

PENGUNAAN BETON *STYROFOAM* RINGAN DENGAN TULANGAN DARI TALI TAMBANG PLASTIK UNTUK PANEL PLAT ATAP

Oleh :
Bastoni Hassasi

ABSTRACT

The utilization of lightweight material will decrease the structural weight that in turn will benefit to the overall structures. Styrofoam with specific gravity range from 13 to 15 kg/m³ is appropriate to be used as aggregate for lightweight concrete among other as the material for roof slab. Prior to utilization research is required in order to understand the feasibility of the material for application.

The aim of this research is to study the characteristic of lightweight styrofoam concrete with string of plastic inside the panel as a roof material. In this study, there are 6 pieces as testing material with 1500 mm long, 500 mm wide and 70 mm thick at various reinforcement; without string of plastic, with reinforced diameter 10 mm and 14 mm. The slab panel is made up from sand, portland pozzolan cement and styrofoam at 200, 350 and 15 kilograms, respectively with water cement ratio is 0.45 for 1 m³ and each specimens were reinforced by string of plastic with 10 mm diameter and distance 84 mm; 14 mm diameter with distance 165 mm. The testing material is tested its flexural strength with four-point loading at 450 mm from each bearings.

Value of tension stress of string plastic 10 mm diameter = 51.938 MPa and 14 mm diameter = 48.331 MPa, bond strength between the reinforcement and the concrete is 0.491 MPa for string plastic 10 mm diameter and 14 mm diameter is 0.341 MPa, value of modulus of rupture is 0.459 MPa. The result from the flexural test show that maximum loading for plate without string of plastic were 450 N; with string of plastic 10 mm diameter = 470 N and 14 mm diameter is 545 N and value maximum deflection of plate without string of plastic = 0.495 mm; with string of plastic 10 mm diameter = 4.745 mm and 14 mm diameter = 1.655 mm. Based on allowable maximum deflection specified by SK SNI, which is $\Delta_{max} = 7.5 \text{ mm (L/180)}$. Heavy of roof plate with reinforcement from string of plastic light progressively with existence reinforcement.

Keywords: Styrofoam, lightweight concrete, plastic

A. PENDAHULUAN

Plat adalah elemen bidang tipis yang menahan beban-beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan. Plat yang berupa datar dapat berfungsi sebagai penutup atap pada gedung-gedung bertingkat, yang selama ini terbuat dari beton bertulang. Beton bertulang bahan utamanya berupa semen, pasir, kerikil, dan air serta ditambah tulangan dari baja, sehingga mempunyai berat yang besar.

Berdasarkan uraian diatas untuk mengurangi bobot atau berat sehingga plat beton sangat ringan, digunakan beton *styrofoam* ringan yang bahan utamanya terdiri dari semen, pasir, *styrofoam*, air dengan tulangan dari tali tambang plastik sebagai bahan penutup atap yang memiliki berat yang relatif sangat ringan, sehingga apabila digunakan sebagai salah satu komponen struktural dapat mengurangi berat struktural secara keseluruhan.

Penggunaan tulangan dari tali tambang plastik karena bahan ini banyak terdapat di pasaran dengan harga yang murah dibandingkan dengan bahan tulangan baja atau sejenisnya. Pemakaian penulangan dari tali tambang plastik

ini dapat memberi keuntungan yaitu ringan, mudah dipotong dan tidak berkarat.

Menurut Murdock (1986), berat jenis beton ringan berkisar antara 1360 – 1840 kg/m³ dan berat jenis 1850 kg/m³ dapat dianggap sebagai batas dari beton ringan yang sebenarnya, meskipun nilai ini kadang-kadang melebihi. Sedangkan menurut Tjokrodinuljo (1996), beton disebut beton ringan jika beratnya kurang dari 1800 kg/m³.

Frieda (2004) melakukan penelitian mengenai plat atap beton *styrofoam* dengan perbandingan 350 kg semen, 200 kg pasir, 15 kg *styrofoam*, dengan nilai faktor air semen sebesar 0,45, tebal plat 5 cm. Tulangan yang dipergunakan berupa anyaman kawat berdiameter 1,7 mm dengan jarak antar anyaman $\pm 30 \text{ mm}$. Kuat tekan yang diperoleh sebesar 1,5 MPa, E = 645 MPa dan berat jenis = 0,74 t/m³. Besarnya beban maksimum yang dapat ditahan plat atap tanpa tulangan = 110,869 N, dengan tulangan 1 lapis = 232,994 N dan dengan tulangan 2 lapis = 214,143 N. Lendutan maksimum plat atap tanpa tulangan = 4,092 mm, dengan tulangan 1 lapis = 93,984 mm dan dengan tulangan 2 lapis = 51,345

mm serta penulangan plat atap dalam kondisi *over-reinforced*.

Giantara (2005), Irawan (2005), Pramono (2005), Putra (2005) dan Sari (2005) melakukan penelitian mengenai balok beton *styrofoam* ringan dengan kandungan semen yang berbeda-beda dan memakai tulangan dari tambang plastik tanpa simpul. Dari penelitian ini hanya meningkatkan kuat lentur balok dengan tambang plastik berturut-turut untuk diameter terluar terukur 6 mm, 8 mm, 10 mm, 14 mm, 16 mm dan 20 mm adalah 3,86 %; 2,48 %; 38,58 %; 13,99 %; 48,25 % dan 17,90 %.

Landasan Teori

1. Beton ringan

Beton disebut beton ringan jika beratnya kurang dari 1800 kg/m^3 (Tjokrodinuljo, 1996)

2. Agregat ringan

Styrofoam adalah salah satu bahan buatan yang dapat digunakan sebagai agregat. *Styrofoam* termasuk dalam kategori polimer sintetik dengan berat molekul tinggi. Polimer sintetik berbahan baku monomer berbasis *etilena* yang berasal dari perengkahan minyak bumi. *Styrofoam* hanya sebuah nama dalam dunia perdagangan, nama sesungguhnya adalah *polystyrene* atau *feniletena* dalam bentuk *foam*. *Feniletena* atau *styrene* dapat dipolimerkan dengan menggunakan panas, sinar ultraviolet, atau katalis. *Feniletena* merupakan bahan termoplastik yang bening (kecuali jika ditambahkan pewarna atau pengisi), dan dapat dilunakkan pada suhu sekitar 100°C . *Feniletena* tahan terhadap asam, basa dan zat pengarat (korosif) lainnya, tetapi mudah larut dalam hidrokarbon *aromatik* atau *berklor*. Dalam propanon (aseton) *feniletena* hanya mengembang. Penyinaran dalam waktu lama oleh sinar ultraviolet, sinar putih, atau panas, sedikit mempengaruhi kekuatan dan ketahanan polimer terhadap panas. *Feniletena* berbusa atau *styrofoam* diperoleh dari pemanasan *feniletena* yang menyerap *hidrokarbon volatil*. Ketika dipanasi oleh kukus (*steam*) akan melunak, dan penguapan hidrokarbon di dalam butiran akan menyebabkan butiran mengembang (Cowd, 1991).

3. Tali tambang dari plastik

Bahan dari plastik banyak digunakan untuk berbagai keperluan, salah satu diantaranya adalah tali tambang yang berfungsi sebagai tali pengikat. Plastik mutu tinggi atau *fiber polypropylene* mempunyai berat jenis 0,91 dan *Young's modulus* (E) = $(0,14 - 1,20) \cdot 10^3$ Ksi berdasarkan sumber dari (Soroushian dan Bayasi, 1987 dalam Suhendro, 2000).

4. Perhitungan diameter dan jumlah tali tambang plastik

Perhitungan diameter dan jumlah tambang yang digunakan didasarkan pada kuat tekan beton *styrofoam* (interpolasi hasil penelitian Wijaya dan Sabbihyah 2005 dalam Agi Giantara 2005).

Adapun rumus yang digunakan sebagai pendekatan adalah :

a. luas tekan beton ekivalen (A_{te})

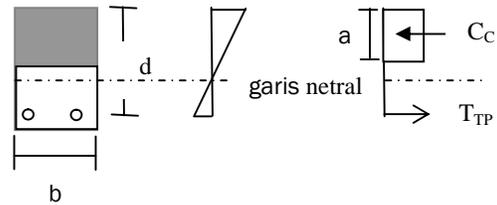
$$A_{te} = a \cdot b \quad \dots \dots \dots (1)$$

Dimana : $a = \frac{1}{2} h$ $h = 7 \text{ cm}$ dan $b = 50 \text{ cm}$

b. keseimbangan gaya

Asumsi yang digunakan (lihat pada gambar 1)

1. jumlah tambang = 2
2. tebal selimut beton = $\frac{1}{4} h = \frac{1}{4} \cdot 7 = 1,75 \text{ cm}$



Gambar 1. Gaya-gaya dalam

$$H = 0$$

$$C_c = T_{tp} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$C_c = 0,85 f'_c a b \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$T_{tp} = A_{tp} f_{tp} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$0,85 f'_c a b = A_{tp} f_{tp}$$

$$\text{jadi } A_{tp} = (0,85 f'_c \frac{1}{2} h b) / f_{tp} \quad \dots \dots \dots (5)$$

c. Menghitung momen nominal

$$M_n = A_{tp} x f_{tp} x (d - a/2) \quad \dots \dots \dots (6)$$

keterangan :

C_c = gaya tekan beton *styrofoam* (N)

T_{tp} = gaya tarik tambang plastik (N)

A_{tp} = luas tambang plastik yang dibutuhkan (mm^2)

f_{tp} = kuat tarik tambang plastik (MPa)

f'_c = kuat tekan beton *styrofoam* (MPa)

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tambang plastik (mm)

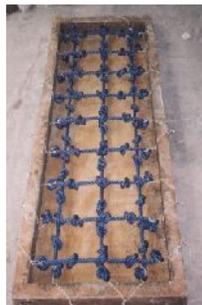
B. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini adukan beton dibuat dengan perbandingan pasir : semen : *styrofoam* = 200 kg : 350 kg : 15 kg untuk 1 m^3 beton dengan nilai faktor air semen sebesar 0,45. Ukuran panel plat dengan panjang 1500 mm, lebar 500 mm dan tebal 70 mm dengan tulangan tali tambang plastik diameter terluar terukur 10 mm dan 14 mm, jumlah variasi panel plat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah dan variasi panel plat

Kode benda uji	Variasi panel plat	Jumlah
PLTT	Tanpa tulangan	2
PLT10	Dengan tali Tambang plastik diameter 10 mm	2
PLT14	Dengan tali tambang plastik diameter 14 mm	2

Tali tambang plastik dengan memakai simpul berjarak 5 kali diameter terluar terukur tali tambang plastik. Jarak antara tali tambang plastik, untuk diameter terluar terukur 10 mm adalah 84 mm dan diameter terluar terukur 14 mm adalah 165 mm, seperti terlihat pada Gambar 2



(a) Diameter 10 mm (b) Diameter 14 mm
Gambar 2. Tali tambang plastik

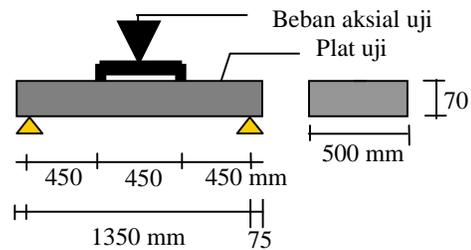
Pengujian benda uji dilakukan di laboratorium PAU UGM, dengan tahapan – tahapan penelitian atau prosedur pengujian yang dilakukan sebagai berikut :

- a. Persiapan
 1. Pembuatan cetakan/bekesting plat dengan ukuran bersih 70 x 600 x 1800 mm³
 2. Pemasangan tali tambang plastik pada bekesting plat
 3. Menyiapkan bahan – bahan seperti semen, pasir, styrofoam dan air
- b. Pembuatan Specimen
 1. Pembuatan plat beton Styrofoam
 2. Perawatan benda uji dilakukan sampai umur 28 hari
- c. Pelaksanaan Pengujian (lihat gambar 3 dan 4)
 1. Pengujian 6 buah benda uji panel plat, yaitu pengujian lentur dengan sistem pembebanan 2 titik sampai plat runtuh
 2. Variabel yang harus diamati selama pengujian lentur plat beton styrofoam ini berupa :
 - a. defleksi selama pembebanan berlangsung yang ditunjukkan oleh dial gauge.
 - b. besarnya beban pada saat terjadi retak

- c. besarnya beban maksimum yang mampu dipikul oleh plat
- d. besarnya beban pada saat defleksi maksimum
- e. pola retak yang terjadi pada plat akibat pembebanan

d. Pengolahan Data

1. Kuat tekan beton, mor, kuat lekat, kuat tarik tali plastik dan kuat lentur plat
2. Kesimpulan dan saran.



Gambar 3. Sketsa cara pengujian lentur panel plat atap



Gambar 4. Pelaksanaan pengujian lentur plat atap

C. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

1. Kuat lekat

Hasil pengujian kuat lekat beton styrofoam ringan dengan tulangan dari tali tambang plastik yang tertanam dalam beton berdasarkan 3 buah benda uji per variasi yaitu diameter terluar terukur 10 mm dan 14 mm dengan jarak simpul 5 kali diameter terluar terukur. Diperoleh nilai kuat lekat maksimum untuk diameter terluar terukur 10 mm sebesar 0,491 MPa dan diameter terluar terukur 14 mm sebesar 0,341 MPa.

2. Kuat tarik tali tambang plastik

Hasil uji kuat tarik tali tambang plastik berdasarkan 6 buah benda uji, masing-masing 3 buah untuk tali tambang plastik diameter terluar terukur 10 mm dan 3 buah untuk tali tambang plastik diameter terluar terukur 14 mm. Menghasilkan tegangan maksimum untuk diameter terluar terukur 10 mm sebesar 51.938 MPa dan diameter terluar terukur 14 mm sebesar 48.331 MPa.

3. Kuat lentur panel plat atap beton styrofoam ringan

a. Analisis teoritis

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Beban maksimum dan momen maksimum panel plat atap berdasarkan teoritis

Variasi panel plat	P_{maks} (N)	M_{maks} (Nmm)
Diameter 10 mm	665,112	195424,778
Diameter 14 mm	1224,635	328281,566

b. Analisis hasil eksperimen

Hasil eksperimen dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Rekapitulasi hasil pengujian lentur panel plat atap dengan tulangan dari tali tambang plastik

Variasi panel plat	Kode	Beban P_{Maks} (N)	Rerata (N)	Lendutan saat P_{maks} (mm)	Rerata (mm)
Tanpa tulangan	PLTT-1	480	450	0,69	0,495
	PLTT-2	420		0,30	
Tulangan D 10 mm	PLT10-1	440	470	4,94	4,745
	PLT10-2	500		4,55	
Tulangan D 14 mm	PLT14-1	500	545	1,03	1,655
	PLT14-2	590		2,28	

Tabel 4. Beban maksimum dan momen maksimum panel plat atap berdasarkan hasil eksperimen

Variasi panel plat	P_{maks} (N)	M_{maks} (Nmm)
Tanpa tulangan	450	148865,615
Tulangan Ø 10 mm	470	153365,615
Tulangan Ø 14 mm	545	170240,615

c. Perbandingan hasil analisis eksperimen dan teoritis

Hasil analisis eksperimen dan teoritis dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Perbandingan beban teoritis dan hasil eksperimen

Variasi panel plat	$P_{teoritis}$ (N)	$P_{Eksperimen}$ (N)	Eksperimen /Teoritis (%)
Diameter 10 mm	665,112	470	70,67
Diameter 14 mm	1224,635	545	44,51

Tabel 6. Perbandingan tegangan lentur teoritis dan hasil eksperimen

Variasi panel plat	teoritis (MPa)	eksperimen (MPa)	Eksperimen /Teoritis (%)
Diameter 10 mm	0,479	0,376	78,48
Diameter 14 mm	0,804	0,417	51,86

d. Kelayakan panel plat atap beton styrofoam ringan

Berdasarkan SNI 03 – 0096 – 1987 sebagai bahan penutup atap, panel plat atap beton styrofoam ringan harus mampu menahan beban lentur minimum sebesar 12 kg, untuk itu perlu dilakukan koreksi bentang. Adapun panjang bentang yang disarankan agar panel plat atap beton styrofoam ringan mampu menahan beban sebesar 120 kg dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Panjang bentang panel plat atap beton styrofoam ringan dengan tulangan tali tambang plastik

Variasi panel plat	M_{maks} (N mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Panjang (mm)
Tanpa tulangan	148865,615	500	70	680
Diameter 10 mm	153365,615	500	70	700
Diameter 14 mm	170240,615	500	70	770

Dan berdasarkan SNI 03-2847-2002, besarnya lendutan maksimum yang disyaratkan untuk plat adalah $\delta_{maks} < L/180$ atau $L/\delta_{maks} > 180$. Untuk plat dengan $L = 1350$ mm, maka besarnya δ_{maks} adalah $1350/180 = 7,5$ mm.

Beton *styrofoam* ringan dengan tali tambang plastik yang diuji coba dalam penelitian ini, nampaknya kurang efektif sebagai plat atap karena modulus elastisitas tali tambang plastik lebih kecil dari modulus elastisitas beton *styrofoam* ringan, sehingga tali tambang plastik kurang berfungsi sebagai optimal tulangan. Sehingga tegangan pada tali tambang plastik yang terjadi sangat kecil sekali, (lebih kecil dari pada apabila tali tambang plastik tetap berupa *styrofoam*).

D. KESIMPULAN

1. Kerusakan yang tampak pada benda uji plat adalah kerusakan lentur, retak terjadi pada sisi bawah benda uji tepat di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan dari bagian tarik beton.
2. Beban maksimum yang mampu ditahan panel plat atap tanpa tali tambang plastik = 450 N ; dengan tali tambang plastik berdiameter 10 mm = 470 N ; dan berdiameter 14 mm = 545 N. Peningkatan beban dari tanpa dengan tali tambang plastik sekitar 4,45 % sampai 21,11 %, sedangkan dari tali tambang plastik diameter 10 mm ke 14 mm adalah 15,96 %.
3. Beban yang dipikul oleh panel plat atap beton *styrofoam* ringan dengan tulangan dari tali tambang plastik dapat meningkatkan beban atau kapasitas momen.
4. Lendutan yang terjadi pada panel plat atap beton *styrofoam* ringan dengan tulangan dari tali tambang plastik dibawah lendutan ijin.

E. SARAN

1. Dalam pengaplikasian beton *styrofoam* ringan, diperlukan tata cara pelaksanaan pekerjaan beton yang dapat menjamin mutu beton sesuai dengan yang disyaratkan untuk menghindari kerusakan/kegagalan yang tidak diinginkan.
2. Diperlukan penelitian lanjutan mengenai beton *styrofoam* ringan terutama untuk meningkatkan kuat tekan beton, dan pengganti tali simpul pada tali tambang plastik dengan memakai ring.
3. Hasil eksperimen beton *styrofoam* ringan dengan tali tambang plastik untuk panel plat atap tidak dapat diekstrapolasikan ke *prototype* karena bahan maupun ukuran dari panel plat atap tidak menggunakan skala model, sebagai mana prinsip-prinsip *similitude requirements*

DAFTAR PUSTAKA

1. Cowd, M. A, 1991, *Kimia Polimer*, Penerbit TB, Bandung
2. Frieda, 2004, *Penggunaan Beton Styrofoam Ringan untuk Panel Plat Atap dengan Tulangan dari Anyaman Kawat*, Tesis, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
3. Giantara, A, 2005, *Kuat Lentur Beton Styrofoam Ringan dengan Tulangan Tali Tambang Plastik Diameter 8 mm dan 16 mm dengan Kandungan Semen Portland Type I 275 kg/m³*, Tugas akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
4. Kimpraswil, 1997, *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan (SK-SNI 03-4431-1997)*, Badan Penelitian dan Pengembangan Permukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta
5. Murdock, L. J. dan Brook, K.M., 1986, *Bahan dan Praktek Beton*, Edisi ke-4, Erlangga, Jakarta.
6. Nawy, E.G.P.E, 1990, *Beton Bertulang (Suatu pendekatan Dasar)*, Terjemahan Bambang Suryoatmono, PT. Eresco, Bandung.
7. Suhendro, B, 2000, *Teori Model Struktur dan Teknik Eksperimental*, Beta Offset, Yogyakarta.
8. Tjokrodimuljo, K, 1996, *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta

Riwayat Hidup :

Bastoni Hassasi, S.T.,M.T. adalah staf pengajar Politeknik Negeri Sriwijaya Jurusan Teknik Sipil