Air

Air pada campuran pembuatan paving block mempunyai peranan yang penting yaitu menyebabkan terjadinya reaksi kimia dengan semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, selain itu air juga berfungsi sebagai pelembab campuran sehingga campuran menjadi mudah dicetak dan tidak pecah.

4. Lumpur Lapindo

Berdasarkan hasil pemeriksaan pendahuluan lumpur panas Lapindo Sidoarjo untuk produk keramik yang dilakukan oleh Aristanto dari Balai Besar Keramik Bandung Departemen Perindustrian dapat dibuatkan tabel kandungan kimia untuk lumpur Lapindo, seperti pada Tabel 2. Dimana pada tabel tersebut juga ditampilkan kandungan kimia semen Portland tipe I.

**Tabel 2. Kandungan Kimia Lumpur Lapindo dan Semen**

| Nama Material  | Kandungan Kimia (%) |      |                                |                                |                  |         |                   |                  |                 |                 |              |
|----------------|---------------------|------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|---------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|
|                | SiO <sub>2</sub>    | CaO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | MgO     | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | SO <sub>2</sub> | SO <sub>3</sub> | Hilang Pijar |
| Lumpur Lapindo | 53,08               | 2,07 | 5,60                           | 18,27                          | 0,57             | 2,89    | 2,97              | 1,44             | 2,96            | -               | 10,15        |
| Semen          | 20,8                | 65,3 | 3,0                            | 6,9                            | -                | Max 2,0 | -                 | -                | -               | 1,6             | Max 1,5      |

**METODOLOGI**

Pembuatan benda uji berupa paving block dilakukan pada UD. Karya Indah, Abianbase, Badung. Penelitian untuk pengujian terhadap ketahanan terhadap penyerapan air dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Udayana, sedangkan untuk pengujian kuat tekannya dilaksanakan di

Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas Udayana.

**Bahan-bahan yang Digunakan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : Pasir Karangasem yang diturunkan di Benoa yang lolos ayakan nomer 4, semen Portland tipe I dengan merek Gresik, air sumur, lumpur Lapindo dalam kondisi kering oven yang dihancurkan dan lolos ayakan nomer 200.

**Jumlah Benda Uji**

Dalam penelitian ini benda uji yang dibuat berupa paving block dengan ukuran 20cm x 20cm x 8cm dengan jumlah sesuai Tabel 3.

**Tabel 3. Jumlah Benda Uji**

| Sampel Paving Block Benda Uji               | Persentase Penambahan Lumpur Lapindo |     |     |     |     |
|---|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|   | (A)                                  | (B) | (C) | (D) | (E) |
| Kuat Tekan                                  | 5                                    | 5   | 5   | 5   | 5   |
| Penyerapan Air                              | 5                                    | 5   | 5   | 5   | 5   |
| Jumlah                                      | 10                                   | 10  | 10  | 10  | 10  |
| Total benda uji yang dipergunakan adalah 50 |                                      |     |     |     |     |

Dalam penelitian ini akan dibuat 5 jenis adukan dengan perbandingan berat antara semen Portland dengan pasir adalah 1 : 6 dengan faktor air semen (f.a.s) 0,4. Adapun ke-5 jenis adukan tersebut, yaitu :

1. Adukan (A) : Adukan dengan komposisi semen Portland 100% dari berat perekat hidrolisnya.
2. Adukan (B) : Adukan dengan komposisi semen Portland 90% dan lumpur Lapindo 10%.
3. Adukan (C) : Adukan dengan komposisi semen Portland 80% dan lumpur Lapindo 20%.
4. Adukan (D) : Adukan dengan komposisi semen Portland 70% dan lumpur Lapindo 30%.
5. Adukan (E) : Adukan dengan komposisi semen Portland 60% dan penggunaan lumpur adalah 40%.

**Langkah-langkah Penelitian**

1. Pembuatan Adukan  
Adukan dapat dibuat dengan langkah menyiapkan bahan-bahan terlebih dahulu, seperti pasir, semen dan lumpur lapindo, kemudian menentukan komposisi adukan dan masukkan kedalam mikser, baru kemudian memasukkan air ke dalam adukan tadi.
2. Pembuatan Paving Block  
Setelah adukan teraduk dengan rata kurang lebih 3 menit, maka paving

block dapat dicetak. Kemudian dilakukan pemeliharaan awal dengan meletakkan paving block pada tempat yang terlindung dari cuaca luar. Pemeliharaan cara alami dapat dilakukan setelah paving block berumur 2-3 hari dengan meletakkannya pada tempat terbuka. Dalam proses ini, paving block disiram dengan air setiap 2 hari sekali hingga paving block berumur 28 hari.

3. Pengujian Kuat Tekan  
Pengujian kuat tekan pada paving block adalah untuk mendapatkan besarnya beban tekan maksimum yang bisa diterima oleh paving block. Alat uji yang digunakan adalah mesin desak merek *Controls Milano Italy* dengan kapasitas 2000 KN. Pengujian ini dapat dilakukan dengan meletakkan benda uji pada alat uji, dimana di bawah dan di atas benda uji diletakkan pelat baja. Kemudian jalankan mesin desak dan dicatat gaya tekan maksimum.
4. Pengujian Penyerapan Air  
Pengujian untuk penyerapan air dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya tingkat penyerapan oleh benda uji berupa paving block dan juga untuk menentukan apakah benda uji tersebut dapat memenuhi persyaratan mutu fisik paving block. Peralatan yang digunakan meliputi timbangan, ember, dan oven. Pengujian ini dapat dilakukan dengan cara merendam benda uji selama 24 jam terlebih dahulu kemudian ditimbang ( $W_r$ ). Setelah itu benda uji dioven selama 24 jam dengan suhu  $100^0-110^0$ .
5. Analisis Data  
Data yang diperoleh dari hasil penelitian ditabelkan dan diplot dalam suatu grafik untuk memudahkan dalam membandingkan setiap perlakuan benda uji masing-masing adukan. Selanjutnya dilakukan analisa regresi dan pembahasan masing-masing adukan untuk menentukan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Kandungan Kimia**

Analisis kandungan kimia dari perekat hidrolis masing-masing adukan sangat dibutuhkan untuk memudahkan dalam menganalisa pengaruh dari penggunaan lumpur lapindo sebagai bahan substitusi semen. Dalam hal ini kandungan kimia yang akan dibandingkan pada masing-masing adukan adalah SiO<sub>2</sub>, CaO, Al<sup>2</sup>O<sup>3</sup>, dan Fe<sup>2</sup>O<sup>3</sup>.

Tabel dibawah ini merupakan perbandingan kandungan kimia dari perekat hidrolis masing-masing adukan.

**Tabel 4. Kandungan Kimia Adukan A**

| Kandungan Kimia                | Semen 100% (%) | Lumpur Lapindo 0% (%) | Campuran A (%) |
|--------------------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 20.8           | 0                     | 20.8           |
| CaO                            | 65.3           | 0                     | 65.3           |
| Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> | 6.9            | 0                     | 6.9            |
| Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> | 3              | 0                     | 3              |

**Tabel 5. Kandungan Kimia Adukan B**

| Kandungan Kimia                | Semen 90% (%) | Lumpur Lapindo 10% (%) | Campuran B (%) |
|--------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 18.72         | 5.308                  | 24.028         |
| CaO                            | 58.77         | 0.207                  | 58.977         |
| Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> | 6.21          | 0.56                   | 6.77           |
| Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> | 2.7           | 1.827                  | 4.527          |

**Tabel 6. Kandungan Kimia Adukan C**

| Kandungan Kimia                | Semen 80% (%) | Lumpur Lapindo 20% (%) | Campuran C (%) |
|--------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 16.64         | 10.616                 | 27.256         |
| CaO                            | 52.24         | 0.414                  | 52.654         |
| Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> | 4.968         | 1.12                   | 6.088          |
| Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> | 2.4           | 3.654                  | 6.054          |

**Tabel 7. Kandungan Kimia Adukan D**

| Kandungan Kimia                | Semen 70% (%) | Lumpur Lapindo 30% (%) | Campuran D (%) |
|--------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 14.56         | 15.924                 | 30.484         |
| CaO                            | 45.71         | 0.621                  | 46.331         |
| Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> | 4.83          | 1.68                   | 6.51           |
| Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> | 2.1           | 5.481                  | 7.581          |

**Tabel 8. Kandungan Kimia Adukan E**

| Kandungan Kimia                | Semen 60% (%) | Lumpur Lapindo 40% (%) | Campuran E (%) |
|--------------------------------|---------------|------------------------|----------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 12.48         | 21.232                 | 33.712         |
| CaO                            | 39.18         | 0.828                  | 40.008         |
| Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> | 4.14          | 2.24                   | 6.38           |
| Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> | 1.8           | 7.308                  | 9.108          |

**Pemeriksaan Batas-batas Atterberg**

Rangkuman hasil penelitian batas-batas atterberg dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9. Batas-batas Atterberg Lumpur Lapindo**

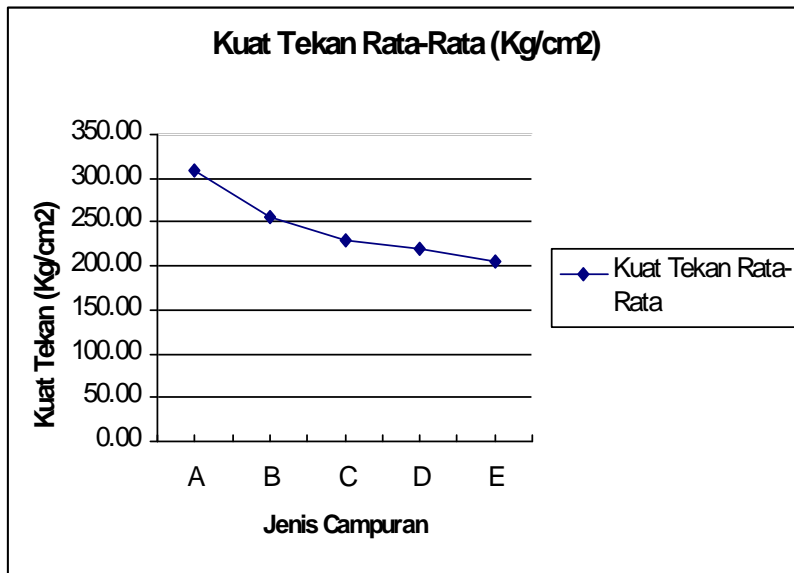
| Batas Susut (sl) | Batas Plastis (pl) | Batas Cair (ll) | Indeks Plastisitas (pi) |
|------------------|--------------------|-----------------|-------------------------|
| 13,226%          | 22,558%            | 62,023%         | 39,465%                 |

Dari tabel di atas dapat dilihat nilai batas susut lumpur Lapindo sebesar 13,226%. Kecilnya nilai batas susut ini menunjukkan lumpur Lapindo memiliki butiran yang sangat halus. Sedangkan nilai indeks plastisitas yang besar menunjukkan bahwa lumpur Lapindo memiliki sifat sangat plastis.

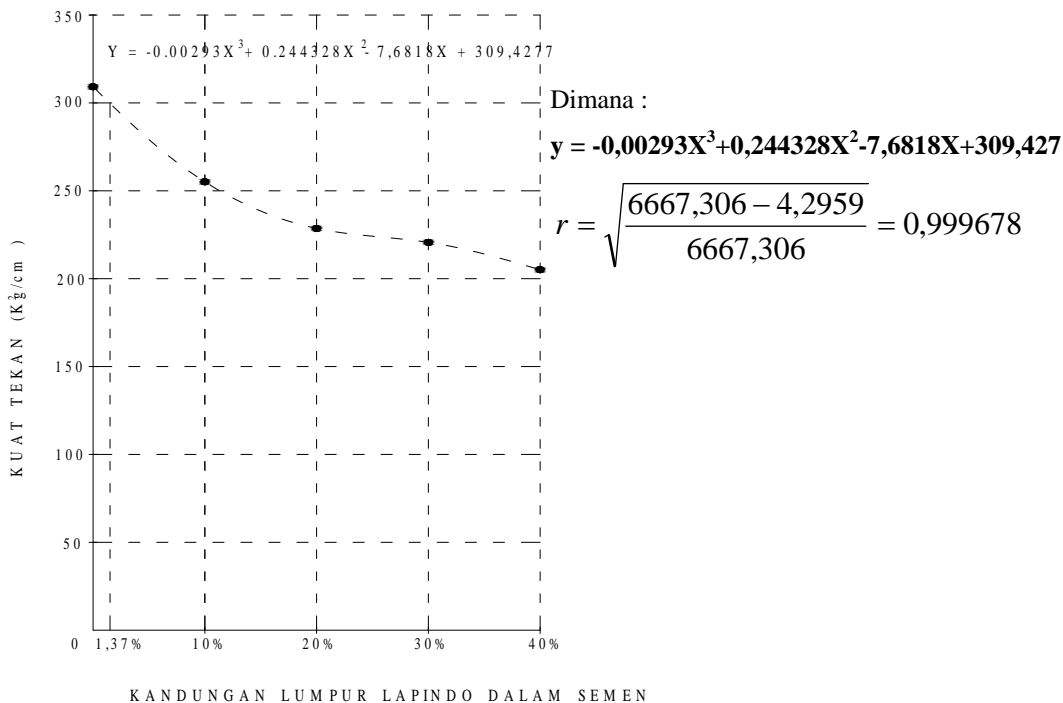
**Pengujian Kuat Tekan Paving Block**

Grafik dari hasil pengujian kuat tekan rata-rata kelima jenis adukan paving block dapat dilihat pada Gambar 2.

Sedangkan grafik hubungan antara kuat tekan dan persentase kandungan lumpur lapindo dalam semen yang diperoleh dari persamaan regresi polynomial kubik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Rata-rata



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Persentase Kandungan Lumpur Lapindo Dalam Semen

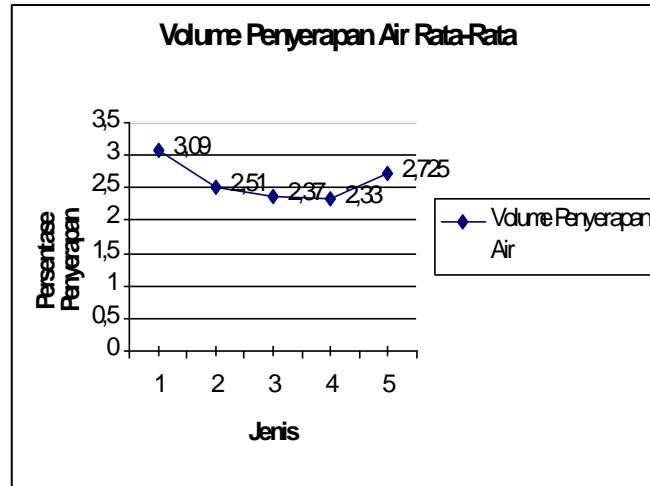
Berdasarkan dari grafik kuat tekan rata-rata (Gambar 2) dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata paving block dari adukan A hingga adukan E semakin menurun. Hal ini disebabkan karena kandungan CaO dari adukan A hingga adukan E menurun, dimana CaO merupakan kandungan kimia yang

berfungsi sebagai bahan pengikat, sedangkan kandungan SiO<sub>2</sub> yang berfungsi sebagai bahan pengis. Jadi yang lebih dominan mempengaruhi menurunnya kuat tekan adalah menurunnya kandungan CaO, walaupun kandungan SiO<sub>2</sub> ditingkatkan.

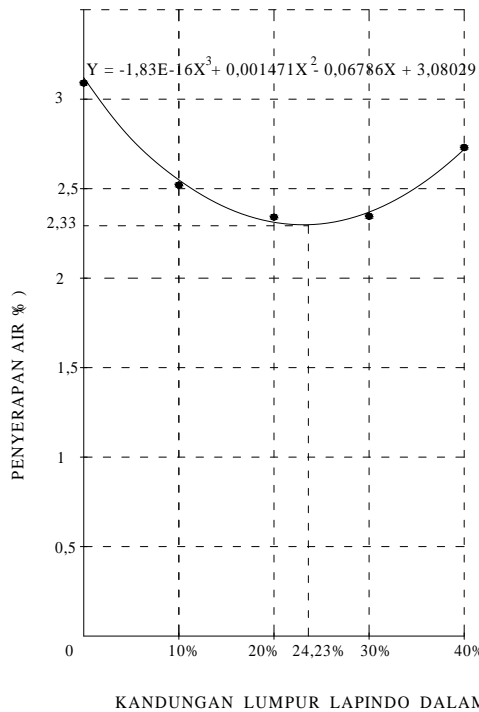
**Pengujian Penyerapan Air Paving Block**

Grafik dari hasil pengujian volume penyerapan air rata-rata kelima jenis adukan paving block dapat dilihat pada Gambar 4.

Sedangkan grafik hubungan antara penyerapan air dan persentase kandungan lumpur lapindo dalam semen yang diperoleh dari persamaan regresi polynomial kubik dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 4. Grafik Volume Penyerapan Air**



Dimana :

$$y = -1,83E-16X^3 + 0,00147X^2 - 0,0678X + 3,08029$$

$$r = \sqrt{\frac{0,39072 - 0,0066058}{0,39072}} = 0,99151$$

**Gambar 5. Grafik Hubungan antara Penyerapan Air dan Persentase Kandungan Lumpur Lapindo Dalam Semen**

Berdasarkan dari grafik volume penyerapan air rata-rata (Gambar 4) dapat dilihat bahwa terjadi penurunan penyerapan air dari adukan A hingga D, namun

penyerapan air kembali meningkat pada adukan E.

Pada Tabel 4 hingga Tabel 8 dapat dilihat bahwa kandungan SiO<sub>2</sub> yang berfungsi sebagai bahan pengisi dari

adukan A hingga adukan E terus meningkat, sedangkan kandungan CaO menurun. Meningkatnya kandungan SiO<sub>2</sub> pada tiap-tiap adukan telah mengakibatkan porositas bahan semakin kecil, sehingga volume penyerapan air dari adukan A hingga adukan D menurun. Berdasarkan analisis regresi, titik jenuh menurunnya volume penyerapan air terdapat antara adukan D dan E (tepatnya pada kandungan lumpur sebesar 24,23%), dimana hal ini diakibatkan oleh kecilnya kandungan CaO yang menyebabkan menurunnya keterikatan antara material. Jadi kecilnya daya serap air lebih dipengaruhi oleh besarnya kandungan SiO<sub>2</sub>, tetapi juga mesti didukung oleh peranan kandungan CaO dalam menjaga keterikatan antara material dalam paving block.

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut. Bila ditinjau dari segi kuat tekan, adukan untuk mendapatkan paving block mutu II adalah adukan dengan penggunaan lumpur Lapindo sebesar 1,37 %, sedangkan bila ditinjau dari segi penyerapan air, maka adukan untuk mendapatkan penyerapan air terendah adalah adukan dengan penggunaan lumpur Lapindo sebesar 24,23%. Dan adukan yang paling ideal adalah adukan dengan menggunakan lumpur Lapindo sebesar 24,23%, karena pada adukan ini terjadi penggunaan lumpur secara optimum bila ditinjau dari segi penyerapan air, dan pada adukan ini tidak terjadi penurunan yang begitu besar dari adukan A.

Dari hasil yang dicapai, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut. Jika ingin menggunakan paving block dengan kuat tekan mutu II, maka sebaiknya digunakan paving block dengan campuran 1,37% lumpur Lapindo. Paving block dengan menggunakan lumpur Lapindo sebagai bahan substitusi semen sebaiknya

digunakan pada daerah dengan kelembaban udara yang tinggi, seperti pada areal perkebunan. Campuran yang terbaik adalah campuran D, karena memiliki penyerapan air terendah

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. 1986. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1986)*, Pusat Litbang Pemukiman, Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonimus. *Pemanfaatan Agregat Halus (Pasir) Untuk Komponen Bangunan*, Makalah, Google search : “Campuran Bata Beton”.
- Aristianto. 2006. *Pemeriksaan Pendahuluan Lumpur Panas Lapindo Sidoarjo Untuk Produk Keramik*, Balai Besar Keramik, Bandung.
- Frick, H. 1999. *Ilmu Bahan Bangunan (Seri Konstruksi Arsitektur 9)*, Kanisius, Yogyakarta.
- Hidayat, N. Dkk. 2006. *Ke Laut Lumpur Dibuang, Lumpur Terus Menyembur, Batako Lumpur Van Mojokerto*, Majalah Gatra.
- Nawy, E.G. 1998. *Beton Bertulang, Suatu Pendekatan Dasar (terjemahan)*, Refika Aditama, Bandung.
- Paramartha, K.I. 2001. *Karakter Mekanik Berbagai Semen Portland Tipe I Ditinjau dari Segi Kuat Tarik Lentur dan Kuat Tekan*, Tugas Akhir Program S1, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana.
- Purba, A. 2006. *Tren Teknologi Beton Mutu Tinggi*, Majalah Konstruksi Edisi September 2006.
- Wirawan, N. 2002. *Statistik 2*, Keraras Emas, Denpasar.