

## KUAT TARIK BELAH DAN LENTUR BETON DENGAN PENAMBAHAN STYROFOAM (STYROCON)

I.B. Dharma Giri<sup>1</sup>, I Ketut Sudarsana<sup>1</sup> dan N.L.P. Eka Agustiningsih<sup>2</sup>

**Abstrak:** Penggunaan material ringan sebagai bahan pembentuk struktur akan mengurangi berat total dari suatu bangunan. Beton ringan merupakan salah satu material ringan pembentuk struktur. Dalam pembuatan beton ringan salah satu bahan alternatif tambahan yang digunakan adalah *styrofoam*. *Styrofoam* biasa dikenal sebagai gabus putih yang umumnya digunakan sebagai pembungkus barang-barang elektronik. Penggunaan *styrofoam* dalam beton ringan dapat dianggap sebagai rongga udara. Keuntungan penggunaan *styrofoam* dibandingkan dengan rongga udara dalam beton ringan adalah *styrofoam* mempunyai kuat tarik. Sehubungan dengan hal tersebut penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan butiran *styrofoam* terhadap berat satuan, kuat tarik belah dan tarik lentur beton yang dihasilkan.

Benda uji untuk pengujian kuat tarik belah adalah silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan benda uji untuk kuat tarik lentur adalah balok dengan ukuran 150 x 150 x 600 mm. Jumlah benda uji kuat tarik belah adalah 7 buah dan kuat tarik lentur 3 buah untuk setiap variasi persentase penambahan *styrofoam*. Beton dibuat dengan perbandingan berat 1 : 2 : 3. Jumlah semen dalam 1 m<sup>3</sup> campuran beton adalah 400 kg. Variasi persentase penambahan *styrofoam* adalah 0%, 10%, 20%, 30%, 40% terhadap volume campuran. Diameter butiran *styrofoam* yang digunakan dalam penelitian ini berkisar antara 3-10 mm dengan berat satuan 22,89 kg/m<sup>3</sup>. Uji nilai slump dilakukan pada beton segar, setelah 28 hari dilakukan pengukuran berat satuan, pengujian kuat tarik belah dan tarik lentur.

Hasil penelitian menunjukkan penambahan *styrofoam* meningkatkan nilai slump. Berat satuan dan kuat tarik belah beton menurun secara linier. 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. 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*.

Kata kunci: beton ringan, styrofoam, berat satuan, kuat tarik belah, kuat tarik lentur.

## SPLITTING AND MODULUS RUPTURE TENSION STRENGTH OF CONCRETE BY ADDING STYROFOAM

**Abstract:** Application of lightweight material as former structure will reduce total weight of a building. Lightweight concrete is one of the lightweight structural former materials. In making of lightweight concrete, one of alternative material that used is styrofoam. Styrofoam generally used as materials that covering electronic things. Styrofoam use in lightweight concrete can be as air voids. The advantages of styrofoam than air void in lightweight concrete are that styrofoam have tensile strength. According to those, the aims of this research were to obtain the influence of adding styrofoam to volume of weight, splitting tension and modulus of rupture.

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

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

The specimens for splitting test were cylinders with dimension of 150 mm in diameter and 300 mm in height and specimens for modulus of rupture were beam with dimension of 150 x 150 x 600 mm. Seven specimens were used for splitting test and 3 for modulus rupture test for any variation of percentage increased of styrofoam. Concrete was made by weight comparison of 1 : 2 : 3. The amount of cement in 1 m<sup>3</sup> concrete mixture was 400 kg. Variation of percentage increased styrofoam were 0%, 10%, 20%, 30%, 40% to volume of mixture. The range diameter granular styrofoam are 3 – 10 mm with volume of weight of 22,89 kg/m<sup>3</sup>. Slump test is done to fresh concrete, volume of weight measurement, splitting and modulus rupture test were done after 28 days.

Result showed that increased of styrofoam increased the slump value. Volume of weight and splitting tension decreased linearly. The adding of 10% granular styrofoam decreased the volume of weight and splitting tension by 81,08 kg/m<sup>3</sup> (4,01%) and 0,34 MPa (12,19%), respectively. The change of modulus rupture value at 10% adding of styrofoam was 22,67% and at 20% adding of styrofoam was 29,62% to concrete without adding of Styrofoam. However at 30% adding of Styrofoam, modulus rupture increased by 1,21% to concrete with 20% adding of styrofoam.

Keywords: lightweight concrete, styrofoam, volume of weight, splitting tension strength, modulus of rupture.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kemajuan teknologi dan krisis ekonomi yang terjadi di Indonesia, mengarahkan pembangunan infrastruktur pada penggunaan struktur dengan material ringan tetapi secara keseluruhan tidak berdampak pada peningkatan biaya (Abdulah, 2005). Penggunaan material ringan sebagai bahan pembentuk struktur akan mengurangi berat total dari suatu bangunan, sehingga mengurangi bagian pendukung dan pondasi. Beton ringan merupakan salah satu material ringan pembentuk struktur.

Dalam pembuatan beton ringan salah satu bahan alternatif tambahan yang digunakan adalah *styrofoam*. Beton yang dibuat dengan penambahan *styrofoam* dapat disebut beton-*styrofoam* (*Styrofoam concrete*) yang disingkat Styrocon. *Styrofoam* ini ditambahkan ke dalam campuran beton, *styrofoam* biasa dikenal sebagai gabus putih yang umumnya digunakan sebagai pembungkus barang-barang elektronik. Dalam bentuk butiran (*granular*) *styrofoam* mempunyai berat jenis sangat kecil yaitu berkisar antara 13-

16 kg/m<sup>3</sup>. Penggunaan *styrofoam* dalam beton ringan dapat dianggap sebagai rongga udara, keuntungan penggunaan *styrofoam* dibandingkan dengan rongga udara dalam beton ringan adalah *styrofoam* mempunyai kuat tarik.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka akan dilakukan suatu penelitian pembuatan beton ringan dengan campuran agregat kasar, agregat halus dan *styrofoam*. Dengan harapan akan dihasilkan beton dengan karakteristik yang baik, khususnya kuat tarik belah dan lentur. Walaupun kuat tarik beton tidak digunakan dalam perencanaan beton bertulang, tetapi kekuatan ini dibutuhkan untuk menjaga agar bagian struktur tetap dalam keadaan utuh, misalnya dinding pemisah yang menerima beban angin. Dinding tersebut harus mempunyai kekuatan tarik yang cukup untuk menahan beban tersebut agar tidak runtuh.

### Permasalahan

Permasalahan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana hubungan antara persentase penambahan butiran *styrofoam* dalam campuran beton terhadap kuat tarik belah dan lentur beton yang dihasilkan.

### Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui hubungan antara nilai kuat tarik belah dan lentur beton dengan persentase penambahan butiran *styrofoam* yang bervariasi dan manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai penggunaan butiran *styrofoam* dalam pembuatan beton ringan yang memenuhi persyaratan material struktur, khususnya kuat tarik belah dan lentur beton. Salah satu pemanfaatan beton ringan yang sudah dilakukan saat ini adalah pada pembuatan dinding.

### Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas dan mengingat luasnya cakupan penelitian beton, maka perlu adanya pembatasan masalah agar tujuan yang diinginkan dapat tercapai. Batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut :

1. Bahan tambahan yang digunakan pada campuran beton adalah butiran *styrofoam* dengan variasi persentase 0%, 10%, 20%, 30%, 40% terhadap volume campuran. Diameter butiran *styrofoam* yang digunakan dalam penelitian ini berkisar antara 3-10 mm dengan berat satuan 22,89 kg/m<sup>3</sup>.
2. Campuran dibuat dengan semen 400 kg/m<sup>3</sup> dengan perbandingan campuran 1 : 2 : 3 (semen : pasir : batu pecah) dan diambil faktor air semen (fas) sebesar 0,50. Ukuran agregat kasar maksimum yang akan digunakan adalah 25 mm.
3. Benda uji untuk pengujian kuat tarik belah dibuat dalam bentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan benda uji untuk kuat lentur dalam bentuk balok dengan ukuran 150 x 150 x 600 mm. Jumlah benda uji kuat tarik belah adalah 7 buah dan kuat lentur 3 buah untuk setiap variasi persentase penambahan *styrofoam*.

## MATERI DAN METODE

### Material Beton

Beton adalah bahan gabungan yang terdiri dari agregat kasar dan halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan halus, seringkali ditambahkan *admixture* atau *additive* bila diperlukan (Subakti, 1994). Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan pembentuknya (Samekto, 2001). Beton digunakan sebagai material struktur karena memiliki beberapa keuntungan, antara lain: mudah untuk dicetak, tahan api, kuat terhadap tekan, dan dapat dicor di tempat. Disamping keuntungan beton juga memiliki kelemahan, yaitu beton merupakan bahan yang getas, mempunyai tegangan tarik yang rendah dan volume beton yang tidak stabil akibat terjadinya penyusutan.

### Styrofoam

*Styrofoam* atau *expanded polystyrene* dikenal sebagai gabus putih biasa yang digunakan sebagai pembungkus barang-barang elektronik. *Polystyrene* ini dihasilkan dari *styrene* (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH=CH<sub>2</sub>) yang mempunyai gugus *phenyl* (enam cincin karbon) yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul. Penggabungan acak benzena mencegah molekul membentuk garis yang sangat lurus sebagai hasilnya *polyester* yang mempunyai bentuk tidak tetap, transparan dan dalam berbagai bentuk plastik. *Polystyrene* merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu di bawah 100<sup>0</sup>C (Billmeyer, 1984). *Polystyrene* ini memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m<sup>3</sup>, kuat tarik sampai 40 MN/m<sup>2</sup>, modulus lentur sampai 3 GN/m<sup>2</sup>, modulus geser sampai 0,99 GN/m<sup>2</sup>, angka poisson 0,33 (Crawford, 1998).

Jika dibentuk granular *styrofoam* atau *expanded polystyrene* maka berat satuannya menjadi sangat kecil yaitu hanya berkisar antara 13-16 kg/m<sup>3</sup>. Penggunaan *styrofoam* dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Namun keuntungan menggunakan *styrofoam* dibandingkan dengan rongga udara dalam beton berongga adalah *styrofoam* mempunyai kekuatan tarik. Dengan demikian selain akan membuat beton menjadi ringan, dapat juga bekerja sebagai serat yang meningkatkan kekuatan beton. Kerapatan atau berat jenis beton dengan campuran *styrofoam* dapat diatur dengan mengontrol jumlah campuran *styrofoam* dalam beton.

### Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian kuat lentur adalah balok beton dengan ukuran (150 x 150 x 600) mm dan tarik belah dengan benda uji silinder (150 x 300) mm. Proporsi campuran menggunakan perbandingan berat 1 semen : 2 pasir : 3 batu pecah dan faktor air semen tetap sebesar 0,50. Penambahan *styrofoam* dilakukan dengan variasi persentase 0%, 10%, 20%, 30%, 40% terhadap volume campuran. Ukuran butiran *styrofoam* yang digunakan adalah 3-10 mm.

Langkah-langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut: alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian bahan-bahan yang akan digunakan disiapkan sesuai dengan ketentuan dan ditimbang sesuai dengan proporsi yang sudah direncanakan. Selanjutnya siapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan dan pencampuran siap dimulai. Mula-mula tuangkan batu pecah, pasir, semen, dan *styrofoam*. Apabila keempat bahan tersebut sudah tercampur merata kemudian dilanjutkan dengan penambahan air. Setelah tercampur merata, adukan beton dituangkan ke dalam talem dan dilakukan pengukuran nilai slump. Adukan yang telah diuji slumpnya akan dimasukkan ke dalam

jam cetakan dibuka, kemudian dilakukan perawatan beton selama 7 hari dengan menggunakan karung goni basah dan plastic. Selanjutnya beton ditempatkan pada ruangan terbuka sampai dengan umur uji (28 hari).

### Pengujian Kuat Tarik Belah dan Lentur Beton

Pengujian kuat tarik belah dan lentur beton dilaksanakan pada umur 28 hari. Alat yang digunakan adalah mesin Elle untuk pengujian kuat lentur dan mesin desak merk Controls dengan kapasitas 2000 KN untuk pengujian kuat tarik belah.

Langkah-langkah pengujian kuat tarik belah beton adalah sebagai berikut: sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, nilai slump, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian. Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan meletakkan benda uji pada sisinya di atas mesin dan beban tekan  $P$  dikerjakan secara merata dalam arah diameter di sepanjang benda uji. Lapisilah permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing-masing benda uji.

Langkah-langkah pengujian kuat lentur beton adalah sebagai berikut: sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, nilai slump, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian. Kemudian benda uji diletakkan pada sisinya di atas mesin dan beban tekan  $P/2$  dikerjakan sejarak  $L/3$  dari tumpuan. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing-masing benda uji.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pemeriksaan Material

Data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, dihitung dan dianalisis kemudian dibandingkan sesuai dengan syarat-syarat material yang dipakai dalam campuran beton.

### Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir cor dari Karangasem. Hasil pemeriksaan agregat halus diperoleh data sebagai berikut:

- a. Berat jenis dan penyerapan air
  - Berat jenis bulk = 2,419 gr/cm<sup>3</sup>
  - Berat jenis SSD = 2,439 gr/cm<sup>3</sup>
  - Berat jenis semu = 2,468 gr/cm<sup>3</sup>
  - Penyerapan air = 0,806%
- b. Berat satuan pasir diperoleh hasil 1508 kg/m<sup>3</sup>.
- c. Kadar lumpur yang terkandung dalam pasir pada penelitian ini adalah 1,111%. Menurut SII.0052-80 kadar lumpur maksimum yang diijinkan untuk agregat halus adalah 5%, artinya agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi syarat agregat halus campuran beton.
- d. Kadar air dari pasir adalah 10,132%, kadar air disini dihitung dalam kondisi kering oven.
- e. Gradasi butiran pasir didapat modulus kehalusan pasir (FM) 2,740. Menurut SII.0052-80 modulus kehalusan butiran pasir bernilai antara 1,5 sampai 3,8, artinya agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi syarat agregat halus campuran beton. Pada penelitian ini digunakan pasir yang dirancang berdasarkan SK. SNI T-15-1990-03 yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris. Agregat halus yang digunakan adalah pasir cor yang dirancang memenuhi zone 2.

### Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah dari Karangasem. Dari hasil pemeriksaan

agregat kasar diperoleh data sebagai berikut:

- a. Berat jenis dan penyerapan air
  - Berat jenis bulk = 1,963 gr/cm<sup>3</sup>
  - Berat jenis SSD = 1,993 gr/cm<sup>3</sup>
  - Berat jenis semu = 2,024 gr/cm<sup>3</sup>
  - Penyerapan air = 1,540%
- b. Berat satuan batu pecah diperoleh hasil 1434 kg/m<sup>3</sup>.
- c. Kadar lumpur yang terkandung dalam batu pecah adalah 0,2%. Berdasarkan SII.0052-80 kadar lumpur maksimum yang diijinkan untuk agregat kasar adalah 1%, artinya agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi syarat agregat kasar campuran beton.
- d. Kadar air dari batu pecah pada penelitian ini adalah 1,626%.
- e. Gradasi butiran batu pecah didapat modulus kehalusan batu pecah (FM) 6,525. Pada penelitian ini digunakan batu pecah berdasarkan ASTM C-33 yang memberikan syarat-syarat untuk agregat kasar. Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah yang dirancang memenuhi persyaratan di atas.
- f. Daya tahan terhadap pembubukan dari batu pecah yang digunakan dalam penelitian ini adalah 16,878%.

### Pemeriksaan Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Gresik Tipe I. Pemeriksaan yang dilakukan hanya berupa pemeriksaan berat satuan semen. Dari hasil pemeriksaan semen diperoleh data bahwa berat satuan semen adalah 1312 kg/m<sup>3</sup>.

### Pemeriksaan Styrofoam

*Styrofoam* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *styrofoam* yang berbentuk butiran (*garnular*) dengan butiran 3 -10 mm. Pemeriksaan yang dilakukan hanya berupa pemeriksaan berat satuan *styrofoam*. Dari hasil pemeriksaan *styrofoam* diperoleh bahwa berat satuan *styrofoam* adalah 22,89 kg/m<sup>3</sup>.

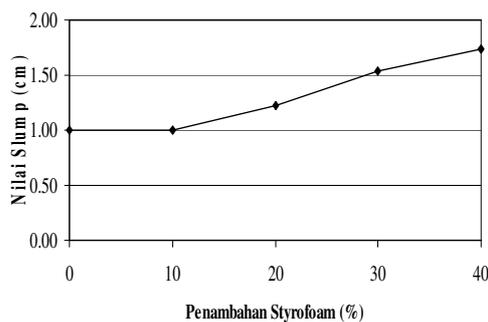
**Slump**

Pengukuran nilai slump dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kekentalan (konsistensi) dari campuran beton yang dapat menggambarkan kemudahan pengerjaan (*workability*), bila penurunan nilai slump lebih dari 7,5 cm maka beton dipadatkan dengan cara dirojok dan bila penurunan nilai slump kurang dari 2,5 cm beton dipadatkan dengan digetarkan. Hasil pengujian nilai slump yang dilakukan dari berbagai perlakuan campuran beton dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil pengukuran nilai slump**

Styrofoam (%)	Nilai Slump (cm)
0	1.00
10	1.00
20	1.22
30	1.53
40	1.73

Dari Tabel 1 dapat dilihat penurunan nilai slump kurang dari 2,5 cm maka beton dipadatkan dengan cara digetarkan. Hasil pengukuran nilai slump pada campuran beton yang dibuat dengan semen Gresik Tipe I, untuk berbagai variasi penambahan *styrofoam* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Hubungan antara nilai slump dengan variasi penambahan *styrofoam***

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa, penambahan *styrofoam* pada campuran beton akan meningkatkan nilai slump. Semakin banyak penambahan *styrofoam* pada campuran beton, semakin tinggi nilai

slump yang dihasilkan. Hal ini disebabkan *styrofoam* bersifat seperti rongga udara dalam beton, dimana kandungan udara yang tinggi pada campuran beton akan meningkatkan kelecakan beton. Selain itu, *styrofoam* juga mempunyai sifat kedap air dengan permukaan yang halus sehingga ikatan (*friksi*) antara *styrofoam* dengan pasta semen lemah.

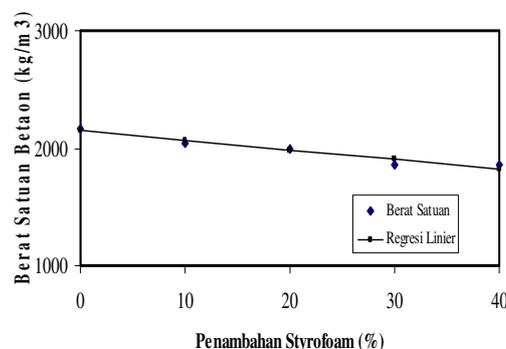
**Berat Satuan**

Pengukuran berat satuan ini dilakukan untuk mengetahui perubahan berat yang terjadi akibat persentase penambahan *styrofoam* yang berbeda. Hasil pengukuran berat satuan rata-rata untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil pengukuran berat satuan rata-rata**

Penambahan Styrofoam (%)	Berat Satuan rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )
0	2170.139
10	2044.594
20	1996.871
30	1864.319
40	1854.874

Selanjutnya dari Tabel 2 dilakukan analisis regresi sehingga diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan hubungan antara berat satuan beton dengan penambahan *styrofoam*. Berat satuan beton mengalami penurunan secara linier terhadap penambahan *styrofoam*.



**Gambar 2. Kurva regresi linier antara berat satuan beton dengan variasi penambahan *styrofoam***

Dari persamaan garis regresi diperoleh bahwa berat satuan beton tanpa penambahan styrofoam (0%) 2148,32 kg/m<sup>3</sup> dan setiap 10% penambahan styrofoam pada beton, berat satuan beton akan berkurang sebesar 81,08 kg/m<sup>3</sup> atau 4,01%. Beton tanpa penambahan styrofoam (0%) mempunyai kecenderungan mengandung rongga-rongga udara yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah proses pencetakan. Styrofoam dalam beton dianggap sebagai rongga udara sehingga penambahan styrofoam akan menambah jumlah rongga udara yang terdapat dalam beton. Hal ini mengakibatkan penurunan berat dari beton yang dihasilkan, sehingga berat satuan beton juga akan berkurang.

**Kuat Tarik Belah**

Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan membebani silinder sepanjang tinggi silinder, sehingga diperoleh kekuatan tarik maksimum yang menyebabkan beton tersebut hancur/terbelah. Hasil pengujian kuat tarik belah rata-rata untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.

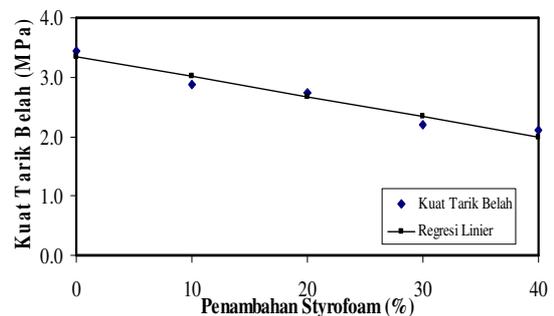
**Tabel 3. Kuat tarik belah beton**

Penambahan Styrofoam (%)	Kuat Tarik Belah rata-rata (MPa)
0	3.449
10	2.870
20	2.738
30	2.206
40	2.095

Selanjutnya dari Tabel 3 dilakukan analisis regresi sehingga diperoleh kurva regresi yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara nilai kuat tarik belah beton terhadap penambahan styrofoam. Dari persamaan garis regresi diperoleh bahwa beton tanpa penambahan styrofoam memiliki kuat tarik belah 3,346 MPa, setiap 10% penambahan styrofoam pada beton kuat

tarik belah beton akan berkurang sebesar 0,34 MPa atau sebesar 12,19%. Beton dengan kekuatan yang baik diperoleh apabila interaksi antara komponen pembentuknya terjadi dengan baik, interaksi ini akan diperoleh bila antara komponen pembentuk beton memiliki lekatan yang kuat satu dengan yang lain. Styrofoam merupakan bahan kedap air dan memiliki permukaan yang licin, sehingga lekatannya dengan pasta semen tidak baik. Saat pasta semen mengeras akan terjadi penyusutan pada beton, proses ini akan membentuk *microcrack* pada daerah lemah (*weak zone*) disekitar butiran styrofoam. Semakin banyak jumlah styrofoam yang ditambahkan dalam campuran beton, maka akan semakin banyak *microcrack* pada daerah lemah yang akan terbentuk pada saat pasta semen mengalami proses pengerasan. Jumlah *microcrack* dalam beton akan mempengaruhi kekuatan beton.



**Gambar 3. Kurva regresi linier hubungan antara kuat tarik belah beton dengan variasi penambahan Styrofoam**

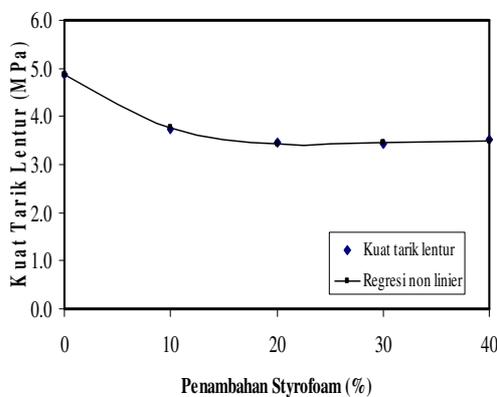
**Kuat Tarik Lentur**

Kuat tarik lentur beton adalah kuat tarik beton dalam keadaan lentur. Pengujian kuat tarik lentur penting dilakukan untuk menentukan retak dan lendutan yang terjadi pada balok. Hasil pengujian kuat tarik lentur rata-rata untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Kuat tarik lentur beton**

Penambahan Styrofoam (%)	Kuat Tarik Lentur rata-rata (MPa)
0	4.868
10	3.731
20	3.462
30	3.435
40	3.506

Selanjutnya dari Tabel 4 dilakukan analisis regresi sehingga diperoleh kurva regresi nonlinier yang dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4. Kurva regresi non linier hubungan antara kuat tarik lentur beton dengan variasi penambahan styrofoam**

Gambar 4 menunjukkan hubungan nonlinier antara kuat tarik lentur terhadap penambahan butiran styrofoam. Dari persamaan garis diperoleh bahwa kuat tarik lentur beton pada saat:

- 10% penambahan styrofoam kuat tarik lentur beton adalah 3,759 MPa, kekuatan ini berkurang 22,67% dari kuat tarik lentur beton tanpa penambahan styrofoam.
- 20% penambahan styrofoam kuat tarik lentur beton adalah 3,421 MPa, kekuatan ini berkurang 29,62% dari kuat tarik lentur beton tanpa penambahan styrofoam.
- 30% penambahan styrofoam kuat tarik lentur beton adalah 3,463 MPa, kekuatan ini berkurang 28,76% dari kuat tarik lentur beton tanpa

penambahan styrofoam dan meningkat 1,21% dari kuat tarik lentur beton dengan 20% penambahan styrofoam.

- 40% penambahan styrofoam kuat tarik lentur beton adalah 3,500 MPa, kekuatan ini berkurang 27,98% dari kuat tarik lentur beton tanpa penambahan styrofoam dan meningkat 1,06% dari kuat tarik lentur beton dengan 30% penambahan styrofoam.

Dari uraian di atas dapat dilihat bahwa penambahan styrofoam tidak akan menyebabkan kuat tarik lentur menjadi nol, karena styrofoam sendiri mempunyai kekuatan.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Penambahan persentase styrofoam dalam campuran beton menambah jumlah rongga udara dalam beton yang mengakibatkan nilai slump meningkat, namun menurunkan berat satuan, kuat tarik belah dan kuat tarik lentur beton.
2. Setiap penambahan 10% styrofoam ke dalam campuran beton akan menurunkan berat satuan beton sebesar 81,08 kg/m<sup>3</sup> (4,01%) dan kuat tarik belah sebesar 0,34 MPa (12,19%).
3. Penambahan styrofoam pada pengujian kuat tarik lentur mengakibatkan penurunan kekuatan yang tidak linier, penambahan 10%, 20%, 30%, 40% styrofoam akan menurunkan kuat tarik lentur 22,67%; 29,62%; 28,76%; 27,98% terhadap beton tanpa penambahan styrofoam.

### Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh styrofoam dalam campuran beton terhadap jumlah semen yang berbeda-beda.

2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh *styrofoam* dalam campuran beton terhadap faktor air semen yang berbeda-beda.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. 1980. *Standar Industri Indonesia: Mutu dan Cara Uji Agregat Beton*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Anonimus. 1991. *SK Standar Nasional Indonesia: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Anonimus. 2002. *Standar Nasional Indonesia: Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Mehta, P.K. 1986. *Structure, Properties, and Material*, Prentice Hall, New Jersey.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*, ANDI, Yogyakarta.
- Murdock, L.J. and Brook, K.M. 1999. *Bahan dan Praktek Beton*, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
- Neville, A.M. and Brooks, J.J. 1998. *Concrete Technology*, Longman, Singapore.
- Pandeyati. 2003. *Penelitian Tentang Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Kuat Tarik Lentur, Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Menggunakan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar*, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- Ritonga M.D. 2004. *Pengaruh Kandungan Udara Dalam Adukan Beton Terhadap Nilai Slump, Faktor Pemasadatan, dan Kuat Tekan Beton*, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- Salmon, C.G. dan Wang, C.K. 1993. *Disain Beton Bertulang*, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Samekto, W. dan Rahmadiyanto, C. 2001. *Teknologi Beton*, Kanisius, Yogyakarta.
- Satyarno, I. 2004. *Penggunaan Semen Putih Untuk Beton Styrofoam Ringan (Batafoam)*. Website: <http://ppkb.UGM.ac.id/pdf/Bussino/iman.pdf>
- Subakti, A. 1994. *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Laboratorium Jurusan Teknik Sipil ITS, Surabaya.
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta.