

ISBN: 978-602-72056-0-4



# PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL XI - 2015

**INOVASI TEKNIK SIPIL DALAM PENGELOLAAN  
SUMBER DAYA AIR DAN KEMARITIMAN  
MENGHADAPI MASYARAKAT EKONOMI ASEAN**

Surabaya, 28 Januari 2015

Program Studi Pascasarjana

Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

**SUSUNAN PANITIA**  
**SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL XI – 2015**  
**PROGRAM STUDI PASCASARJANA TEKNIK SIPIL FTSP-ITS**

<b>Pelindung</b>	: Dekan FTSP-ITS Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Sekjur Teknik Sipil FTSP-ITS Kaprod PPs T. Sipil FTSP-ITS
<b>Ketua</b>	: Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc.
<b>Wakil Ketua</b>	: Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc.
<b>Sekretaris</b>	: Danayanti Azmi Dewi Nusantara, ST, MT A. A. Ngr. Satria Damar Negara, ST., MT.
<b>Bendahara</b>	: Endah Wahyuni, ST., MSc., PhD
<b>Koord. Sie Dana</b>	: Dr.techn. Umboro Lasminto, ST, MSc Ir. Bambang Sarwono, MSc Ir. Anggrahini, MSc Trijoko Wahyu Adi, ST, MT, PhD Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD
<b>Sie Editor</b>	: Nastasia Festy Margini, ST, MT Yang Ratri Savitri, ST, MT Putu Tantri Kumalasari, ST, MT Cahyono Bintang Nur Cahyo, ST, MT Aniendhita Rizki Amalia, ST, MT
<b>Sie Publikasi dan Dokumentasi</b>	: Mohamad Bagus Ansori, ST, MT Istiar, ST., MT Dimas W. L. Pamungkas, S.Kom.
<b>Sie Konsumsi</b>	: Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD Endang Trismiati, A.Md. Ria Wardani
<b>Sie Acara</b>	: Dr. Ir. Edijatno Yusronia Eka Putri, S.T. M.T.

- Sie Perlengkapan** : Dr.techn. Umboro Lasminto, ST, MSc  
Djunarko
- Kesekretariatan dan  
Pembantu Umum** : Robin  
Achmad Fauzi  
Debby Lusy F. T. H., SE  
Wisang Adji Rasmana
- Reviewer** : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA  
Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA  
Prof. Dr.Ir. Nadjaji Anwar, MSc  
Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD  
Dr. Ir. Ria AA Soemitro, M.Eng  
Budi Suswanto, ST. MT. PhD  
Trijoko Wahyu Adi, ST. MT. PhD  
Ir. Putu Artama W., MT., PhD  
Ir. Faimun, M.Sc., PhD  
Endah Wahyuni, ST., MSc., PhD  
Ir. Hera Widyastuti, MSc., PhD

# POTENSI STYROGRAVEL SEBAGAI CAMPURAN BETON RINGAN YANG RAMAH LINGKUNGAN

Soerjandani PM<sup>1</sup>, Utari Khatulistini<sup>2</sup> dan Andaryati<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Soerjandani PM, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, *essure2000@yahoo.com*

<sup>2</sup>Utari Khatulistiani, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, *utari\_wiyoso@yahoo.com*

<sup>3</sup>Andaryati, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, *andaryati.wahyudi@gmail.com*

## ABSTRAK

Limbah styrofoam merupakan salah satu limbah berbahaya yang sulit diuraikan oleh alam bahkan hingga mencapai 500 tahun berada didalam tanah (US.EPA) sehingga perlu dilakukan kebijakan 3R (Reuse, Recycle, Reduce). Styrofoam yang telah banyak dilakukan penelitian untuk dimanfaatkan sebagai bahan bangunan seperti campuran beton dan lainnya mempunyai beberapa sifat antara lain ringan dan mudah bereaksi dengan senyawa alkana maupun metana, sehingga dapat dilakukan diversifikasi terhadap sifat fisiknya.

Sedangkan kondisi saat ini dimana beton merupakan material komposit yang mempunyai kelemahan berupa berat jenis yang cukup besar akibat pengaruh kandungan agregat yang mencapai 70 - 75%, maka untuk mencapai kondisi ideal perlu dilakukan inovasi guna memperoleh beton yang dapat mengurangi kelemahan beton terlebih dapat memanfaatkan bahan-bahan limbah (bahan pasca guna) berbahaya seperti styrofoam.

Untuk menjawab permasalahan diatas, penulis melakukan penelitian terhadap potensi turunan styrofoam yang dapat digunakan sebagai bahan pengganti kerikil dalam campuran beton sebagai bahan konstruksi masa depan.

Dalam penelitian ini styrofoam akan didiservifikasi menjadi styrogravel (penulis), dan akan dijadikan sebagai variasi campuran hingga sebagai substitusi kerikil dengan komposisi 25%, 50%, 75% dan 100% (tanpa kerikil) melalui system pencampuran dengan menggunakan metode doe dan dilakukan pengujian mekanik pada umur 28 hari setelah melalui system perawatan.

Hasil dari pengujian diperoleh bahwa styrogravel mempunyai beberapa potensi antara lain sifat fisik yang keras dan lebih ringan daripada kerikil serta lebih tahan aus. Sedangkan untuk beton yang mengandung campuran prosentase styrogravel mempunyai ketegaran lebih baik dan berat jenis yang lebih ringan dibandingkan beton konvensional, disamping itu mempunyai rasio kuat tarik terhadap kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan beton konvensional, sedangkan beton konvensional yang mempunyai kinerja seperti kuat tekan hancur dan kuat tarik yang lebih baik dibandingkan dengan beton yang mengandung styrogravel.

**Kata kunci :** styrogravel, beton ringan, kuat tekan, kuat tarik.

## 1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan komposit yang diperoleh dengan mencampurkan berbagai macam bahan dasar seperti agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dan semen portland atau bahan pengikat hidraulis lainnya yang sejenis, dengan atau tanpa bahan tambahan lain. Di Indonesia, beton saat ini masih menjadi pilihan utama untuk material konstruksi sebagai bahan konstruksi yang murah dan material pembentuk beton masih relatif mudah diperoleh, mengingat sumber daya alam di negara kita masih cukup, mudah dibentuk sesuai keinginan pada saat beton masih segar, tahan terhadap temperatur tinggi (Hsuan and Grace,H,2012) serta mempunyai keunggulan yang sangat dibanggakan yaitu kekuatannya yang tinggi dalam menahan gaya-gaya yang bekerja. Akan tetapi beton mempunyai permasalahan yang cukup signifikan dalam mendukung kinerjanya yaitu berupa kelemahan yang sangat tidak dikehendaki seperti getas, berat jenis yang besar dan kuat tarik yang rendah, disamping permasalahan lain terkait

dengan seluruh material pembentuknya melalui eksploitasi sumber daya alam sehingga lambat laun akan mengganggu keseimbangan lingkungan. Sedangkan styrofoam yang merupakan nama lain dari polysterene merupakan salah satu polimer sintetik dan bahan yang sering dijumpai sebagai bahan pembungkus atau pengaman (packaging) sebuah produk karena mempunyai sifat yang mampu meredam getaran atau tumbukan dengan benda lainnya (absorber), ringan dan dapat melindungi dari pengaruh cuaca luar (isolator). Akan tetapi permasalahan utama adalah pasca penggunaannya dianggap sebagai limbah yang sulit diuraikan oleh alam dan berbahaya bagi alam bahkan menurut US Environmental Protection Agency (US EPA) menyebutkan untuk menguraikannya tanah membutuhkan waktu 500 tahun untuk menguraikannya. Walaupun telah banyak para peneliti dan pengrajin yang memanfaatkannya, akan tetapi faktanya setiap hari produksi styrofoam kian bertambah akibat permintaan yang cukup besar dan sudah barang tentu sampah styrofoam pun juga bertambah, baik yang ada di lingkungan sekitar kita maupun di tempat pembuangan sementara atau tempat pembuangan akhir. Data dari Deputi Pengendalian Pencemaran Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH) menyebutkan, setiap individu rata-rata menghasilkan 0,8 kilogram sampah dalam satu hari di mana 15% adalah kemasan sekali pakai. Dengan asumsi pada 2005, ada sekitar 220 juta penduduk di Indonesia, maka sampah kemasan sekali pakai yang tertimbun mencapai 26.500 ton per hari, sedangkan jumlah timbunan sampah nasional diperkirakan mencapai 176.000 ton per hari. Padahal saat ini jumlah penduduk Indonesia sudah membengkak mencapai 237 juta. Sehingga sebagai solusi akhir untuk memusnahkannya masyarakat banyak menggunakan metode pembakaran yang tentunya akan membebani lingkungan. Untuk menjawab dua permasalahan yang cukup mendasar tersebut diatas yaitu kelemahan dari beton konvensional dan limbah Styrofoam, maka kelemahan-kelemahan yang merupakan pokok permasalahan diupayakan untuk dijadikan sebagai keunggulan guna menangkap peluang dalam meningkatkan kinerja beton dan mengurangi bahaya terhadap lingkungan, perlu dilakukan inovasi untuk memperkaya dunia teknologi beton, walaupun sebenarnya telah banyak penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan styrofoam sebagai bahan campuran beton akan tetapi didalam penelitian ini peneliti akan mendiversifikasi styrofoam menjadi kerikil styro (penulis menyebutnya sebagai styrogravel) melalui reaksi kimia yang kemudian dijadikan sebagai pengganti kerikil alam untuk meningkatkan kinerja beton.

### **Perumusan Masalah**

Didalam penelitian ini akan menggunakan pendekatan berupa study eksperimental dan akan mengungkap beberapa permasalahan antara lain:

1. Sifat-sifat fisik, organik ketahanan material termasuk styrogravel
2. Hubungan antara prosentase styrogravel dengan kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas
3. Potensi beton yang mengandung campuran styrogravel

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui potensi yang ada pada beton yang mengandung styrogravel.
2. Upaya mereduksi kelemahan beton guna menangkap peluang dalam meningkatkan kinerjanya

3. Melaksanakan fungsi *recycle* yaitu merubah limbah styrofoam menjadi material yang bermanfaat bagi manusia melalui diversifikasi dan fungsi *reduce* yaitu mengurangi pengaruh negatif limbah styrofoam terhadap lingkungan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton merupakan bahan komposit yang merupakan campuran dari semen portland atau semen hidraulis lainnya, aggregate halus, aggregate kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya (ACI 318-2002 2.1), dimana mortar terdiri dari fase pasta yang mempunyai kandungan semen sebesar 7% hingga 15% dari volume, air sebesar 14% hingga 21% dari volume (Zaniewski.J, 2011 ) dan 70 – 75 % adalah agregat kimia (Zaniewski.J, 2011). Untuk menghasilkan beton yang workable, kuat, tahan dan ekonomis diperlukan agregat yang berkualitas baik. Berdasarkan ukuran, agregat dapat didefinisikan bahwa agregat halus adalah semua butirannya lolos ayakan 9.5 mm (3/8 “) dan hampir seluruhnya melewati saringan 4,75 mm dan sebagian besar tertahan di saringan no 200 (75  $\mu$ m), sedangkan agregat kasar adalah butiran yang hampir semuanya tertahan di saringan no.4 ( 4,75 mm) (ASTM C125-2003) dimana bentuk dan ukuran aggregate sangat berpengaruh pada strength beton (Il-Seok OH, 2011).

Styrofoam yang juga dikenal dengan "busa polistiren diekstrusi" (istilah generik) adalah salah satu jenis yang paling banyak digunakan saat ini, styrofoam juga dapat disebut vinlybenzene, ethenyl benzena, cinnamene, phenylethylene. Nama merek "Styrofoam" dimiliki oleh Dow Chemical. Sifat fisik Styrofoam menurut Robert Mobley dari Fotolia.com adalah termoplastik, ringan dan redam kejut, isolator, higroskopis (ehow.com), mudah bereaksi dengan senyawa alkana dan metana.

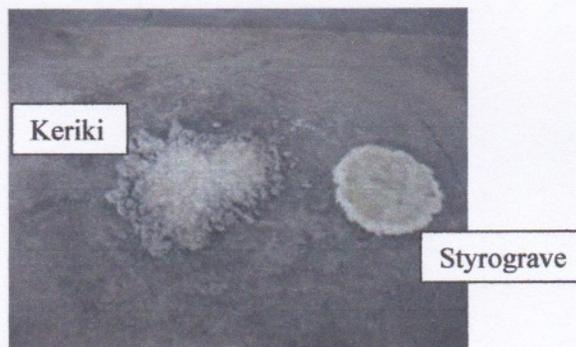
Dari hasil penelitian sebelumnya bahwa styrofoam sebagai bahan campuran beton dapat mengurangi berat jenis beton sebesar 18,5% sampai dengan 26,96% walaupun kuat tekannya mengalami penurunan sebesar 97,73% sampai dengan 99,14%, hal ini berdasarkan pemakaian styrofoam dengan dimensi 1 cm x 1 cm x 1 cm (Musana,Satyarno, Kardiyono,2004). Sedangkan campuran beton yang menggunakan styrofoam parut diperoleh berat volume beton sebesar 0.87 t/m<sup>3</sup>, 0.76 t/m<sup>3</sup>, 0.71 t/m<sup>3</sup>, kuat tekan beton sebesar 3 MPa, 2.3 MPa, dan 1.7 MPa, kuat tarik beton sebesar 0.30 MPa, 0.20 MPa, dan 0.12 MPa, kuat lentur sebesar 1.05 MPa, 0.97 MPa, dan 0.94 Mpa (Suciarsa,Yuliarsa,2010). Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh I.B. Dharma Giri1, I Ketut Sudarsana1 dan N.L.P. Eka Agustiningsih, tahun 2008, menunjukkan penambahan *styrofoam* meningkatkan nilai slump. Sedangkan berat satuan dan kuat tarik belah beton menurun secara linier dimana setiap penambahan 10% butiran *styrofoam* maka akan menurunkan berat satuan dan kuat tarik belah beton berturut-turut 81,08 kg/m<sup>3</sup> (4,01%) dan 0,34 MPa (12,19%). Setiap penambahan persentase *styrofoam* terjadi penurunan kuat tarik lentur dimana penambahan *styrofoam* 10% terjadi penurunan kuat tarik lentur sebesar 22,67% dan penambahan 20% butiran *styrofoam* terjadi penurunan kuat tarik lentur sebesar 29,62% terhadap beton tanpa penambahan *styrofoam*, tetapi pada saat penambahan 30% butiran *styrofoam* kuat tarik lentur meningkat 1,21% terhadap kuat tarik lentur dengan penambahan 20% butiran *styrofoam*. Penelitian lain yang dilakukan oleh Yusuf M dan kawan-kawan (2007) Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen (S), Pasir (P), Kerikil (K), Gabus -(G). Dari hasil percobaan ini, belum dijumpai campuran yang memenuhi kriteria beton

ringan nonstruktural yaitu beton yang mempunyai kuat tekan 7 MPa dan berat < 800 kg/m<sup>3</sup>, aksn tetapi dijumpai campuran yang memenuhi kriteria beton ringan struktural yang mempunyai kuat tekan > 17 MPa dan berat < 1800 kg/m<sup>3</sup>. Jika ditinjau dari permeabilitas beton yang mengandung styrofoam untuk uji beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur benda uji 28 hari dengan komposisi campuran yang digunakan adalah dalam perbandingan berat 1 : 2 : 3 (semen : pasir : kerikil) dan faktor air semen 0,5 sedangkan variasi penambahan styrofoam adalah 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% terhadap volume campuran, diperoleh hasil bahwa koefisien permeabilitas beton mengalami peningkatan akibat meningkatnya prosentase penambahan butiran styrofoam dalam campuran beton (I Gusti Ketut Sudipta dan Ketut Sudarsana, 2009).

Sedangkan styrogravel berdasarkan pengamatan Soerjandani dkk (2012) antara lain dapat dibentuk seperti kerikil sesuai dengan keinginan seperti bulat, pipih, lonjong, dan lainnya termasuk membentuk kontur permukaan berupa halus maupun kasar. Mempunyai ketahanan terhadap tekanan (beban) merata, tidak hancur dan tidak pecah seperti halnya kerikil akan tetapi hanya berubah bentuk, mempunyai sifat ulet terhadap pengaruh impact (gaya pukul), mempunyai ketahanan terhadap abrasi dan lingkungan agresif dimana hal ini karena styrogravel berbahan dasar polisterene yang sulit diuraikan oleh alam, saat berbentuk jelly dan dapat berfungsi sebagai perekat (glue) sehingga dapat mengikat unsur lain seperti pasir dan melekat dipermukaan styrogravel hal ini dapat pula berfungsi sebagai media untuk dapat bereaksi dengan semen sehingga dapat menndukung lekatan antar permukaan dan dapat mengambang diatas air. Sedangkan sifat lainnya styrogravel tidak mempunyai ketahanan terhadap panas tinggi.



Gambar 1. Kerikil dan styrogravel



Gambar 2. Tingkat kehancuran

### 3. METODE PENELITIAN

Sebagai langkah awal dilakukan pengadaan limbah styrofoam yang kemudian didiversifikasi menjadi kerikil styro melalui proses reaksi kimia dengan gasoline (peleburan) sehingga menjadi styrogell untuk dilakukan proses lanjutan dengan pembentukan menjadi kerikil styro (peneliti menyebutnya dengan styrogravel) hingga mencapai kapasitas yang diperlukan disamping itu dilakukan pengadaan material pembentuk beton lainnya seperti kerikil dan pasir dengan kualitas baik serta semen portland type I sesuai dengan standar ASTM C 150-2002a. Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap material-material tersebut sesuai dengan standar ASTM seperti pengujian gradasi, berat jenis, resapan dan keausan untuk mengetahui kontribusi awal terhadap kapabilitas beton. Hasil pengujian material tersebut digunakan untuk perancangan campuran dengan metode doe berdasarkan faktor air semen 0,5 dengan variasi campuran menggunakan 100% kerikil, campuran 75% kerikil dan 25% styrogravel, campuran 50% kerikil dan 50% styrogravel, campuran 25% kerikil dan 75% styrogravel hingga campuran menggunakan 100% styrogravel. Dengan menggunakan slump tetap  $10 \pm 2$  cm dilakukan proses pencampuran melalui mesin pencampur hingga rata yang kemudian dilakukan pencetakan dengan menggunakan alat cetakan dan dilepas setelah 24 jam untuk dilakukan perawatan dengan sistem rendaman selama 28 hari. Selanjutnya dilakukan pengujian mekanik untuk mengetahui kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas dengan menggunakan mesin tekan hidrolik. Dari data yang diperoleh hasil pengujian tersebut dilakukan pembahasan untuk diperoleh simpulan dari permasalahan yang telah dirumuskan.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian terhadap material-material pembentuk bentuk diperoleh data bahwa untuk pasir memenuhi syarat seperti yang telah ditetapkan oleh [ASTM C136-2001](#), dimana gradasi butiran cukup baik karena tidak ada yang tertahan lebih dari 45% seperti yang diisyaratkan oleh [ASTM C 33-2003](#) dan lebih banyak tertahan di saringan nomor 50, hal ini menunjukkan bahwa butiran tersebut didominasi oleh butiran yang mempunyai ukuran rata-rata 0,3 mm. Apabila mengacu pada British Standart 882 (BS 882), pasir berada diantara zone 2 dan zone 3 dengan modulus kehalusan 3,3. Sedangkan sifat fisik lainnya seperti berat jenisnya sebesar 2,78, resapan sebesar 1,179 dan bersih terhadap kandungan organik. Untuk kerikil diperoleh data bahwa gradasi kerikil berada antara diameter 9,5 sampai dengan diameter 19,10 mm sesuai dengan ASTM C33-2003 maupun ASTM C136-2003 dan berada pada zone 1. Sedangkan berat jenis sebesar 2,83 dan keausannya mencapai 19,66% dan sesuai dengan persyaratan ASTM C128-2003. Untuk sifat fisik styrogravel mempunyai berat jenis 0,917 dan keausan sebesar 2,19%.

Sedangkan hasil dari perancangan campuran diperoleh data seperti pada tabel 1 berikut .

**Tabel 1:** Perbandingan komposisi campuran beton.

Perbandingan	100%	75%	50%	25%	0%
Semen*	304	304	340	340	340
Pasir*	459,56	459,56	459,56	459,56	459,56
Kerikil*	746,08	559,56	373,04	186,52	-
Styroravel*	-	186,52	373,04	559,56	746,08
Air*	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19

(\*) Satuan dalam kg

Didalam proses pencampuran terutama yang menggunakan styrogravel sebagai substitusi perlu diperhatikan prioritas atau urutan pencampuran, hal ini sangat berpengaruh terhadap kepadatan campuran. Hal ini disebabkan bahwa styrogravel dengan berat jenisnya yang ringan akan mempengaruhi tingkat kematangan campuran. Untuk campuran normal karena pengaruh berat jenis kerikil yang besar dan pengaruh gravitasi maka campuran akan lebih sempurna dan matang, sedangkan untuk campuran yang menggunakan styrogravel akibat berat jenisnya yang ringan maka saat proses pencampuran mereka akan mengambang dan terdesak oleh material yang mempunyai berat jenis yang lebih besar. Perlu diperhatikan pula dalam pembuatan benda uji yang mengandung styrogravel faktor rojokan akan mempengaruhi perilaku styrogravel dalam campuran yang akan melepaskan diri (mengambang) dari campuran akibat dari berat jenisnya yang ringan sehingga perojokan diatur sedemikian rupa agar tidak terjadi segregasi awal yaitu berkumpulnya styrogravel ke permukaan akibat berat jenisnya yang ringan.

### **Berat Jenis Beton**

Dari hasil pengujian beton yang mempunyai campuran styrogravel maupun beton yang mengandung kerikil alam seperti pada tabel 2 berikut

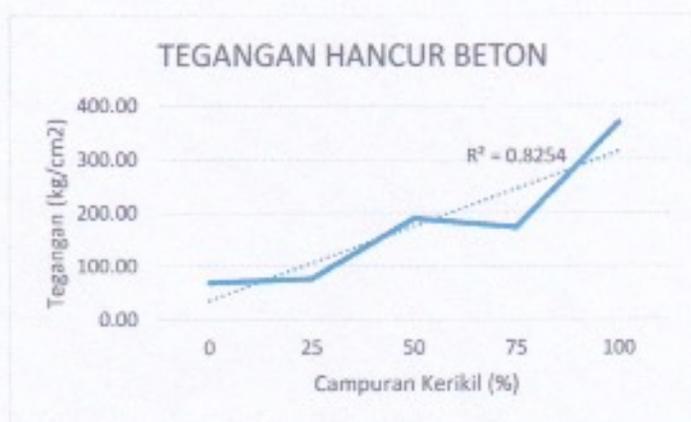
**Tabel 2.** Berat Jenis Beton dengan variasi campuran

Prosentase kerikil (%)	0	25	50	75	100
Berat jenis ( $\text{kg/m}^3$ )	1349,1	1600,1	2030,4	2238,9	2534,6

Dari hasil tersebut diperoleh bahwa beton dengan campuran 100% styrogravel mempunyai berat jenis yang lebih ringan dibandingkan dengan berat jenis beton normal sebesar 53,2% dari berat jenis beton normal (100% kerikil). Dari informasi berat jenis ini menunjukkan bahwa beton yang terbuat dari campuran styrogravel termasuk beton ringan (SNI 03-2847-2002, pasal 3.18).

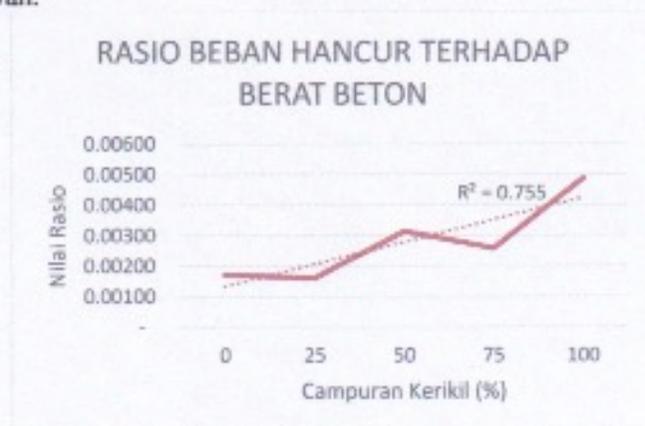
### **Kuat Tekan**

Dari hasil pengamatan diperoleh hasil yang ditampilkan dalam bentuk grafik seperti gambar 1 dibawah ini.



**Gambar 1.** Grafik tegangan hancur beton tiap variasi.

Dengan menggunakan metode regresi linear dimana dari grafik pada gambar 1 diperoleh bahwa bertambahnya tegangan beton sebesar 82,54% dapat dijelaskan oleh hubungan linier antara banyaknya campuran kerikil dalam beton dan tegangan dengan persamaan  $Y = 69,689X + 33,01$ . Dengan nilai  $R = 0,9085$  terdapat korelasi positif yang tinggi antara tegangan beton dan prosentase kerikil, hal ini menunjukkan bahwa semakin besar prosentase kerikil dalam kandungan beton semakin besar pula tegangan beton atau dengan penambahan 25% kerikil terjadi peningkatan kekuatan rata-rata sebesar  $17,42 \text{ kg/cm}^2$ . Hal ini menunjukkan bahwa besarnya tegangan beton atau kemampuan beton dalam menerima beban lebih banyak dipengaruhi oleh komposisi material pendukung yang cenderung mempunyai berat jenis yang besar yaitu kerikil, dengan kata lain bahwa besarnya tegangan beton atau beban yang diterima dipengaruhi oleh berat beton itu sendiri yang memberikan gaya perlawanan (normal) terhadap beban yang diterima atau kekuatan bahan tergantung dari berat bahan itu sendiri atau kekuatan suatu material tergantung nilai kekerasan (berat jenis)nya. Hal ini sesuai dengan pendapat Kardiyono Tjokrodinuljo (1991) menyatakan bahwa kekuatan, keawetan, dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat – sifat bahan dasarnya, nilai perbandingan bahan – bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penguangan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan. Sedangkan untuk mengetahui berapa besar pengaruh berat beton terhadap beban hancur disajikan dalam gambar 2 dibawah.

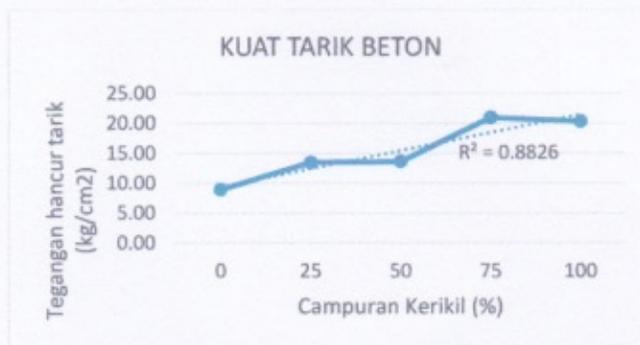


**Gambar 2.** Grafik rasio beban hancur terhadap berat beton

Dari gambar 2 menunjukkan bahwa sebesar 75,52% bertambahnya rasio beban hancur terhadap berat beton (Y) dapat dijelaskan oleh hubungan linier antara banyaknya campuran kerikil dalam beton dan rasio beban hancur terhadap berat beton dengan persamaan  $Y = 0,0007x + 0,0006$  dan terjadi korelasi yang cukup tinggi antara setiap penambahan prosentase kerikil dalam campuran beton dengan naiknya rasionya atau setiap penambahan 25% kerikil dalam campuran beton terjadi penambahan rasio sebesar 0,018% atau setiap penambahan styrogravel sebesar 25% dalam campuran beton terjadi pengurangan rasio sebesar 0,018%. Selain itu dari fakta pengujian beban tekan diperoleh bahwa perilaku beton yang mengandung prosentase kerikil lebih besar saat melewati beban puncak (descending) dan pembebanan terus diberikan menunjukkan beton mengalami kegagalan getas. Akan tetapi untuk beton yang mengandung prosentase styrogravel lebih besar saat mendapatkan perlakuan yang sama menunjukkan bahwa beton tersebut lebih tahan (lebih tegar) atau masih memberikan reaksi terhadap pembebanan dan tidak mengalami kegetasan, hal ini sangat berhubungan dengan sifat dasar styrogravel itu sendiri.

### **Tarik Belah**

Hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dapat dijelaskan seperti dalam gambar 3 dibawah.



**Gambar 3.** Grafik kuat tarik beton tiap variasi campuran.

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa sebesar 88,26% kuat tarik beton dapat dijelaskan oleh hubungan linier antara banyaknya campuran kerikil dalam beton dan tegangan hancur tarik beton dengan persamaan  $Y = 3,0258X + 6,4194$ . Hasil ini menunjukkan bahwa kuat tarik beton dipengaruhi oleh besarnya prosentase campuran kerikil, semakin bertambah prosentase campuran kerikil semakin bertambah kuat tarik beton, atau setiap penambahan 25% kerikil terjadi peningkatan kuat tarik belah sebesar 0,76 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk mengetahui pengaruh berat beton terhadap kuat tariknya disajikan seperti dalam gambar 4 dibawah.

Dari gambar 2 menunjukkan bahwa sebesar 75,52% bertambahnya rasio beban hancur terhadap berat beton (Y) dapat dijelaskan oleh hubungan linier antara banyaknya campuran kerikil dalam beton dan rasio beban hancur terhadap berat beton dengan persamaan  $Y = 0,0007x + 0,0006$  dan terjadi korelasi yang cukup tinggi antara setiap penambahan prosentase kerikil dalam campuran beton dengan naiknya rasionya atau setiap penambahan 25% kerikil dalam campuran beton terjadi penambahan rasio sebesar 0,018% atau setiap penambahan styrogravel sebesar 25% dalam campuran beton terjadi pengurangan rasio sebesar 0,018%. Selain itu dari fakta pengujian beban tekan diperoleh bahwa perilaku beton yang mengandung prosentase kerikil lebih besar saat melewati beban puncak (descending) dan pembebanan terus diberikan menunjukkan beton mengalami kegagalan getas. Akan tetapi untuk beton yang mengandung prosentase styrogravel lebih besar saat mendapatkan perlakuan yang sama menunjukkan bahwa beton tersebut lebih tahan (lebih tegar) atau masih memberikan reaksi terhadap pembebanan dan tidak mengalami kegetasan, hal ini sangat berhubungan dengan sifat dasar styrogravel itu sendiri.

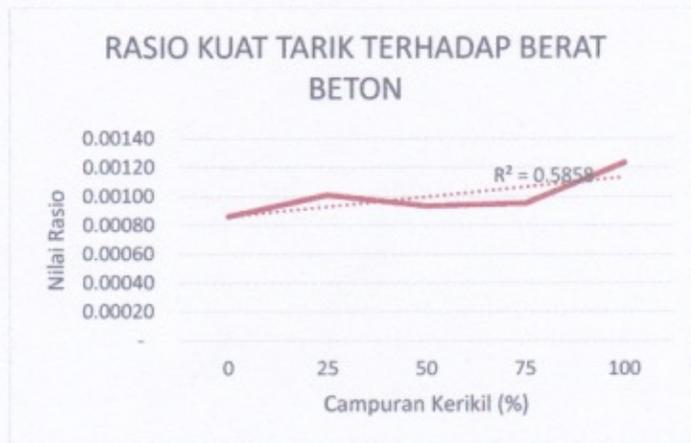
### **Tarik Belah**

Hasil dari pengujian kuat tarik belah beton dapat dijelaskan seperti dalam gambar 3 dibawah.



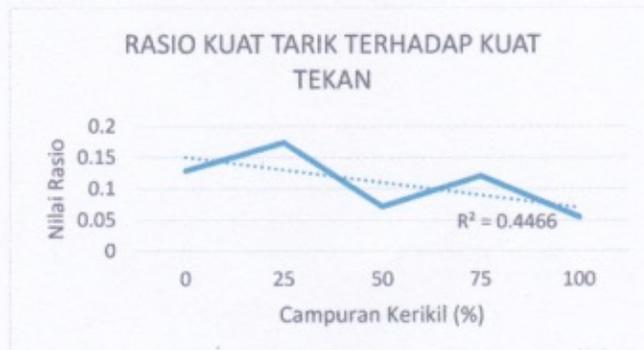
**Gambar 3.** Grafik kuat tarik beton tiap variasi campuran.

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa sebesar 88,26% kuat tarik beton dapat dijelaskan oleh hubungan linier antara banyaknya campuran kerikil dalam beton dan tegangan hancur tarik beton dengan persamaan  $Y = 3,0258X + 6,4194$ . Hasil ini menunjukkan bahwa kuat tarik beton dipengaruhi oleh besarnya prosentase campuran kerikil, semakin bertambah prosentase campuran kerikil semakin bertambah kuat tarik beton, atau setiap penambahan 25% kerikil terjadi peningkatan kuat tarik belah sebesar 0,76 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk mengetahui pengaruh berat beton terhadap kuat tariknya disajikan seperti dalam gambar 4 dibawah.



**Gambar 4.** Grafik rasio kuta tarik terhadap berat beton.

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa sebesar 58,58% rasio kuat tarik beton dapat dijelaskan oleh hubungan linier antara banyaknya campuran kerikil dalam beton dan rasio dengan persamaan  $Y = 7E-05x + 0,0008$ . Hasil ini menunjukkan setiap penambahan 25% kerikil terjadi peningkatan rasio sebesar 0,00002, hal ini pula yang menunjukkan bahwa nilai kuat tarik setiap penambahan kerikil atau pengurangan styrogravel tidak terlalu signifikan. Dan untuk mengetahui rasio kuat tarik terhadap kuat tekan beton diberikan dalam gambar 5 dibawah.

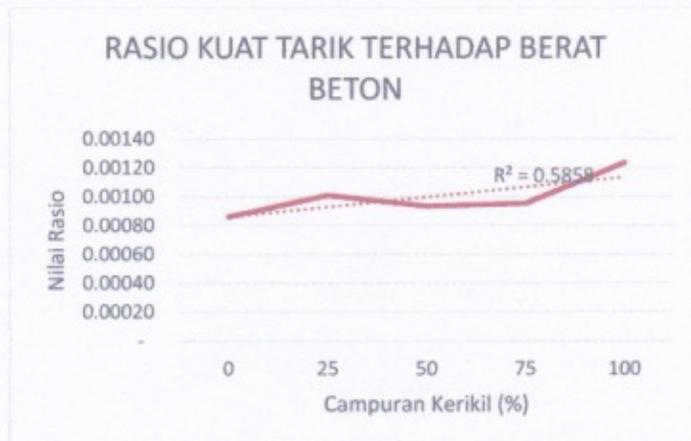


**Gambar 5.** Grafik rasio kuat tarik terhadap kuat tekan tiap variasi campuran beton.

Sedangkan untuk mengetahui hubungan dan pengaruh rasio kuat tarik beton terhadap kuat tekannya seperti Gambar 5, menjelaskan bahwa 44,66% menurunnya rasio kuat tarik beton terhadap kuat tekannya untuk setiap penambahan kerikil pada campuran beton dapat dijelaskan oleh hubungan linier antara nilai rasio dengan banyaknya campuran kerikil dalam beton dengan persamaan  $Y = 0,2020x + 0,1709$ . Sehingga setiap penambahan styrogravel pada beton akan menaikkan rasio kuat tarik terhadap kuat tekannya sebesar 5,05% atau setiap penambahan prosentase kerikil pada beton akan menurunkan rasio kuat tarik terhadap kuat tekannya sebesar 5,05%. Kondisi menunjukkan bahwa beton yang mengandung styrogravel mempunyai kuat tarik yang lebih baik dibandingkan dengan beton yang mengandung kerikil alami.

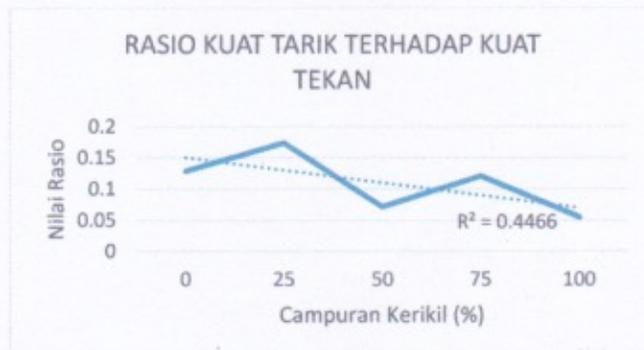
### Modulus Elastisitas

Untuk nilai modulus elastisitas dapat disajikan seperti pada gambar 6 dibawah ini.



**Gambar 4.** Grafik rasio kuta tarik terhadap berat beton.

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa sebesar 58,58% rasio kuat tarik beton dapat dijelaskan oleh hubungan linier antara banyaknya campuran kerikil dalam beton dan rasio dengan persamaan  $Y = 7E-05x + 0,0008$ . Hasil ini menunjukkan setiap penambahan 25% kerikil terjadi peningkatan rasio sebesar 0,00002, hal ini pula yang menunjukkan bahwa nilai kuat tarik setiap penambahan kerikil atau pengurangan styrogravel tidak terlalu signifikan. Dan untuk mengetahui rasio kuat tarik terhadap kuat tekan beton diberikan dalam gambar 5 dibawah.

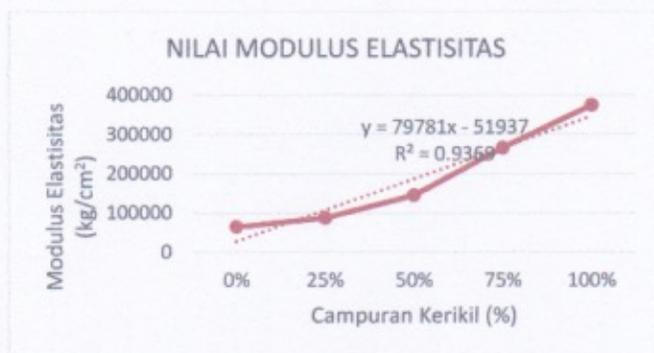


**Gambar 5.** Grafik rasio kuat tarik terhadap kuat tekan tiap variasi campuran beton.

Sedangkan untuk mengetahui hubungan dan pengaruh rasio kuat tarik beton terhadap kuat tekannya seperti Gambar 5, menjelaskan bahwa 44,66% menurunnya rasio kuat tarik beton terhadap kuat tekannya untuk setiap penambahan kerikil pada campuran beton dapat dijelaskan oleh hubungan linier antara nilai rasio dengan banyaknya campuran kerikil dalam beton dengan persamaan  $Y = 0,2020x + 0,1709$ . Sehingga setiap penambahan styrogravel pada beton akan menaikkan rasio kuat tarik terhadap kuat tekannya sebesar 5,05% atau setiap penambahan prosentase kerikil pada beton akan menurunkan rasio kuat tarik terhadap kuat tekannya sebesar 5,05%. Kondisi menunjukkan bahwa beton yang mengandung styrogravel mempunyai kuat tarik yang lebih baik dibandingkan dengan beton yang mengandung kerikil alami.

### Modulus Elastisitas

Untuk nilai modulus elastisitas dapat disajikan seperti pada gambar 6 dibawah ini.



**Gambar 6.** Grafik nilai modulus elastisitas tiap variasi campuran beton.

Daari gambar diataas menunjukkan bahwa sebesar 93,69% peningkatan nilai modulus elastisitas pada setiap penambahan prosentase kerikil dapat dijelaskan oleh hubungan linier antara nilai modulus elastisitas dengan prosentase campuran kerikil melalui persamaan  $y = 7978x - 51937$  dan mempunyai korelasi yang kuat antara nilai modulus dengan prosentase campuran kerikil, hal ini menunjukkan bahwa semakin besar prosentase campuran kerikil semakin besar nilai modulus elastisitas beton. Dari data tersebut diperoleh bahwa setiap penambahan 25% kerikil terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas sebesar 1994,5 kg/cm<sup>2</sup>.

## 5. KESIMPULAN

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Styrogravel mempunyai sifat lebih ringan, lebih tegar, lebih tahan aus dibandingkan dengan kerikil alam sedangkan kerikil alam mempunyai berat jenis yang lebih besar, dan lebih getas dibandingkan dengan styrogravel, sifat dasar ini akan mempengaruhi sifat beton yang akan dibentuk.
2. Mempunyai korelasi yang tinggi antara prosentase campuran styrogravel terhadap penurunan kekuatan beton, sehingga setiap penambahan prosentase styrogravel pada campuran beton menunjukkan adanya penurunan kuat tekan, kuat tarik dan nilai modulus atau setiap penambahan prosentase kerikil pada campuran beton menunjukkan adanya peningkatan kuta tekan, kuat tarik dan nilai modulus elastisitas.
3. Beton yang mengandung styrogravel mempunyai rasio kuat tarik yang lebih baik dibandingkan dengan beton yang mengandung kerikil dan mempunyai berat jenis lebih ringan dibandingkan dengan beton yang mengadung kerikil alam serta mempunyai ketegaran yang lebih baik.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, [2003] American Standart for Testing Material, Cement; Lime; Gypsum , vol. 04.01., Annual Book of ASTM standart, America.

2. Anonim, [2003] American Standart for Testing Material, Concrete and Aggregates, vol. 04.02., Annual Book of ASTM standart, America.
3. Anonim, [2002], Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACI 318R-02), ACI Committee 318, Michigan.
4. Anonim, [2003], Cement and Con-crete, 2003 notes concrete.pdf, Inter-net (11/19/2003, 8.26 am).
5. Anonim,\_\_\_\_\_, Lab# 5 Properties of Hardened Portland Cement Concrete, Construction Materials Laboratory, Concrete test.pdf, Internet (7/29/2011, 3.40 pm)
6. Anonim, \_\_\_\_\_, Memperkenalkan Produk Semen PT. Semen Gresik, PT. Semen Gresik.Tbk, Gresik.
7. Anonim, [1971], Peraturan Beton Bertulang Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik ,Bandung
8. Anonim, [2002], Tata Cara Peren-canaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Badan Standa-risasi Nasional ,Jakarta.
9. Anonim, [1998], Study Finds CFC Alternatives More Damaging Than Believed, The Washington Post, Internet (8/23/2011, 3.00 pm)
10. Callister William D,Jr, [1985], Materials Science and Engineering, John Wiley & Sons,Inc, New York.
11. eHow.com, [2011], How to Make Lightweight Concrete Using Styro-foam, <http://www.ehow.com>.
12. Ginting Arusmalem, [2007], Kajian Balok Beton Styrofoam Ringan Dengan Tulangan Menyeban, Jurnal Teknik Sipil, Vol.3 No.2,2007.
13. Giri Dharma IB, Sudarsana IK, Agustiningsih Eka, [2008], Kuat Tarik Belah Beton Dengan Penambahan Styrofoam (Styrocon), Jurnal Teknik Sipil, Vol.12 No.2, Fakultas Teknik,Universitas Udayana,Denpasar.
14. Kurties,K,\_Aggregate,Agg.pdf, Inter-net,Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia.
15. Musana, Satyarno, Kardiyono, [2008], Penambahan Limbah Styrofoam Sebagai Bahan Campuran Beton Ringan Dengan Semen PCC 250,300,350 kg.cm2, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Unversitas Gajah Mada,Jogjakarta
16. Montero,P,Aggregat for Concrete, Aggregates.pdf, Internet, The University of California, Berkley.
17. Sudipta IGK,Sudarsana K,[2009], Permeabilitas Beton dengan Penambahan Styrofoam, Jurnal Teknik Sipil,Vol.13,2009. Fakultas Teknik,Universitas Udayana,Denpasar.
18. Sutapa AAG,Suputra Oka IGN, Mataram Karnata, [2011], Pemulihan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Variasi Durasi Perawatan Pasca Bakar, Jurnal Teknik Sipil, Vol.15.No.2,Fakultas Teknik,Universitas Udayana,Denpasar.
19. Timoshenko S, J.N,Goodier [1989], Dasar-Dasar Perhitungan Kekuatan Bahan, Restu Agung, Jakarta.
20. US.EPA, [2013], 10 Fast Fact on Recycling, Mid-AtlanticMunicipal Solid Waste, <http://epa.gov>, Distric of Columbia.
21. Wancik,A, Satyarno, Tjokrodimuldjo,K, [2008], batako Styrofoam Komposit Mortar Semen, Forum Teknik Sipil, Vol.XVIII, 2008

22. Wang, C.K and Salmon, C.G, [1998], Reinforced Concrete Design, Addison-Wesley, California.
23. Whittaker,A,\_\_\_\_\_, Concrete, Lecture 03.pdf, Internet (1/20/2011, 3.00 pm)
24. Yusuf,M, [2007], Studi Penggunaan Styrofoam Sebagai Bahan Campuran Untuk Pembuatan Beton Ringan Nonstruktural, Indonesian Science Technology,2007, Internet.
25. Zaniwski,J,\_\_\_\_\_,Concrete, Introconcrete.ppt,Internet (7/15/2011, 4.37 pm)
26. Walker, A (1996) *Project management in construction*. 3ed. Oxford: Blackwell Science.