

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES LIGHTWEIGHT CONCRETE AND THE USE STYROFOAM SILICA SAND

by Kurdian Suprpto^a, Mudji Irmawan^a, and Fauzi Rahman^b

ABSTRACT

The research is motivated rationale for reuse styrofoam waste (wrappers monitor) that is widely available on the ground that this cannot be destroyed or recycled. Utilization of waste is intended to not pollute the environment and can even be commercially valuable. In addition, this study is an attempt to find alternative materials replacement bricks. One of them is by using a mixture of portland cement, silica sand and styrofoam for the manufacture of non-structural lightweight concrete. Silica sand crushed into powder 22.44% retained on sieve no. 325 and styrofoam used in the form of small granules which pass 9.5 mm sieve. This study begins with a test mortar with silica sand content of 0%, 30%, 40%, 50% by weight of cement + silica sand. Then one of the mortar mixture composition is taken to be combined with Styrofoam to test concrete with styrofoam levels of 3%, 3.5%, 4% by weight of cement + silica sand. From the results of testing mortars, the composition of the mixture is taken as 40% silica sand and cement 60%. In testing the concrete, the greater the level of styrofoam, the smaller the volume weight, compressive strength, tensile strength and flexural strength concrete. The composition of concrete mixtures with styrofoam levels 3.5% and 4% which can be categorized as non-structural lightweight concrete material to be used as wall panels / insulation.

KEYWORDS: *compressive strength; lightweight concrete; portland cement; silica sand; styrofoam.*

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan merupakan masalah yang mengkhawatirkan pada saat ini. Kebutuhan yang semakin kompleks menuntut perkembangan industri yang pesat, namun dipihak lain limbahnya menimbulkan masalah lingkungan. Begitu juga dengan persoalan sampah styrofoam yang selama ini tidak bisa dimusnahkan ataupun didaur ulang. Kondisi dilematis ini membutuhkan suatu cara untuk memanfaatkan kembali limbah industri/sampah agar diperoleh sesuatu yang bermanfaat dan bernilai ekonomi/komersial.

Penelitian ini adalah memanfaatkan limbah styrofoam (bekas pembungkus monitor) yang banyak terdapat di lapangan dicampur dengan pasir silika dan semen portland untuk pembuatan beton ringan nonstruktur. Campuran beton ini merupakan bahan alternatif pengganti batu bata.

Styrofoam yang digunakan adalah sebagai pengganti agregat dalam campuran beton yang mempunyai berat cukup ringan yaitu sekitar 13 kg/m^3 sampai 15 kg/m^3 , sehingga beton yang dihasilkan akan lebih ringan dibandingkan dengan batako atau batu bata pada umumnya.¹ Biaya pembuatan yang relatif cukup murah karena memanfaatkan limbah/sampah.

Sedangkan pasir silika dapat digunakan sebagai pengganti semen yang mempunyai kandungan silikadioksida (SiO_2) mencapai lebih dari 90% dalam bentuk silica fume,² sehingga diharapkan dapat meningkatkan kekuatannya dibandingkan dengan

menggunakan pasir biasa. Pasir silika yang digunakan pada penelitian ini akan dilakukan penghalusan (*grinding*) terlebih dahulu, kemudian dicari kandungan senyawa kimianya melalui penelitian secara kimia yang diharapkan menghasilkan kehalusan dan senyawa-senyawa yang kadarnya memenuhi syarat sebagai material pozzolan. Penelitian ini bertujuan untuk:

Mengetahui kuat tekan dari mortar (semen+pasir silika) dengan melakukan penelitian meliputi : pembuatan dan perawatan mortar dan tes tekan serta kuat tarik. Mengetahui berat volume, kuat tekan dan kuat lentur serta kuat tarik beton (semen+ pasir silika+styrofoam) dengan melakukan penelitian meliputi: pembuatan dan perawatan beton, tes tekan, tes lentur dan tes tarik.

Kontribusi penelitian ini diharapkan akan dihasilkan beton ringan nonstruktur yang kuat, murah, awet, mudah dikerjakan, dan dapat dibuat elemen struktur seperti dinding panel/isolasi.

Penelitian ini dibatasi hanya pada pembahasan masalah jenis material pembentuk campuran beton ringan saja.

STUDI LITERATUR

Semen Portland (*Portland Cement*)

Semen Portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C150-2003,³ semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat.

Air

Air merupakan salah satu bagian yang penting dalam pembuatan beton, karena air diperlukan sebagai pereaksi terhadap semen serta menjadi bahan pelumas antara butir-

^aLecturer in the Department of Civil Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS), ITS Campus, Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia.

^bStudent in the Department of Civil Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS), ITS Campus, Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia.

Note. The manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on April 15, 2011. Discussion open until May 2012. This paper is part of the ITS Journal of Civil Engineering, Vol. 31, No. 1, May 2011. © ITS Journal of Civil Engineering, ISSN 2086-1206/2011.

Tabel 1. Pembagian beton ringan menurut penggunaan dan persyaratannya

Pustaka	Jenis Beton Ringan	Berat Jenis (kg/m ³)	Kuat Tekan (MPa)
Dobrowolski (1998)	Beton dengan berat jenis rendah	240 - 800	0,35 – 6,9
	Beton ringan dengan kekuatan menengah	800 - 1440	6,9 – 17,3
	Beton ringan struktur	1440 - 1900	> 17,3
Neville and Brooks (1987)	Beton ringan struktur	1400 - 1800	> 17
	Beton ringan untuk pasangan batu	500 - 800	7 – 14
	Beton ringan penahan panas	< 800	0,7 – 7

Tabel 2. Spesifikasi Kimia dan Fisika Menurut ASTM C618-03

Ketentuan Kimiawi	Jenis N
Oksida Silika (SiO ₂) + Oksida Alumina (Al ₂ O ₃) + Oksida Besi (Fe ₂ O ₃), minimum %	70.0
Trioksida Sulfur (SO ₃), maksimum %	4.0
Kadar Air, maksimum %	3.0
Ketersediaan alkali (Na ₂ O), maksimum %	1.5
Ketentuan Fisika	Jenis N
Kehalusan, maksimum % (tertahan ayakan no 325)	34

butir agregat agar mudah dikerjakan.⁴ Semen tidak akan berfungsi apa-apa tanpa bereaksi dengan air. Oleh sebab itu kualitas air yang digunakan harus benar-benar dikontrol dan sesuai dengan standar yang telah ditentukan (*Portland Cement Association, Principles of Quality Concrete, 1975*).

Pasir Silika

Pasir silika adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika (SiO₂) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir silika juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti silika dan feldspar. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang terendapkan di tepi-tepi sungai, danau atau laut ([Http://www.tekmira.esdm.go.id/ kp/ informasiPertamb/ index.asp](http://www.tekmira.esdm.go.id/kp/informasiPertamb/index.asp)).

Pasir silika yang dibuat menjadi serbuk yang disebut serbuk silika, dapat dipakai sebagai bahan tambahan dalam campuran beton untuk meningkatkan kekuatan. Penambahan serbuk silika sebanyak 30% dapat meningkatkan kekuatan tekan sampai 40%, kekuatan tarik 20% dan kekuatan lentur 4%.²

Styrofoam (Expanded Polystyrene)

Styrofoam atau expanded polystyrene dikenal sebagai gabus putih yang biasa digunakan untuk membungkus barang elektronik. Polystyrene merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu dibawah 100°C.⁵ Polystyrene memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m³, kuat tarik sampai 40 MN/m², modulus lentur sampai 3 GN/m², modulus geser sampai 0.99 GN/m², angka poisson 0.33.⁶

Iman Satyarno¹ menggunakan semen putih dan styrofoam untuk pembuatan beton styrofoam ringan yang disebut dengan Batafoam. Kesimpulannya adalah bahwa semakin banyak kandungan styrofoam yang digunakan maka berat jenis beton semakin kecil, kuat tekan dan kuat lentur beton juga semakin kecil.

Beton Ringan (Lightweight Concrete)

Menurut SNI 2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m³. Iman Satyarno¹ menyebutkan, pembagian penggunaan beton ringan berdasarkan berat jenis dan kuat tekan minimum yang harus dipenuhi dapat dilihat pada table 1.

Kesimpulannya, Satyarno¹ menyebutkan bahwa secara garis besar kalau diringkas pembagian penggunaan beton ringan dapat dibagi tiga yaitu:

- Untuk nonstruktur dengan berat jenis antara 240 kg/m³ sampai 800 kg/m³ dan kuat tekan antara 0,35 MPa sampai 7 MPa yang umumnya digunakan seperti untuk dinding pemisah atau dinding isolasi.
- Untuk struktur ringan dengan berat jenis antara 800 kg/m³ sampai 1400 kg/m³ dan kuat tekan antara 7 MPa sampai 17 Mpa yang umumnya digunakan seperti untuk dinding yang juga memikul beban.
- Untuk struktur dengan berat jenis antara 1400 kg/m³ sampai 1800 kg/m³ dan kuat tekan lebih dari 17 MPa yang dapat digunakan sebagaimana beton normal.

Material Pozzolan

ASTM C618-03 mendefinisikan pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dan aluminium silika yang tidak mempunyai sifat perekat (sementasi) pada dirinya sendiri, tetapi dengan butirannya yang sangat halus bisa bereaksi dengan kapur dan air membentuk bahan perekat (senyawa yang bersifat hidrolis) pada temperatur normal.

Spesifikasi Kimia dan Fisika Menurut ASTM C618-03³ untuk material yang bersifat pozzolan jenis N (natural pozzolan) dapat dilihat pada Tabel 2.

MATERIAL DAN METODOLOGI

Pembuatan dan perawatan benda uji dilakukan berdasarkan standart ASTM C192/C192M-02. Perawatan dilakukan dengan cara perendaman dengan air yang dapat digunakan untuk pekerjaan beton. Peralatan yang diperlukan adalah :

Tabel 3. Rancangan jumlah benda uji beton

Pengujian	Persentase styrofoam terhadap berat pasir silika+semen			Umur benda uji
	3 %	3,5%	4%	
Uji Kuat Tekan ASTM C39/C39M-01	6 bh	6 bh	6 bh	28 hari
Uji Kuat Lentur ASTM C78-02	3 bh	3 bh	3 bh	28 hari
Uji Kuat Tarik	3 bh	3 bh	3 bh	28 hari

Tabel 4. Hasil Tes Kimia Pasir Silika

No.	Parameter	Kadar (%)
1	SiO ₂	29,73
2	Al ₂ O ₃	1,97
3	Fe ₂ O ₃	1,88
4	CaO	3,68
5	MgO	3,83
6	SO ₃	5,64
7	Na ₂ O	2,13
8	K ₂ O	5,51

Tabel 5. Hasil Tes Fisika Pasir Silika

Tes Fisika		
1	Pasir silika yang sudah dihaluskan <i>Specific gravity</i> (Berat Jenis)	2,632
	<i>Unit Weight</i> (Berat Volume) lepas, gr/cm ³	1,18
	<i>Unit Weight</i> (Berat Volume) tumbuk, gr/cm ³	1,24
	Kehalusan (tertahan ayakan no.325), %	22,44
2	Pasir silika tanpa dihaluskan <i>Unit Weight</i> (Berat Volume) lepas, gr/cm ³	1,48

Tabel 6. Spesifikasi Kimia dan Fisika menurut ASTM C618-03 dan hasil tes

Ketentuan Kimiawi	Jenis N	Hasil Tes
Oksida Silika (SiO ₂) + Oksida Alumina (Al ₂ O ₃) + Oksida Besi (Fe ₂ O ₃), minimum %	70.0	33,58
Trioksida Sulfur (SO ₃), maksimum %	4.0	5,64
Kadar Air, maksimum %	3.0	-
Ketersediaan alkali (Na ₂ O), maksimum %	1.5	2,13
Ketentuan Fisika	Jenis N	Hasil Tes
Kehalusan, maksimum % (tertahan ayakan no 325)	34	22,44

- Mesin pengaduk Standar ASTM C 305
- Tempat pengaduk
- Alat pengaduk
- *Stop Watch* (Pengukur Waktu)
- Cetakan berbentuk kubus 5x5x5 cm³ untuk benda uji mortar pada tes kuat tekan
- Cetakan silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm untuk benda uji beton pada tes kuat tekan dan tes kuat tarik
- Cetakan berbentuk balok 10x10x40 cm³ untuk benda uji beton pada tes kuat lentur
- Mesin tekan *Torsee's Universal Testing Machine*

Bahan yang diperlukan adalah : semen, pasir silika dan air serta styrofoam.

Penelitian Material Dasar

1). Air

Air yang akan digunakan diambil dari Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya (standar air dapat diminum/air PDAM Surabaya).

2). Semen Portland

Semen yang akan digunakan adalah semen Portland tipe I produksi PT Semen Gresik, dengan standar mutu mengacu pada ASTM C150-02 dan SNI 15-2049-94. Pengujian tidak dilaksanakan sendiri di laboratorium tetapi menggunakan hasil pengujian dari PT. Semen Gresik (Persero) Tbk.

3). Pasir silika

Pasir silika diambil dari Kabupaten Tuban. Pasir silika ini dihaluskan dengan alat penggiling *Bond Ball Mill*

Tabel 7. Perhitungan berat volume styrofoam

Jenis Percobaan	
Berat bohler (w1) , gr	1070
Berat bohler + Styrofoam (w2), gr	1096
Berat styrofoam (w2 - w1), gr	26
Volume bohler (v), cm ³	2000
Berat volume = (w2 - w1)/v, gr/cm ³	0,013

Tabel 8. Hasil Tes Kuat Tekan Pasta PC:0,35:0:100

No	Kode	Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	PC:0,35:0:100	3	33,973
2	PC:0,35:0:100	7	40,053
3	PC:0,35:0:100	14	51,173
4	PC:0,35:0:100	21	56,533
5	PC:0,35:0:100	28	63,267

Tabel 9. Hasil Tes Kuat Tekan Mortar MC0,35:30:70

No	Kode	Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	MC:0,35:30:70	3	30,400
2	MC:0,35:30:70	7	38,267
3	MC:0,35:30:70	14	39,947
4	MC:0,35:30:70	21	41,080
5	MC:0,35:30:70	28	56,267

Tabel 10. Hasil Tes Kuat Tekan Mortar MC:0,35:40:60

No	Kode	Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	MC:0,35:40:60	3	30,507
2	MC:0,35:40:60	7	31,413
3	MC:0,35:40:60	14	32,560
4	MC:0,35:40:60	21	36,213
5	MC:0,35:40:60	28	40,933

Tabel 11. Hasil Tes Kuat Tekan Mortar MC:0,35:50:50

No	Kode	Umur (hari)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	MC:0,35:50:50	3	20,267
2	MC:0,35:50:50	7	23,067
3	MC:0,35:50:50	14	28,400
4	MC:0,35:50:50	21	28,987
5	MC:0,35:50:50	28	31,760

Keterangan : MC:0,35:A:B ; PC:0,35:0:100

M = Mortar ; P = Pasta

C = *Compressive* (untuk kuat tekan)

0,35 = faktor air semen (fas)

A = persentase pasir silika ;

B = persentase semen

sebanyak 52000 putaran sehingga menjadi serbuk. Kemudian serbuk pasir silika dites kimia untuk mengetahui besarnya kadar senyawa-senyawa yang ada pada pasir silika tersebut. Pasir silika juga dites fisika meliputi : *Specific gravity* (berat jenis), *Unit Weight* (berat volume) dan analisa *amount retained when wet-sieved on 45 μm (No. 325) sieve* (analisa saringan tertahan saringan no. 325)

4). Styrofoam

Styrofoam diambil dari limbah yang banyak terdapat di lapangan. Styrofoam yang digunakan sudah dalam

bentuk butiran-butiran kecil yang diperoleh dengan cara memarutkan bekas kotak monitor (limbah styrofoam) tersebut ke sikat paku. Sikat paku dibuat dengan jarak antar paku adalah 1 cm dan kedalamannya 1 cm. Percobaan yang dilakukan adalah menyaring styrofoam yang sudah diparut dengan saringan 3/8 inch (9,5 mm) kemudian menghitung berat volume styrofoam yang telah lolos saringan tersebut.

b. Pengujian Pasta dan Mortar

Untuk tahap penelitian mortar kombinasi pasir silika adalah 0 %, 30 %, 40 % dan 50 % dari berat semen+pasir

silika dengan faktor air semen (fas) 0,35. Untuk kombinasi pasir silika 0 % (100 % semen) disebut dengan *pasta*. Sedangkan kombinasi pasir silika 30 %, 40 % dan 50 % disebut dengan *mortar*. Untuk tes tekan hancur, benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 5X5X5 cm³, masing-masing kombinasi sebanyak 15 buah dan dites pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari berdasarkan standart ASTM C109/C109M-02.

c. Pengujian Beton

Dari hasil tes tekan mortar diambil salah satu komposisi campuran mortar yang akan dikombinasikan dengan styrofoam. Kombinasi styrofoam yang digunakan adalah 3 %, 3,5%, dan 4 % dari berat pasir silika+semen dengan fas 0,4. Benda uji untuk tes kuat tekan dan tes kuat tarik berbentuk silinder berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Sedangkan benda uji untuk kuat lentur berbentuk balok berukuran 10x10x40 cm³. Adapun kombinasi styrofoam dan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.

HASIL DAN ANALISA

Hasil penelitian Material Dasar

1). Pasir Silika

Hasil analisa kimia dan fisika pasir silika dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Dari Tabel 6 dapat dilihat hasil analisa kimia terhadap pasir silika dan didapatkan jumlah persentase kadar Oksida Silika (SiO₂), Oksida Alumina (Al₂O₃) dan Oksida Besi (Fe₂O₃) secara kumulatif adalah sebesar 33,58 %. Jumlah ini kurang dari 70 % yang disyaratkan ASTM 628-03. Begitu juga dengan Trioksida Sulfur (SO₃) yang disyaratkan maksimum 4,0 % ternyata 5,64 % serta ketersediaan alkali (Na₂O) adalah 2,13 % lebih dari 1,5 %. Ditinjau dari segi kandungan senyawa kimia maka pasir silika ini tidak memenuhi syarat sebagai bahan pozzolan. Sedangkan dari segi kehalusan yang tertahan ayakan no.325 adalah sebesar 22,44 %, besarnya ini kurang dari 34 % yang disyaratkan berarti memenuhi syarat ukuran butiran pozzolan.

2). Styrofoam

Styrofoam yang telah diparut, kemudian disaring sehingga lolos saringan 9,5 mm dan dihitung berat volumenya pada Tabel 5. Berat volume styrofoam adalah 0,013 gr/cm³ (13 kg/m³), hal ini sesuai dengan pernyataan Iman Satyarno (2004) bahwa styrofoam mempunyai berat volume sekitar 13 kg/m³ sampai 15 kg/m³ yang cukup ringan untuk campuran beton ringan.

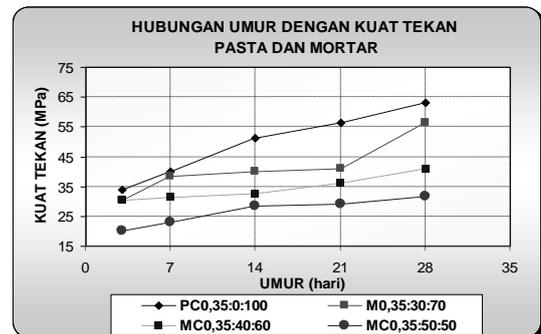
Hasil Pengujian Pasta dan Mortar

Kuat Tekan Pasta dan Mortar

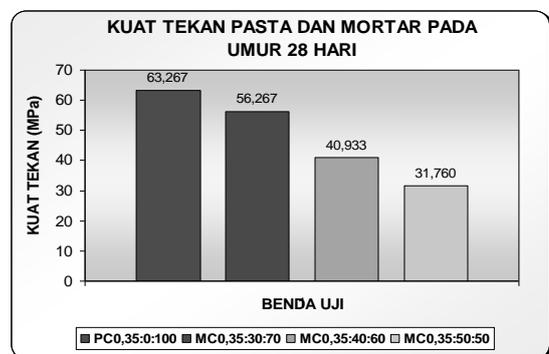
Hasil tes kuat tekan Pasta dan Mortar dapat dilihat pada Tabel 8, Tabel 9, Tabel 10 dan Tabel 11.

Dari Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin meningkat umur pasta maupun mortar maka sama-sama semakin meningkat kekuatannya. Dari Gambar 2. terlihat bahwa pada umur 28 hari, untuk mortar dengan kadar pasir silika 30 % (MC:0,35:30:70) kuat tekannya sebesar 56,267 Mpa, kekuatannya menurun 11 % jika dibandingkan dengan kuat tekan pasta normal sebesar 63,267 Mpa dan untuk mortar dengan kadar pasir silika 40 % (MC:0,35:40:60) dengan kuat tekannya sebesar 40,933 Mpa, kekuatannya menurun 35,3 %. Begitu juga

mortar dengan kadar pasir silika 50 % (MC:0,35:50:50) yang kuat tekannya sebesar 31,76 Mpa, kekuatannya menurun sebesar 49,8 %. Hal ini berarti semakin banyak kadar pasir silika maka semakin menurun kekuatan tekannya.



Gambar 1. Grafik Hubungan Umur dengan Kuat tekan Pasta dan Mortar



Gambar 2. Grafik Kuat tekan Pasta dan Mortar Umur 28 hari

Berdasarkan hasil analisa tes tekan diambil komposisi campuran mortar dengan kadar pasir silika 40 % dan kadar semen 60 % yang digunakan untuk pembuatan benda uji pada pengujian beton dengan mengambil fas 0,4 dan variasi styrofoam 3 %, 3,5 % dan 4 %.

Hasil Pengujian Beton

1). Berat Volume

Hasil perhitungan berat volume beton dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil perhitungan berat volume

KODE	BV	BV	BV
	B:0,4:40:60:3	B:0,4:40:60:3,5	B:0,4:40:60:4
Dari uji kuat tekan	769	740	716
	769	726	706
	768	715	711
	746	723	716
	850	709	692
	913	741	664
Dari uji kuat tarik	802	757	753
	805	712	709
	809	725	697
Dari uji kuat lentur	869	799	700
	862	798	717
	872	801	698
Rata-rata BV (kg/m ³)	819	746	707

Keterangan : BV = Berat Volume;

B:0,4:A:D:E ; B = Beton

0,4 = fas (faktor air semen)

A = persentase sps

D = persentase semen ; E = persentase styrofoam

Dari Tabel 12 ditunjukkan bahwa berat volume rata-rata beton dengan kadar styrofoam 3% sebesar 819 kg/m³ dan beton dengan kadar styrofoam 3,5 % sebesar 746 kg/m³ serta beton dengan kadar styrofoam 4 % sebesar 707 kg/m³. Ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar styrofoam dalam beton maka berat volumenya semakin kecil (Iman Satyarno, 2004). Hal ini disebabkan karena berat mortar berbanding terbalik dengan berat styrofoam dengan volume beton yang sama. Jika berat styrofoam lebih besar maka berat mortar akan lebih kecil untuk menempati volume beton yang sama.

2). Kuat Tekan

Hasil tes kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil tes kuat tekan beton

No	Kode	Berat Volume Rata-rata (kg/m ³)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	BC:0,4:40:60:3	803	1,982
2	BC:0,4:40:60:3,5	726	1,367
3	BC:0,4:40:60:4	701	1,218

Keterangan kode benda uji kuat tekan beton : BC:0,4:A:D:E

B = Beton ; C = *Compressive* (untuk kuat tekan)

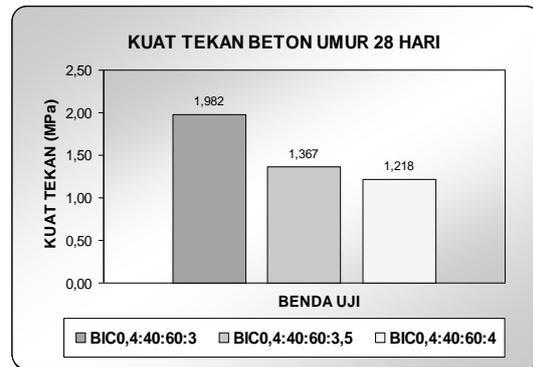
0,4 = fas (faktor air semen)

A = persentase sps

Dari Gambar 3. dapat diketahui bahwa kuat tekan hancur beton rata-rata dengan kadar styrofoam 3% sebesar 1,982 MPa dan beton dengan kadar styrofoam 3,5 % sebesar 1,367 MPa serta beton dengan kadar styrofoam 4 % sebesar 1,218 MPa. Ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar styrofoam dalam beton maka kuat tekannya semakin kecil (Iman Satyarno, 2004). Hal ini disebabkan karena mortar yang mengikat styrofoam volumenya akan lebih kecil jika kadar styrofoam diperbesar.

D = persentase semen; E = persentase styrofoam

Dengan kata lain berat volume beton akan berkurang. Sehingga beton menjadi kurang padat dan hal ini menyebabkan kuat tekan beton akan berkurang (lihat Gambar 4. grafik hubungan antara berat volume beton dengan kuat tekannya). Semakin besar berat volumenya maka semakin besar pula kuat tekan yang dihasilkan oleh beton.



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan



Gambar 4. Grafik hubungan antara Berat Volume dengan Kuat Tekan beton

3). Kuat Lentur

Hasil tes kuat lentur beton dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil tes kuat lentur beton

No	Kode	Berat Volume (kg/m ³)	Kuat Lentur rata-rata (Mpa)
1	BF:0,4:40:60:3	867	1,080
2	BF:0,4:40:60:3,5	799	0,960
3	BF:0,4:40:60:4	705	0,840

Keterangan kode benda uji kuat lentur beton :

BF:0,4:A:D:E

B = Beton ; F = *Flexural* (untuk kuat lentur)

0,4 = fas (faktor air semen)

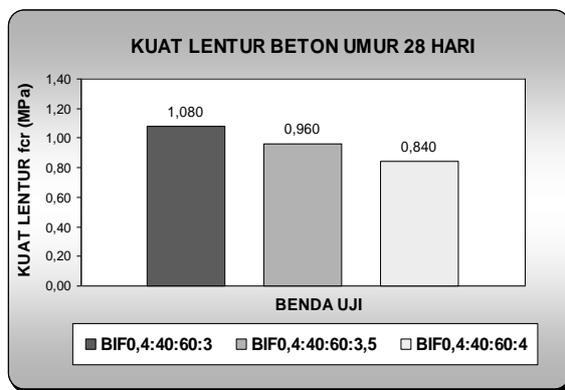
A = persentase sps ; D = persentase semen

E = persentase styrofoam



Gambar 5. Grafik Hubungan Berat Volume dengan Kuat Lentur

Dari Tabel 14 dan Gambar 6 dapat dilihat hasil tes kuat lentur beton, dimana kadar styrofoam 3 % menghasilkan kuat lentur rata-rata sebesar 1,080 MPa dan berat volume rata-rata sebesar 867 kg/m³. Untuk kadar styrofoam 3,5 % menghasilkan kuat lentur rata-rata sebesar 0,960 MPa dan berat volume rata-rata sebesar 799 kg/m³ dan untuk kadar styrofoam 4 % menghasilkan kuat lentur rata-rata sebesar 0,840 MPa dan berat volume rata-rata sebesar 705 kg/m³. Ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar styrofoam dalam beton maka kuat lenturnya semakin kecil Iman Satyarno¹ dan juga semakin kecil berat volume beton, akan menghasilkan kuat lentur yang lebih lebih kecil pula (lihat Gambar 5.). Hal ini disebabkan karena berat volume beton yang kecil berarti beton kurang padat karena mortar untuk mengikat styrofoam lebih sedikit sehingga membuat beton lebih banyak terdapat pori-porinya dibandingkan dengan beton yang berat volumenya lebih besar.



Gambar 6. Grafik Kuat Lentur Beton

4) Kuat Tarik

Hasil tes kuat lentur beton dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Hasil tes kuat tarik beton

No	Kode	Berat Volume (kg/m ³)	Kuat Tarik rata-rata (Mpa)
1	BT:0,4:40:60:3	805	0,297
2	BT:0,4:40:60:3,5	732	0,263
3	BT:0,4:40:60:4	720	0,255

Keterangan kode benda uji kuat lentur beton :

BT:0,4:A:D:E

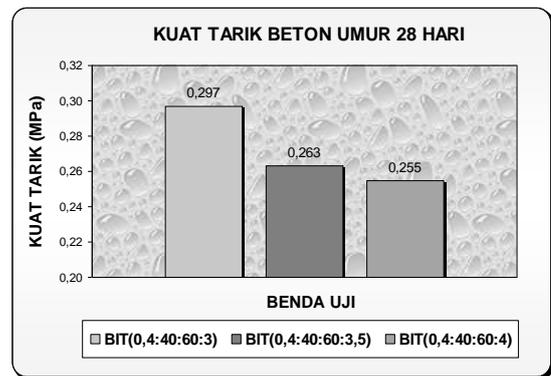
B = Beton ; T = *Tensile* (untuk kuat tarik)

0,4 = fas (faktor air semen)

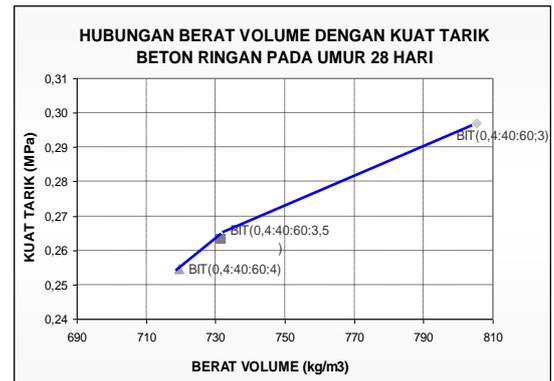
A = persentase sps ; D = persentase semen

E = persentase styrofoam

Gambar 7 dan Gambar 8 dapat dilihat bahwa kuat tarik beton rata-rata dengan kadar styrofoam 3 % sebesar 0,297 MPa dengan berat volume rata-rata 805 kg/m³ dan beton dengan kadar styrofoam 3,5 % sebesar 0,263 MPa dengan berat volume rata-rata 732 kg/m³ serta beton dengan kadar styrofoam 4 % sebesar 0,255 MPa dengan berat volume rata-rata 720 kg/m³.



Gambar 7. Grafik Kuat Tarik Beton



Gambar 8. Grafik Hubungan Berat Volume dengan Kuat Tarik Beton

Jika dibandingkan dengan kuat tarik beton dengan kadar styrofoam 3 % maka untuk beton dengan kadar styrofoam 3,5 % kuat tariknya mengalami penurunan sebesar 11,45 % dan untuk beton dengan kadar styrofoam 4 % kuat tariknya mengalami penurunan sebesar 14,14 %.

Ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar styrofoam dalam beton maka berat volume dan kuat tariknya semakin kecil. Berat volume kecil berarti beton kurang padat yang menyebabkan lebih banyak terdapat pori-pori pada beton, sehingga kuat tarik akan lebih kecil.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pasir silika yang berasal dari Tuban yang telah dihaluskan (22,44 % tertahan saringan no.325) dapat digunakan sebagai campuran beton tetapi hanya sebagai pengisi (filler) saja bukan sebagai pozzolan.
2. Berdasarkan syarat penggunaan beton ringan untuk nonstruktur yaitu berat jenis (berat volume) antara 240 kg/m³ sampai 800 kg/m³ dan kuat tekan antara 0,35 MPa sampai 7 MPa yang fungsinya untuk dinding panel atau dinding isolasi Iman Satyarno¹, maka beton dengan kadar styrofoam 3,5 % dan 4 % saja yang bisa dikategorikan sebagai beton ringan nonstruktur tersebut. Sedangkan untuk beton kadar styrofoam 3 % tidak dikategorikan sebagai beton ringan non struktur karena berat volumenya melebihi 800 kg/m³ (berat volume rata-rata 819 kg/m³) walaupun dari segi kuat tekannya memenuhi bahkan paling besar nilainya yaitu 1,982 MPa.

3. Komposisi campuran beton ringan dengan 40 % pasir silika dan 60 % semen serta kadar styrofoam 3,5 % atau 4 % yang menggunakan faktor air semen 0,4 dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan dinding panel/isolasi.

Saran-saran yang dapat diberikan adalah :

- Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai dinding panel beton ringan dari proporsi campuran hasil penelitian ini.
- Melakukan penelitian perbandingan kekuatan yang menggunakan styrofoam parut (limbah) dengan styrofoam fabrikasi.
- Mencoba beberapa tingkat kehalusan pasir silika untuk mengetahui lebih lanjut pengaruh kehalusannya terhadap kekuatan beton.

REFERENSI

1. Satyarno, I. 2004. "*Penggunaan Semen Putih untuk Beton Styrofoam Ringan (BATAFOAM)*". Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.
2. Koentjoro, H. 1993. "*Studi Awal Pemanfaatan Serbuk Silika sebagai Campuran Peningkat Kekuatan Beton*". <http://puslit.petra.ac.id/research/research%20papers/civil/93/pen-civ93-01.htm>.
3. ASTM. 2003. "Concrete and Aggregates". *Annual Book of ASTM Standard*, Philadelphia.
4. Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta, Penerbit Nafiri.
5. Bilmeyer, Jr, FW. 1984. "*Text Book of Polymer Science*". Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., Singapore.
6. Crawford, R.J. 1998. "*Plastic Engineering*". Third Edition.
7. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Metode, Spesifikasi dan Tata Cara. Bagian 3*, Jakarta.
8. Jovanovic, D. and Kostic, R. 2002. "*Products of Separation of Building Constructions Elements Made by Expanded Polystyrene at the Effect of Conflagration and Their Influence to One's Organism*". University of Nis, Faculty of Occupational Safety, Podgorica.
9. Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
10. Praktikum Teknologi Beton (*Konstruksi Beton I, SI 1522*). Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan ITS, Surabaya.
11. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara ([Http://www.tekmira.esdm.go.id/kp/InformasiPertamb/index.asp](http://www.tekmira.esdm.go.id/kp/InformasiPertamb/index.asp))
12. Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.