

**PENGARUH PENAMBAHAN PIROPILIT TERHADAP KUAT TEKAN DAN
DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN PADA BATA BETON RINGAN**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi Sebagian Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Oleh :

Stevanus Rony Soewignyo

0910610018-61

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN SIPIL

MALANG

2013

KATA PENGANTAR

Saya ucapkan terima kasih kepada Tuhan YME yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk dapat menulis skripsi ini dengan judul “Pengaruh Penambahan Piroplit terhadap Kuat Tekan dan Diagram Tegangan Regangan pada Bata Beton Ringan.”

Saya juga berterima kasih kepada pihak-pihak yang membantu saya dalam menyusun skripsi ini dari proses pembuatan sampai pengolahan data, yakni :

- Bapak Ir. Sugeng P. Budio, Msc selaku Dosen Pembimbing 1 dan Ketua Jurusan Sipil.
- Ibu Ir. Ristinah S. Mt, Selaku Dosen pembimbing II dan Ketua Kelompok Bidang Studi Struktur.
- Ibu Retno Anggraini, ST, MT, selaku Ketua Majelis.
- Bapak Ir. Widodo Suyadi, M.Eng, Selaku Dosen Wali.
- Ibu Ir. Siti Nurlina, Selaku Sekertaris Jurusan Sipil.
- Ibu Prof.Dr. Ir. Sri Murni Dewi, MS selaku kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi.
- Bapak Koko Selaku CEO dari PT Banoncon Indonesia.
- Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Sipil dan sahabat-sahabat saya.

Besar harapan saya agar skripsi penelitian ini berguna bagi masyarakat. Jika ada kekurangan dan kesalahan kata maupun penulisan dalam skripsi ini penulis minta maaf seikhlasnya dan mohon sumbangsih yang positif dalam saran maupun kritik. Demikian skripsi ini saya buat semoga bermanfaat

Malang, Juni 2013

Penulis

Stevanus Rony Soewigny

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR GRAFIK	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
ABSTRAK	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Rumusan Masalah	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Tujuan Penulisan	4
1.6. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Piropilit	5
2.2. Semen	7
2.3. Pasir	11
2.4. Air	12
2.5. Bata Beton Ringan	13
2.6. Kuat Tekan Bata Beton Ringan	15
2.7. Karakteristik Material	16
2.8. Penelitian Terdahulu	20
2.9. Hipotesis Penelitian	20
III. METODE PENELITIAN	21
3.1. Diagram Pengerjaan Penelitian	21
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.3. Variabel Penelitian	22
3.4. Rancangan Penelitian	22
3.5. Bahan Dasar yang Digunakan	23

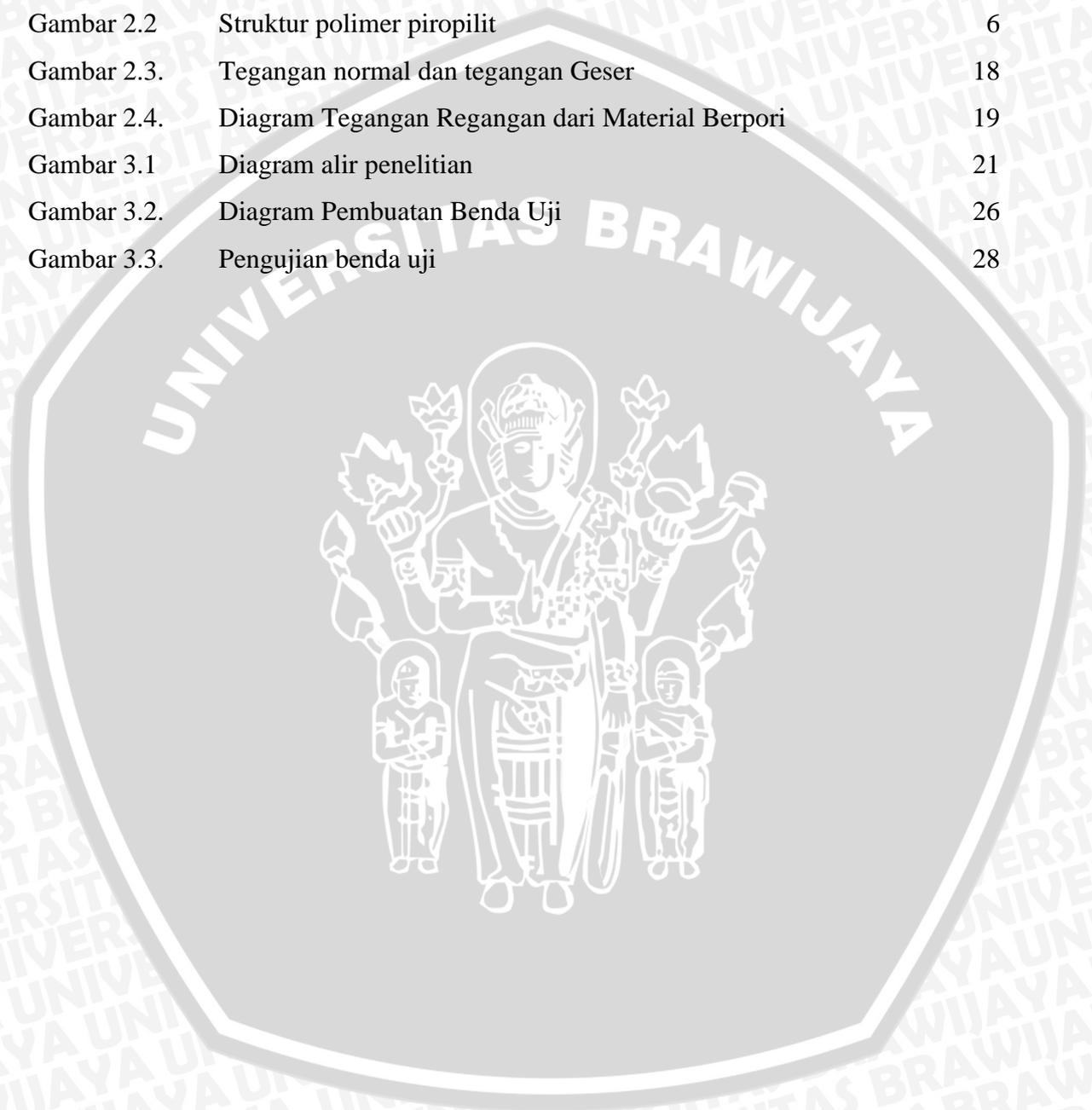
3.6. Pengujian Bahan Dasar	23
3.7. Pembuatan Benda Uji	25
3.8. Pengujian Kuat Tekan Bata Beton Ringan	27
3.9. Pengujian Tegangan dan Regangan Bata Beton Ringan	28
3.10. Metode Analisis	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Percobaan Pendahuluan	31
4.1.1. Piropilit	31
4.1.2. Agregat halus	31
4.1.3. Semen	32
4.1.4. Air	32
4.1.5. Foaming Agent	32
4.2. Hasil Penelitian	32
4.2.1. Pemeriksaan berat volume	33
4.2.2. Pengujian kuat tekan	34
4.2.3. Diagram Tegangan Regangan	35
4.3. Pembahasan	36
4.3.1. Uji Hipotesa	36
4.3.2. Analisis Regresi	40
4.4. Perbandingan Kuat Tekan	45
4.4. Pembahasan Hasil	45
4.4.1. Kuat Tekan	45
4.4.2. Berat Volume	47
4.4.3. Diagram Tegangan Regangan	47
V. PENUTUP	48
5.1. Kesimpulan	48
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	x
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Komposisi Kimia Piropilit Sumbermanjing, Malang Selatan	7
Tabel 2.2.	Kandungan senyawa dan mineral	8
Tabel 2.3.	Perbandingan Bata Ringan CLC dan AAC	14
Tabel 3.1.	Jumlah benda uji	22
Tabel 3.2.	Komposisi benda uji	27
Tabel 4.1.	Tabel Berat Jenis, Penyerapan dan Kadar Air Piropilit	31
Tabel 4.2.	Berat Jenis, Penyerapan dan Kadar Air Agregat Halus	31
Tabel 4.3.	Tabel Komposisi pembuatan benda uji tiap variasi	32
Tabel 4.4.	Tabel Massa tiap variasi benda uji	33
Tabel 4.5.	Tabel Berat Volume tiap variasi benda uji	34
Tabel 4.6.	Tabel Kuat tekan rata-rata tiap variasi benda uji	35
Tabel 4.7.	Tabel perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan	37
Tabel 4.8.	Tabel perhitungan pengujian hipotesa berat volume	39
Tabel 4.9.	Perbandingan Kuat Tekan Benda Uji	45

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Batuan Piropilit	5
Gambar 2.2	Struktur polimer piropilit	6
Gambar 2.3.	Tegangan normal dan tegangan Geser	18
Gambar 2.4.	Diagram Tegangan Regangan dari Material Berpori	19
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	21
Gambar 3.2.	Diagram Pembuatan Benda Uji	26
Gambar 3.3.	Pengujian benda uji	28



DAFTAR GRAFIK

No.	Judul	Halaman
Grafik 4.1	Grafik Berat volume rata-rata	34
Grafik 4.2.	Grafik Kuat Tekan rata-rata tiap variasi benda uji	35
Grafik 4.3.	Diagram Tegangan Regangan rata-rata tiap variasi benda uji	36
Grafik 4.4.	Diagram Tegangan Regangan Benda Uji Normal	41
Grafik 4.5.	Diagram Tegangan Regangan Benda Uji Penambahan 5% Piropilit	42
Grafik 4.6.	Diagram Tegangan Regangan Benda Uji Penambahan 10% Piropilit	42
Grafik 4.7.	Diagram Tegangan Regangan Benda Uji Penambahan 15% Piropilit	43
Grafik 4.8.	Diagram Tegangan Regangan Benda Uji Penambahan 20% Piropilit	43
Grafik 4.9.	Diagram Tegangan Regangan Benda Uji Penambahan 25% Piropilit	44
Grafik 4.10.	Diagram Tegangan Regangan Regresi Komunal	44
Grafik 4.11.	Grafik Perubahan Kekuatan Benda Uji	45

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Berat Jenis dan Penyerapan Piropilit	50
Lampiran 2.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	51
Lampiran 3.	Kadar Air Piropilit dan Agregat Halus	52
Lampiran 4.	Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus	53
Lampiran 5.	Mix Design Bahan	54
Lampiran 6.	Hasil Uji Kuat Tekan dan Berat Volume	71
Lampiran 7.	Hasil Uji Kuat Tekan Bata Beton Ringan PT.BANONCON	72
Lampiran 8.	Uji Statistik SPSS	73
Lampiran 9.	Dokumentasi Penelitian	74



repository.ub.ac.id

Stevanus Rony Soewignyo, Teknik Sipil Universitas Brawijaya, *Pengaruh Penambahan Piropilit Terhadap Kuat Tekan dan Diagram Tegangan Regangan pada Bata Beton Ringan*. Bimbingan : Ir. Sugeng P. Budio, Msc dan Ir. Ristinah S, MT

Abstrak

Piropilit adalah batuan dengan rumus kimia $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$. Dengan kandungan silikat yang cukup tinggi yakni berkisar $\pm 84,3\%$ maka piropilit mempunyai potensi dalam pengikatan suatu material dengan baik. Dengan mencampurkan piropilit ke dalam bata beton ringan diharapkan mampu meningkatkan kuat tekannya.

Melalui pengujian kuat tekan dari laboratorium dan uji statistik maka diketahui pengaruh penambahan campuran piropilit dengan variasi 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat semen. Piropilit yang dipakai sebagai bahan tambahan dimana lolos saringan no 200. Benda uji dibuat berbentuk balok ukuran 60x20x10cm dengan pengujian kuat tekan 60x10cm sebagai penampang, jumlah benda uji sebanyak 30 sampel.

Dari hasil penelitian didapatkan nilai kuat tekan masing-masing variasi dari 10%, 15%, 20%, dan 25% adalah $5,2 \text{ kg/cm}^2$; $4,7 \text{ kg/cm}^2$; $4,9 \text{ kg/cm}^2$ dan $6,8 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan pada benda uji normal kuat tekan yang didapat adalah $4,7 \text{ kg/cm}^2$. Pada penambahan 10%, 20%, 25% piropilit benda uji mengalami peningkatan dibandingkan dengan benda uji normal. Melalui penelitian kuat tekan, maka dapat disimpulkan tegangan dan regangan yang terjadi pada masing-masing variasi memiliki perbedaan sesuai dengan kadar penambahan piropilit, semakin besar kadar penambahan piropilit, maka tegangan yang terjadi semakin besar dan regangan yang terjadi semakin menurun. Dengan hasil penelitian ini, diharapkan piropilit dapat dikembangkan oleh para peneliti agar dapat berguna untuk perkembangan industri konstruksi.

Kata kunci : piropilit, bata beton ringan, kuat tekan, tegangan, regangan

repository.ub.ac.id

Stevanus Rony Soewignyo, Civil Engineering, University of Brawijaya, *The Influence of Adding Piropilit Toward Compression Strength and Stress Strain Diagram to Lightweight Concrete Brick*. Tutor : Ir. Sugeng P. Budio, Msc and Ir. Ristinah S, MT

Abstract

Piropilit is a rock with chemical formula $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$. Piropilit which has sufficiently high silicate content about $\pm 84,3\%$ is included as a good material binder. It is expected to increase the compression strength of lightweight concrete brick by adding piropilit into it.

Through laboratory testing of compression strength regression analysis method and varian analysis, it could be known the influence of adding piropilit to lightweight concrete brick. It is investigated by adding different precentages (0%, 10%, 15%, 20% and 25%) of piropilit from weight of cement. Piropilit which is used as an additive material where slips of sieve number 200. The testing object is made using size 60x20x10 cm with the testing compression strength size 60x10 cm as longitudinal section. Through compression testing, it is used 30 samples for regression analysis and varian analysis.

It is found that the compression strength from each additional percentage of piropilit 10%, 15%, 20% and 25% are 5,2 kg/cm² ; 4,7 kg/cm² ; 4,9 kg/cm² and 6,8 kg/cm². While in the normal testing object, the compression strength is 4,7 kg/cm². The compression strength of the testing objects are increased compared normal testing object from 10%, 20%, and 25% addition of piropilit. Through compression strength testing, it can be concluded that the stress and strain are different from each testing object. The larger amount if adding piropilit to lightweight concrete brick, the stress is getting bigger and the strain is getting decreased. The result of this research is expected to make researcher consider piropilit as one material which is useful for development of construction industry.

Keywords : piropilit, lightweight concrete brick, compression strength, stress, strain

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Dalam bidang konstruksi bangunan, kita sebagai seorang *engineer* sering kali hanya memperhitungkan kekuatan dari bangunan serta kenyamanan dari konsumen. Kita seharusnya mulai mempertimbangkan lingkungan sekitar karena konstruksi yang ramah lingkungan membutuhkan biaya yang setidaknya lebih besar dari konstruksi pada umum. Saat ini konstruksi yang ramah lingkungan sedang digalakkan supaya bahan yang digunakan menjadi seefisien mungkin dan memberikan kenyamanan bagi pengguna konstruksi tersebut nantinya. Kita seharusnya bisa lebih memanfaatkan material-material yang ramah terhadap lingkungan serta dapat mengatasi berbagai permasalahan dalam dunia konstruksi. Saat ini di Indonesia umumnya masih menggunakan batu bata merah dalam konstruksi untuk dinding, padahal jika dibandingkan proses pembangunan bata merah memakan energi yang sangat besar sehingga merupakan material yang kurang ramah terhadap lingkungan.

Dengan adanya konstruksi yang saat ini sedang berkembang, bata ringan merupakan solusi yang cukup tepat dan sesuai untuk penyelesaian berbagai permasalahan dalam bidang konstruksi bangunan, sebab selain dapat mempermudah dalam pekerjaan konstruksi bangunan, bata ringan juga dapat didesain sesuai dengan kebutuhan dalam proses pembangunan konstruksi bangunan. Dalam mengatasi permasalahan ini bata ringan pada umumnya masih didatangkan dari luar negeri. Peningkatan kebutuhan akan bata ringan di masa mendatang memacu penulis untuk melakukan penelitian mengenai bata ringan ini. Sebab bata ringan ini akan lebih ramah terhadap lingkungan karena bentuknya yang padat dan terbuat dari semen tidak akan menjadi tempat bersarangnya hewan-hewan penyebab penyakit sehingga akan lebih sehat dalam penyimpanan bahan konstruksi tersebut. Dengan mendesign bata ringan yang sesuai dengan kebutuhan dapat menggunakan berbagai macam material-material yang mendukung akan kebutuhan tersebut.

Piopilit merupakan batuan jenis metamorf yang memiliki sifat dapat teraktivasi oleh pengaruh asam dan panas. Untuk provinsi Jawa Timur, bahan ini banyak terdapat di daerah Malang selatan tepatnya di Kecamatan Sumbermanjing, Kabupaten Malang. Melihat peluang potensi lokal ini maka batuan metamorf jenis piopilit ini dapat



dilakukan pengembangan pengolahan bahan batuan lebih detail lagi terutama dapat dilakukan untuk bahan yang tahan api.

Batuan Piropilit adalah paduan dari alumunium silikat, yang mempunyai rumus kimia $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$. Mineral yang termasuk piropilit adalah kianit, andalusit, dan diaspor. Bentuk kristal piropilit adalah monoklin serta mempunyai sifat fisik dan kimia yang mirip dengan talk. Piropilit terbentuk umumnya berkaitan dengan formasi andesit tua yang memiliki kontrol struktur dan intensitas ubahan hidrotermal yang kuat. Piropilit terbentuk pada zone ubahan argilik lanjut (hipogen), seperti kaolin, namun terbentuk pada temperatur tinggi dan pH asam (<http://bumi-is-earth.blogspot.com>).

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan dari bata ringan terhadap kekuatannya terhadap kuat tekan dengan design bata ringan sesuai dengan penelitian ini. Batuan piropilit ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$) dengan kemampuannya akan dicampurkan ke dalam bahan-bahan penyusun bata ringan. Dalam pembuatan bata ringan yang tersusun atas pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air, dan alumina pasta sebagai bahan pengembang (pengisi udara secara kimiawi) yang dicampurkan menjadi sebuah adonan dan mengembang selama 7-8 jam (<http://mankar-truss.blogspot.com>).

Penelitian dilakukan dengan membuat benda uji dengan variasi jumlah piropilit yang akan ditambahkan ke dalam adonan pembuatan bata ringan tersebut (bahan aditif) dengan penambahan variabel lain seperti jenis semen yang akan digunakan. Kemudian benda uji di uji tekan dari bata ringan dari batu bata yang telah didesign. Kemudian hasil kuat tekan dari bata ringan tersebut akan dibandingkan dengan hasil kuat tekan bata ringan dengan pembakaran, untuk mengetahui seberapa efektif kemampuan penambahan piropilit dalam membuat bahan yang kuat terhadap tekan sebelum pembakaran dan sesudah pembakaran.

1.2. Identifikasi Masalah

Bata beton ringan di Indonesia masih jarang ditemui sebab kurang banyaknya industri yang mengembangkan bahan tersebut, beberapa kebutuhan akan bata beton ringan sebagian besar masih diimpor dari negara lain. Sedangkan kebutuhan dalam negeri akan bahan untuk membuat dinding sebagian besar masih menggunakan bata merah sebagai pengisinya yang dalam pembuatannya bata merah tersebut akan dilakukan pembakaran yang akan sangat tidak ramah lingkungan.

Dalam penelitian akan digunakan piropilit yang berasal dari daerah Sumbermanjing kabupaten Malang yang telah dibentuk menjadi butiran-butiran halus menyerupai pasir (lolos saringan nomor 4). Apakah bahan piropilit ini akan mampu mempengaruhi kuat tekan dari bata beton ringan? Serta apakah bahan ini menghasilkan kekuatan yang signifikan terhadap kuat tekan dari bata beton ringan?

1.3. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah pengaruh penambahan piropilit terhadap kuat tekan dari bata beton ringan?
2. Bagaimanakah pengaruh penambahan piropilit terhadap berat volume dari bata beton ringan?
3. Bagaimanakah hubungan interaksi antara tegangan dan regangan dari bata beton ringan akibat penambahan piropilit?

1.4. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah menyangkut beberapa aspek yakni :

1. Piropilit yang digunakan adalah piropilit yang berasal dari daerah Sumbermanjing, Kabupaten Malang.
2. Ukuran dari bata beton ringan yang digunakan adalah ukuran normal yakni panjang 60 cm, tinggi 20 cm, dan tebal 10 cm. Bata beton ringan ini diproduksi di PT. Banon Con Indonesia.
3. Proses perubahan kimia yang terjadi dalam bata beton ringan akibat penambahan piropilit tidak akan dibahas.
4. Pengaruh kelembaban, suhu, dan lingkungan dianggap sama
5. Penggunaan perbandingan campuran bata beton ringan semua sama.
6. Persen penambahan jumlah piropilit sejumlah 0 %, 5 %, 10%, 15%, 20%, 25%. terhadap persen dari berat semen.

1.5. Tujuan Penulisan

Beberapa tujuan yang dapat diharapkan dalam kegiatan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui adakah pengaruh dari penambahan piropilit terhadap kuat tekan bata beton ringan.
2. Untuk mengetahui adakah pengaruh dari penambahan piropilit terhadap berat volume dari bata beton ringan.
3. Untuk mengetahui hubungan interaksi antara tegangan dan regangan dari bata beton ringan akibat penambahan piropilit.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari penambahan jumlah piropilit ke dalam jumlah campuran pembuatan bata beton ringan terhadap kuat tekan dari bahan tersebut. Melalui penelitian ini nantinya dapat dilakukan pengembangan terhadap bahan ini, sehingga negara Indonesia yang memiliki jumlah piropilit cukup besar nantinya dapat menjadi produsen bata beton ringan yang memiliki kekuatan tekan yang kuat sehingga bangunan tinggi nantinya akan menjadi lebih aman dan nyaman untuk dengan kehidupan masyarakat Indonesia.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Piropilit

Piropilit adalah paduan dari aluminium silikat, yang mempunyai rumus kimia $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Mineral yang termasuk piropilit adalah kianit, andalusit, dan diaspor. Bentuk kristal piropilit adalah monoklin serta mempunyai sifat fisik dan kimia yang mirip dengan talk.

Piropilit berasal dari bahasa Yunani *pyt* yang berarti api dan *phylon* yang berarti daun atau lembaran, sedangkan phylit ditemukan setelah kata *phylon* yang berarti lembaran retak-retak. Pada saat itu piropilit diperoleh dengan cara menyiramkan air panas pada mineral tersebut dan terkelupas membentuk lapisan-lapisan, yang kemudian diketahui sebagai lapisan alumina silikat (Powel, 1998).



Gambar 2.1. Batuan Piropilit

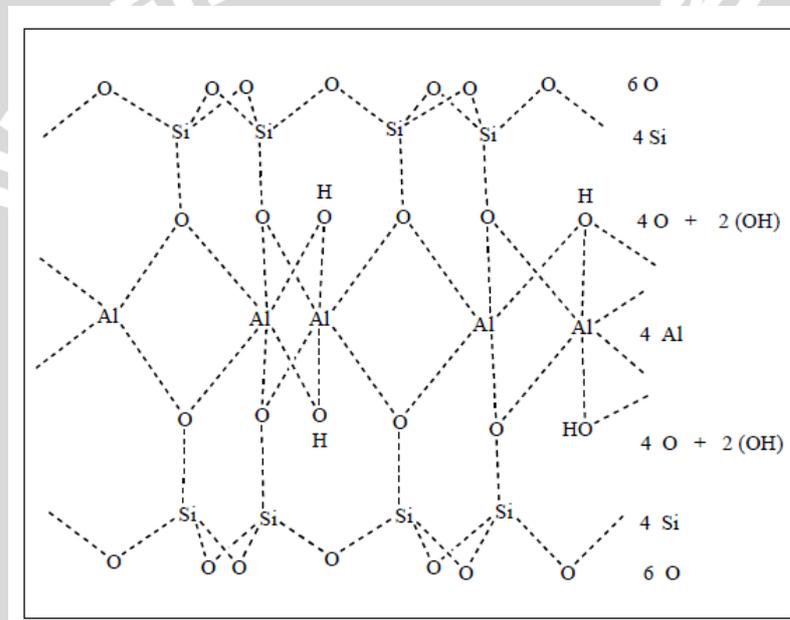
(Sumber: <http://www.nuansamase.blogspot.com/2011/06/piropilit-al2si4o10h2.html>)

Piropilit terbentuk umumnya berkaitan dengan formasi andesit tua yang memiliki kontrol struktur dan intensitas ubahan hidrotermal yang kuat. Piropilit terbentuk pada zone ubahan argilik lanjut (hipogen), seperti kaolin, namun terbentuk pada temperatur tinggi dan pH asam.

Kegunaan piropilit adalah untuk pakan ternak, industri kertas sebagai pengganti bahan beton, dan lain – lain .Piropilit terdapat di beberapa tempat yang diakibatkan munculnya formasi andesit tua, seperti di Pulau Sumatera, Jawa Barat, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat, dan Pulau Sulawesi.

Terdapat dua golongan mineral piropilit, yaitu piropilit dengan sistem kristal monoklinik dan piropilit dengan sistem kristal triklinik, tetapi sampai saat ini dilaporkan bahwa tidak ada perbedaan sifat yang berarti dengan perbedaan sistem kristal tersebut. Keduanya dianggap sama (Powel, 1998). Piropilit mempunyai sifat-sifat fisika yang identik dengan talk, talk dan piropilit adalah isomorf. Sifat-sifat fisika piropilit antara lain: berwarna putih keabu-abuan, massa jenis antara $2,65 - 2,85 \text{ g/cm}^3$. Sifat cerat putih, belahan sempurna dan kekerasan antara 1 sampai 1,5 (Bearat *et al.*, 2002). Pemahaman yang baik tentang piropilit pada tingkat atomik sangat penting untuk aplikasi dalam bidang industri (Wang, *et al.*, 2003).

Piropilit yang mempunyai susunan S-G-S yaitu silikat-gibsit-silikat mempunyai struktur seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.2. Struktur polimer piropilit (Deer, *et al.* 1992)

Piropilit dengan struktur dihedralnya termasuk 2:1 aluminosilikat yang memungkinkan untuk dikembangkan pembelajaran tentang lapisan silikat yang lebih kompleks. Struktur lapisan dihedral pada piropilit lembaran oktahedral dari dua ion Al-nya terkoordinasi dengan 2 lembaran SiO₄ secara *sandwiched*. (Wang, *et al.*, 2003).

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Piropilit Sumbermanjing, Malang Selatan

No	Analisa Kimia	Kadar (%)
1	SiO ₂	84,3 ± 0,15
2	Al ₂ O ₃	1,80 ± 0,00
3	MgO	1,26 ± 0,06
4	CaO	0,68 ± 0,11
5	K ₂ O	0,25 ± 0,02
6	Na ₂ O ₃	0,64 ± 0,07
7	Fe ₂ O ₃	1,56 ± 0,38
	TOTAL	90,51%

(Sumber : Sifat dan Karakteristik Piropilit , Mutrofin, dkk, 2005)

Kemungkinan yang 9,41 % adalah komponen TiO₂, yang tidak dianalisa karena keterbatasan instrument, juga pengotor lain seperti senyawa-senyawa Cu, Zn dan asam humat yang sering terdapat dalam mineral. Bersifat padatan kristalin dengan kandungan kwarsa sebesar 25,5(7) % dan rutil sebesar 0,6(8) %. Mineral piropilit tersebut mempunyai serapan-serapan karakteristik pada bilangan gelombang 950-1250 cm⁻¹ untuk vibrasi ulur dari OSi-O dan Al-O-Al, bilangan gelombang 400-450 cm⁻¹ untuk vibrasi tekuk dari OSi-O dan Al-O-Al, bilangan gelombang 3478 cm⁻¹ untuk gugus hidroksil dari air dan pada bilang gelombang 3674,7 cm⁻¹, merupakan spektra spesifik untuk gugus OH dari gipsit (Mutrofin, dkk, 2005).

Mineral piropilit Sumbermanjing Malang selatan mempunyai luas permukaan spesifik sebesar 6,362 m²/g, volume pori sebesar 0,008 cm³/g dan jari-jari pori sebesar 24,116 Å. Ini menunjukkan bahwa piropilit tersebut termasuk dalam kelompok mineral mesopori (Mutrofin, dkk, 2005)

2.2 Semen

Semen sendiri berasal dari *caementum* (bahasa Latin), yang artinya "*memotong menjadi bagian-bagian kecil tak beraturan*". Semen dikenal sebagai zat yang digunakan untuk merekatkan batu, bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya.

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif digunakan sebagai bahan pengikat (*Bonding material*) yang dipakai bersama batu kerikil, pasir, dan air. Semen Portland berfungsi sebagai bahan pengngikat butir-butir agregat (halus dan kasar) setelah diberi air dan selanjutnya akan mengeras menjadi suatu massa yang

padat. Semen Portland adalah material yang mengandung paling tidak 75% kalsium silikat (3CaO , dan 2CaO , sisanya tidak kurang dari 5% berupa Al silikat, Al ferit silikat, dan MgO).

Semen merupakan suatu bahan yang dihasilkan hasil produksi dari industri, dan merupakan campuran dari beberapa bahan yang dibakar menjadi satu dalam suatu proses menjadi bubuk. Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Semen yang digunakan adalah semen portland yang berbentuk serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan silikat. Penambahan air pada mineral ini akan menghasilkan suatu pasta yang apabila mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. (Mulyono, 2005).

Di dalam semen terdapat senyawa kompleks yang lazim disebut sebagai senyawa semen atau mineral klinker, seperti Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2. Kandungan senyawa dan mineral

Mineral-mineral Klinker	Rumus Kimia	Rumus Singkatan	Kadar rata-rata
Trikalsium silikat	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C3S	37 – 60
Dikalsium silikat	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C2S	15 – 37
Trikalsium aluminat	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C3A	7 – 15
Tetrakalsium alumina ferit	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C4AF	10 – 20
Kapur bebas	CaO	-	≤ 1
Gips	CaCO_4	-	≤ 3

(Sumber: Teknologi beton, Wuryati S dan Candra, 2001)

Dari senyawa-senyawa yang seperti disebutkan diatas, senyawa C3S dan C2S merupakan senyawa dominan sebagai senyawa penyusun semen Portland karena kedua senyawa tersebut adalah senyawa yang mengakibatkan bahan bersifat semen atau mengikat. Kadar senyawa C3S dan C2S dalam semen mencapai 70% - 80%. Sedangkan sisa senyawa lainnya merupakan senyawa bawaan yang tidak mempunyai sifat semen, tetapi senyawa tersebut akan membantu proses pecairan (*flux*) bahan dasar pada saat dibakar.

Jika semen Portland di beri air, air akan berangsur-angsur mengadakan persenyawaan dengan senyawa-senyawa semen terutama senyawa C3S dan C2S. senyawa tersebut bereaksi dengan membentuk gel atau agar-agar sebagai senyawa

kalsium silikat hidrat, dan membebaskan sebagai kapur. Senyawa C3A dan C4AF juga bersenyawa dengan air, senyawa tersebut membentuk senyawa trikalium aluminat hidrat. Untuk senyawa C3A bila terkena air akan segera bereaksi dan mengeluarkan panas untuk kemudian hancur. Apabila didalam semen Portland terkandung senyawa C3A lebih dari 18%, maka semen Portland tidak memiliki sifat kekal bentuk (karena mengembang) akibat panas yang terlalu tinggi pada waktu pengerasan. Untuk memperoleh kadar C3A dalam semen Portland biasanya ditambahkan bijih besi dalam pembuatannya sehingga kadar C4AF menjadi tinggi pula. Senyawa C4AF tidak mempunyai sifat yang membahayakan terhadap semen Portland, hanya saja akan memperlambat proses pengerasan (Wuryati S dan Candra Rahmadiyanto, 2001:2).

Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Bahan baku pembuatan semen adalah batu kapur, pasir silika, tanah liat dan pasir besi. Total kebutuhan bahan mentah yang digunakan untuk memproduksi semen yaitu:

- Batu Kapur

Batu kapur merupakan komponen yang banyak mengandung CaCO_3 dengan sedikit tanah liat, Magnesium Karbonat, Alumina Silikat dan senyawa oksida lainnya. Senyawa besi dan organik menyebabkan batu kapur berwarna abu-abu hingga kuning. Batu kapur yang baik dalam pembuatan semen memiliki kadar air $\pm 5\%$ dan penggunaan batu kapur dalam pembuatan semen itu sendiri sebanyak $\pm 81\%$.

- Pasir Silika

Pasir silika memiliki rumus SiO_2 (silikon dioksida). Pada umumnya pasir silika terdapat bersama logam oksida lainnya, semakin murni kadar SiO_2 semakin putih warna pasir silikanya, semakin berkurang kadar SiO_2 semakin merah atau coklat, disamping itu semakin mudah menggumpal karena kadar airnya yang tinggi. Pasir silika yang baik untuk pembuatan semen adalah dengan kadar $\text{SiO}_2 \pm 90\%$ dan penggunaan pasir silika itu sendiri sebesar $\pm 9\%$.

- Tanah Liat

Rumus kimia tanah liat yang digunakan pada produksi semen $\text{SiO}_2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Tanah liat yang baik untuk digunakan memiliki kadar air $\pm 20\%$ dan penggunaan tanah liat dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar $\pm 9\%$.

- Pasir Besi

Pasir besi memiliki rumus kimia Fe_2O_3 (Ferri Oksida) yang pada umumnya selalu tercampur dengan SiO_2 dan TiO_2 sebagai impuritiesnya. Fe_2O_3 berfungsi sebagai

penghantar panas dalam proses pembuatan terak semen. Kadar yang baik dalam pembuatan semen yaitu $\text{Fe}_2\text{O}_3 \pm 75\% - 80\%$. Pada penggilingan akhir digunakan gypsum sebanyak 3% – 5% total pembuatan semen. Penggunaan pasir besi dalam pembuatan semen itu sendiri sebesar $\pm 1\%$.

Ada beberapa tipe semen sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Macam-macam tipe semen akan dijelaskan sebagai berikut:

- Semen Portland Type I

Dipakai untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memakai persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal. Cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat 0, 0% – 0, 10 % dan dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat, perkerasan jalan, struktur rel, dan lain-lain

- Semen Portland type II.

Dipakai untuk konstruksi bangunan dari beton massa yang memerlukan ketahanan sulfat (Pada lokasi tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0, 10 – 0, 20 %) dan panas hidrasi sedang, misalnya bangunan dipinggir laut, bangunan dibekas tanah rawa, saluran irigasi, beton massa untuk dam-dam dan landasan jembatan.

- Semen Portland type III

Dipakai untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan awal tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi, misalnya untuk pembuatan jalan beton, bangunan-bangunan tingkat tinggi, bangunan-bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat.

- Semen Portland type IV

Adalah tipe semen dengan panas hidrasi rendah. Semen tipe ini digunakan untuk keperluan konstruksi yang memerlukan jumlah dan kenaikan panas harus diminimalkan. Oleh karena itu semen jenis ini akan memperoleh tingkat kuat beton dengan lebih lambat ketimbang Portland tipe I. Tipe semen seperti ini digunakan untuk struktur beton masif seperti dam gravitasi besar yang mana kenaikan temperatur akibat panas yang dihasilkan selama proses curing merupakan faktor kritis.

- Semen Portland type V

Dipakai untuk konstruksi bangunan-bangunan pada tanah/ air yang mengandung sulfat melebihi 0, 20 % dan sangat cocok untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan, dan pembangkit tenaga nuklir.

Ditinjau dari kekuatannya semen Portland dibedakan menjadi 4:

- a) Semen Portland mutu S-400, yaitu semen Portland dengan kekuatan tekan pada umur 28 hari sebesar 400 kg/cm^2 .
- b) Semen Portland mutu S-475, yaitu semen Portland dengan kekuatan tekan pada umur 28 hari sebesar 475 kg/cm^2 .
- c) Semen Portland mutu S-550, yaitu semen Portland dengan kekuatan tekan pada umur 28 hari sebesar 550 kg/cm^2 .
- d) Semen Portland mutu S-S, yaitu semen Portland dengan kekuatan tekan pada umur 1 hari sebesar 225 kg/cm^2 , dan pada umur 7 hari sebesar 525 kg/cm^2 .

2.3 Pasir

Pasir merupakan bahan pengisi yang digunakan dengan semen untuk membuat adukan. Selain itu juga pasir berpengaruh terhadap sifat tahan susut, keretakan dan kekerasan pada produk bahan bangunan bercampuran semen. Pada pembuatan bata beton ringan ini digunakan pasir yang lolos ayakan kurang dari 5 mm dan harus bermutu baik yaitu pasir yang bebas dari lumpur, tanah liat, zat organik, garam florida dan garam sulfat. Selain itu juga pasir harus bersifat keras, kekal dan mempunyai susunan butir (gradasi) yang baik. Pasir atau agregat halus dengan ukuran butir yang melewati saringan no. 4 (butir 5 mm) berfungsi sebagai pengisi dalam pembuatan bata paving. Kekuatan paving dipengaruhi oleh kualitas pasir yang digunakan, sehingga pasir yang digunakan harus memenuhi syarat yang telah ditentukan dalam PUBI 1982 sebagai berikut:

- a. Pasir harus bersih, bila diuji memakai larutan pencuci khusus, tinggi endapan pasir yang terlihat dibanding dengan tinggi seluruh endapan lebih besar atau tidak boleh kurang dari 70%.
- b. Kadar lumpur atau bagian yang lewat ayakan 0,063 tidak lebih besar dari 5% berat.
- c. Angka kehalusan fineness modulus terletak antara 2,2 – 3,2 bila diuji memakai ayakan rangkaian dengan urutan berturut-turut 0.16 – 0.315, 0.63 – 1.25 – 2.5 – 5.00 – 10, fraksi yang lewat 0,3 mm minimal 15%.
- d. Pasir tidak boleh mengandung unsure zat organik yang dapat mengurangi mutu. Untuk itu bila direndam dalam larutan 3% NaOH cairan diatas endapan tidak lebih gelap dari larutan pembanding.

2.4 Air

Pada pembuatan beton ringan, air diperlukan dalam proses pengadukan untuk melarutkan semen sehingga membentuk pasta semen yang mengikat semua agregat dari yang paling besar sampai yang paling halus dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dalam proses pengadukan, penuangan, maupun pemadatan. Pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara air dan semen, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut Faktor Air Semen (FAS). Jumlah air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kuat tekan beton. Karena air mempunyai peranan penting dalam pencampuran beton, maka air tidak dapat ditambahkan sembarangan saat pengadukan mortar, tetapi harus disesuaikan dengan kebutuhan dalam kemudahan pengeljaan serta mutu beton yang diinginkan. Sesuai dengan persyaratan SNI 03-6817-2002, air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton adalah sebagai berikut:

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan Jainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- b. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
- c. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 - Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama
 - Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

2.5 Bata Beton Ringan

Bata Beton Ringan adalah material yang menyerupai beton dan memiliki sifat kuat, tahan air dan api, awet (*durable*) yang dibuat di pabrik menggunakan mesin. Bata ini cukup ringan, halus dan memiliki tingkat rata-rata permukaan yang baik. Bata beton ringan diciptakan dengan tujuan meringankan beban struktur dari sebuah bangunan konstruksi, mempercepat pelaksanaan, serta meminimalisasi sisa material yang terjadi pada saat proses pemasangan dinding berlangsung. (<http://www.rumahayah.com/content/perbandingan-bata-merah-dan-hebelbata-ringan>)

Memiliki panjang 60 cm, tinggi 20-40 cm dan tebal 75,100, 125, 150, 175, 200 cm. Adonannya terdiri dari pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air, dan alumunium pasta sebagai bahan pengembang (pengisi udara secara kimiawi). Setelah adonan tercampur sempurna, nantinya akan mengembang selama 7-8 jam. Alumunium pasta yang digunakan dalam adonan tadi, selain berfungsi sebagai pengembang ia berperan dalam mempengaruhi kekerasan beton. Volume alumunium pasta ini berkisar 5-8 persen dari adonan yang dibuat, tergantung kepadatan yang diinginkan. Adonan beton aerasi ini lantas dipotong sesuai ukuran. (<http://www.rumahayah.com/content/perbandingan-bata-merah-dan-hebelbata-ringan>)

Kelebihan bata beton ringan memiliki ukuran dan kualitas yang seragam sehingga dapat menghasilkan dinding yang rapi. Tidak memerlukan siar yang tebal sehingga menghemat penggunaan perekat. Lebih ringan dari pada bata biasa sehingga memperkecil beban struktur. Pengangkutannya lebih mudah dilakukan. Pelaksanaannya lebih cepat daripada pemakaian bata biasa. Tidak diperlukan plesteran yang tebal, umumnya ditentukan hanya 2,5 cm saja. Kedap air, sehingga kecil kemungkinan terjadinya rembesan air. Mempunyai kededapan suara yang baik. Kuat tekan yang tinggi. Mempunyai ketahanan yang baik terhadap gempa bumi.

Kekurangan bata beton ringan karena ukurannya yang besar, untuk ukuran tanggung, membuang sisa cukup banyak. Perekatnya khusus. Umumnya adalah semen instan, yang saat ini sudah tersedia di lapangan. Diperlukan keahlian khusus untuk memasangnya, karena jika tidak dampaknya sangat kelihatan. Jika terkena air, maka untuk menjadi benar-benar kering dibutuhkan waktu yang lebih lama dari bata biasa. Kalau tetap dipaksakan diplester sebelum kering maka akan timbul bercak kuning pada plesterannya. Harga relatif lebih mahal daripada bata merah. Agak susah mendapatkannya. Hanya toko material besar yang menjual bata beton ringan ini dan penjualannya pun dalam volume besar. Teknologi material bahan bangunan berkembang

terus, salah satunya bata beton ringan atau beton ringan aerasi (*Aerated Lightweight Concrete/ALC*) atau sering disebut juga (*Autoclaved Aerated Concrete / AAC*). Sebutan lainnya *Autoclaved Concrete*, *Cellular Concrete*, *Porous Concrete*, di Inggris disebut *Aircrete and Thermalite*. (<http://www.rumahayah.com/content/perbandingan-bata-merah-dan-hebelbata-ringan>)

AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*) dan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*). Perbedaan dari kedua jenis bata beton ringan ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 3. Perbandingan Bata Ringan CLC dan AAC

Sl.No.	Parameter	CLC			AAC	
		Cellular Lightweight Concrete			Autoclaved Aerated Concrete	
1.	Bahan Dasar	Flyash, Pasir, Semen Busa senyawa, air			Semen, Kapur, Pasir, Compound Aerasi, flyash, Energi	
2.	Proses Produksi & Set up	Dapat diproduksi di lokasi proyek dengan menggunakan biasa beton mixer dan generator busa			Hanya diproduksi di pabrik yang mahal dilengkapi dengan ketel uap dan Autoclaves	
3.	Kepadatan Kering Kg / m ³	400-600	800-1000	1200-1800	650	750
4.	Kekuatan tekan (28 hari) Kg / m ³	10-15	25-35	60-250	40	40
5.	Penggunaan	Isolasi	Partisi Non-beban bantalan	Beban bantalan	Mengingat beban non-blok	Diperkuat panel
6.	Ukuran Blok pracetak	500x250x90/190mm Setiap bentuk & ukuran dalam rentang kepadatan 400-1800 Kg / m ³			625x250x100/200mm Tidak Layak	
7.	Penuaan	Kekuatan keuntungan dengan usia			Tidak ada	
8.	Konduktivitas termal Unit (W / mk)	0,098 untuk 400 Kg / m ³ 0,151 untuk 700 Kg / m ³ 0,238 untuk 1000 Kg / m ³			0,132-0,151 untuk 650 Kg / m ³	
9.	Isolasi Suara	Unggul			Unggul	
10.	Mudah bekerja	Dapat dipotong, dipaku, dibor sebagai kayu			Dapat dipotong, angsa, dipaku, dibor sebagai kayu	
11.	Eco-ramah	Bebas polusi dengan proses Energi minimal : persyaratan juga mengkonsumsi limbah flyash			Bebas polusi proses dengan kebutuhan energi tinggi	

Sumber : <http://bataringanindonesia.blogspot.com/>

Adonannya terdiri dari pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air, dan alumunium pasta sebagai bahan pengembang (pengisi udara secara kimiawi). Setelah adonan tercampur sempurna, nantinya akan mengembang selama 7-8 jam. Alumunium pasta yang digunakan dalam adonan tadi, selain berfungsi sebagai pengembang ia berperan dalam mempengaruhi kekerasan beton. Volume aluminium pasta ini berkisar 5-8 persen dari adonan yang dibuat, tergantung kepadatan yang diinginkan. Adonan beton aerasi ini lantas dipotong sesuai ukuran.

Adonan beton aerasi yang masih mentah ini, kemudian dimasukkan ke autoclave chamber atau diberi uap panas dan diberi tekanan tinggi. Suhu di dalam autoclave chamber sekitar 183 derajat celsius. Hal ini dilakukan sebagai proses pengeringan atau pematangan.

Saat pencampuran pasir kwarsa, semen, kapur, gypsum, air, dan alumunium pasta, terjadi reaksi kimia. Bubuk alumunium bereaksi dengan kalsium hidroksida yang ada di dalam pasir kwarsa dan air sehingga membentuk hidrogen. Gas hidrogen ini membentuk gelembung-gelembung udara di dalam campuran beton tadi. Gelembung-gelembung udara ini menjadikan volumenya menjadi dua kali lebih besar dari volume semula. Di akhir proses pengembangan atau pembusaan, hidrogen akan terlepas ke atmosfer dan langsung digantikan oleh udara. Rongga-rongga udara yang terbentuk membuat beton ini menjadi ringan.

Standart yang berlaku untuk perencanaan *Lightweight Concrete Masonry Unit* (Bata ringan) berdasarkan ASTM C 140 adalah berat volume tidak lebih dari $1,681\text{g/cm}^3$.

2.6. Kuat Tekan Bata Beton Ringan

Pengertian kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat desak beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan desak beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air semen merupakan faktor utama dalam meientukan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi kekuatan desaknya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan

pekerjaan (mudahnya beton untuk dicorkan) akan tetapi menurunkan kekuatan (Chu Kia Wang dan C. G. Salmon, 1990).

Kekuatan tekan beton adalah muatan tekan maksimum yang dapat dipikul oleh beton persatuan luas. Kekuatan tekan beton dalam industri konstruksi biasa dipakai untuk menilai serta untuk mengendalikan mutu beton dan untuk tujuan persyaratan spesifikasi. Dalam hal ini membandingkan kuat tekan rencana dengan nyata. Cara yang digunakan untuk pemeriksaan kekuatan tekan beton adalah dengan menggunakan mesin tekan. Nilai kekuatan tekan beton ini tergantung pada dua hal yaitu kecepatan pembebanan dan kedataran permukaan bidang tekan. Prinsip pengujian kat tekan beton dengan alat mesin tekan adalah mengukur besarnya beban yang dapat dipikul oleh satu satuan luas beton (benda uji) sampai benda uji itu hancur / rusak. (<http://www.scribd.com/doc/59175502/Kuat-Tekan>)

2.7. Karakteristik Material

Material yang ada di seluruh alam semesta memiliki karakteristik yang berbeda antara jenis material yang satu dengan material yang lainnya, baik dari segi kandungan material yang ada di dalamnya ataupun perilaku yang ditimbulkan oleh material tersebut jika diberikan sebuah perlakuan yang berbeda. Agar sebuah material dapat digunakan di dalam suatu konstruksi maka harus diketahui mekanika dari material tersebut atau harus dapat diketahui bagaimana perilaku yang ditimbulkan oleh material tersebut.

Dari semua properti yang menjadi ciri dari suatu material, kurva dari tegangan regangan adalah hal yang paling menarik. Kurva tegangan regangan dari sebuah material dapat memuat banyak informasi yang dapat digunakan dan dimanfaatkan penggunaannya (tegangan maksimum, regangan maksimum, kuat tarik, kuat tekan, modulus elastisitas, elongansi, dll)

2.7.1. Tegangan

Tegangan didefinisikan sebagai gaya tiap satuan luas (Dieter, 1996), yakni suatu gaya dan momen yang bekerja pada sebuah titik dari potongan penampang yang menghasilkan distribusi tegangan yang bekerja pada penampang tersebut. Tegangan ini biasanya diberikan dengan huruf Yunani σ (sigma). Dengan menganggap bahwa tegangan terdistribusi dengan merata dalam suatu penampang dan disebutkan pengertian dari tegangan adalah gaya persatuan luas maka rumus dari tegangan dapat digambarkan sebagai berikut :

$$f = \frac{P}{A}$$

Dimana : f = Tegangan (KN/cm²)

P = Beban maksimum (KN)

A = Luas Penampang Tekan (cm²)

Suatu tegangan secara umum dapat dibedakan menjadi tegangan normal dan tegangan geser. Dimana tegangan normal adalah tegangan yang diakibatkan oleh gaya yang bekerja pada sumbu normal penampang

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta P}{\Delta A} \right)$$

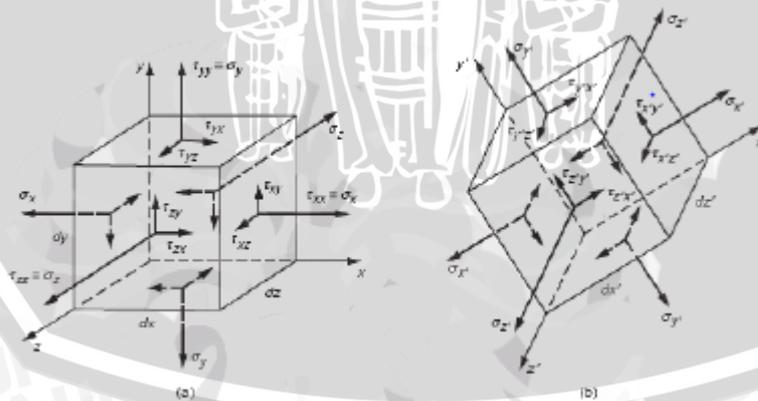
yang disebutkan bahwa gaya yang bekerja menyebabkan pertambahan panjang maka disebut gaya tarik, sedangkan apabila gaya yang bekerja menyebabkan perpendekan maka disebut dengan gaya tekan.

Tegangan geser adalah tegangan yang diakibatkan gaya yang bekerja pada sumbu tangensial penampang dimana tegangan geser ini terbagi ke dalam dua buah sumbu yakni sumbu x dan sumbu y

$$\tau_y = \frac{P}{A} \sin \theta$$

$$\tau_x = \frac{P}{A} \cos \theta$$

Dari beberapa teori diatas dapat disimpulkan bahawa perbedaaan antara tegangan normal dengan tegangan geser hanya berbeda menurut sumbu dimana tegangan itu bekerja.



Gambar 2.3. Tegangan normal dan tegangan Geser (a) Pada Sumbu Global (b) Pada Sumbu Lokal

2.7.2. Regangan

Ketika suatu gaya bekerja pada sebuah benda, gaya tersebut akan cenderung untuk mengalami perubahan bentuk, baik perubahan tersebut menimbulkan penambahan jumlah volume ataupun pengurangan jumlah volume. Deformasi elastik sebuah benda tidak hanya menimbulkan perubahan panjang sebuah elemen linear dalam benda tersebut, melainkan dapat pula mengakibatkan perubahan sudut antara dua garis sembarang (Dieter, 1996). Regangan digambarkan sebagai deformasi yang terjadi pada panjang dan sudut antara dua titik. Regangan normal dapat diartikan sebagai penambahan panjang persatuan panjang yang dinyatakan dalam huruf Yunani ϵ (epsilon) dan diberikan persamaan :

$$\epsilon = \frac{\delta}{L}$$

Dimana: ϵ = Regangan

δ = Penurunan (mm)

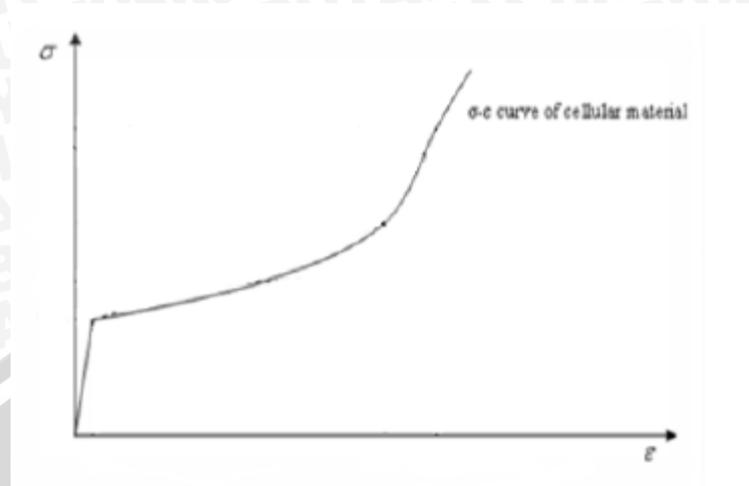
L = Panjang Penekanan Benda Uji (mm)

Apabila suatu bahan mengalami tarik maka bahan tersebut mengalami regangan tarik (tensile strain) yakni pengurangan panjang dari panjang semula, sedangkan jika bahan tersebut mengalami tekan maka regangannya disebut regangan tekan (compressive strain)

2.7.3. Tegangan - Regangan

Berdasarkan rumus yang telah dituliskan diatas mengenai tegangan normal dan regangan normal maka dapat dibuatlah suatu diagram interaksi antara tegangan dengan regangan yang terjadi dalam suatu bahan. Diagram ini didapatkan setelah melakukan pengujian pada suatu bahan tertentu berupa pengujian tarik atau pengujian tekan dan menentukan nilai dari tegangan dan regangan pada berbagai nilai yang berbeda. Diagram tegangan regangan merupakan karakteristik bahan dan mengandung informasi penting mengenai sifat mekaniknya dan jenis dari kelakuannya.

Sebagai contoh akan dibahas grafik tegangan regangan untuk baja :



Gambar 2.4. Diagram Tegangan Regangan dari Material Berpori (Cellular Material),
(Abdul Rahman, 2008)

Beberapa karakteristik tegangan regangan dari material berpori dapat dilihat berdasarkan grafik diatas, yang dibagi menjadi tiga zona (Abdul Rahman, 2008)

a. Perilaku elastis (*Elastic Regime*)

Perilaku elastis pada material berpori sangat berbeda dengan perilaku elastis pada baja.

b. Peningkatan kekuatan (*Plateau Regime*)

Tegangan yang terjadi meningkat seiring dengan meningkatnya nilai dari regangan yang terjadi pada suatu material

c. Pemadatan (*Densification Regime*)

Kurva yang menunjukkan kemampuan dari bahan sebelum mengalami fase elastis. Pada fase pemadatan udara dari rongga-rongga yang berpori keluar dari bahan

Hubungan antara regangan dan tegangan untuk suatu bahan yang mengalami tarik ataupun tekan dideskripsikan oleh Robert Hooke pada tahun 1676 yang lebih dikenai dengan hukum Hooke.

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

Dimana : E = Modulus Young proporsional pada daerah plastis

ϵ = Regangan

σ = Tegangan

2.8 Penelitian Terdahulu

1. Mutrofin (2005) meneliti tentang material piropilit Sumbermanjing Malang Selatan. Diketahui bahwa ternyata piropilit mengandung silika yang cukup besar (85% dari total unsure penyusun piropilit) dan sangat bagus digunakan sebagai filler mengingat ukuran butirannya sesuai dengan ukuran butiran filler.
2. Anggraini, dkk (2006) mencoba memanfaatkan piropilit sebagai bahan tambahan dalam pembuatan paving stone. Dengan penambahan 10% mineral piropilit, maka menghasilkan kekuatan yang meningkat sampai kurang lebih 20% dari kekuatan awal.
3. Anggraini (2008) penggunaan piropilit sebagai bahan tambahan pada beton dapat meningkatkan kuat tekan beton hingga 42% pada variasi piropilit 15%. Semen adalah bahan yang bisa memacu proses aktivasi mineral piropilit inilah yang meningkatkan kuat tekan yang terjadi.
4. Yanuar (2012) meneliti pengaruh piropilit dengan variasi semen terhadap kuat tekan dan porositas batako didapatkan hasil pada penggunaan piropilit 20% memiliki kuat tekan paling tinggi dengan nilai porositas paling kecil.

2.9 Hipotesis Penelitian

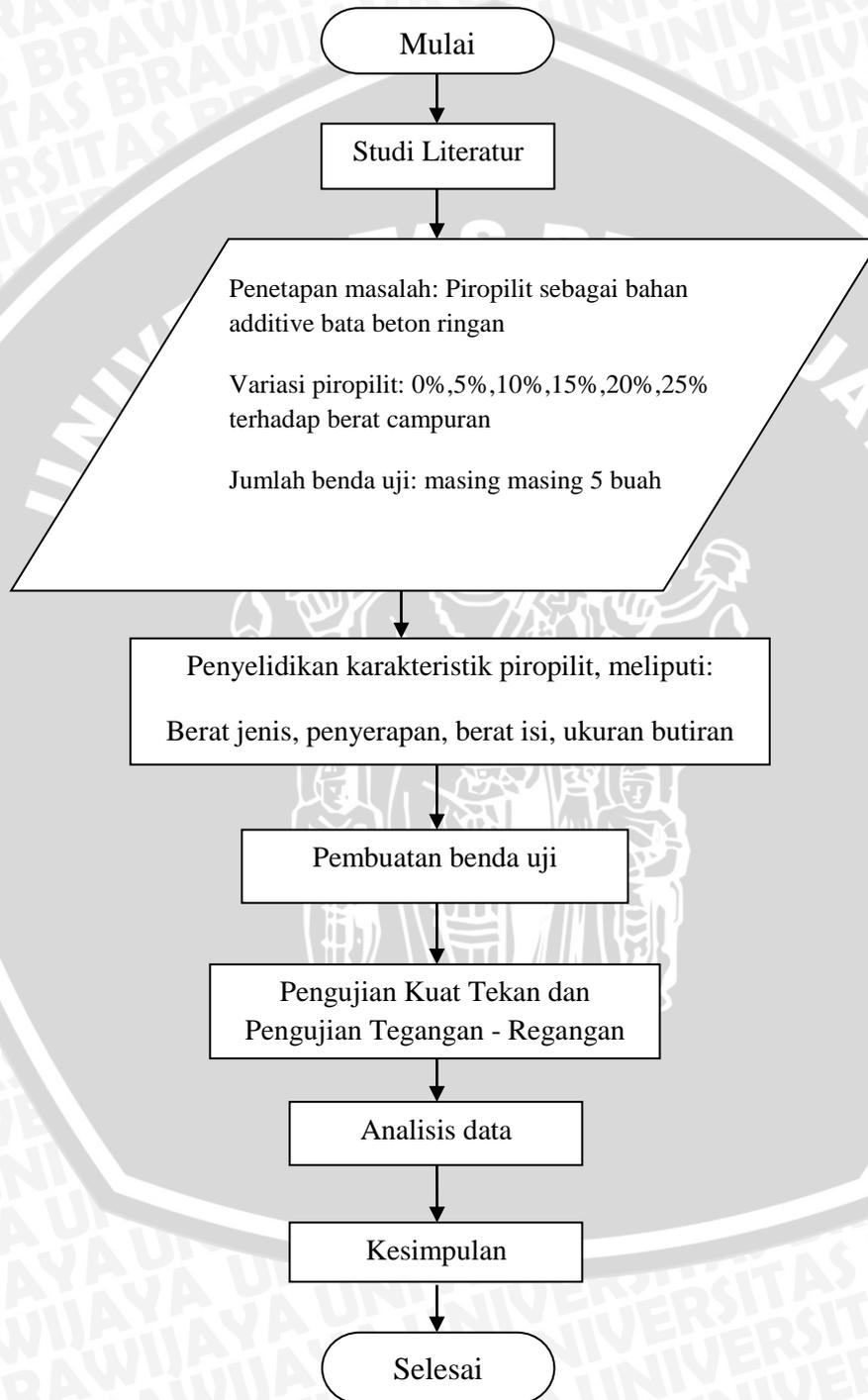
Dalam melakukan penelitian dibutuhkan praduga atau perkiraan agar penelitian ini mempunyai tujuan. Maka ada beberapa hipotesa yang akan dibuktikan dalam penelitian disini adalah:

1. Terdapat pengaruh variasi piropilit terhadap kuat tekan pada bata beton ringan.
2. Penggunaan variasi piropilit akan berpengaruh terhadap berat volume bata beton ringan.
3. Ada hubungan antara tegangan dan regangan seiring penambahan piropilit pada bata beton ringan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Pengerjaan Penelitian

Diagram alir penelitian bata beton ringan disajikan pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2013 sampai dengan selesai yang dilaksanakan di Laboratorium Struktur Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

- 1) Pertambangan Piropilit Sumber Manjing Malang Selatan
- 2) Pembuatan benda uji dilakukan di pabrik pembuatan bata beton ringan di PT. Banon Con Indonesia, Jln. Raya Semampir no 94, Desa Sedati, Juanda, Sidoarjo, Jawa Timur.
- 3) Pengujian kuat tekan di lakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

3.3 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini yang merupakan variable terukur:

- a. Variabel bebas:
 - Prosentase pencampuran piropilit 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat semen yang akan dibuat bata beton ringan.
- b. Variabel tak bebas:
 - Karakteristik piropilit
 - Kuat tekan bata beton ringan pada umur 28 hari.
 - Tegangan – Regangan

3.4 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menguji kuat tekan bata beton ringan dengan kadar penggunaan piropilit 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat semen. Semen yang dipergunakan semen Gresik. Perencanaan campuran bata beton ringan dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1. Jumlah benda uji

Pengujian Kuat tekan (hari)	Jumlah benda uji untuk tiap prosentasi piropilit sebagai bahan tambahan bata beton ringan					
	0%	5%	10%	15%	20%	25%
28	5	5	5	5	5	5

Untuk uji kuat tekan digunakan 5 buah benda uji untuk setiap penampahan kadar piropilit 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dan semen Gresik. Jadi total seluruh benda uji 30 buah.

3.5 Bahan Dasar Yang Digunakan

1. Semen : Semen yang digunakan adalah semen gresik
2. Pasir Lumajang : diambil dari PT. Banon Con Indonesia
3. Foaming Agent : diambil dari PT. Banon Con Indonesia
4. Piropilit :

Piropilit yang digunakan merupakan piropilit yang berasal dari penambangan batuan piropilit di daerah Sumbermanjing, Malang Selatan. Batuan piropilit ini akan digunakan sebagai *filler* pada campuran hebel, yakni bahan piropilit harus lolos saringan no 200

5. Air :

Air yang digunakan merupakan air PDAM yang memiliki PH normal, tidak terlalu asam dan tidak terlalu basa. Suhu air yang digunakan adalah suhu air normal.

3.6 Pengujian Bahan Dasar

Adapun pengujian bahan dasar yang akan dilakukan adalah:

- Pengujian Piropilit

Pengujian material piropilit dilakukan di Laboratorium Struktur dan bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang yang meliputi pengujian mengenai karakteristik yang dimiliki bahan piropilit tersebut. Unsur-unsur pengujian meliputi : pengujian Berat jenis, ukuran butiran, berat volume, dan kadar air

- a. Pengujian Berat jenis dan Penyerapan

Alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Timbangan kapasitas ≥ 1 kg dengan ketelitian 0,1 gram
2. Piknometer dengan kapasitas 500 gram
3. Kerucut terpancung dengan diameter atas (40 ± 3) mm, diameter bawah (90 ± 3) mm, dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal ≥ 0.8 mm.

4. Batang penumbuk dengan bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram dan diameter (25 ± 3) mm.
5. Saringan no.200 (0.075 mm)
6. Oven Pengatur suhu kapasitas $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$

b. Pengujian kadar air

Alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Talam besi untuk wadah bahan
- Oven Pengatur suhu kapasitas $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- Timbangan kapasitas ≥ 1 kg dengan ketelitian 0,1 gram

c. Pengujian berat volume

Alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Timbangan kapasitas ≥ 1 kg dengan ketelitian 0,1 gram
- Tongkat penusuk baja, panjang ± 600 mm dan diameter ± 16 mm.
- Kotak takar.

d. Pengujian Gradasi piropilit

Alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Timbangan dan neraca dengan ketelitian 2 % terhadap benda uji.
- Satu set saringan : 4,75 mm (no 4); 2,36 mm (no 8); 1,18 mm (no 16); 0,6 mm (no 30); 0,3 mm (no 50); 0,15 mm (no 100); 0,075 mm (no 200); pan.
- Talam-talam

• Pengujian Pasir Lumajang:

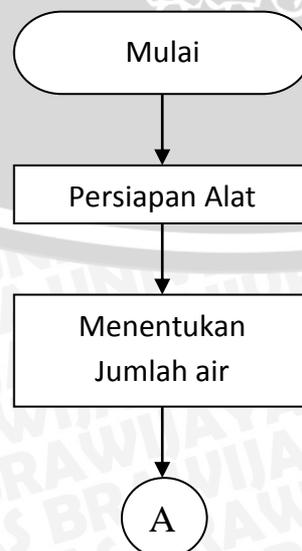
a. Peralatan yang digunakan pada percobaan pemeriksaan gradasi agregat halus adalah sebagai berikut:

- 1) Timbangan dan neraca dengan ketelitian 2% terhadap benda uji.
- 2) Satu set saringan: 4,75 mm (no.4); 2,36 mm (no.8); 1,18 mm (no. 16); 0,6 mm (no.30); 0,3 mm (no.50); 0,15 mm (no.100); 0,075 mm (no.200).
- 3) Oven pengatur kapasitas suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- 4) Mesin pengguncang saringan.
- 5) Talam-talam dan kuas.

b. Peralatan yang digunakan pada percobaan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus adalah sebagai berikut:

- 1) Timbangan yang memiliki kapasitas lebih dari 1 kg dengan ketelitian 0,1 gram.
 - 2) Piknometer kapasitas 500 ml. Kerucut terpancung diameter atas (40 ± 3) mm, diameter bawah (90 ± 3) mm, dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal $\geq 0,8$ mm.
 - 3) Batang penumbuk dengan bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram dan diameter (25 ± 3) mm.
 - 4) Saringan no.4 (4,75 mm).
 - 5) Oven pengatur suhu kapasitas (110 ± 5)°C.
 - 6) Desikator.
- c. Peralatan yang digunakan pada percobaan pemeriksaan berat isi agregat halus adalah sebagai berikut:
- 1) Timbangan yang memiliki kapasitas lebih dari 1 kg dengan ketelitian 0,1 gram.
 - 2) Tongkat tusuk baja panjang ± 600 mm dan diameter ± 16 mm.
 - 3) Kotak takar atau ember.
- d. Peralatan yang digunakan pada percobaan pemeriksaan kadar air agregat halus adalah sebagai berikut:
- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,1% berat benda uji.
 - 2) Oven pengatur suhu.
 - 3) Talam.

3.7 Pembuatan Benda Uji





Gambar 3.2. Diagram Pembuatan Benda Uji

Merupakan proses pencampuran bahan-bahan tersebut menjadi suatu adonan bahan pembuat hebel. Piropilit ditambahkan kedalam campuran setelah menakar dan menimbang persen piropilit terhadap berat semen untuk satu benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan di pabrik pembuatan bata beton ringan di PT. Banon Con Indonesia.

Tabel 3.2. Komposisi benda uji

Bahan	Komposisi / m ³ (kg)	Prosentase (%)
Semen	225	23,422
Pasir	575	59,365
Chemical	0,8	0,084
Air	160	16,629

Sumber: PT. Banon Con Indonesia

3.8 Pengujian Kuat Tekan Bata Beton Ringan

Cara pengujian kuat tekan hebel ini masih belum banyak digunakan dalam peraturan tetapi pengujian bata beton ringan hebel ini disamakan dengan metode pengujian kuat tekan untuk batako berdasarkan SNI 03-0348-1989-7. Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Universitas Brawijaya:

- Bata Beton Ringan yang digunakan berada dalam keadaan kering udara
- Meratakan/ menerap bidang tekan

Bahan penerap dibuat dari adukan semen q semen portland ditambah 1-2 bagian pasir halus tembus ayakan 3mm. Bidang tekan benda uji (2 bidang) diterap dengan adukan semen sedemikian rupa sehingga terdapat bidang yang rata dan sejajar satu dengan yang lainnya. Tebal dari lapisan penerapan/perata kurang lebih 3 mm. Benda uji ditentukan kuat tekannya apabila pengerasan dari pada aduk penerap sedikitnya telah berumur 3 hari

- Penentuan arah tekan

Arah tekan pada bidang tekan benda uji disesuaikan dengan arah tekaan beban didalam pemakaian. Untuk bata beton yang didalam pemakaian, arah pembebanan diberikan kepada bidang terluas, dan ukuran tebal dari bata itu lebih kecil dari lebarnya, pengujian kuat tekan dilakukan dengan membuat benda uji berbentuk kubus yang diambil dari benda uji aslinya. Setiap benda uji sedikitnya satu buah kubus. Bidang tekan tersebut diterap dengan adukan semen. Benda uji yang telah siap ditentukan kuat tekannya dengan mesin tekan yang dapat diatur kecepatannya.

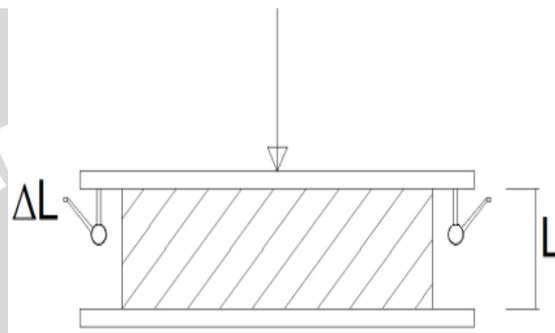
Kecepatan penekanan dari mulai pemmemberian beban sampai benda uji hancur diatur tidak kurang dari satu menit dan tidak kurang dari dua menit. Kuat tekan dihitung dengan rumus :

$$\text{Kuat tekan } (\sigma) = \frac{P \text{ kg}}{A \text{ cm}^2} \text{ atau } N/\text{mm}^2$$

$$\text{Kuat tekan rata - rata } (\Sigma\sigma) = \frac{P \text{ kg}}{A \text{ cm}^2} \text{ atau } \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Dengan :

- A = Luas penampang benda uji yang akan ditekan
- N = Jumlah benda uji
- P = Beban maksimum



Gambar 3.3. Pengujian benda uji

3.9 Pengujian Tegangan dan Regangan Bata Beton Ringan

Adapun langkah-langkah pengujian Tegangan-Regangan bata beton ringan sebagai berikut:

- i. Benda uji yang sudah di rawat sampai hari pengujian diambil dari tempat perawatan.
- ii. Benda uji masing-masing diberi tanda/nomor agar tidak saling tertukar..
- iii. Benda uji ditimbang dan dicatat.
- iv. Untuk benda uji yang tidak rata dilakukan *capping* terlebih dahulu.
- v. Pada benda uji dipasang alat compressometer, demikian pula alat extensometer harus sejajar dan tegak lurus dengan panjang benda uji, pastikan kedua alat ini memegang benda uji dengan kuat.
- vi. Sebelum diuji batang penyangga alat tersebut dilepaskan terlebih dahulu.
- vii. Atur dial pada alat compressometer dan extensometer dengan cara memutar sampai menunjukkan angka 0 (nol).
- viii. Lakukan penekanan dengan prosedur yang telah ditentukan.
- ix. Beban pada alat mesin tekan dicatat setiap kenaikan 4 kN. Jika sudah mencapai beban maksimum (Pmax), hentikan pembebanan.
- x. Dibuat grafik hubungan Tegangan (P) dan Regangan (ΔL).

3.10 Metode Analisis

Setelah data-data diperoleh dilanjutkan dengan analisa secara statistic yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan piropilit sebagai bahan tambahan pembuatan bata beton ringan terhadap kuat tekan bata beton ringan. Adapun proses analisisnya adalah sebagai berikut:

a. Uji Hipotesa

Analisi variansi (ANOVA) yang digunakan adalah analisis variansi dua arah (two way-ANOVA) dengan control perlakuan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan prosentase piropilit pada campuran bata beton ringan.

Bila kita menganggap perlakuan kedua sebagai perlakuan 1,2,3,... dst dengan nilai rata-rata $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots$ dst sedangkan yang tanpa campuran piropilit dengan nilai rata-rata $= \mu_0$ sebagai control. Maka hipotesis dari kejadian dapat ditulis dengan:

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots \text{dst}$$

$$H_1 : \mu_0 < \mu_1 < \mu_2 < \mu_3 < \dots \text{dst}$$

Uji ANOVA yang dipergunakan untuk menguji hipotesa nol lazim juga disebut uji F. harga F diperoleh dari rata-rata jumlah kuadrat antara kelompok yang dibagi dengan rata-rata jumlah kuadrat dalam kelompok.

Perumusan secara statistik dinyatakan sebagai berikut:

$$Z = \mu + \beta_j + \beta_{ij} + \xi_{ij}$$

Dimana:

- μ = nilai rata-rata
- β_j = pengaruh kadar piropilit ke i
- β_{ij} = pengaruh varian
- ξ_{ij} = kesalahan

Hipotesis statistic yang diuji adalah:

- $H_0 : \mu\alpha_1 = \mu\alpha_2 = \dots = \mu\alpha_i$
 $H_1 : \text{Paling sedikit satu pasang } \mu\alpha_i \text{ yang tidak sama dengan } 0$
- $H_0 : \mu\beta_1 = \mu\beta_2 = \dots = \mu\beta_j$
 $H_1 : \text{Paling sedikit satu pasang } \mu\beta_j \text{ yang tidak sama dengan } 0$

Dimana:

H_0 = Hipotesis nol, yang menyatakan bahwa tidak terdapat pengaruh penambahan piropilit terhadap kuat tekan serta berat volume dalam pembuatan bata beton ringan.

H_1 = Hipotesis alternatif, menyatakan bahwa adanya pengaruh penambahan piropilit terhadap kuat tekan serta berat volume dalam pembuatan bata beton ringan.

Indikator diterima atau ditolaknya hipotesis yakni apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak, begitu juga sebaliknya, apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima. Selain itu dapat dilihat dari taraf signifikasnsi datanya. Apabila signifikansi_{hitung} $> 0,05$, maka terima H_0 . Begitu juga sebaliknya apabila signifikansi_{hitung} $< 0,05$ maka tolak H_0 .

b. Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan terutama untuk tujuan peramalan, yaitu untuk mengetahui hubungan di antara dua variable numeric atau lebih. Dalam analisis regresi akan dikembangkan suatu persamaan regresi dengan mencari nilai variable terikat dari variable bebas yang diketahui. Dalam penelitian ini, variable-variable penyusun persamaan regresi terdiri atas satu variable terikat dan dua variable bebas sehingga dipilih persamaan regresi linier dan regresi polinomial pangkat dua.

Untuk regresi linier dinyatakan dengan rumus umum sebagai berikut:

$$S = g(x) = a_1 \tau$$

Dimana : S = Tegangan benda uji (kg/cm²)

τ = Regangan benda uji

a_1, \dots, a_n = Koefisien polinomial

Sedangkan untuk regresi polinomial pangkat dua dinyatakan dengan rumus umum sebagai berikut :

$$S = g(x) = a_1 \tau^2 + a_2 \tau + a_3$$

Dimana : S = Tegangan benda uji (kg/cm²)

τ = Regangan benda uji

a_1, \dots, a_n = Koefisien polinomial

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Percobaan Pendahuluan

4.1.1. Piropilit

Piropilit yang digunakan dalam penelitian ini sebagai bahan campuran tambahan berdasarkan persentase jumlah semen. Piropilit yang digunakan diambil dari daerah Malang Selatan. Pada penelitian ini dilakukan uji terlebih dahulu terhadap piropilit yakni meliputi berat jenis, penyerapan serta kadar air. Dari hasil percobaan pendahuluan ini didapat data sebagai berikut:

Tabel 4.1. Tabel Berat Jenis, Penyerapan dan Kadar Air Piropilit

Nomor Contoh	A
Berat Jenis Curah (Bulk Spesific Gravity)	1,757
Berat Benda Jenuh Kering Permukaan (<i>bulk Spesific Gravity Saturated Surface Dry</i>)	2,097
Berat jenis semu (Apparent Spesific Gravity)	2,664
Penyerapan (%) (absorption)	19,389
Kadar Air (%)	3,050

4.1.2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pasir lumajang yang langsung diambil dari lumajang. Untuk agregat halus dilakukan uji terlebih dahulu terhadap pasir lumajang yakni meliputi berat jenis, penyerapan serta kadar air. Dari hasil percobaan pendahuluan ini didapat data sebagai berikut:

Tabel 4.2. Berat Jenis, Penyerapan dan Kadar Air Agregat Halus

Nomor Contoh	Sample
Berat Jenis Curah (Bulk Spesific Gravity)	1,930
Berat Benda Jenuh Kering Permukaan (<i>bulk Spesific Gravity Saturated Surface Dry</i>)	2,150
Berat jenis semu (Apparent Spesific Gravity)	2,472
Penyerapan (%) (absorption)	11,359
Kadar Air (%)	3,284

4.1.3. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland tipe 1 yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik. Maka dari itu pengujian bahan semen tidak dilakukan karena telah memenuhi Standart Nasional Indonesia (SNI).

4.1.4. Air

Air yang digunakan adalah air bersih yang diambil dari Perusahaan Daerah Air Minum kota Sidoarjo. Air dianggap layak untuk dipergunakan dalam penelitian ini.

4.1.5. Foaming Agent

Foaming agent yang digunakan adalah foaming agent yang digunakan oleh PT. BANONCON Indonesia yang sehari-hari digunakan sebagai bahan produksi bata ringan miliknya, sehingga tidak diperlukan pengujian untuk foaming agent ini.

4.2. Hasil Penelitian

Dari hasil percobaan pendahuluan sebelumnya yang telah dilakukan, didapatkan nilai faktor air untuk semen yang digunakan sebesar 0,415 dengan campuran tiap variasi per m³ sebagai berikut :

Tabel 4.3. Tabel Komposisi pembuatan benda uji tiap variasi

No	Bahan	Jumlah Per m ³						Satuan
		Normal	5%	10%	15%	20%	25%	
1	Semen	225	221,83	218,75	215,75	212,838	210	kg
2	Pasir lumajang	562,5	554,58	546,88	539,38	532,095	525	kg
3	Piropilit	0	11,25	22,5	33,75	45	56,25	kg
4	Foaming Agent	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	liter
5	Air Total	159,88	162,06	164,24	166,42	168,60	170,78	kg
	Air Fas Normal	159,88	159,88	159,88	159,88	159,88	159,88	kg
	Air Pengaktifan Piropilit	0	2,18	4,36	6,54	8,72	10,91	kg

Setelah mendesign komposisi tiap variasi benda uji, dilanjutkan dengan proses pembuatan benda uji bata ringan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan cetakan benda uji ukuran 60x20x10 cm, kemudian melumuri cetakan bagian dalam dengan oli agar tidak lengket saat pelepasan.
2. Menyiapkan rancangan faktor air semen yang sudah direncanakan, digunakan faktor air semen adalah 0,415.
3. Menyiapkan jumlah air yang akan digunakan yakni 160 ltr untuk 1 m³. dengan ditambahkan jumlah air untuk pengaktifan *piropilit* sebesar 19,38 % dari jumlah piropilit yang digunakan.

Maka:

$$\text{Jumlah air total} = \text{jumlah air awal} + \text{air untuk pengaktifan piropilit}$$

4. Memasukkan semen dan piropilit ke dalam *Mixer* lewat *Conveyor*

5. Memasukkan pasir yang telah dipilah terlebih dahulu ke dalam *Mixer* lewat *Conveyor*
6. Memasukkan foaming agent ke dalam *Mixer* dengan terlebih dahulu membusakannya menggunakan *Foam Generator*.
7. Mencetak di dalam cetakan yang sudah disiapkan kemudian ditunggu sekitar 8 jam selama proses kering berlangsung.

4.2.1. Pemeriksaan Berat Volume

Pada pemeriksaan berat volume dilakukan dengan cara mengukur volume benda uji dan menimbang berat benda uji. Kedua data tersebut dibandingkan dengan rumus :

$$\text{Berat Volume} = \frac{\text{Massa (kg)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}}$$

Dari penelitian ini didapatkan data untuk massa masing-masing benda uji dengan rata-rata sebagai berikut:

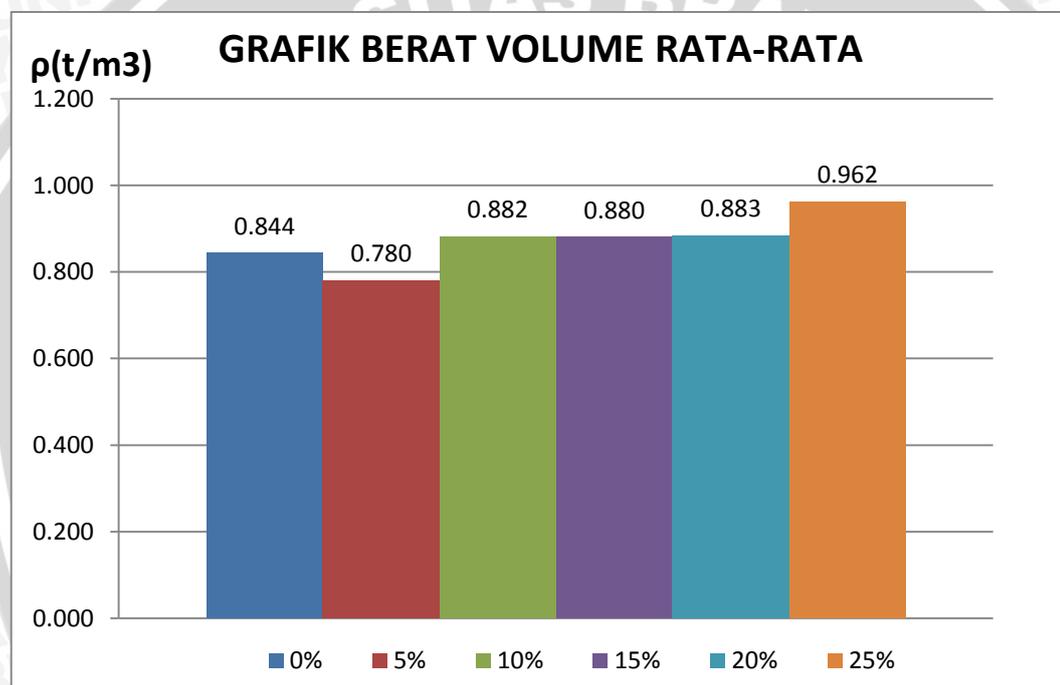
Tabel 4.4. Tabel Massa tiap variasi benda uji

% Penambahan Piropilit	Massa rata-rata (kg)
0%	10,124
5%	9,364
10%	10,551
15%	10,564
20%	10,596
25%	11,452

Dengan volume yang sama dari masing-masing benda uji yaitu 60 x 20 x 10 cm = 12.000 cm³, maka didapatkan data untuk berat volume masing-masing benda uji dengan rata-rata sebagai berikut:

Tabel 4.5. Tabel Berat Volume tiap variasi benda uji

% Penambahan Piripilit	Berat Volume rata-rata (kg/cm ³)	Berat Volume rata-rata (t/m ³)
0%	0,000844	0,844
5%	0,000780	0,780
10%	0,000879	0,879
15%	0,000880	0,880
20%	0,000883	0,883
25%	0,000962	0,962



Grafik 4.1. Grafik Berat volume rata-rata

4.2.2. Pengujian Kuat Tekan

Pada pengujian kuat tekan ini dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang dengan menggunakan alat uji tekan (*Compression Testing Machine*). Parameter dalam pengujian tekan ini adalah dengan menekan benda uji menggunakan alat uji tekan hingga benda uji mengalami retak, jika sudah mengalami retak maka penekanan pada benda uji dihentikan kemudian mencatat kuat tekan maksimum yang dapat ditahan oleh masing-masing benda uji tersebut. Perhitungan kuat tekan berdasarkan rumus tegangan dimana :

$$\text{Tegangan } (f) = \frac{P(kN)}{A(cm^2)}$$

Dimana: f = Tegangan (kN/cm²)

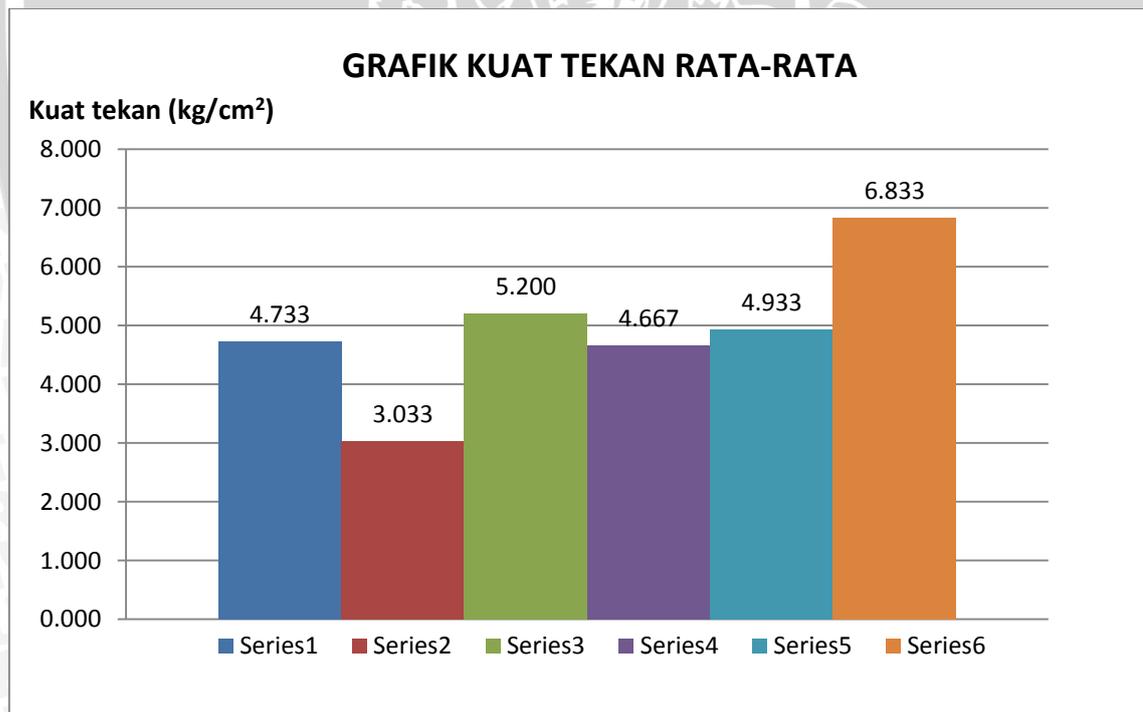
P = Beban maksimum yang dapat ditahan (kN)

A = Luas penampang yang ditekan (cm²)

Setelah didapatkan semua data dari masing-masing variasi benda uji maka didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.6. Tabel Kuat tekan rata-rata tiap variasi benda uji

% Penambahan Piripilit	Kuat Tekan Rata-rata (kN/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)
0%	0,047	4,733
5%	0,030	3,033
10%	0,052	5,200
15%	0,047	4,667
20%	0,049	4,933
25%	0,068	6,833



Grafik 4.2. Grafik Kuat Tekan rata-rata tiap variasi benda uji

4.2.3. Diagram Tegangan Regangan

Pada pengujian diagram tegangan regangan berhubungan dengan pengujian kuat tekan. Pada saat pengujian kuat tekan berlangsung, setiap kenaikan beban maksimum sebesar 4 kN penurunan yang terjadi pada bata beton ringan dicatat. Dengan

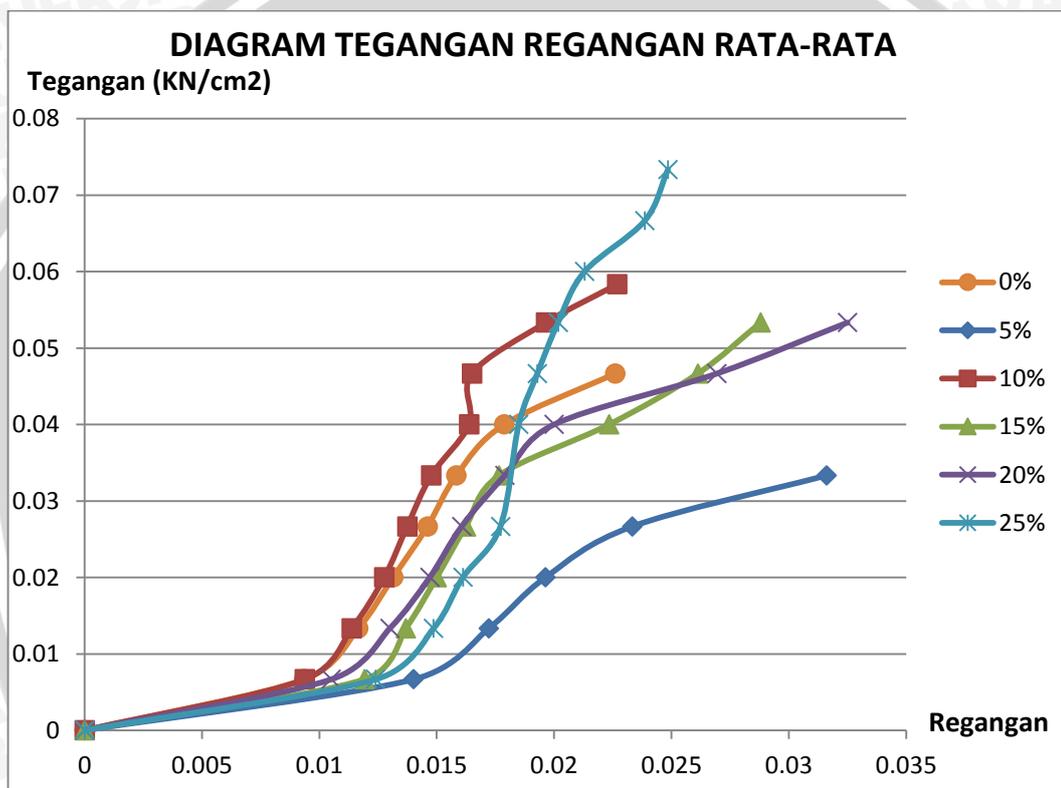
menggunakan dial yang dipasang pada pelat sehingga mendapatkan data penurunan yang terjadi tiap benda uji, maka dapat dihitung regangan yang terjadi pada benda uji tersebut dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Regangan } (\tau) = \frac{\Delta L}{L}$$

Dimana : ΔL = penurunan yang terjadi (cm)

L = panjang sebelum terjadi penurunan (cm)

Setelah mengolah data dari hubungan dari tegangan dan regangan yang terjadi dari tiap variasi benda uji, didapat data rata-rata tiap benda uji sebagai berikut:



Grafik 4.3. Diagram Tegangan Regangan rata-rata tiap variasi benda uji

4.3. Pembahasan

4.3.1. Uji Hipotesa

Dalam suatu penelitian pengujian hipotesis merupakan bagian terpenting dikarenakan tanpa adanya pengujian hipotesis tidak akan tahu apakah penelitian ini benar atau tidak. Pada penelitian ini pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui adakah pengaruh dari penambahan piropilit (variabel bebas) terhadap kuat tekan serta berat volume (variabel terikat).

Hipotesis pada penelitian ini :

H_0 : Tidak ada pengaruh yang signifikan dari kadar penambahan piropilit terhadap kuat tekan bata beton ringan

H_t : Ada pengaruh yang signifikan dari kadar penambahan piropilit terhadap kuat tekan bata beton ringan

Kriteria Pengujian :

Jika $F_{uji} < F_{tabel}$, maka menerima H_0 dan menolak H_t

Jika $F_{uji} > F_{tabel}$, maka menolak H_0 dan menerima H_t

Pada penelitian ini pengujian hipotesis dilakukan kepada dua variabel terikat yaitu kuat tekan dan berat volume. Pengujian hipotesis yang dilakukan menggunakan distribusi Fisher atau sering dikenal juga dengan distribusi nol.

4.3.2.1. Uji hipotesa terhadap kuat tekan

Menggunakan distribusi Fisher dengan data sebagai berikut:

Tingkat signifikasi (α) = 5 %

Jumlah Variasi (k) = 6 variasi

Jumlah sampel (n) = 5 sampel

Dicari F tabel berdasarkan:

$$V_1 = k - 1 = 6 - 1 = 5$$

$$V_2 = k \times (n - 1) = 6 \times (5 - 1) = 24$$

Maka didapatkan F tabel = 2,62

Tabel 4.7. Tabel perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan

Variasi	Sampel				
	1	2	3	4	5
Normal	0,050	0,043	0,048	0,047	0,048
5% piropilit	0,032	0,033	0,030	0,025	0,032
10% piropilit	0,045	0,045	0,058	0,058	0,053
15% piropilit	0,050	0,043	0,053	0,040	0,047
20% piropilit	0,047	0,055	0,048	0,040	0,057
25% piropilit	0,065	0,068	0,065	0,070	0,073
A_i	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$	
0,236667	0,047333	0,049000	-0,001667	0,000003	
0,151667	0,030333		-0,018667	0,000348	
0,260000	0,052000		0,003000	0,000009	
0,233333	0,046667		-0,002333	0,000005	
0,246667	0,049333		0,000333	0,000000	
0,341667	0,068333		0,019333	0,000374	
				0,0007396	

Tabel 4.7. Tabel perhitungan pengujian hipotesa kuat tekan

Variasi	(Aij-Aj)2					Jumlah
Normal	7,11E-06	0,000016	0,000001	4,444E-07	0,000001	2,56E-05
5% piropilit	1,78E-06	0,000009	1,1111E-07	2,844E-05	1,78E-06	4,11E-05
10% piropilit	4,90E-05	0,000049	4,0111E-05	4,011E-05	1,78E-06	0,00018
15% piropilit	1,11E-05	0,000011	4,4444E-05	4,444E-05	0	0,000111
20% piropilit	7,11E-06	0,000032	0,000001	8,711E-05	5,38E-05	0,000181
25% piropilit	1,11E-05	0,000000	1,1111E-05	2,778E-06	0,000025	0,00005
						0,000589

Berdasarkan tabel diatas maka didapatkan jumlah kuadrat deviasi dengan rumus:

$$Sx2 = \frac{\sum(\bar{A}_j - \bar{A})^2}{k-1} = \frac{266,24}{6-1} = 53,248$$

Setelah didapat jumlah kuadrat deviasi maka dapat dihitung varian between mean dengan rumus :

$$\sigma_m = Sx^2 \times n = 53,248 \times 5 = 266,24$$

Kemudian dilakukan perhitungan varian between group dengan rumus:

$$\sigma_g = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{A}_{ij} - \bar{A})^2}{k \times (n-1)} = \frac{212}{6 \times (5-1)} = 8,8333$$

Didapatkan F hitung dengan rumus :

$$F_{hitung} = \frac{\sigma_m}{\sigma_g} = \frac{266,24}{8,8333} = 30,14$$

Kesimpulan,

$$F_{hitung} > F_{tabel}$$

$$30,14 > 2,62$$

Maka menolak H_0 dan menerima H_t .

Ada pengaruh yang signifikan dari kadar penambahan piropilit terhadap kuat tekan bata beton ringan

4.3.2.2. Uji hipotesa terhadap berat volume

Menggunakan distribusi Fisher dengan data sebagai berikut:

$$\text{Tingkat signifikansi } (\alpha) = 5 \%$$

$$\text{Jumlah Variasi (k)} = 6 \text{ variasi}$$

$$\text{Jumlah sampel (n)} = 5 \text{ sampel}$$

Dicari F tabel berdasarkan:

$$V1 = k - 1 = 6 - 1 = 5$$

$$V2 = k \times (n - 1) = 6 \times (5 - 1) = 24$$

Maka didapatkan F tabel = 2,62

Tabel 4.8. Tabel perhitungan pengujian hipotesa berat volume

Variasi	Sampel					
	1	2	3	4	5	
Normal	0,8833	0,7850	0,8083	0,8450	0,8967	
5% piropilit	0,7900	0,7917	0,7883	0,7700	0,7617	
10% piropilit	0,8533	0,8933	0,8933	0,8817	0,8900	
15% piropilit	0,8683	0,8867	0,8733	0,8883	0,8850	
20% piropilit	0,8500	0,9050	0,8783	0,8950	0,8867	
25% piropilit	0,9783	0,9833	0,9500	0,9367	0,9233	
Ai	\bar{A}_j	\bar{A}	$\bar{A}_j - \bar{A}$	$(\bar{A}_j - \bar{A})^2$		
4,21833	0,84367	0,87067	-0,02700	0,00073		
3,90167	0,78033		-0,09033	0,00816		
4,41167	0,88233		0,01167	0,00014		
4,40167	0,88033		0,00967	0,00009		
4,41500	0,88300		0,01233	0,00015		
4,77167	0,95433		0,08367	0,00700		
				0,01627		
Variasi	$(A_{ij}-A_j)^2$					Jumlah
Normal	0,00157	0,00344	0,00125	0,00000	0,00281	0,00907
5% piropilit	0,00009	0,00013	0,00006	0,00011	0,00035	0,00074
10% piropilit	0,00084	0,00012	0,00012	0,00000	0,00006	0,00114
15% piropilit	0,00014	0,00004	0,00005	0,00006	0,00002	0,00032
20% piropilit	0,00109	0,00048	0,00002	0,00014	0,00001	0,00175
25% piropilit	0,00058	0,00084	0,00002	0,00031	0,00096	0,00271
						0,01574

Berdasarkan tabel diatas maka didapatkan jumlah kuadrat deviasi dengan rumus:

$$Sx^2 = \frac{\sum(\bar{A}_j - \bar{A})^2}{k-1} = \frac{0,01627}{6-1} = 0,003254$$

Setelah didapat jumlah kuadrat deviasi maka dapat dihitung varian between mean dengan rumus :

$$\sigma_m = Sx^2 \times n = 0,003254 \times 5 = 0,00066$$

Kemudian dilakukan perhitungan varian between group dengan rumus:

$$\sigma_g = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (\bar{A}_{ij} - \bar{A})^2}{k \times (n-1)} = \frac{0,01574}{6 \times (5-1)} = 0,016271$$

Didapatkan F hitung dengan rumus :

$$F_{hitung} = \frac{\sigma_m}{\sigma_g} = \frac{0,00066}{0,016271} = 0,040$$

Kesimpulan,

$$\begin{aligned} F_{hitung} &< F_{tabel} \\ 0,040 &< 2,62 \end{aligned}$$

Maka menerima H_0 dan menolak H_t .

Tidak ada pengaruh yang signifikan dari kadar penambahan piropilit terhadap berat volume bata beton ringan

4.3.2. Analisis Regresi

Pada analisa persamaan regresi ini digunakan untuk mencari persamaan korelasi antara tegangan dan regangan. Tegangan dan regangan didapat dari hasil penelitian yang sudah dilakukan. Dengan menggunakan analisa persamaan regresi ini akan menghasilkan grafik korelasi antara tegangan dan regangan yang lebih tepat.

Pada penelitian tegangan dan regangan pada bata beton ringan ini mengalami beberapa fase dalam kondisi penekanan yakni sebagai berikut:

1. Fase Elastis (*Elastic Regime*) :

Dalam fase ini benda uji memampat dan terjadi pengurangan rongga-rongga yang terdapat didalam benda uji. Pada fase ini digunakan persamaan regresi linier.

Sehingga digunakan regresi sebagai berikut :

$$S = g(x) = a_1 \varepsilon$$

Dengan nilai :

S = Tegangan benda uji (kg/cm²)

ε = regangan benda uji

a_1, \dots, a_n = Koefisien polinomial

2. Fase Peningkatan Kekuatan (*Plateau Regime*)

Dalam fase ini benda uji mengalami kekuatan yang kuat sehingga nilai kekuatan (tegangan) sangat tinggi dalam fase ini tetapi nilai regangannya mengecil. Hal ini terus terjadi sampai terjadi tegangan maksimum dan regangan maksimum. Pada fase ini digunakan persamaan regresi polinomial pangkat dua.

Sehingga digunakan regresi sebagai berikut :

$$S = g(x) = a_1\varepsilon^2 + a_2\varepsilon + a_3$$

Dengan nilai :

S = Tegangan benda uji (kg/cm²)

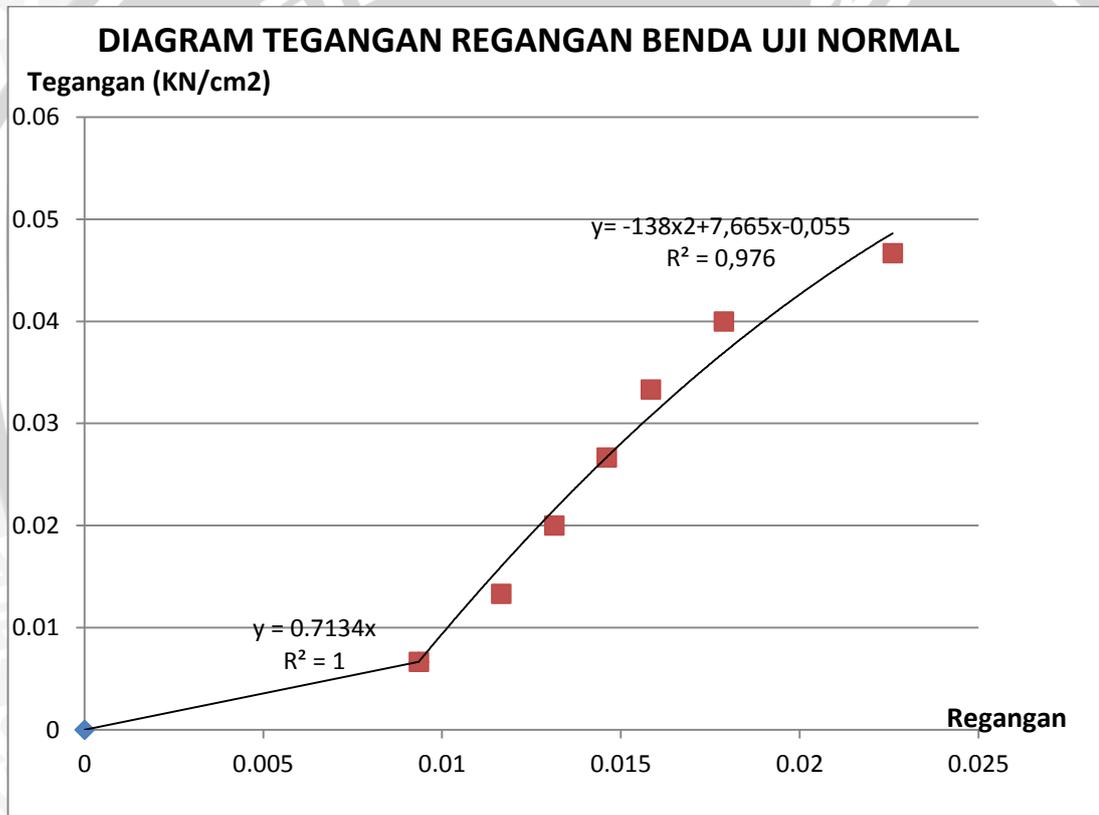
ε = regangan benda uji

a_1, \dots, a_n = Koefisien polinomial

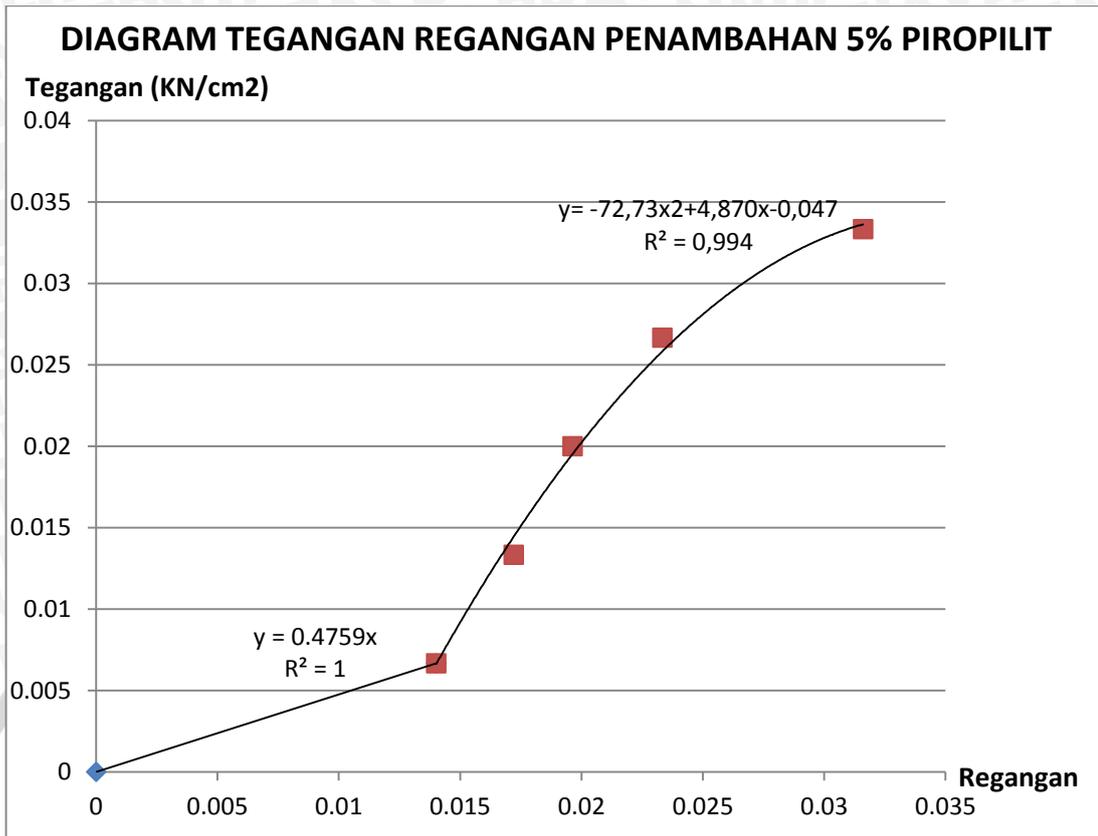
3. Fase Pemadatan (Densification Regime)

Dalam Fase ini benda uji mengalami pemadatan. Sebelum mengalami fase elastis benda uji memadat dan mengeluarkan udara dari rongga-rongga berpori yang ada dalam benda uji. Pada fase ini tidak di tunjukkan dalam kurva karena terlalu cepat perubahan fase ini.

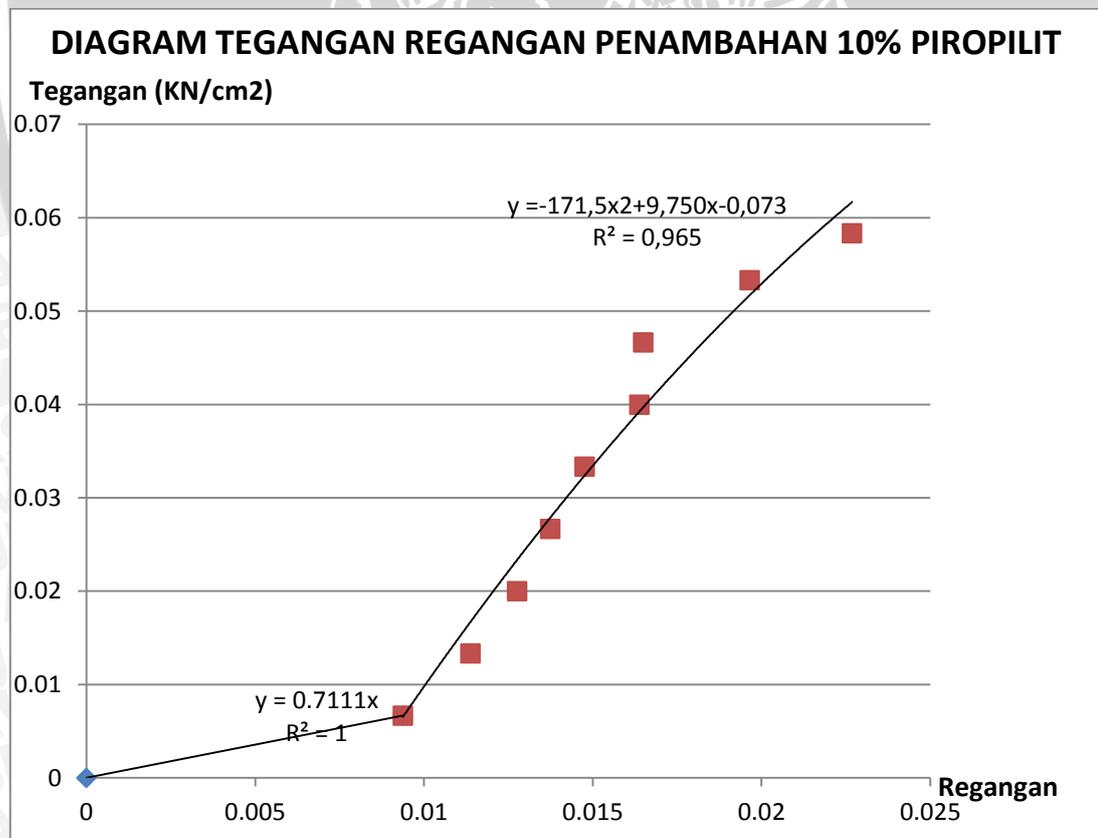
Hasil dari regresi dari tiap variasi benda uji adalah sebagai berikut :



Grafik 4.4. Diagram Tegangan Regangan Benda Uji Normal

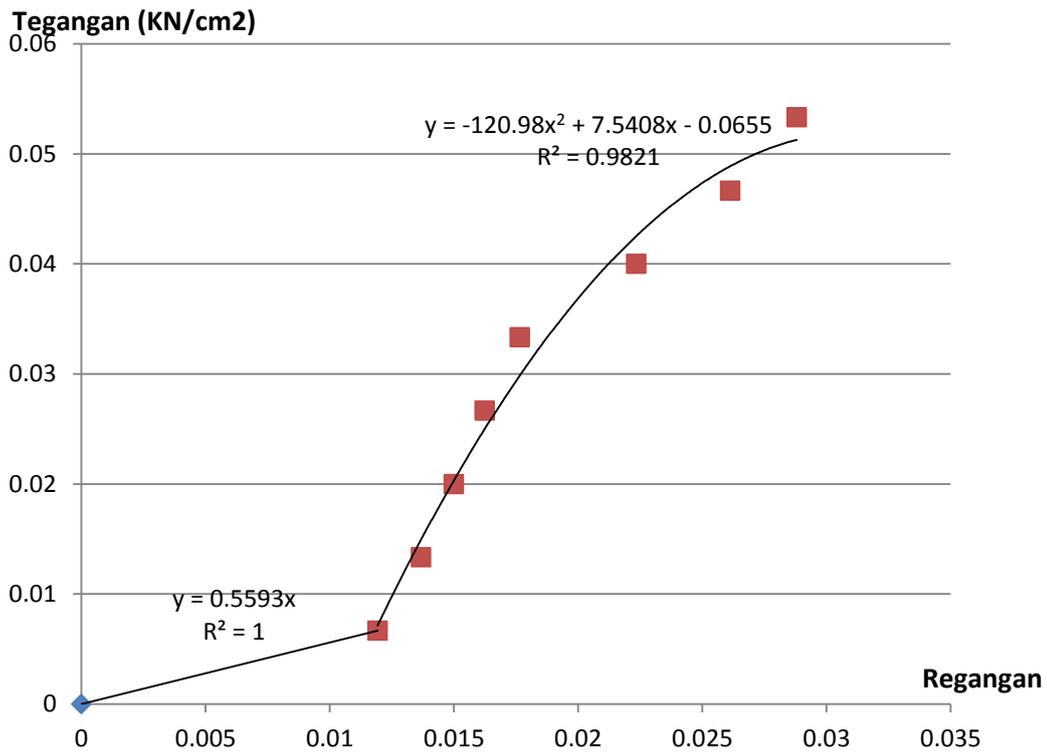


Grafik 4.5. Diagram Tegangan Regangan Benda Uji Penambahan 5% Piropilit



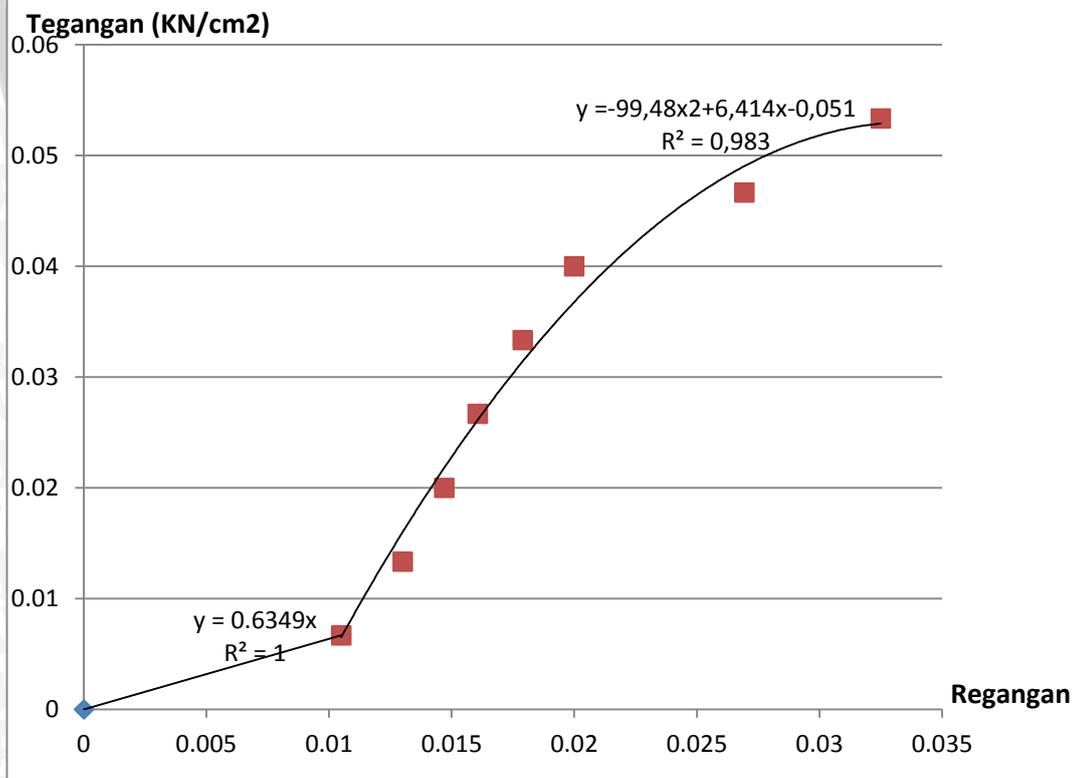
Grafik 4.6. Diagram Tegangan Regangan Benda Uji Penambahan 10% Piropilit

DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN PENAMBAHAN 15% PIROPILIT

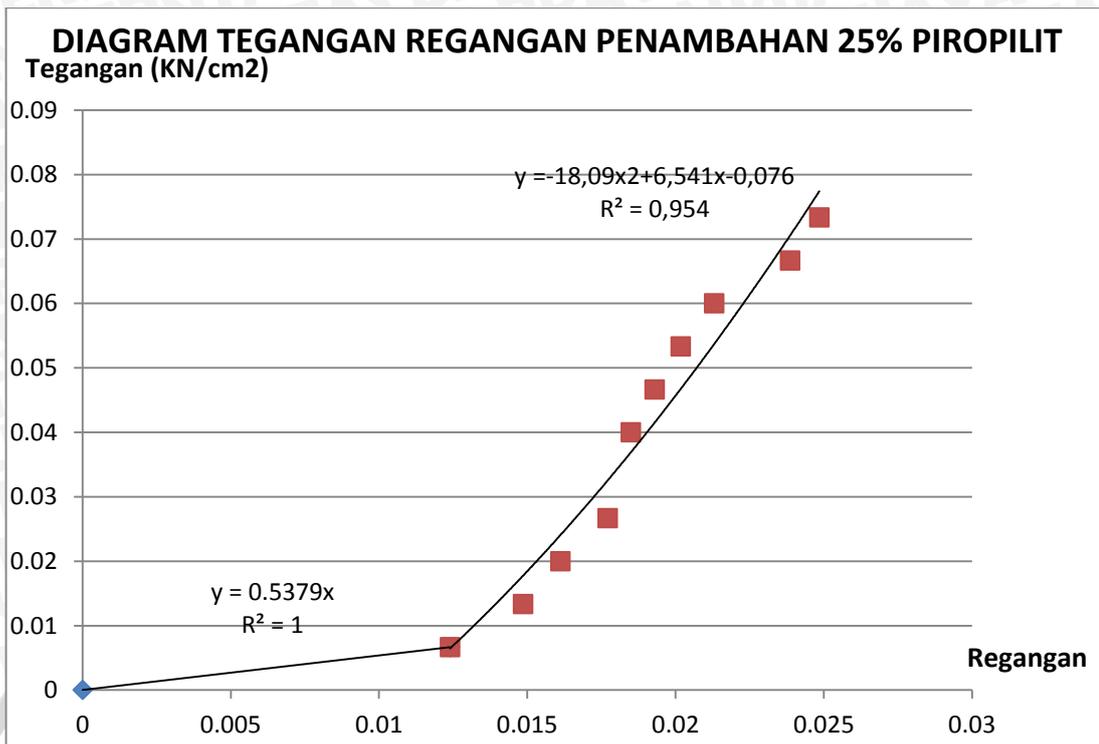


Grafik 4.7. Diagram Tegangan Regangan Benda Uji Penambahan 15% Piropilit

DIAGRAM TEGANGAN REGANGAN PENAMBAHAN 20% PIROPILIT

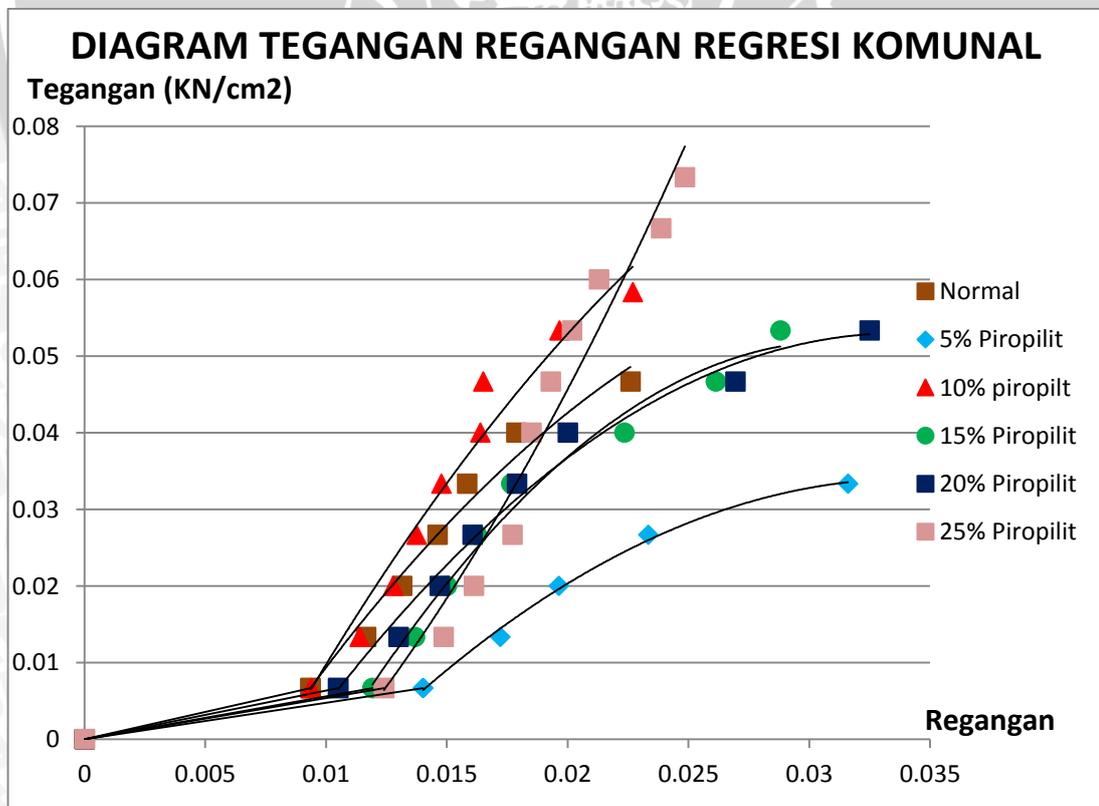


Grafik 4.8. Diagram Tegangan Regangan Benda Uji Penambahan 20% Piropilit



Grafik 4.9. Diagram Tegangan Regangan Benda Uji Penambahan 25% Piropilit

Setelah mendapatkan persamaan regresi dari dua garis regresi pada masing-masing benda uji, rumus regresi dari masing-masing benda uji di buat dalam satu grafik dan dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Grafik 4.10. Diagram Tegangan Regangan Regresi Komunal

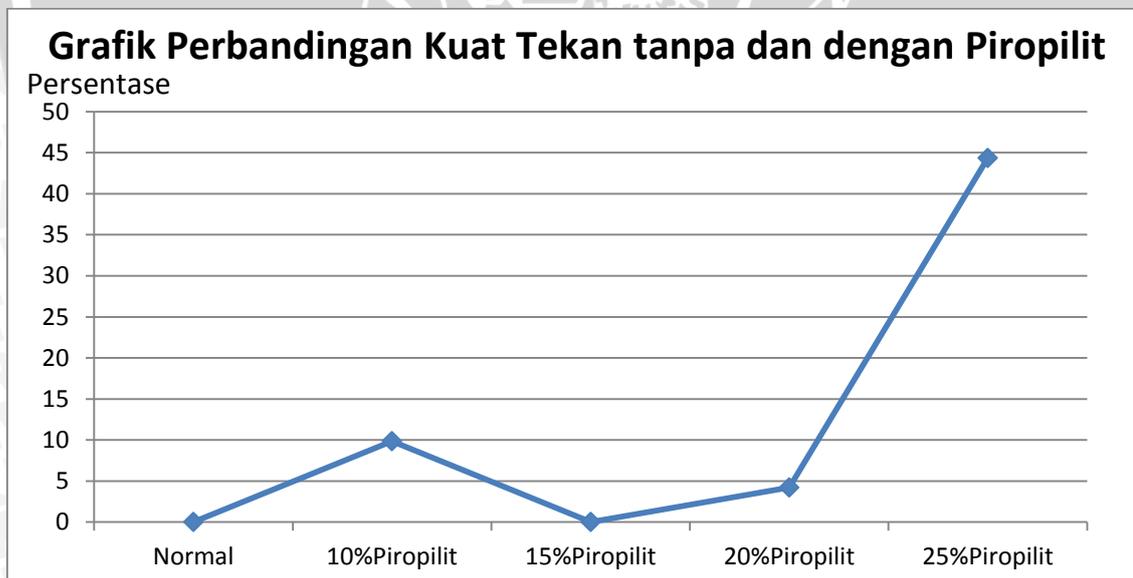
4.4. Perbandingan Kuat Tekan

Diharapkan dari penelitian ini adalah adanya peningkatan kekuatan dari bata beton ringan akibat penambahan piropilit. Penambahan piropilit pada bata beton ringan dengan variasi penambahan 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Dengan demikian disajikan dalam tabel perbandingan kuat tekan dari tanpa penambahan piropilit dengan penambahan piropilit.

Tabel 4.9. Perbandingan Kuat Tekan Benda Uji

Variasi Penambahan Piropilit	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Selisih Kuat Tekan	%	Keterangan
0%	4,733	-	-	-
5%	3,033	-1,700	-35,915	Penurunan Kekuatan
10%	5,200	0,467	9,859	Peningkatan Kekuatan
15%	4,733	0,000	0,000	Sama
20%	4,933	0,200	4,225	Peningkatan Kekuatan
25%	6,833	2,100	44,366	Peningkatan Kekuatan

Untuk variasi penambahan piropilit 5% mengalami penurunan kekuatan, hal ini terjadi karena adanya data yang tidak valid sesuai dengan uji statistik yang terlampir pada lampiran 8. Sehingga untuk variasi penambahan piropilit 5% dapat diabaikan.



Grafik 4.11. Grafik Perubahan Kekuatan Benda Uji

4.5. Pembahasan Hasil

4.5.1. Kuat Tekan

Cara pengujian kuat tekan untuk bata beton ringan ini sebenarnya masih belum banyak digunakan dalam peraturan, tetapi pengujian bata beton ringan ini dapat

disamakan dengan metode pengujian kuat tekan pada batako yang berdasarkan SNI 03-0348-1989-7.

Pada pengujian kuat tekan dari bata beton ringan dari pabrik adalah $13,5 \text{ kg/cm}^2$ dengan luas penampang $15 \times 15 \text{ cm}$ yang tertera pada lampiran 7. Setelah dihitung dan ditinjau dengan hasil uji kuat tekan dari penelitian ini, hasil uji kuat tekan yang didapat tidak jauh beda dengan benda uji normal dengan kuat tekan sebesar $4,7 \text{ kg/cm}^2$ dengan luas penampang sebesar $60 \times 10 \text{ cm}$. Hal yang mempengaruhi besarnya kuat tekan ini bergantung pada luas penampang yang ditekan pada saat benda uji diuji.

Uji statistik yang telah dilakukan terhadap kuat tekan pada bata beton ringan menunjukkan bahwa ada pengaruh dari kadar penambahan piropilit terhadap kuat tekan bata beton ringan. Berdasarkan tabel 4.6 dan grafik 4.2 dapat dilihat bahwa, rata-rata penambahan prosentase piropilit semakin besar maka, kuat tekan yang dihasilkan pada bata beton ringan semakin besar pula. Akan tetapi pada penelitian ini khususnya pada sampel campuran piropilit 5% mengalami penurunan, sesuai dengan uji statistik pada lampiran 8 yang menyatakan bahwa terjadi ketidak validan data, maka untuk variasi penambahan 5% piropilit dapat diabaikan. Hal ini dapat dilihat pada penelitian sebelumnya (Anggraini dkk, 2006) yang menyatakan bahwa penambahan 10% piropilit sebagai bahan tambahan dari pavingstone akan meningkatkan kekuatannya. Demikiannya dengan bata beton ringan, penambahan 10%,15%,20%, dan 25% dari penambahan piropilit terhadap semen membuat peningkatan yang cukup signifikan dari bata beton ringan tersebut dengan rata-rata nilai tiap variasi berturut-turut $5,2 \text{ kg/cm}^2$, $4,7 \text{ kg/cm}^2$, $4,9 \text{ kg/cm}^2$, dan $6,8 \text{ kg/cm}^2$.

Pada grafik 4.2, untuk kuat tekan yang didapatkan dari penelitian ini masih belum mendapatkan nilai optimum dari prosentase penambahan piropilit terhadap bata beton ringan. Nilai kuat tekan bata beton ringan dari prosentase 5% -25% penambahan piropilit terhadap campuran semen masih terus meningkat seiring bertambahnya piropilit, oleh karena itu prosentase campuran piropilit khususnya terhadap bata beton ringan masih dapat dilanjutkan hingga lebih besar dari 25% sampai mendapatkan nilai optimumnya.

Hasil dari penelitian ini adalah penambahan piropilit pada bata beton ringan akan meningkatkan kuat tekan dari bata beton ringan tersebut. Hal ini dikarenakan material piropilit yang memiliki kandungan silikat yang cukup besar yaitu $\pm 84,3\%$. (Mutrofin, dkk, 2005).

4.5.2. Berat Volume

Hasil uji statistik terhadap berat volume dari bata beton ringan menyatakan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan dari kadar penambahan piropilit terhadap berat volume bata beton ringan. Karena tidak ada pengaruh yang signifikan dari penambahan piropilit pada bata beton ringan ini, benda uji masih tergolong bata beton ringan. Berdasarkan ASTM C 140 yang menyatakan bahwa persyaratan berat volume dari bata beton ringan tidak boleh lebih dari $1,681\text{t/m}^3$.

Berat volume rata-rata yang didapatkan pada benda uji normal yaitu $0,844\text{t/m}^3$. Sedangkan berat volume rata-rata dari prosentase penambahan piropilit 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% yakni berturut-turut $0,780\text{t/m}^3$, $0,879\text{t/m}^3$, $0,880\text{t/m}^3$, $0,883\text{t/m}^3$, dan $0,962\text{t/m}^3$. Semua rata-rata berat volume tiap sampel masih masuk kriteria bata beton ringan yaitu lebih kecil dari persyaratan ASTM C 140 yaitu $1,681\text{t/m}^3$.

4.5.3. Diagram Tegangan Regangan

Diagram tegangan regangan bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik dan jenis dari kelakuan dari bata beton ringan tersebut. Melalui pengujian hipotesis kuat tekan, yang menyatakan bahwa ada pengaruh dari kadar penambahan piropilit terhadap kuat tekan bata beton ringan, maka hal ini tentunya akan mempengaruhi diagram tegangan regangan yang terjadi pada masing-masing variasi benda uji. Semakin besar nilai kuat tekannya maka semakin besar pula tegangan yang terjadi, demikian sebaliknya, semakin kecil nilai kuat tekannya maka semakin kecil pula tegangan yang terjadi. Akan tetapi untuk regangan yang terjadi tidak semata-mata hanya melihat dari kekuatan tekan dari benda uji tersebut. Untuk regangan yang terjadi pada penambahan piropilit 5% hingga 25% berangsur-angsur semakin kecil.

Melalui tinjauan tersebut hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa karena adanya penambahan piropilit yang mempengaruhi kuat tekan dari bata beton ringan, maka dengan adanya penambahan piropilit akan mempengaruhi diagram tegangan regangan pada bata beton ringan. Yakni semakin besar penambahan piropilit maka semakin besar tegangan dan semakin kecil regangan yang terjadi. Demikian sebaliknya, semakin kecil penambahan piropilit maka tegangan yang terjadi akan semakin kecil serta regangan yang terjadi semakin besar.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan beberapa kesimpulan mengenai pengujian bata beton ringan dengan campuran piropilit sebagai berikut:

1. Ada pengaruh penambahan piropilit dalam bata beton ringan terhadap kuat tekan sesuai dengan uji statistik ANOVA satu arah. Dengan nilai kuat tekan masing-masing variasi antara lain penambahan 10% piropilit, 15% piropilit, 20% piropilit, dan 25% piropilit berturut-turut adalah $5,2\text{kg/cm}^2$; $4,7\text{kg/cm}^2$; $4,9\text{kg/cm}^2$; $6,8\text{kg/cm}^2$. Sedangkan pada benda uji normal kuat tekan yang didapat adalah $4,7\text{ kg/cm}^2$. Sehingga pada penambahan 10%, 20%, dan 25% piropilit terjadi peningkatan kuat tekan dibandingkan dengan benda uji normal.
2. Tidak ada pengaruh penambahan piropilit dalam bata beton ringan terhadap berat volume sesuai dengan uji statistik ANOVA satu arah. Dengan berat volume pada masing-masing variasi antara lain penambahan 5% piropilit, 10% piropilit, 15% piropilit, 20% piropilit, dan 25% piropilit berturut-turut adalah $0,780\text{t/m}^3$; $0,882\text{t/m}^3$; $0,880\text{t/m}^3$; $0,883\text{t/m}^3$; $0,962\text{t/m}^3$. Sedangkan pada benda uji normal berat volume yang didapat adalah $0,844\text{t/m}^3$. Hal ini menunjukkan bahwa dalam penambahan piropilit pada bata beton ringan ini dikategorikan ringan dan masih masuk kriteria bata beton ringan yaitu $1,681\text{t/m}^3$ yang sesuai dengan persyaratan ASTM C 140.
3. Dengan adanya pengaruh penambahan piropilit terhadap kuat tekan tentu akan mempengaruhi tegangan dan regangan yang terjadi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tegangan dan regangan yang terjadi pada masing-masing variasi memiliki perbedaan sesuai dengan kadar penambahan piropilit pada bata beton ringan. Yakni semakin besar kadar penambahan piropilit pada bata beton ringan, maka tegangan yang terjadi semakin besar dan regangan yang terjadi semakin menurun.

5.2. Saran

Dalam melaksanakan penelitian dibutuhkan keobyektifan serta kesesuaian dengan keadaan apa adanya. Maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan apabila mengadakan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik bata ringan :

1. Perlu ditinjau lagi mengenai kadar penambahan piropilit pada campuran bata beton ringan agar memperoleh kekuatan yang optimum.
2. Sebelum melakukan kuat tekan perlu dilakukan *capping* agar permukaan benda uji rata sehingga menghasilkan kuat tekan yang optimum dari masing-masing benda uji.
3. Perlu dilakukan pengawasan dalam setiap kegiatan mulai dari produksi, mobilisasi benda uji, dan pengujian sehingga benda uji yang didapatkan benar-benar sesuai dengan keinginan.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rahman, M. A. 2008. Morphology and Physical Behavior of Foamed Concrete under Uniaxial Compressive Load: Standart unconfined Compressive Test. *UTHM Research Technical Report* , 1-10.
- Anggraini, dkk. 2006. *Pengaruh Penggunaan Pyrophyllite dan Jenis Semen Terhadap Kuat Tekan dan Regangan Beton*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Anggraini, Retno. 2008. *Pengaruh Penambahan Piropilit Terhadap Kuat Tekan Beton*. Malang: Jurnal Rekayasa Sipil Vol. 2.
- Chu Kia Wang dan Charles G Salmon 1986, *Disain Beton Bertulang jilid 1*. Jakarta : Erlangga
- Bearat, H., Mc.Kelvy, M.J., Chyzmeshya, A.V.G., Sharma, R., and Carpenter, R.W., 2002, *Magnesium Hydroxide Dehydroxylation Carbantion reaction Processes; Implications for Carbon Dioxide Mineral Sequestration*. Journal of The American Ceramic Society.
- Dieter, G. E. 1996. *Metalurgi Teknik*. Jakarta : Erlangga
- Mulyono, T. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi
- Mutrofin, dkk. 2005. *Sifat dan Karakteristik Piropilit*. Malang: Laporan Penelitian FMIPA Kimia, Unibraw.
- Powell, D. 1998, Pyrophyllite, <http://www.mii.org/minerals/phototalc.html>
- Yanuar, Azis. 2012. *Pengaruh Penggunaan Piropilit dan Variasi Jenis Semen Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Batako*. Malang: Skripsi Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Wang, L., Zhang, M., Redfern, S.A.T., 2003, *Infrared Study of CO₂ Incorporation into Pyrophyllite (Al₂Si₄O₁₀(OH)₂) during Dehydroxylation*, Journal of The Clay Minerals Society.
- Wuryati S dan Candra R, 2001, *Teknologi Beton*, Yogyakarta : KANISIUS.
- ASTM C 140- *Standart Test Methods Of Sampling and Testing Concrete Masonry Units and related Units*
- PUBI 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan*
- SNI 03-6817-2002. *Metode Pangujian Mutu Air untuk Digunakan Dalam beton*
- SNI 15-2049-2004. *Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional.
- www.bataringanindonesia.blogspot.com/ (diakses 10 Januari 2013)

www.nuansamasel.blogspot.com/2011/06/piropilit-al2si4o10oh2.html (diakses 22 Desember 2012)

www.rumahayah.com/content/perbandingan-bata-merah-dan-hebelbata-ringan (diakses 23 Desember 2012)

www.scribd.com/doc/59175502/Kuat-Tekan (diakses 22 Desember 2012)





LAMPIRAN



Lampiran 1

Berat Jenis dan Penyerapan Piropilit

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN BATUAN PIROPILIT

Asal Bahan : Sumber Manjing, Malang
 Selatan
 Pengirim : -
 Pekerjaan : Tugas Akhir

Nomor Contoh	Simbol	Satuan	A
Berat benda uji jenuh kering permukaan	500	gr	500
berat benda uji kering oven	B _k	gr	418.8
berat piknometer diisi air (pada Suhu Kamar)	B	gr	694
Berat piknometer + benda uji (ssd) + air (suhu kamar)	B _t	gr	955.6

Nomor Contoh	A
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	1.7567114
Berat Benda Jenuh Kering Permukaan (<i>bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry</i>)	2.0973154
Berat jenis semu (<i>Apparent Specific Gravity</i>)	2.6641221
Penyerapan (%) (<i>absorption</i>)	19.38873

Berat Jenis Curah

$$\frac{B_k}{(B + 500 - B_t)}$$

Berat jenis semu

$$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$$

Berat Benda Jenuh Kering Permukaan

$$\frac{500}{(B + 500 - B_t)}$$

Penyerapan (%)

$$\frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100 \%$$

Lampiran 2

Berat Jenis dan Peyerapan Agregat Halus (Pasir Lumajang)

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

Asal Bahan : Lumajang, Jawa Timur

Pengirim : -

Pekerjaan : Tugas Akhir

Nomor Contoh	Simbol	Satuan	A
Berat benda uji jenuh kering permukaan	500	gr	500
berat benda uji kering oven	B _k	gr	449
berat piknometer diisi air (pada Suhu Kamar)	B	gr	694
Berat piknometer + benda uji (ssd) + air (suhu kamar)	B _t	gr	961.4

Nomor Contoh	A
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	1.9303525
Berat Benda Jenuh Kering Permukaan (bulk Spesific Gravity Saturated Surface Dry)	2.1496131
Berat jenis semu (Apparent Spesific Gravity)	2.472467
Penyerapan (%) (absorption)	11.358575

$$\frac{\text{Berat Jenis Curah}}{B_k} \\ (B + 500 - B_t)$$

$$\text{Berat jenis semu} \\ \frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$$

$$\frac{\text{Berat Benda Jenuh Kering Permukaan}}{500} \\ (B + 500 - B_t)$$

$$\text{Penyerapan (\%)} \\ \frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100 \%$$

Lampiran 3

Kadar Air Piropilit dan Agregat Halus

ANALISIS KADAR AIR BATUAN PIROPILIT

Asal Bahan : Sumber Manjing, Malang
 Selatan
 Pengirim : -
 Pekerjaan : Tugas Akhir

Nomor Contoh		Satuan	1		2	
Nomor Talam			A	B	A	B
1	Berat Talam + contoh Basah	gr	48.8	47.8	50.6	51.8
2	Berat Talam + contoh Kering	gr	47.4	46.8	49.4	50.2
3	Berat Air = (1) - (2)	gr	1.4	1	1.2	1.6
4	Berat Talam	gr	6	6	6	5.8
5	Berat Contoh Kering = (2) - (4)	gr	41.4	40.8	43.4	44.4
6	Kadar Air = (3) / (5)	%	3.381643	2.45098	2.764977	3.603604
7	Kadar Air Rata-Rata	%	2.916311452		3.184290281	

ANALISIS KADAR AIR AGREGAT HALUS

Asal Bahan : Lumajang, Jawa Timur
 Pengirim : -
 Pekerjaan : Tugas Akhir

Nomor Contoh		Satuan	1		2	
Nomor Talam			A	B	A	B
1	Berat Talam + contoh Basah	gr	125	140	114.6	89.2
2	Berat Talam + contoh Kering	gr	122	136.2	112	87.6
3	Berat Air = (1) - (2)	gr	3	3.8	2.6	1.6
4	Berat Talam	gr	34.6	29.6	31.2	32.8
5	Berat Contoh Kering = (2) - (4)	gr	87.4	106.6	80.8	54.8
6	Kadar Air = (3) / (5)	%	3.432494	3.564728	3.217822	2.919708
7	Kadar Air Rata-Rata	%	3.498611117		3.068764906	

Lampiran 4

Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

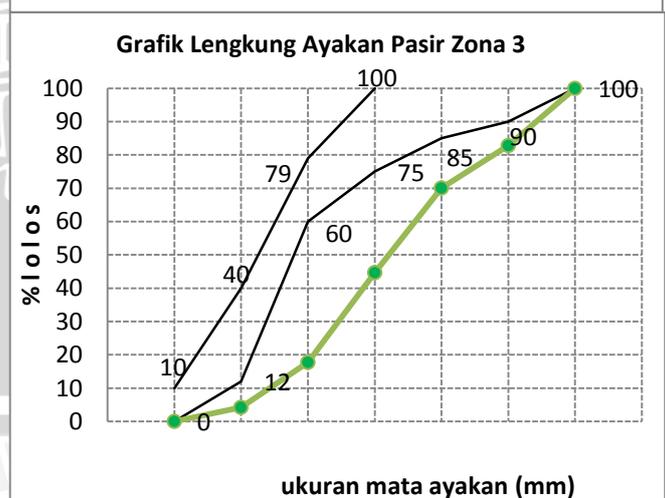
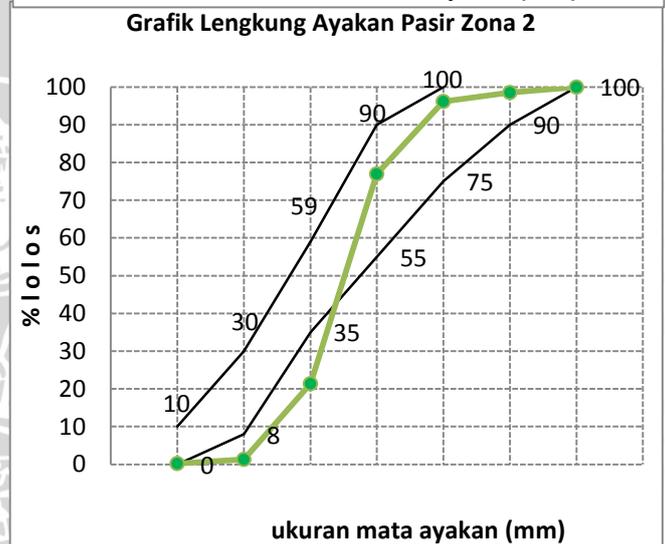
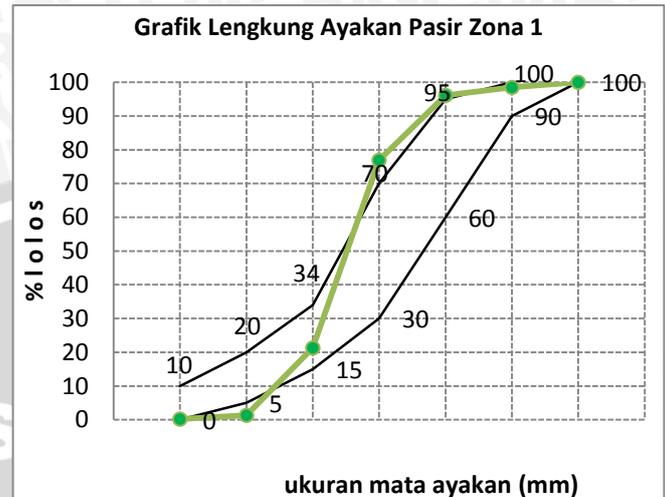
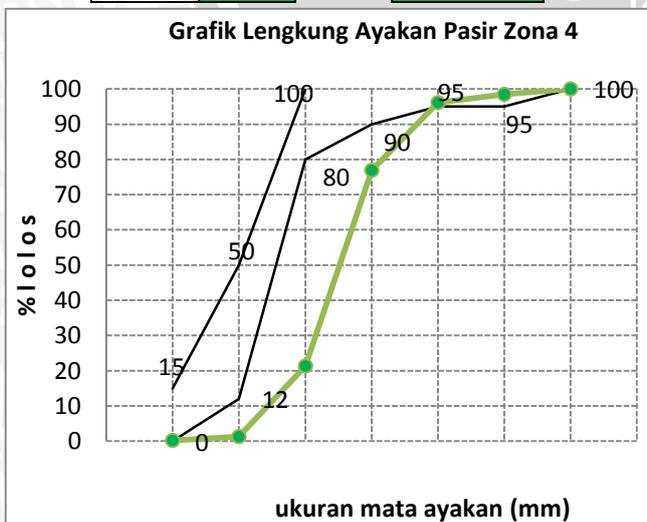
GRADASI AGREGAT HALUS

Asal Bahan : Lumajang, Jawa Timur

Pengirim : -

Pekerjaan : Tugas Akhir

lubang saringan		kerikil			
no	mm	gram	%	tertinggal (%)	lolos
3"	76.2	0	0.00	0.00	100
2,5"	63.5	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0	0.00	0.00	100.00
1,5"	38.1	0	0.00	0.00	100.00
1"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	20	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	14	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	10	0	0.00	0.00	100.00
4	5	0	0.00	0	100.00
8	2.36	14.8	1.50	1	98.50
16	1.18	23.4	2.37	4	96.14
30	0.6	190	19.22	23	76.92
50	0.3	549.4	55.57	79	21.34
100	0.15	197.8	20.01	99	1.34
200	0.075	11	1.11	100	0.22
pan		2.2	0.22	100	0.00
Σ		988.6		406	



Modulus Kehalusan pasir

$$= \frac{\sum \% \text{Tertahan no 1" sampai no 200}}{100} = 4.055$$

Dari grafik, gradasi masuk Zona 2

Lampiran 5

Mix Design Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan benda uji

- Semen
- Pasir lumajang
- Piropilit
- air
- Foaming Agent

Berdasarkan data Penelitian Bahan didapatkan bahwa

	Piropilit	Agregat Halus
Berat Jenis (gram/cm ³)	2.10	2.15
Penyerapan (%)	19.39	11.36
Kadar Air (%)	4.51	5.03

Penggunaan jumlah FAS sebesar 0.415

no	Bahan	Jumlah Per m ³					Satuan	
		Normal	5%	10%	15%	20%		25%
1	Semen	225	225	225	225	225	225	kg
2	Pasir lumajang	562.5	562.5	562.5	562.5	562.5	562.5	kg
3	Piropilit	0	11.25	22.5	33.75	45	56.25	kg
4	Foaming Agent	0.799393	0.8103	0.8212	0.8321	0.84302	0.85392	liter
5	Air	159.8785	162.06	164.24	166.42	168.603	170.785	kg
	Air Fas Normal	159.8785	159.879	159.88	159.88	159.879	159.879	kg
	Air Pengaktifan Piropilit	0	2.18123	4.3625	6.5437	8.72493	10.9062	kg

Ukuran Benda Uji 60 x 20 x 10 maka volume benda uji adalah 0.012 m³

maka untuk pembuatan 1 benda uji diperlukan bahan sejumlah :

no	Bahan	Jumlah Per benda uji					Satuan	
		Normal	5%	10%	15%	20%		25%
1	Semen	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	kg
2	Pasir lumajang	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750	6.750	kg
3	Piropilit	0.000	0.135	0.270	0.405	0.540	0.675	kg
4	Foaming Agent	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	liter
5	Air	1.919	2.105	2.131	2.157	2.183	2.209	kg
	Air Fas Normal	1.919	2.078	2.078	2.078	2.078	2.078	kg
	Air Pengaktifan Piropilit	0.000	0.026	0.052	0.079	0.105	0.131	kg

Keterangan

- Perbandingan Antara Semen dan Pasir adalah 1 : 2,5
- Penggunaan berat air normal adalah menggunakan FAS 0,416
- Penggunaan berat air untuk pengaktifan piropilit digunakan sebesar

$$Air_{Piropilit} = (Jumlah\ Piropilit) \times (\%Penyerapan)$$
- Penggunaan berat Air total adalah : $\sum Air = Air_{Normal} + Air_{Piropilit}$
- Penggunaan Foaming Agent 0,5 % dari jumlah air total

Lampiran 6
Hasil Uji Kuat Tekan dan Berat Jenis

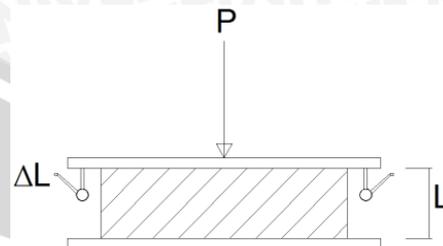
1. Benda Uji Normal, Tanpa Penambahan Piropilit

UJI TEKAN dan LENDUTAN

Asal Bahan : Bata Ringan
Tanggal : 20 Maret 2013
Tempat : Lab. Beton Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang

Sample N
(campuran piropilit 0% dari berat semen / Normal)

Dimensi : 60x20x10 = 12000 cm³



Sample	Berat (kg)	Berat Volume (kg/cm ³)	Beban (KN)	dial1 (mm)	dial 2 (mm)	dial rata-rata (mm)	Tegangan (KN/cm ²)	Regangan
N1	10,6	0,000883333	0	0	0	0	0	0
			4	1,11	1,7	1,405	0,00666667	0,007025
			8	1,44	2,14	1,79	0,01333333	0,00895
			12	1,74	2,42	2,08	0,02	0,0104
			16	1,94	2,82	2,38	0,02666667	0,0119
			20	2,16	2,98	2,57	0,03333333	0,01285
			24	2,39	3,12	2,755	0,04	0,013775
			28	2,56	3,24	2,9	0,04666667	0,0145
			30	4,42	5,52	4,97	0,05	0,02485
N2	9,42	0,000785	0	0	0	0	0	0
			4	1,15	1,6	1,375	0,00666667	0,006875
			8	1,67	1,94	1,805	0,01333333	0,009025
			12	2,15	2,22	2,185	0,02	0,010925
			16	2,51	2,44	2,475	0,02666667	0,012375
			20	2,88	2,63	2,755	0,03333333	0,013775
			24	3,89	3,74	3,815	0,04	0,019075
			26	7,27	6,92	7,095	0,04333333	0,035475
N3	9,7	0,000808333	0	0	0	0	0	0
			4	3	3,2	3,1	0,00666667	0,0155
			8	3,48	3,9	3,69	0,01333333	0,01845
			12	3,72	4,22	3,97	0,02	0,01985
			16	3,9	4,43	4,165	0,02666667	0,020825
			20	4,15	4,58	4,365	0,03333333	0,021825
			24	4,37	4,74	4,555	0,04	0,022775
			28	5,3	5,52	5,41	0,04666667	0,02705
			29	6,9	6,74	6,82	0,04833333	0,0341

N4	10,14	0,000845	0	0	0	0	0	0
			4	1,4	2,01	1,705	0,00666667	0,008525
			8	1,9	2,46	2,18	0,01333333	0,0109
			12	2,2	2,76	2,48	0,02	0,0124
			16	2,6	3,17	2,885	0,02666667	0,014425
			20	3	3,55	3,275	0,03333333	0,016375
			24	3,45	3,96	3,705	0,04	0,018525
			28	4,22	4,64	4,43	0,04666667	0,02215
N5	10,76	0,000896667	0	0	0	0	0	0
			4	1,29	2,23	1,76	0,00666667	0,0088
			8	1,77	2,61	2,19	0,01333333	0,01095
			12	2	2,85	2,425	0,02	0,012125
			16	2,35	3,05	2,7	0,02666667	0,0135
			20	2,5	3,24	2,87	0,03333333	0,01435
			24	2,67	3,42	3,045	0,04	0,015225
			28	3,8	4,68	4,24	0,04666667	0,0212
			29	6,2	5,25	5,725	0,04833333	0,028625



GRAFIK KUAT TEKAN BATA BETON RINGAN BENDA UJI NORMAL

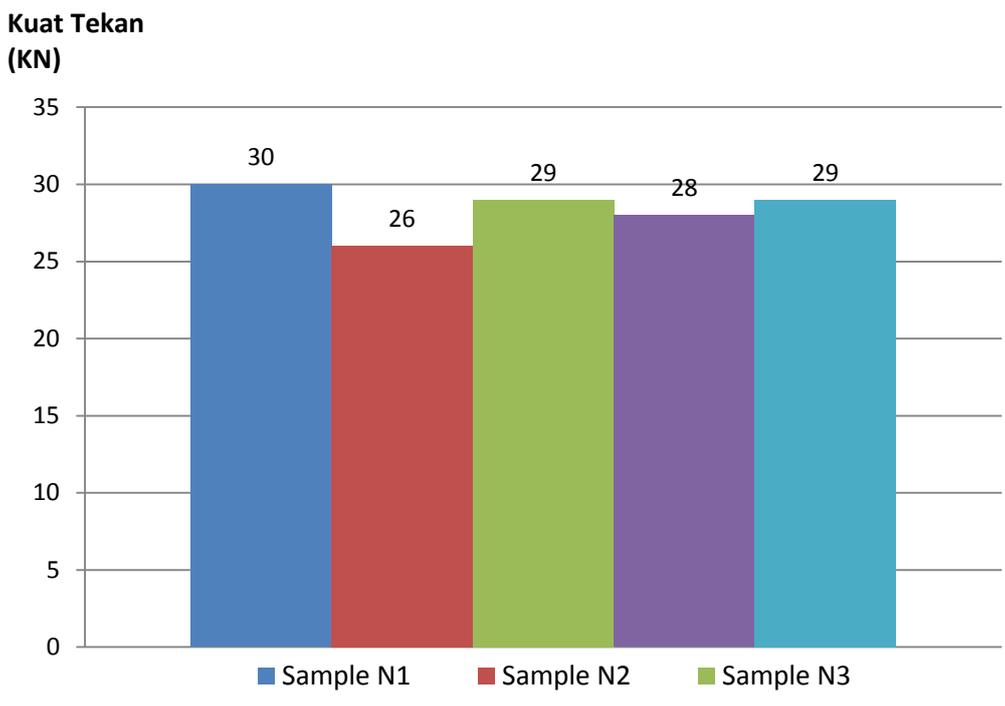
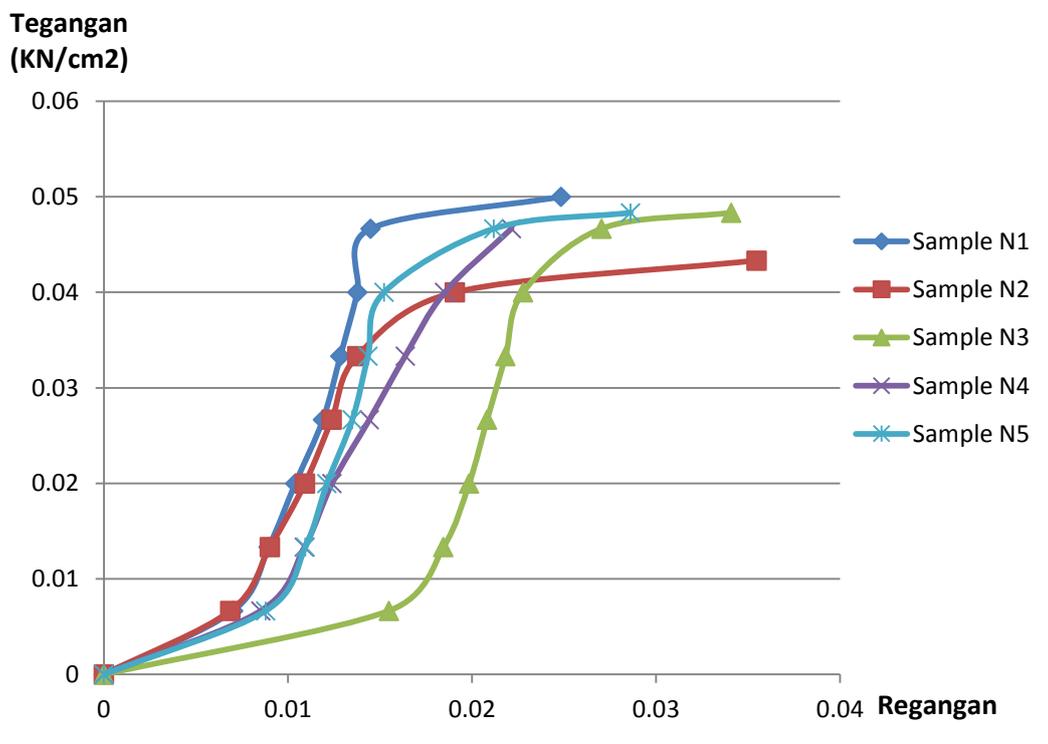


DIAGRAM TEGANGAN DAN REGANGAN BENDA UJI NORMAL



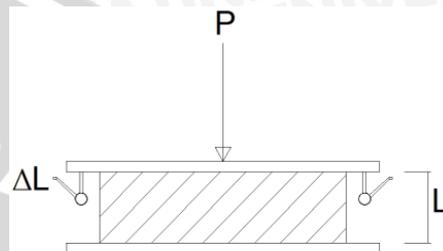
2. Benda Uji dengan Penambahan 5% Piropilit

UJI TEKAN dan LENDUTAN

Asal Bahan : Bata Ringan
 Tanggal : 15 Maret 2013
 : Lab. Beton Teknik Sipil Universitas Brawijaya
 Tempat : Malang

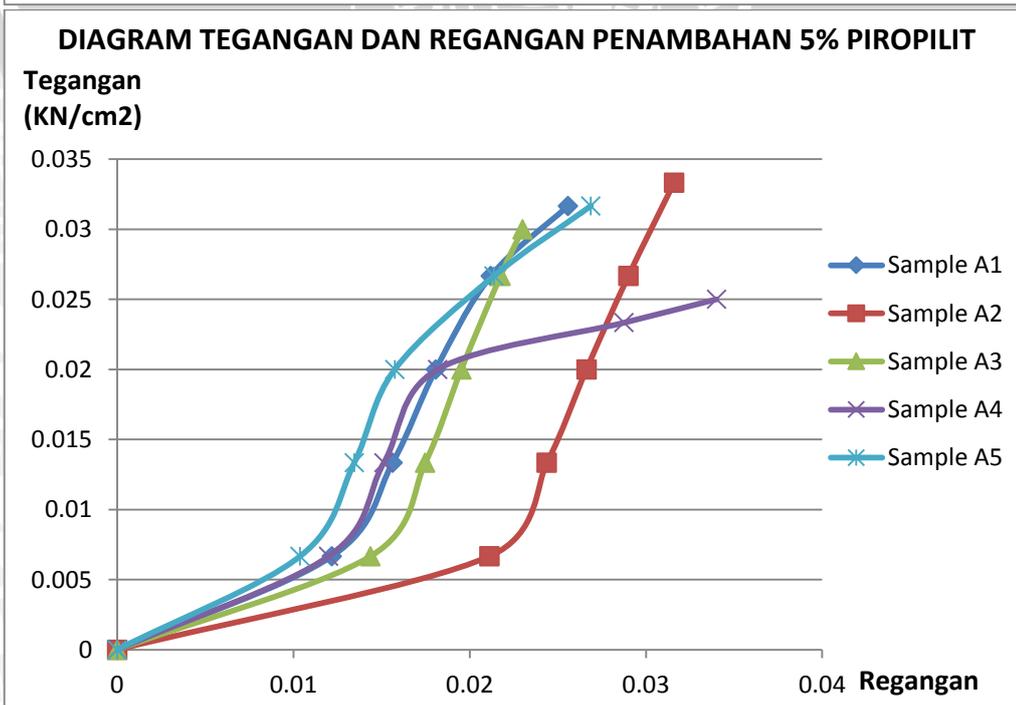
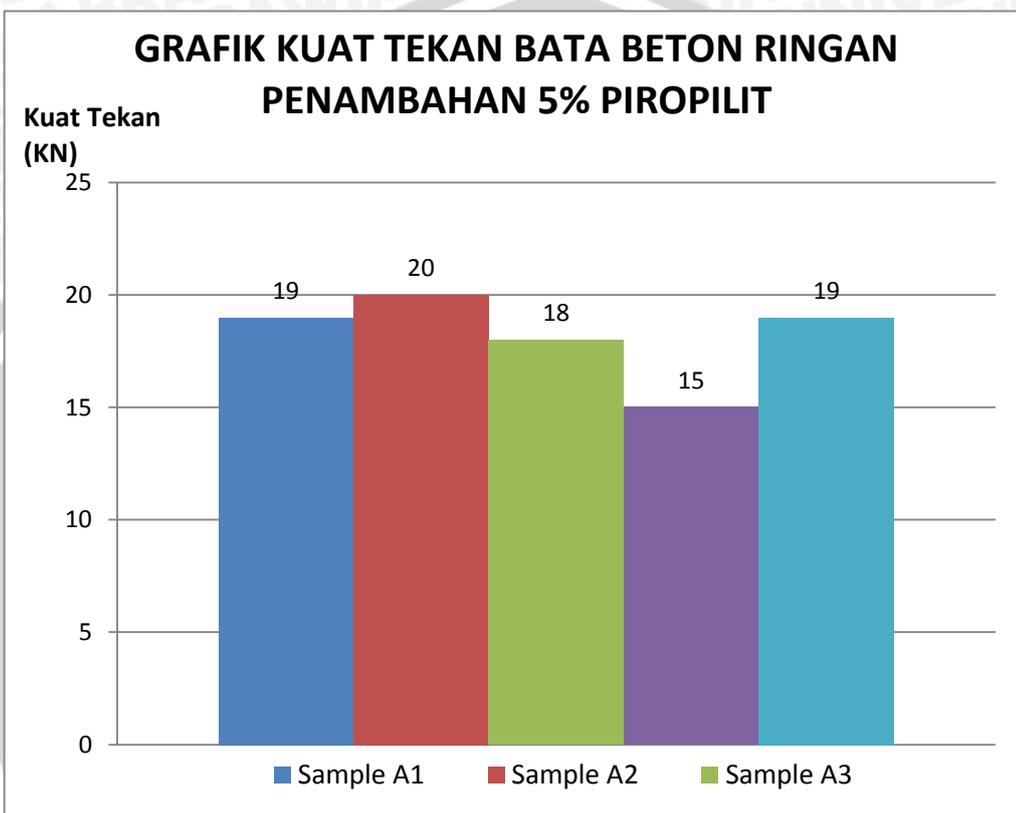
Sample : A
 (campuran piropilit 5% dari berat semen)

Dimensi : 60x20x10 = 12000 cm³



Sample	Berat (kg)	Berat Vol. (kg/cm ³)	Beban (KN)	dial1 (mm)	dial 2 (mm)	dial rata-rata (mm)	Tegangan (KN/cm ²)	Regangan
A1	9,48	0,00079	0	0	0	0	0	0
			4	2,87	2	2,435	0,00666667	0,012175
			8	3,6	2,65	3,125	0,01333333	0,015625
			12	4,13	3,1	3,615	0,02	0,018075
			16	4,78	3,7	4,24	0,02666667	0,0212
			19	5,53	4,7	5,115	0,03166667	0,025575
A2	9,5	0,000791667	0	0	0	0	0	0
			4	4,1	4,35	4,225	0,00666667	0,021125
			8	4,7	5,05	4,875	0,01333333	0,024375
			12	5,1	5,55	5,325	0,02	0,026625
			16	5,57	6,03	5,8	0,02666667	0,029
			20	6,14	6,5	6,32	0,03333333	0,0316
A3	9,46	0,000788333	0	0	0	0	0	0
			4	3,1	2,65	2,875	0,00666667	0,014375
			8	3,74	3,25	3,495	0,01333333	0,017475
			12	4,13	3,68	3,905	0,02	0,019525
			16	4,55	4,15	4,35	0,02666667	0,02175
			18	4,7	4,5	4,6	0,03	0,023
A4	9,24	0,00077	0	0	0	0	0	0
			4	2,85	1,95	2,4	0,00666667	0,012
			8	3,55	2,5	3,025	0,01333333	0,015125
			12	4,12	3,15	3,635	0,02	0,018175
			14	5,9	5,6	5,75	0,02333333	0,02875
			15	6,65	6,95	6,8	0,025	0,034

			0	0	0	0	0	0
			4	1,95	2,2	2,075	0,00666667	0,010375
A5	9,14	0,000761667	8	2,48	2,9	2,69	0,01333333	0,01345
			12	2,95	3,35	3,15	0,02	0,01575
			16	4,25	4,3	4,275	0,02666667	0,021375
			19	5,4	5,35	5,375	0,03166667	0,026875



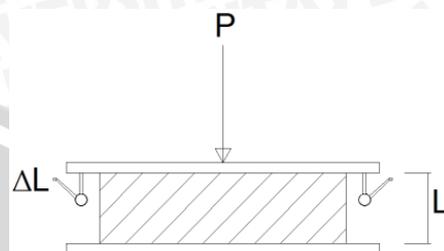
3. Benda Uji dengan Penambahan 10 % Piropilit

UJI TEKAN dan LENDUTAN

Asal Bahan : Bata Ringan
 Tanggal : 15 Maret 2013
 : Lab. Beton Teknik Sipil Universitas Brawijaya
 Tempat : Malang

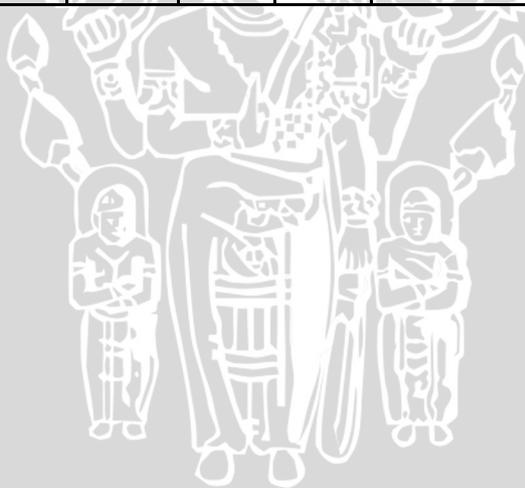
Sample B
 (campuran piropilit 10% dari berat semen)

Dimensi : 60x20x10 = 12000 cm³



Sample	Berat (kg)	Berat Volume (kg/cm ³)	Beban (KN)	dial1 (mm)	dial 2 (mm)	dial rata-rata (mm)	Tegangan (KN/cm ²)	Regangan
B1	10,24	0,000853333	0	0	0	0	0	0
			4	2,7	1,75	2,225	0,00666667	0,011125
			8	3	2,1	2,55	0,01333333	0,01275
			12	3,25	2,45	2,85	0,02	0,01425
			16	3,54	2,7	3,12	0,02666667	0,0156
			20	3,9	3,1	3,5	0,03333333	0,0175
			24	4,25	3,5	3,875	0,04	0,019375
			25	4,7	4	4,35	0,04166667	0,02175
			27	5,5	5	5,25	0,045	0,02625
B2	10,72	0,000893333	0	0	0	0	0	0
			4	3,2	2,35	2,775	0,00666667	0,013875
			8	3,5	2,7	3,1	0,01333333	0,0155
			12	3,7	2,85	3,275	0,02	0,016375
			16	3,88	3	3,44	0,02666667	0,0172
			20	4,03	3,15	3,59	0,03333333	0,01795
			24	4,24	3,3	3,77	0,04	0,01885
			27	6,8	6,3	6,55	0,045	0,03275
B3	10,72	0,000893333	0	0	0	0	0	0
			4	1,67	0,9	1,285	0,00666667	0,006425
			8	1,81	1,25	1,53	0,01333333	0,00765
			12	1,91	1,55	1,73	0,02	0,00865
			16	2,14	1,75	1,945	0,02666667	0,009725
			20	2,33	1,9	2,115	0,03333333	0,010575
			24	2,55	2,25	2,4	0,04	0,012
			28	2,82	2,75	2,785	0,04666667	0,013925
			32	3,38	3,2	3,29	0,05333333	0,01645
35	5	5,55	5,275	0,05833333	0,026375			

B4	10,58	0,000881667	0	0	0	0	0	0
			4	1,58	1,8	1,69	0,00666667	0,00845
			8	2,3	2,7	2,5	0,01333333	0,0125
			12	2,55	3,04	2,795	0,02	0,013975
			16	2,72	3,2	2,96	0,02666667	0,0148
			20	2,85	3,32	3,085	0,03333333	0,015425
			24	3	3,42	3,21	0,04	0,01605
			28	3,5	3,63	3,565	0,04666667	0,017825
			32	3,7	3,85	3,775	0,05333333	0,018875
			35	4,2	4,5	4,35	0,05833333	0,02175
B5	10,68	0,00089	0	0	0	0	0	0
			4	0,75	2,05	1,4	0,00666667	0,007
			8	1	2,4	1,7	0,01333333	0,0085
			12	1,65	2,58	2,115	0,02	0,010575
			16	1,85	2,7	2,275	0,02666667	0,011375
			20	2	2,95	2,475	0,03333333	0,012375
			24	2,7	3,55	3,125	0,04	0,015625
			28	3,45	3,65	3,55	0,04666667	0,01775
			32	4,75	4,7	4,725	0,05333333	0,023625



GRAFIK KUAT TEKAN BATA BETON RINGAN PENAMBAHAN 10% PIROPILIT

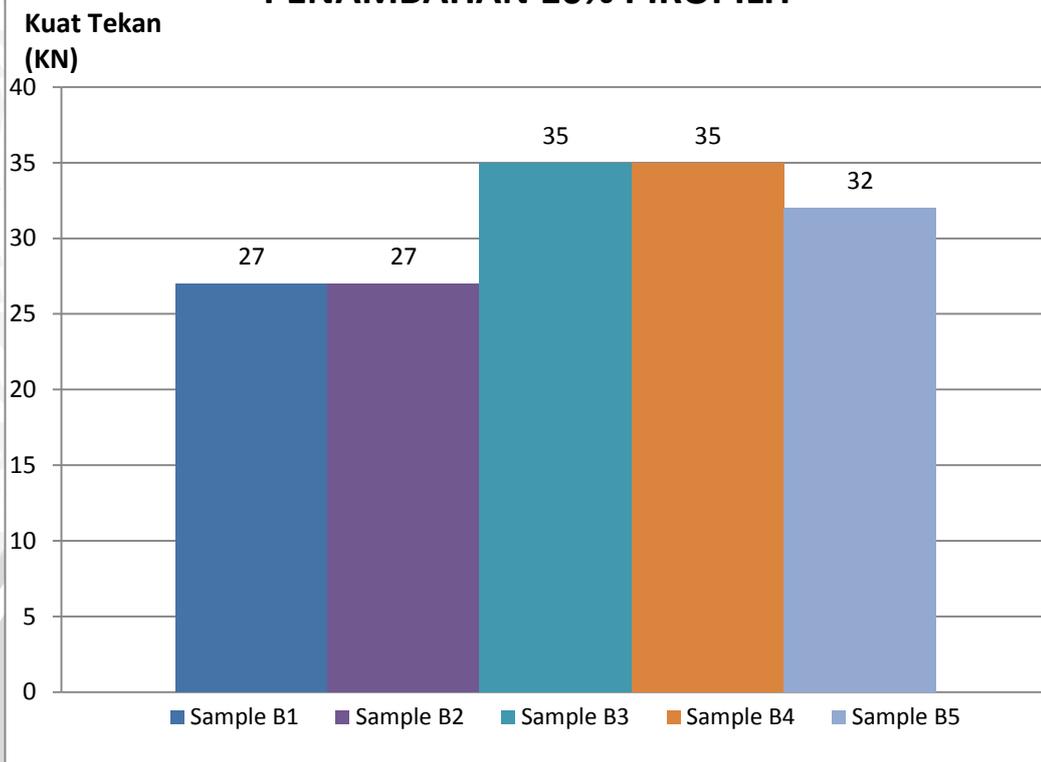
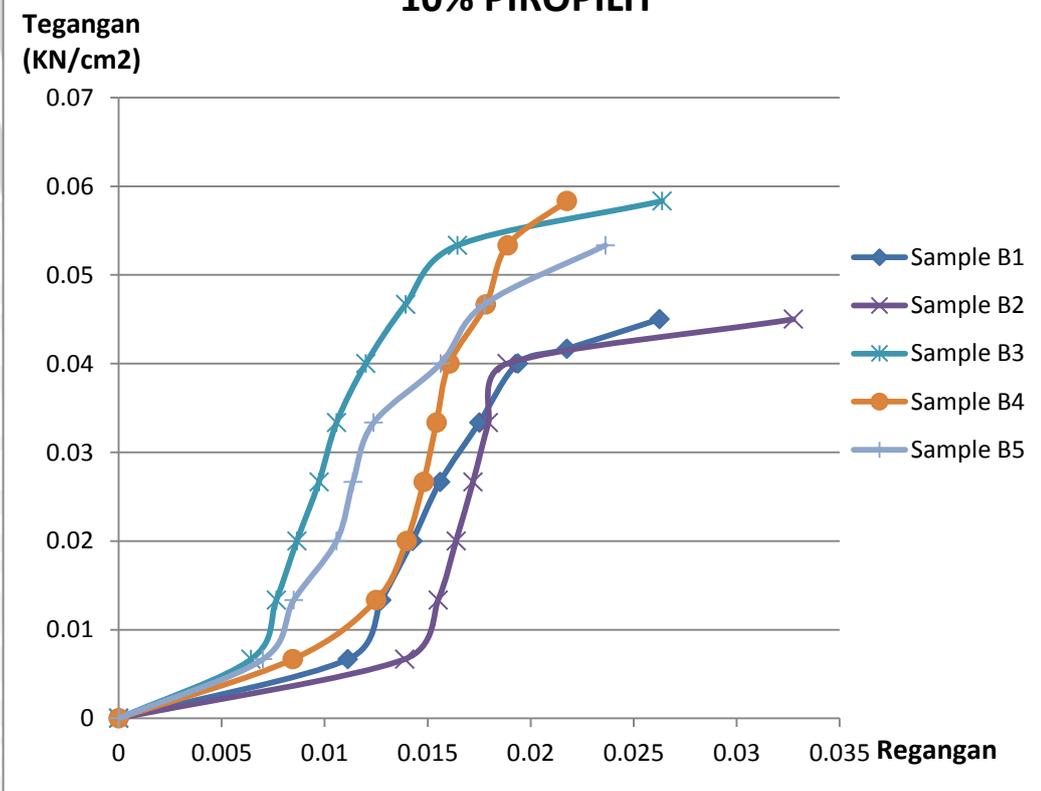


DIAGRAM TEGANGAN DAN REGANGAN PENAMBAHAN 10% PIROPILIT



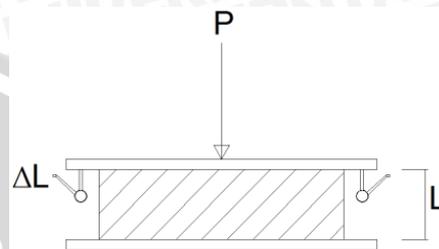
4. Penambahan 15 % Piropilit

UJI TEKAN dan LENDUTAN

Asal Bahan : Bata Ringan
 Tanggal : 15 Maret 2013
 : Lab. Beton Teknik Sipil Universitas Brawijaya
 Tempat : Malang

Sample C
 (campuran piropilit 15% dari berat semen)

Dimensi : 60x20x10 = 12000 cm³



Sample	Berat (kg)	Berat Volume (kg/cm ³)	Beban (KN)	dial1 (mm)	dial 2 (mm)	dial rata-rata (mm)	Tegangan (KN/cm ²)	Regangan
C1	10,42	0,000868333	0	0	0	0	0	0
			4	2,35	1,55	1,95	0,00666667	0,00975
			8	2,79	1,95	2,37	0,01333333	0,01185
			12	3,05	2,2	2,625	0,02	0,013125
			16	3,4	2,5	2,95	0,02666667	0,01475
			20	3,68	2,75	3,215	0,03333333	0,016075
			24	3,97	3,1	3,535	0,04	0,017675
			28	4,35	3,4	3,875	0,04666667	0,019375
			30	7,29	6,65	6,97	0,05	0,03485
C2	10,64	0,000886667	0	0	0	0	0	0
			4	1,9	2,15	2,025	0,00666667	0,010125
			8	2,23	2,45	2,34	0,01333333	0,0117
			12	2,44	2,65	2,545	0,02	0,012725
			16	2,66	2,85	2,755	0,02666667	0,013775
			20	2,93	3	2,965	0,03333333	0,014825
			24	4,67	5,7	5,185	0,04	0,025925
26	5,5	5,95	5,725	0,04333333	0,028625			
C3	10,48	0,000873333	0	0	0	0	0	0
			4	2,45	2,45	2,45	0,00666667	0,01225
			8	2,68	2,7	2,69	0,01333333	0,01345
			12	2,95	2,95	2,95	0,02	0,01475
			16	3,16	3,15	3,155	0,02666667	0,015775
			20	3,4	3,35	3,375	0,03333333	0,016875
			24	3,73	3,7	3,715	0,04	0,018575
			28	4,45	4,3	4,375	0,04666667	0,021875
32	5,87	5,65	5,76	0,05333333	0,0288			

C4	10,66	0,000888333	0	0	0	0	0	0
			4	2,44	2,7	2,57	0,00666667	0,01285
			8	2,79	3,05	2,92	0,01333333	0,0146
			12	3,04	3,25	3,145	0,02	0,015725
			16	3,27	3,4	3,335	0,02666667	0,016675
			20	3,6	3,6	3,6	0,03333333	0,018
			24	5,43	4,7	5,065	0,04	0,025325
C5	10,62	0,000885	0	0	0	0	0	0
			4	2,5	3,35	2,925	0,00666667	0,014625
			8	2,92	3,8	3,36	0,01333333	0,0168
			12	3,31	4,15	3,73	0,02	0,01865
			16	3,63	4,45	4,04	0,02666667	0,0202
			20	4,15	4,85	4,5	0,03333333	0,0225
			24	4,58	5,1	4,84	0,04	0,0242
28	7,6	7,25	7,425	0,04666667	0,037125			



GRAFIK KUAT TEKAN BATA BETON RINGAN PENAMBAHAN 15% PIROPILIT

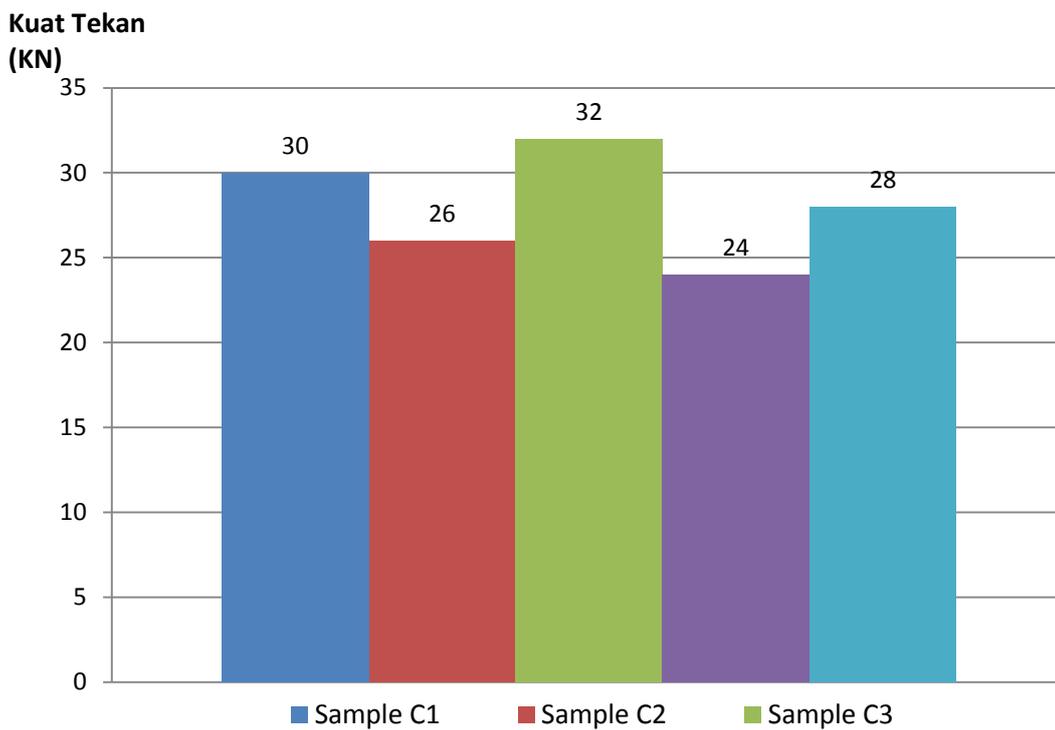
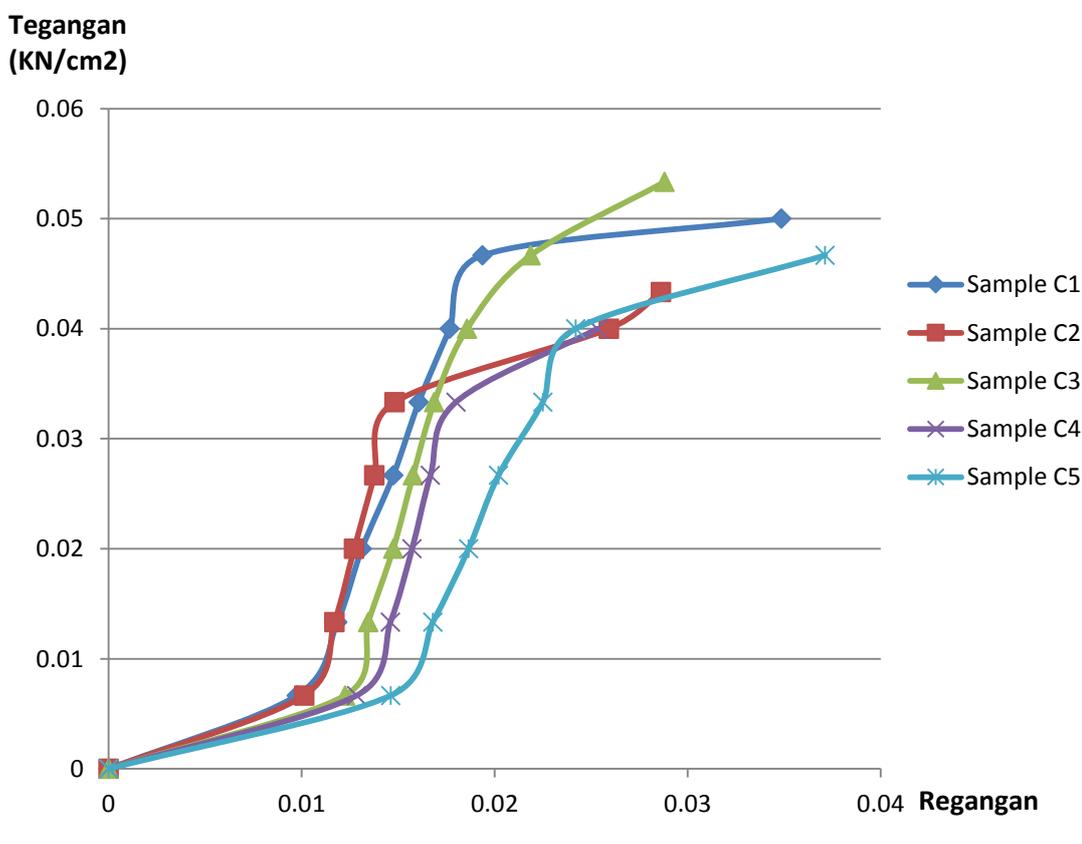


DIAGRAM TEGANGAN DAN REGANGAN PENAMBAHAN 15% PIROPILIT



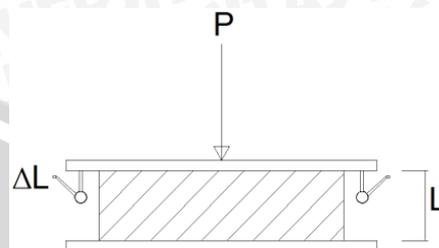
5. Penambahan 20% Piropilit

UJI TEKAN dan LENDUTAN

Asal Bahan : Bata Ringan
 Tanggal : 15 Maret 2013
 Tempat : Lab. Beton Teknik Sipil Universitas Brawijaya
 Tempat : Malang

Sample D
 (campuran piropilit 20% dari berat semen)

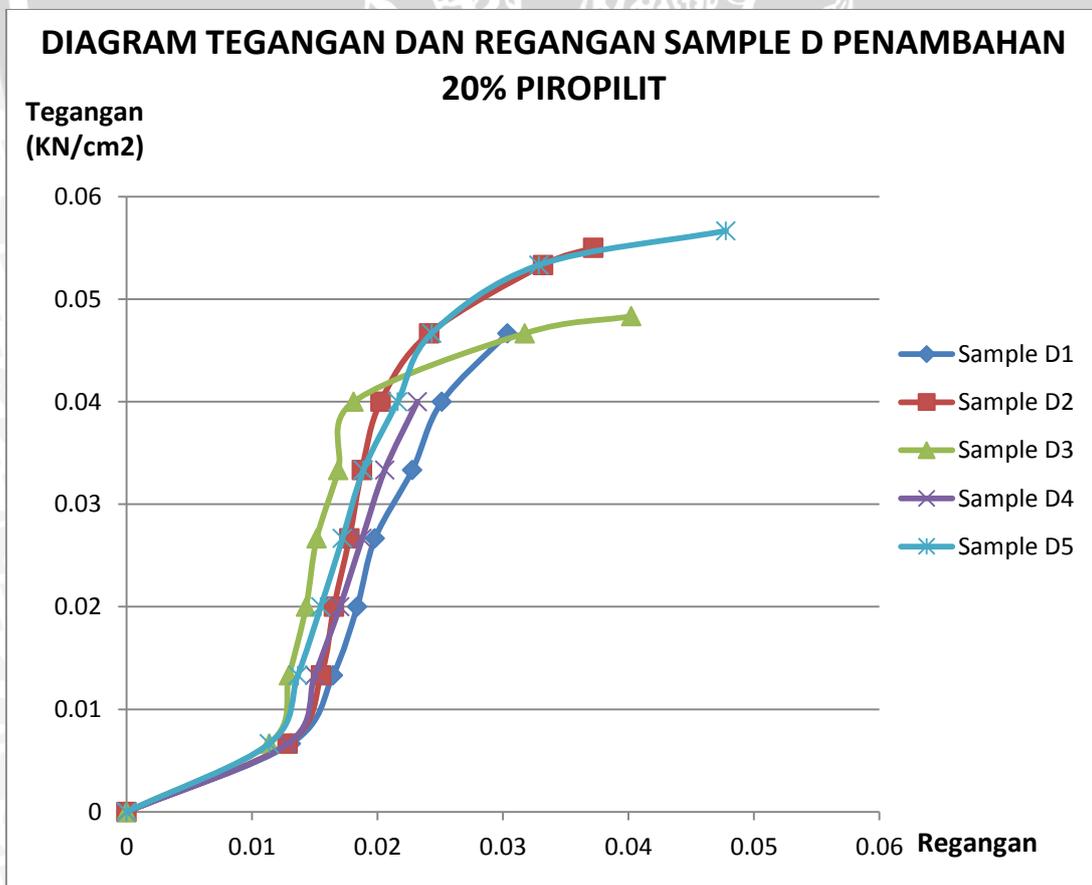
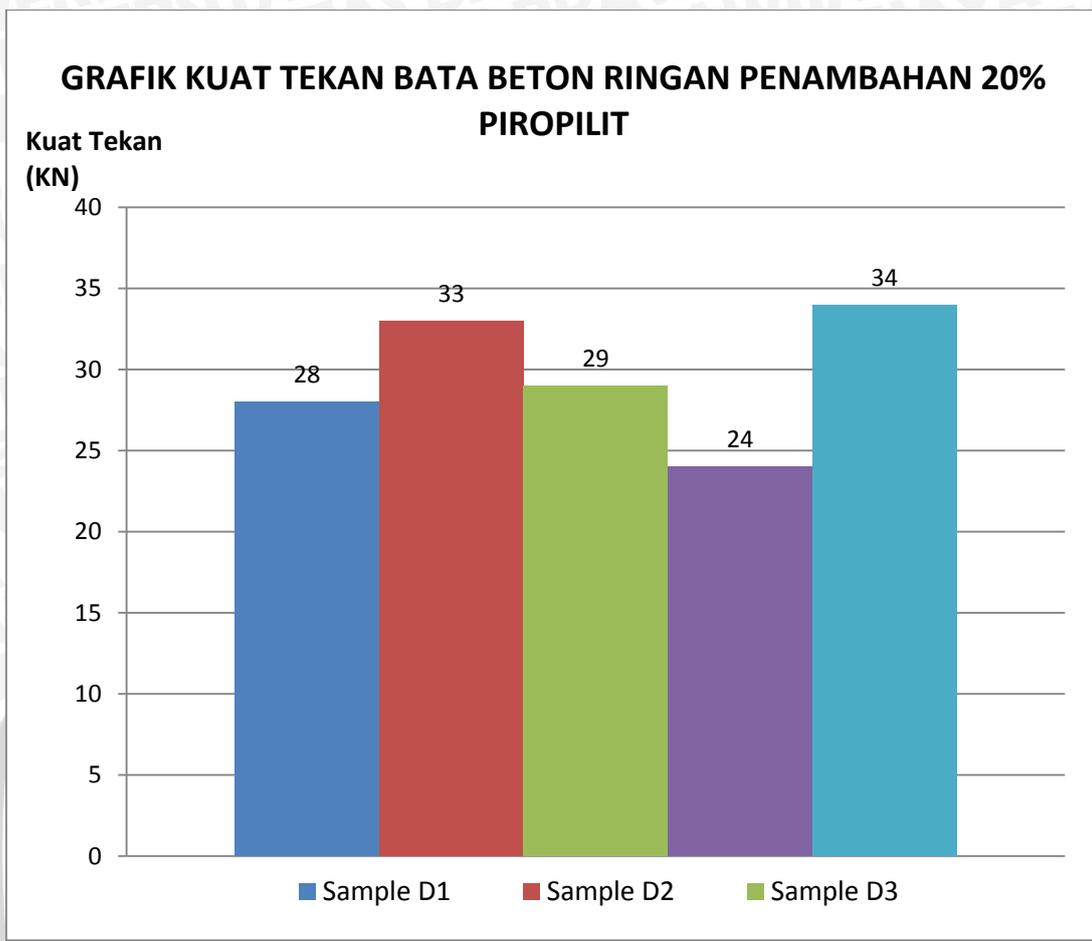
Dimensi : 60x20x10 = 12000 cm³



Sample	Berat (kg)	Berat Volume (kg/cm ³)	Beban (KN)	dial1 (mm)	dial 2 (mm)	dial rata-rata (mm)	Tegangan (KN/cm ²)	Regangan
D1	10,2	0,00085	0	0	0	0	0	0
			4	3,09	2,15	2,62	0,00666667	0,0131
			8	3,68	2,9	3,29	0,01333333	0,01645
			12	4,05	3,3	3,675	0,02	0,018375
			16	4,37	3,55	3,96	0,02666667	0,0198
			20	5,06	4,05	4,555	0,03333333	0,022775
			24	5,5	4,55	5,025	0,04	0,025125
			28	6,44	5,7	6,07	0,04666667	0,03035
D2	10,86	0,000905	0	0	0	0	0	0
			4	2,84	2,3	2,57	0,00666667	0,01285
			8	3,45	2,75	3,1	0,01333333	0,0155
			12	3,61	3	3,305	0,02	0,016525
			16	3,82	3,28	3,55	0,02666667	0,01775
			20	4	3,5	3,75	0,03333333	0,01875
			24	4,25	3,85	4,05	0,04	0,02025
			28	4,95	4,7	4,825	0,04666667	0,024125
			32	6,88	6,4	6,64	0,05333333	0,0332
33	7,58	7,3	7,44	0,055	0,0372			
D3	10,54	0,000878333	0	0	0	0	0	0
			4	2,65	1,9	2,275	0,00666667	0,011375
			8	2,98	2,2	2,59	0,01333333	0,01295
			12	3,27	2,45	2,86	0,02	0,0143
			16	3,48	2,58	3,03	0,02666667	0,01515
			20	3,75	3	3,375	0,03333333	0,016875
			24	3,99	3,25	3,62	0,04	0,0181
			28	6,4	6,3	6,35	0,04666667	0,03175
29	7,74	8,35	8,045	0,04833333	0,040225			

D4	10,74	0,000895	0	0	0	0	0	0
			4	3,04	2,1	2,57	0,00666667	0,01285
			8	3,45	2,55	3	0,01333333	0,015
			12	3,85	2,95	3,4	0,02	0,017
			16	4,21	3,3	3,755	0,02666667	0,018775
			20	4,58	3,65	4,115	0,03333333	0,020575
			24	5,17	4,1	4,635	0,04	0,023175
D5	10,64	0,000886667	0	0	0	0	0	0
			4	2,5	2,05	2,275	0,00666667	0,011375
			8	2,86	2,6	2,73	0,01333333	0,01365
			12	3,19	3	3,095	0,02	0,015475
			16	3,53	3,35	3,44	0,02666667	0,0172
			20	3,85	3,7	3,775	0,03333333	0,018875
			24	4,39	4,25	4,32	0,04	0,0216
			28	4,88	4,85	4,865	0,04666667	0,024325
			32	6,55	6,6	6,575	0,05333333	0,032875
34	9,56	9,55	9,555	0,05666667	0,047775			





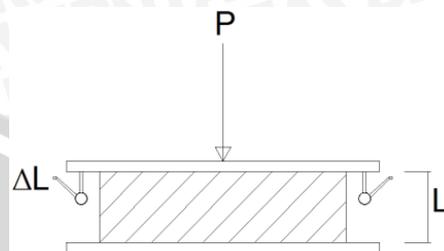
6. Penambahan 25% Piropilit

UJI TEKAN dan LENDUTAN

Asal Bahan : Bata Ringan
 Tanggal : 20 Maret 2013
 Tempat : Lab. Beton Teknik Sipil Universitas Brawijaya
 Malang

Sample E
 (campuran piropilit 25% dari berat semen)

Dimensi : 60x20x10 = 12000 cm³



Sample	Berat (kg)	Berat Volume (kg/cm ³)	Beban (KN)	dial1 (mm)	dial 2 (mm)	dial rata-rata (mm)	Tegangan (KN/cm ²)	Regangan
E1	11,74	0,000978333	0	0	0	0	0	0
			4	2,1	2,53	2,315	0,00666667	0,011575
			8	2,45	2,88	2,665	0,01333333	0,013325
			12	2,7	3,1	2,9	0,02	0,0145
			16	3,05	3,4	3,225	0,02666667	0,016125
			20	3,22	3,62	3,42	0,03333333	0,0171
			24	3,47	3,86	3,665	0,04	0,018325
			28	3,66	4,05	3,855	0,04666667	0,019275
			32	4,15	4,44	4,295	0,05333333	0,021475
			36	4,7	4,73	4,715	0,06	0,023575
39	6,5	6,35	6,425	0,065	0,032125			
E2	11,8	0,000983333	0	0	0	0	0	0
			4	3,3	3,9	3,6	0,00666667	0,018
			8	3,9	4,2	4,05	0,01333333	0,02025
			12	4,2	4,45	4,325	0,02	0,021625
			16	4,5	4,7	4,6	0,02666667	0,023
			20	4,7	4,84	4,77	0,03333333	0,02385
			24	4,9	5	4,95	0,04	0,02475
			28	5,2	5,22	5,21	0,04666667	0,02605
			32	5,4	5,35	5,375	0,05333333	0,026875
			36	5,65	5,48	5,565	0,06	0,027825
40	6	5,78	5,89	0,06666667	0,02945			
41	7	6,5	6,75	0,06833333	0,03375			

E3	11,4	0,00095	0	0	0	0	0	0
			4	2,36	2,6	2,48	0,00666667	0,0124
			8	2,75	3,23	2,99	0,01333333	0,01495
			12	2,92	3,5	3,21	0,02	0,01605
			16	3,05	3,65	3,35	0,02666667	0,01675
			20	3,17	3,83	3,5	0,03333333	0,0175
			24	3,32	3,95	3,635	0,04	0,018175
			28	3,45	4,2	3,825	0,04666667	0,019125
			32	3,75	4,45	4,1	0,05333333	0,0205
			36	5	5,8	5,4	0,06	0,027
			39	6,2	6,2	6,2	0,065	0,031
E4	11,24	0,000936667	0	0	0	0	0	0
			4	1,21	1,76	1,485	0,00666667	0,007425
			8	2,07	2,56	2,315	0,01333333	0,011575
			12	2,33	2,84	2,585	0,02	0,012925
			16	2,52	4,03	3,275	0,02666667	0,016375
			20	2,66	4,14	3,4	0,03333333	0,017
			24	2,78	4,26	3,52	0,04	0,0176
			28	2,88	4,36	3,62	0,04666667	0,0181
			32	3,01	4,5	3,755	0,05333333	0,018775
			36	3,15	4,62	3,885	0,06	0,019425
			40	3,31	4,78	4,045	0,06666667	0,020225
			42	5,2	5,18	5,19	0,07	0,02595
E5	11,08	0,000923333	0	0	0	0	0	0
			4	2,15	2,88	2,515	0,00666667	0,012575
			8	2,42	3,26	2,84	0,01333333	0,0142
			12	2,75	3,44	3,095	0,02	0,015475
			16	2,98	3,55	3,265	0,02666667	0,016325
			20	3,17	3,64	3,405	0,03333333	0,017025
			24	3,3	3,74	3,52	0,04	0,0176
			28	3,5	3,82	3,66	0,04666667	0,0183
			32	3,63	3,92	3,775	0,05333333	0,018875
			36	3,92	4,2	4,06	0,06	0,0203
			40	4,33	4,44	4,385	0,06666667	0,021925
			44	4,9	5,04	4,97	0,07333333	0,02485

GRAFIK KUAT TEKAN BATA BETON RINGAN PENAMBAHAN 25% PIROPILIT

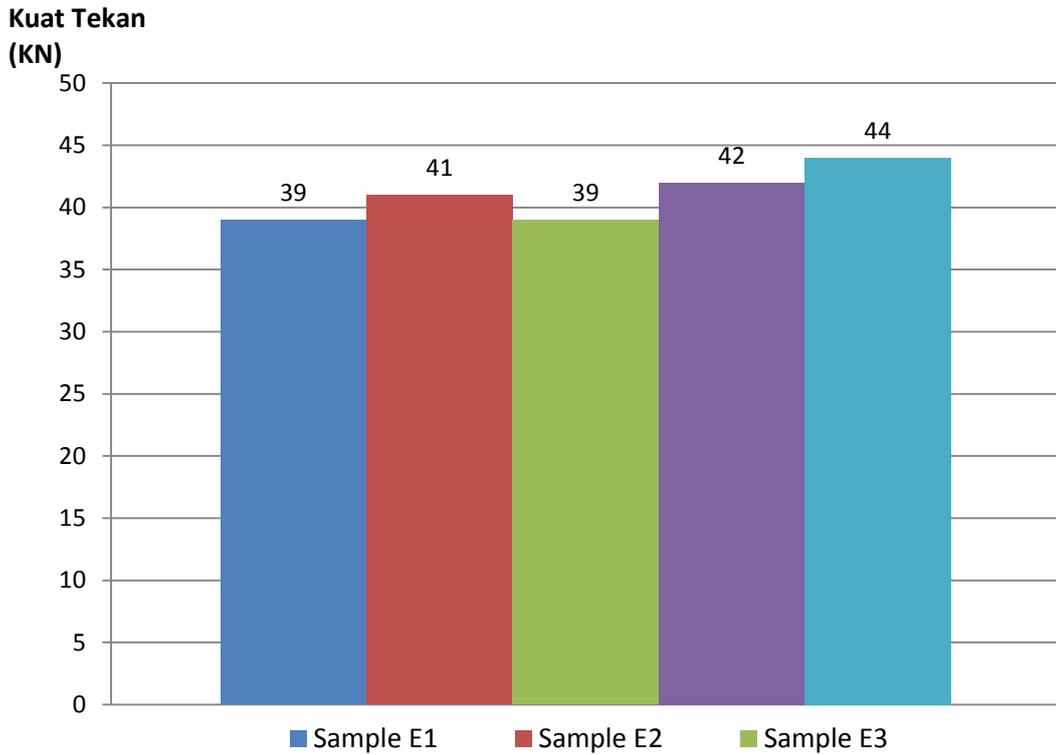
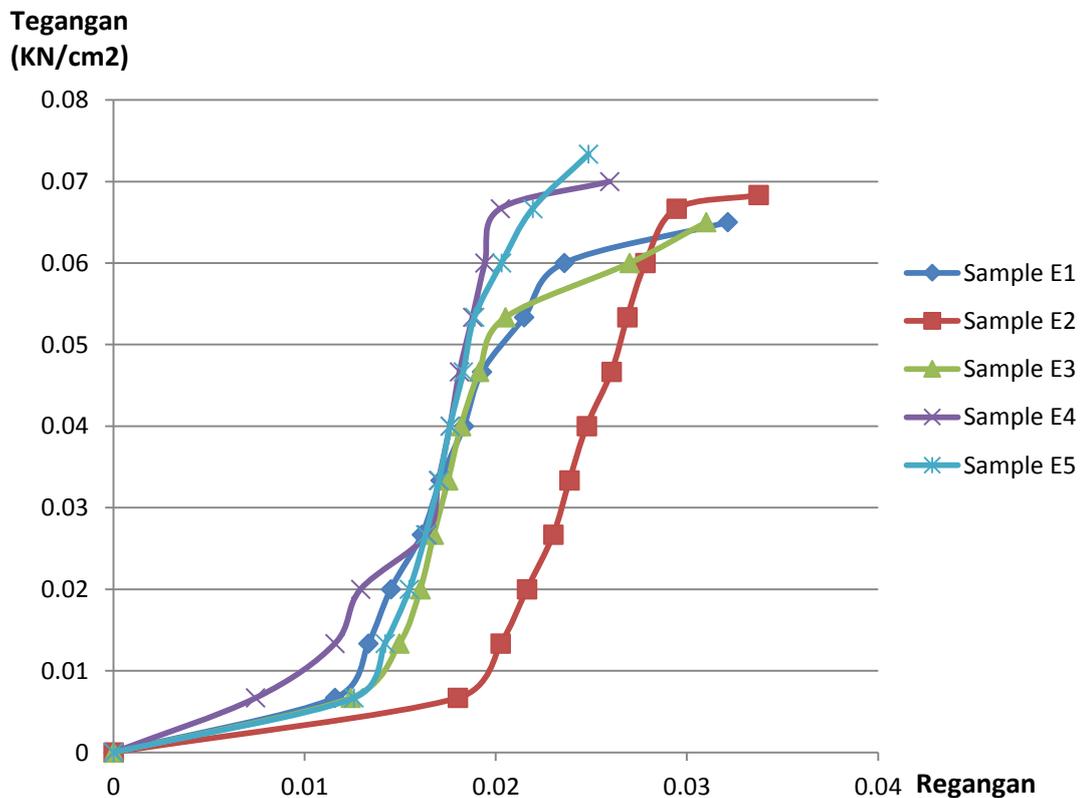


DIAGRAM TEGANGAN DAN REGANGAN PENAMBAHAN 25% PIROPILIT



Lampiran 7

Hasil Penelitian Bata Beton Ringan PT. BANONCON



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LABORATORIUM BETON DAN BAHAN BANGUNAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
KAMPUS ITS KEPUTIH SUKOLILO SURABAYA 60111
TELP. 5931223, 5994251-55 PES. 1147, 5947284
FAX. (031) 5927650

TEST KUAT TEKAN BETON RINGAN

No. : 555 TKb 01 / LB - 3 / VII / '09.

Dikirim oleh : PT. DUTA BETON MANDIRI
Pekerjaan : PT. DUTA BETON MANDIRI
Jumlah sample : 1 (Satu) sample beton ringang ukuran 15 x 15 x 15cm
Diterima tanggal : 30 Juni 2009

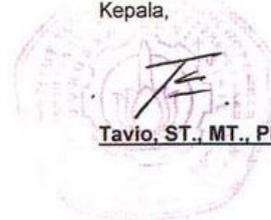
No.	Dimensi				Berat Kg	Tekanan Hancur Kg	Tegangan Hancur Kg/cm ²	Keterangan
	Panjang cm	Lebar cm	Tebal cm	Luas Penampang cm ²				
1	15	15	15	225	3,10	3.040	13,5	

Catatan :

1. Pengetesan menurut SNI 03 - 1974 - 1990
2. Benda uji yang diterima, berbentuk kubus 15 x 15 x 15 cm³
3. Hasil uji tersebut diatas berdasarkan contoh yang diterima

Surabaya, 01 Juli 2009

Kepala,



TAVIO, ST., MT., PHD.

Sumber: <http://bangkitbangunbisnis.blogspot.com/2011/11/bata-ringan-banoncon.html>

Lampiran 8

Uji Statistik SPSS

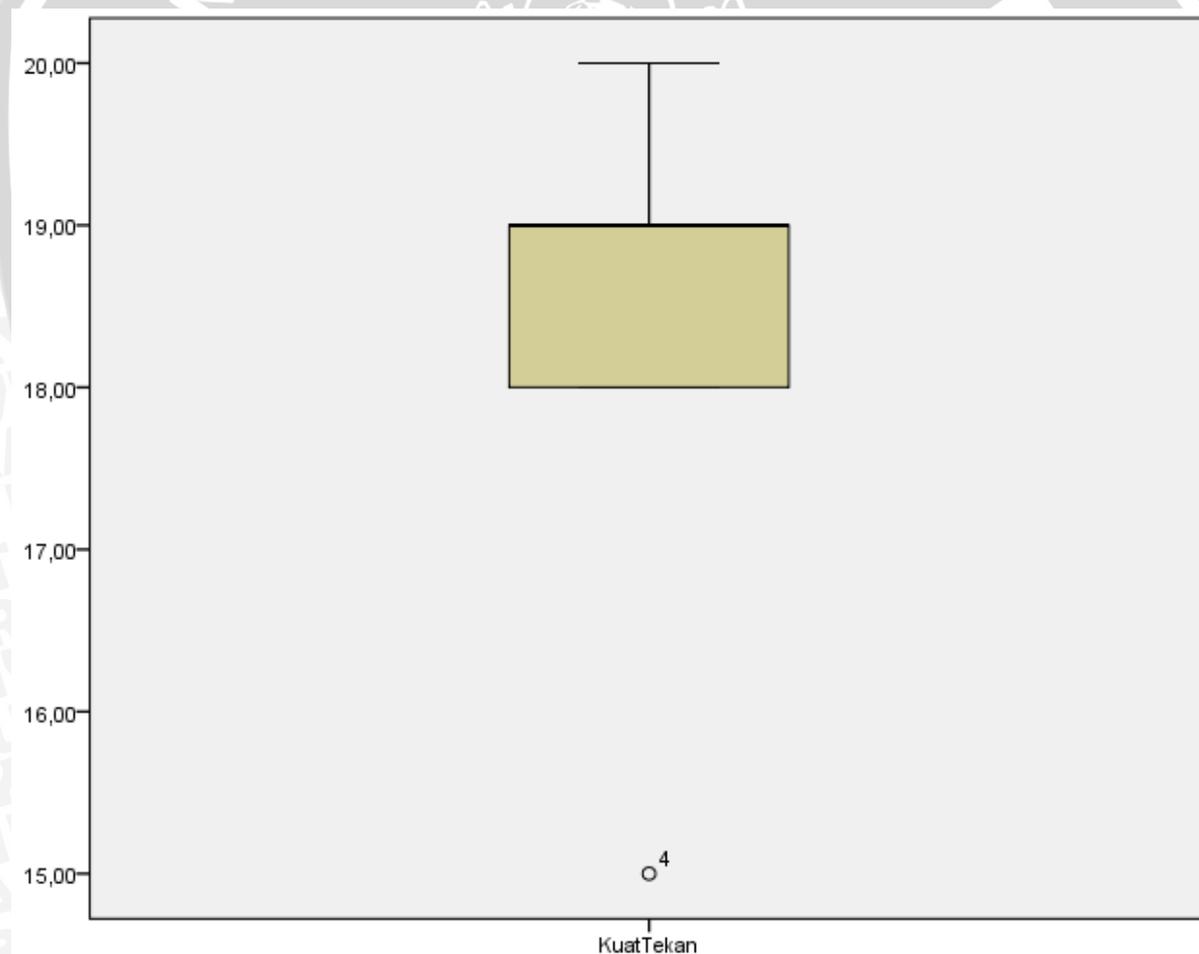
Untuk 5% Piropilit uji statistik menggunakan program SPSS

Explore

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
KuatTekan	5	100,0%	0	0,0%	5	100,0%

Kuat Tekan 5% Piropilit



Lampiran 9
Dokumentasi Penelitian



Gambar. Lokasi penambangan batuan piropilit



Gambar. Pemecahan batuan piropilit (Stone Crusher)



Gambar. Percobaan Pendahuluan



Gambar. Benda Uji Tiap Variasi (Percobaan Pendahuluan)



Gambar. Pencetakan Benda Uji



Gambar. Proses Penimbangan Piropilit sebelum dicampurkan pada adonan



Gambar. Proses Pengangkutan dan Penyimpanan dalam Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya



Gambar. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji



Gambar. Kondisi Benda Uji setelah Proses Pengujian Tekan



Gambar. Tim Peneliti Bata Beton Ringan dengan Penambahan Piropilit