PENGARUH PENGGUNAAN LUMPUR LAPINDO BRANTAS DALAM CAMPURAN MORTAR TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BATAKO

Edhi Wahyuni.S, Arifi Sunaryo dan Geri Ramdhan Dazali
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang

ABSTRAK

Batako yang terbuat dari campuran kapur dan trass merupakan salah satu jenis batako yang sering digunakan. Trass sendiri memiliki kandungan utama berupa silika dan alumina. Sedangkan lumpur Lapindo memiliki kandungan utama berupa silika dan alumina juga. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai penggunaan lumpur Lapindo sebagai campuran batako untuk memperoleh kekuatan optimal, yang kemudian diharapkan dapat memberikan masukan baru terutama untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh penggunaan lumpur Lapindo terhadap nilai kuat tekan batako yang dihasilkan.

Lumpur yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari desa Siring Sidoarjo dalam keadaan jenuh dan tidak bertemperatur tinggi. Kemudian lumpur tersebut dikeringkan dibawah sinar matahari.

Perbandingan campuran batako yang digunakan adalah 1:5 kapur dan trass. Ada enam variasi komposisi antara trass dan lumpur Lapindo, yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40%,dan 50%. Presentase penambahan ini dihitung dari berat total bahan benda uji,Sedangkan untuk kapur jumlahnya tetap. Untuk masing-masing komposisi dibuat 5 benda uji batako.

Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang nyata antara variasi komposisi lumpur Lapindo dengan kuat tekan batako. Secara keseluruhan batako dengan penambahan lumpur Lapindo nilai kuat tekannya mengalami penurunan bila dibandingkan batako tanpa lumpur Lapindo. Begitu juga dengan berat isi batako mengalami penurunan apabila dibandingkan dengan batako tanpa lumpur Lapindo.

Kata Kunci : batako, lumpur Lapindo, kuat tekan

PENDAHULUAN

Bentuk batako yang bermacam-macam memungkinkan variasi yang cukup banyak, dan jika kualitas batako baik, maka tembok tersebut tidak perlu diplester. Batako dapat dibuat dengan mudah dengan menggunakan peralatan atau mesin sederhana, tidak perlu dibakar, dan dengan demikian menghemat energi sekitar 80 %.

Apabila dibandingkan dengan batu bata merah, terlihat penghematanya dalam beberapa segi, misalnya : per m^2 luas tembok lebih sedikit jumlah batu yang dibutuhkan , terdapat pula penghematan dalam pemakaian adukan sampai 75 %, beratnya tembok diperingan dengan 50 %, dan jikalau kualitas batu batako mengizinkan, tembok ini tidak usah diplester dan sudah cukup menarik.

Lumpur Lapindo adalah lumpur panas yang keluar dari dalam bumi akibat kegiatan pengeboran yang dilakukan oleh PT Lapindo Brantas yang terjadi di Sidoarjo. Lumpur ini telah mengakibatkan bencana di daerah sekitarnya dan menyebabkan tergenangnya beberapa desa serta mempengaruhi aktivitas ekonomi di Jawa Timur.

Pada seminar nasional tanggal 3 Oktober 2006 tentang “Pemanfaatan Lumpur Porong Sidoarjo Sebagai Bahan Bangunan” dijelaskan bahwa, sedikitnya

ada delapan jenis bahan bangunan yang bisa dibuat dengan bahan dasar lumpur panas Lapindo. Diantaranya, keramik, campuran beton (*geopolimer*), pasir multiguna, paving blok, batu bata, beton, genteng, dan batako.

Berdasarkan uraian diatas maka lumpur Lapindo dapat dimanfaatkan dan perlu diadakan penelitian untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan lumpur Lapindo pada bahan utama batako yaitu tras dan kapur dengan uji mekanis.

TINJAUAN PUSTAKA

Trass

Trass adalah batuan gunung api yang telah mengalami perubahan komposisi kimia yang disebabkan oleh pelapukan dan pengaruh kondisi air bawah tanah. Bahan galian ini berwarna putih kekuningan hingga putih kecoklatan, kompak dan padu dan agak sulit digali dengan alat sederhana. Kegunaan tras adalah untuk bahan baku batako, industri semen, campuran bahan bangunan dan semen alam. Terdapat 2 jenis tras yaitu :

1. Tras alam : adalah lapukan batu-batuan yang berasal dari gunung berapi yang banyak mengandung silika, yang dalam keadaan halus bila dicampur dengan kapur dan air, setelah beberapa waktu dapat mengeras pada suhu hangat, membentuk massa yang padat dan sukar larut dalam air
2. Tras buatan : disebut juga dengan nama semen merah, adalah suatu bahan yag didapat dengan menggiling halus batu bata, genting dan barang-barang bakaran tanah liat lainnya, yang mempunyai sifat-sifat tras.

Kapur

Kapur adalah batu endapan yang terbentuk melalui proses kimia dan mekanis dalam alam. Bahan dasar kapur adalah batu kapur. Batu kapur mengandung kalsium karbonat ($CaCO_3$). Dengan pemanasan (kira-kira 980 ^{o}) karbon dioksidanya keluar dan tinggal kapurnya saja (CaO). Susunan kimia maupun sifat fisik bahan dasar mengandung kapur ini berbeda dari satu tempat ke tempat yang lain. Bahkan dalam satu tempat belum tentu sama. Kalsium oksida yang diperoleh ini biasa disebut *quicklime*.

Kapur dari hasil pembakaran ini bila ditambahkan air akan mengembang dan retak-retak. Banyak panas yang dikeluarkan seperti mendidih selama proses ini, dan hasilnya adalah kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$). Air yang dipakai untuk proses ini secara teoritis diperlukan hanya 32 % berat semen, tetapi karena faktor-faktor antara lain pembakaran, jenis kapur dan sebagainya kadang-kadang air yang diperlukan sampai 2 atau 3 kali volume kapur. proses ini disebut *slaking* , adapun sebagai hasilnya yaitu kalsium hidroksida disebut *slaked lime* atau *hydrated lime*.

Lumpur Lapindo

Banjir Lumpur Panas Sidoarjo 2006, merupakan kasus menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran PT Lapindo Brantas di Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, sejak tanggal 29 Mei 2006. Semburan lumpur panas selama beberapa bulan ini menyebabkan tergenangnya kawasan permukiman, pertanian, dan perindustrian di tiga kecamatan di sekitarnya, serta mempengaruhi aktivitas perekonomian di Jawa Timur.

Volume lumpur diperkirakan sekitar 5.000 meter kubik per hari. Bahkan pernah mencapai 50 ribu meter kubik per hari. Ini kurang-lebih sama dengan muatan penuh 690 truk peti kemas berukuran besar. Jika stamina

semburan lumpur terus bertahan pada kisaran 50 ribu itu, dan pada 31 Oktober 2006, jumlah lumpur akan mencapai 7,1 juta meter kubik. Pada pergantian tahun, volumenya bakal menembus angka 10 juta meter kubik. Diharapkan volume lumpur yang sangat banyak nantinya dapat berguna dan bermanfaat bagi masyarakat, terutama sebagai campuran batako.

Hasil penelitian di laboratorium juga menunjukkan kalau lumpur Lapindo bisa dibuat bahan bangunan seperti bata, paving block, dan genteng (Noerwasito, 2006).

Berdasarkan pengujian toksikologis di 3 laboratorium terakreditasi (Sucofindo, Corelab dan Bogorlab) diperoleh kesimpulan ternyata lumpur Sidoarjo tidak termasuk limbah B3 seperti Arsen, Barium, Boron, Timbal, Raksa, Sianida Bebas dan sebagainya yang tergolong anorganik. Sedangkan untuk bahan organik seperti Trichlorophenol, Chlordane, Chlorobenzene, Chloroform dan sebagainya, hasil pengujian juga menunjukkan semua parameter bahan kimia itu berada di bawah baku mutu. Sehingga kekhawatiran masyarakat selama ini bahwa unsur kimia lumpur Lapindo berbahaya dan beracun adalah tidak benar.

Tabel 1. Hasil Uji B3 Lumpur Lapindo

Beberapa hasil pengujian		
Parameter	Hasil uji maks	Baku Mutu (PP Nomor 18/1999)
Arsen	0,045 Mg/L	5 Mg/L
Barium	1,066 Mg/L	100 Mg/L
Boron	5,097 Mg/L	500 Mg/L
Timbal	0,05 Mg/L	5 Mg/L
Raksa	0,004 Mg/L	0,2 Mg/L
Sianida Bebas	0,02 Mg/L	20 Mg/L
Trichlorophenol	0,017 Mg/L	2 Mg/L (2,4,6 Trichlorophenol) 400 Mg/L (2,4,4 Trichlorophenol)

Sumber : http://id.wikipedia.org

Berdasarkan pengujian, hasil analisa lumpur Lapindo juga memiliki kandungan mineral dan kimia yang cocok untuk pembuatan bahan keramik dan bahan bangunan, terutama dengan kandungan silikat dan aluminat yang sangat tinggi.

Air

Air merupakan salah satu bahan yang memegang peran penting dalam pembuatan batako. Dalam campuran batako, air berfungsi untuk memungkinkan terjadinya reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan serta berlangsungnya pengerasan dan juga sebagai pelumas campuran kapur dengan tras agar mudah dalam pengolahan dan pencetakan.

Peran air sebagai material dapat mempengaruhi kualitas batako. Oleh karena itu air yang digunakan untuk campuran dalam penelitian ini harus dijaga agar tidak mengandung senyawa-senyawa berbahaya yang tercemar garam, minyak, alkali dan bahan-bahan organik atau bahan kimia lainnya yang dapat merusak batako. Air yang baik untuk pembuatan batako adalah air tawar yang

dapat diminum, dapat berupa air tawar alami maupun air tawar olahan.

Batako

Batu buatan yang tidak dibakar, dikenal dengan nama batako, yang dibuat secara pemadatan dari tras dan kapur tanpa semen sudah mulai dikenal oleh masyarakat sebagai bahan bangunan, dan sudah dipakai untuk membangun rumah dan gedung.

Terdapat 2 jenis bentuk dari batako yaitu batako pejal dan batako berlubang. Batako dilihat dari segi pemakaiannya bila dibandingkan dengan batu merah, terlihat penghematannya dalam beberapa segi, misalnya : per m^2 luas dinding lebih sedikit jumlah batu yang dibutuhkan, sehingga kuantitatif terdapat penghematan. Terdapat pula penghematan dalam pemakaian adukan sampai 75 %. berat tembok diperingan dengan 50 %, dengan demikian pondasinya juga bisa berkurang. Bentuk batako yang bermacam-macam memungkinkan variasi yang cukup banyak, dan jika kualitas batako baik, maka tembok tersebut tidak perlu diplester. Batako dapat dibuat dengan mudah dengan menggunakan peralatan atau mesin sederhana, tidak perlu dibakar, dan dengan demikian menghemat energi sekitar 80 %.

Lumpur Lapindo Sebagai Campuran Batako

Dalam pembuatan batako biasa digunakan dengan perbandingan campuran antara kapur dan tras yaitu 1 : 5 , dalam perbandingan ini lumpur Lapindo akan digunakan sebagai bahan pengisi dari batako. Lumpur yang akan digunakan dalam campuran adalah lumpur yang terdapat didaerah sekitar semburan lumpur Lapindo, bongkahan lumpur yang ada kemudian kita jemur agar kering dan kemudian di giling sehingga memiliki memiliki gradasi tertentu, dan dapat digunakan sebagai bahan campuran pengisi batako.

Kuat Tekan Batako

Kuat tekan adalah kemampuan suatu penampang untuk menahan beban atau kemampuan maksimum penampang dalam menahan beban yang menyebabkan kehancuran.

Benda uji yang dipakai adalah berupa batako berlubang .Untuk uji tekan, benda diletakkan diatas alat uji tekan yang dibuat sedemikian rupa sehingga kedua sisi batako dapat bertumpu pada plat yang telah disiapkan.

Kuat tekan batako selain dipengaruhi oleh faktor air bahan dan tingkat pemadatan juga dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain :

1. Jenis kapur dan tras ,serta kualitasnya.
2. Perbandingan jumlah kapur dan tras
3. Suhu dan umur pengerasan batako

Hipotesis Penelitian

Setelah mempelajari dari tinjauan pustaka dan beberapa permasalahan yang telah diuraikan diatas, terutama lumpur Lapindo terdiri dari unsur-unsur kimia yang sebagian besar terdiri dari silikat dan aluminat ,maka dapat diambil hipotesis penelitian sebagai berikut :

"Penambahan lumpur Lapindo pada batas tertentu dalam campuran batako akan meningkatkan nilai kuat tekan batako yang dihasilkan".

METODOLOGI PENELITIAN

Perlakuan Terhadap Bahan Yang Digunakan

Perlakuan terhadap bahan-bahan yang digunakan hanya dilakukan pada lumpur Lapindo, sedangkan untuk trass dan kapur padam tidak dilakukan perlakuan khusus. Lumpur Lapindo yang diambil dari tempat disekitar semburan lumpur Lapindo di Sidoarjo dalam kondisi masih basah ,kemudian

dikeringkan dengan menjemurnya dibawah sinar matahari. Setelah lumpur kering kemudian kita giling dengan mesin gilingan sehingga lumpur Lapindo yang telah mengering dalam bentuk bongkahan siap menjadi bahan campuran dari batako trass dan kapur.

Rancangan Penelitian

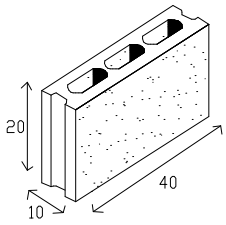
Rancangan percobaan untuk penelitian ini disusun sebagai berikut :

Campuran dengan perbandingan 1 : 5 antara kapur dan tras, kemudian kita lakukan beberapa variasi antara tras dan lumpur lapindo dicampur dalam 6 bagian dimana masing-masing bagian atau sampel mempunyai komposisi yang berbeda.

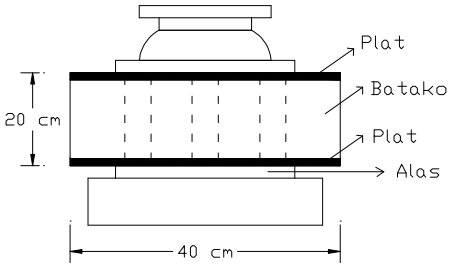
Rancangan tersebut disusun untuk benda uji tekan Batako dengan pengamatan kekuatan pada umur 28 hari yang untuk tiap sampelnya terdapat 5 beda uji, maka jumlah keseluruhannya 30 benda uji.

Tabel 2. Variasi Komposisi Lumpur Lapindo - Tras

Sampel	1	2	3	4	5	6
Tras (%)	100	90	80	70	60	50
Lumpur Lapindo (%)	0	10	20	30	40	50
Jumlah sampel	5	5	5	5	5	5
Jumlah total sampel						30



Gambar 1. Benda uji batako berlubang



Gambar 2. Pengujian kuat tekan batako berlubang

Variabel Penelitian

- Variabel bebas (*independent variabel*)
  Variabel bebas adalah variabel yang perubahannya bebas ditentukan peneliti. Dalam penelitian ini, yang merupakan variabel bebas adalah variasi komposisi lumpur Lapindo – tras dalam campuran mortar.
- Variabel tak bebas (*dependent variabel*)
  Variabel tak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel bebas. Dalam penelitian ini, yang merupakan variabel tak bebas adalah hasil uji tekan.

PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tekan Batako

Untuk pengujian kuat tekan batako dibuat benda uji yang memiliki panjang 40 cm, lebar 10 cm, tinggi 20 cm, dan terdapat 3 buah lubang dengan ukuran 9x6 cm, serta 2 pinggiran berbentuk setengah lingkaran dengan diameter 6 cm. Setelah mencapai umur yang di tentukan, dalam penelitian ini pada 28 hari. Benda uji tersebut di test dengan alat yang disebut " *Commpression Testing Mechine"*. Pengujian dilakukan dengan meletakkan pelat diatas dan dibawah benda uji, sehingga batako dapat menerima beban merata di setiap permukaannya dan diberi tekanan sampai benda uji tersebut hancur. Adapun hasil pengujian tekan benda uji ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Nilai Kuat Tekan Batako (Kg/cm²)

Variasi Campuran Lumpur Lapindo	Kuat Tekan Batako (Kg/cm²)
1. 100 % T + 0 % LL	17.975
	22.885
	19.357
	17.45
	16.973
2. 90 % T + 10 % LL	11.252
	14.113
	18.499
	14.971
	12.158
3. 80 % T + 20 % LL	17.021
	15.114
	17.021
	17.307
	17.498
4. 70 % T + 30 % LL	12.444
	17.641
	10.251
	15.352
	9.345
5. 60 % T + 40 % LL	11.586
	16.687
	12.253
	16.354
	11.395
6. 50 % T+ 50 % LL	15.734
	16.211
	9.059
	7.152
	8.868

Ket :
T = Trass
LL = Lumpur Lapindo

Sumber : Hasil penelitian laboratorium

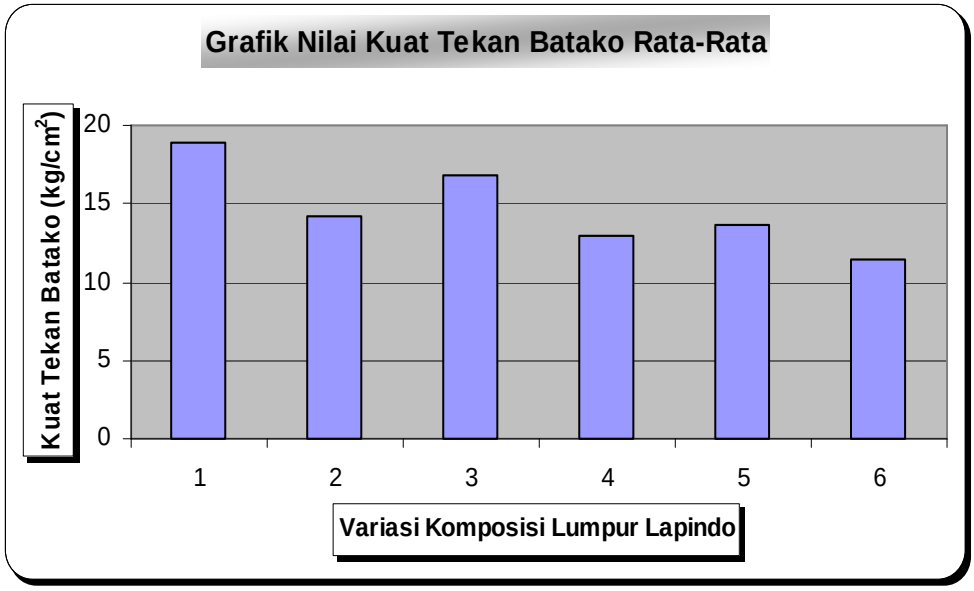
Berdasarkan SNI 03-2113-2000 , Bata Trass Kapur Untuk Pasangan Dinding. .Kuat tekan bruto masing-masing benda uji minimum untuk Batako tingkat II adalah 15 kg /cm.

Tabel 4. Rekapitulasi Kuat Tekan Batako Rata-Rata (Kg/cm²)

Variasi Campuran Lumpur Lapindo	Kuat Tekan Rata-Rata Batako (kg/ cm²)
1. 100 % T + 0 % LL	18.928
2. 90 % T+ 10 % LL	14.198
3. 80 % T + 20 % LL	16.792
4. 70 % T + 30 % LL	13.006
5. 60 % T + 40 % LL	13.655
6. 50 % T + 50 % LL	11.404

Ket :
T = Trass
LL = Lumpur Lapindo

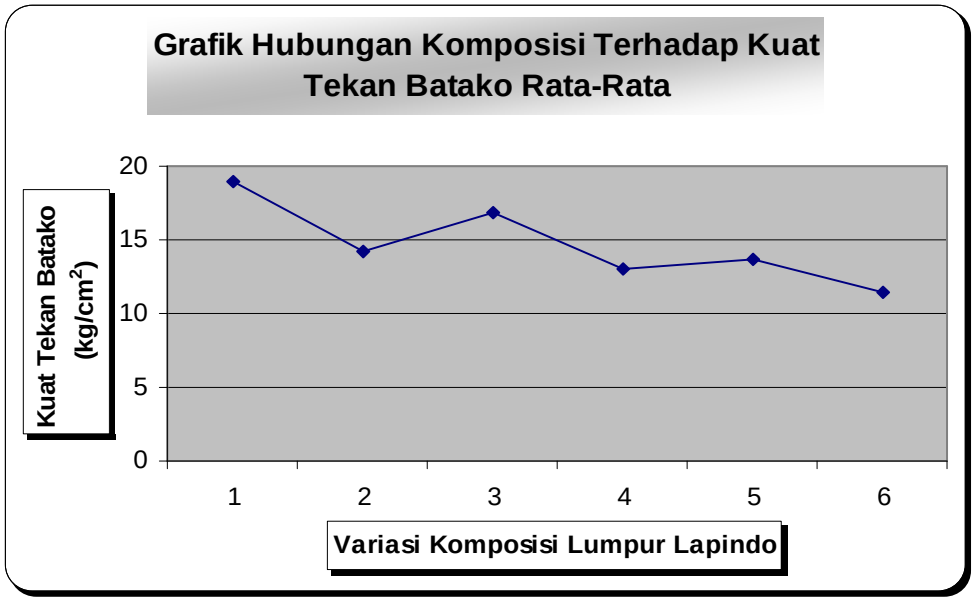
Sumber : Hasil penelitian laboratorium



Gambar 3. Grafik Nilai Kuat Tekan Batako Rata-Rata

Ket :
1. 100 % T+ 0 % LL
2. 90 % T + 10 % LL
3. 80 % T + 20 % LL
4. 70 % T + 30 % LL
5. 60 % T + 40 % LL
6. 50 % T + 50 % LL

T = Trass
LL = Lumpur Lapindo



Gambar 4. Grafik Korelasi Nilai Kuat Tekan Batako Rata-Rata Terhadap Variasi Komposisi Lumpur Lapindo

Ket :

1. 100 % T+ 0 % LL
2. 90 % T + 10 % LL
3. 80 % T + 20 % LL
4. 70 % T + 30 % LL
5. 60 % T + 40 % LL
6. 50 % T + 50 % LL

T = Trass

LL = Lumpur Lapindo

Pengujian Hipotesis

1. Analisis Ragam Satu Arah :

Tabel 5. Analisa varian satu arah pada variasi campuran lumpur Lapindo

Variasi Komposisi Lumpur Lapindo

100% T+ 0% LL	90% T + 10% LL	80% T + 20% LL	70% T + 30% LL	60% T + 40% LL	50% T + 50% LL	
Kuat Tekan Batako (kg/cm^2)						
17.975	11.252	17.021	12.444	11.586	15.734	
22.885	14.113	15.114	17.641	16.687	16.211	
19.357	18.499	17.021	10.251	12.253	9.059	
17.450	14.971	17.307	15.352	16.354	7.152	
16.973	12.158	17.498	9.345	11.395	8.868	
n = 5	n = 5	n = 5	n = 5	n = 5	n = 5	n = 30
T1 = 94.640	T2 = 70.992	T3 = 83.961	T4 = 65.032	T5 = 68.275	T6 = 57.022	T = 439.925
X = 18.928	X = 14.198	X = 16.792	X = 13.006	X = 13.655	X = 11.404	X = 87.985

Ket :

T = Trass

LL = Lumpur Lapindo

Tabel 6. Hasil analisa varian satu arah

	d.b	JK	KT	Fh	Ft
Perlakuan	5	186.591	37.318	4.340	2.62
sesatan	24	206.380	8.599		
Total	29	392.971			

Kesimpulan :
Ho ditolak karena F_{hitung} > 2.62 artinya variasi komposisi lumpur Lapindo berpengaruh nyata terhadap nilai kuat tekan batako.

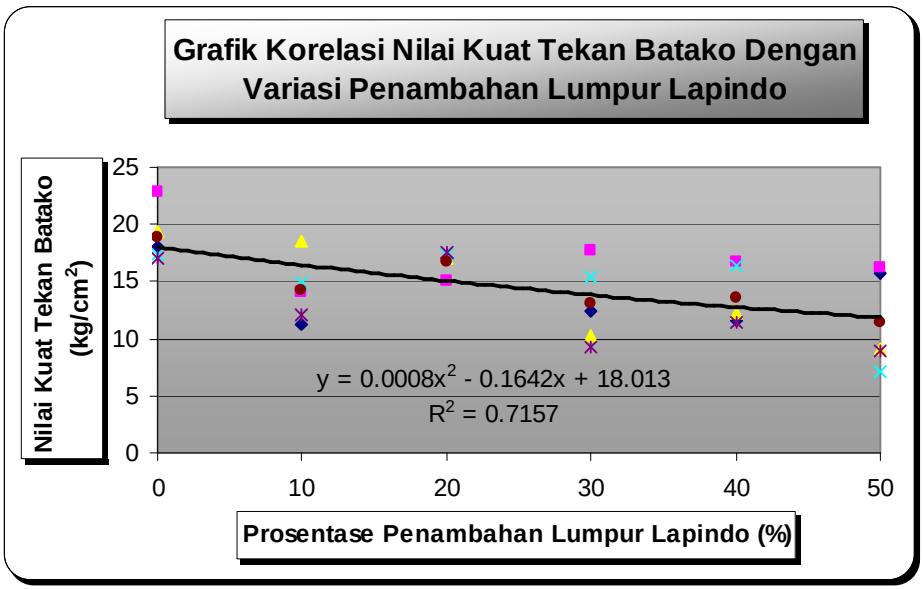
2. Analisa Regresi

Proses penentuan suatu fungsi pendekatan yang menggambarkan kecenderungan data dengan simpangan minimum antara nilai fungsi dengan data, disebut regresi. Jika pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel tak bebas, maka analisis regresi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kedua variabel tersebut.

Regresi dilakukan terhadap batako untuk mendapatkan hubungan antara variasi penambahan lumpur Lapindo dengan nilai kuat tekan batako tersebut. Jika absis (x) menyatakan variasi penambahan lumpur Lapindo sedangkan ordinat (y) menyatakan nilai kuat tekan batako maka f(x) merupakan suatu fungsi polinomial pendekatan untuk menyatakan hubungan x dan y.

Hubungan pada setiap kejadian dalam penelitian dapat dinyatakan dengan perhitungan korelasi antara dua variabel. Koefisien korelasi (r) adalah ukuran asosiasi (linier) relatif antara dua variabel yang menyatakan besarnya derajat keeratan hubungan antar variabel. Koefisien korelasi dapat bervariasi dari -1 hingga 1. Jika 0 < r < 1 maka dua variabel dikatakan berkorelasi positif dan jika -1 < r < 0 dikatakan berkorelasi negatif. Nilai 0 (nol) menunjukkan tidak adanya hubungan dan nilai -1 atau 1 menunjukkan adanya hubungan sempurna.
Hasil analisa regresi adalah sebagai berikut :

Regresi hubungan antara nilai kuat tekan batako dengan Prosentase penambahan lumpur lapindo :



Gambar 5.Grafik Nilai Kuat Tekan Batako Terhadap Prosentase Penambahan Lumpur Lapindo.

KESIMPULAN

Dari proses analisis data hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagar berikut :

1. Analisis varian satu arah pada variasi komposisi penambahan lumpur Lapindo menunjukkan pengaruh nyata terhadap nilai kuat tekan batako.
2. Hasil analisa regresi diperoleh persamaan dengan nilai derajat keeratan hubungan antar variabel (R) dan koefisien (R^2) pada variasi komposisi penambahan lumpur Lapindo terhadap nilai kuat tekan batako adalah :
   - $y = -0{,}0008x^2 - 0{,}1642x + 18{,}013$ dengan $R^2 = 0{,}7157$ $R = 0{,}845$
3. Nilai kuat tekan batako mengalami penurunan seiring dengan variasi penambahan lumpur Lapindo.
4. Penurunan nilai kuat tekan rata-rata batako dengan penambahan lumpur lapindo terhadap nilai kuat tekan rata-rata batako normal yaitu :
   - Batako 90% lumpur Lapindo + 10% trass : 24,99 %
   - Batako 80% lumpur Lapindo + 20% trass : 11,28 %
   - Batako 70% lumpur Lapindo + 30% trass : 31,28 %
   - Batako 60% lumpur Lapindo + 40% trass : 27,86 %
   - Batako 50% lumpur Lapindo + 50% trass : 39,75 %
5. Nilai berat isi batako mengalami penurunan seiring dengan variasi penambahan lumpur Lapindo.
6. Penurunan nilai berat isi rata-rata batako dengan penambahan lumpur lapindo terhadap nilai berat isi rata-rata batako normal yaitu :
   - Batako 90% lumpur Lapindo + 10% trass : 3,77 %
   - Batako 80% lumpur Lapindo + 20% trass : 0,11 %
   - Batako 70% lumpur Lapindo + 30% trass : 6,24 %
   - Batako 60% lumpur Lapindo + 40% trass : 8,06 %
   - Batako 50% lumpur Lapindo + 50% trass : 11,59 %
7. Faktor air bahan (FAB) yang digunakan dalam campuran batako adalah 0,9 dari berat kapur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Bahan Konstruksi, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang sebagai tempat pelaksanaan penelitian serta semua pihak atas dukungan dan partisipasinya selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim 2002. SK-SNI 03-6861.1-2002 *Spesifikasi Bahan Bangunan – Bagian A Bahan Bangunan Bukan Logam* .Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Anonim 2000. SNI 03-2113-2000 *Bata Tras Kapur Untuk Pasangan Dinding* .Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.

Boediono dan Wayan Koster. 2001, *Teori dan Aplikasi Statistika dan Probabilitas*. Bandung. Rosda.

Frick, Heinz. 1999, *Ilmu Bahan Bangunan Eksploitasi, Pembuatan, Peggunaan dan Pembuangan*. Yogyakarta. Penerbit Kanisius.

Gaspersz, Dr.,Ir.Vincent, M.Sc. 1991, *Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan*, Bandung, Tarsito..

Tjokrodimuljo, Kardiyono, 1995, *Bahan Bangunan*. Yogyakarta. Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada