Vol. 1 Edisi 04 Desember 2017

PROSIDING SINALTSUB-I

Seminar Ilmiah Nasional Teknik Sipil
Universitas Bosowa Makassar

SEMINAR NASIONAL 2017

TEKNOLOGI GREEN KONSTRUKSI
UNTUK INDONESIA LEBIH MAJU

Diselenggarakan Oleh :
Program Studi Teknik Sipil & Himpunan Mahasiswa Sipil
Fakultas Teknik Universitas Bosowa

DEWAN DIREKSI

Penanggung Jawab : Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Bosowa
Ketua : Dr.Ir.M.Natsir Abduh, MSi
Sekretaris : Ir.Andi Rumpang Yusuf, MT

PENYUNTING : Ir.H.Syahrul Sariman,MT
Ir.H.Abd.Rahim Nurdin,MT
Ir.Burhanuddin Badrun,MSP
Ir.Tamrin Mallawangeng,MT
Ir.Fauzi Lebang,MT
Arman Setiawan.ST.MT

REDAKSI : Hijriah Suardi,ST.MT I
Ir.Satriawati Cangara,MSP
Eka Yuniarto.ST.MT
Nurhadijah Yunianti,ST.MT

DIPUBLIKASIKAN
Program Studi Teknk Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa-Makassar
Jalan Urif Sumoharjo KM. 4 Makassar
Telp. 0411-

Desain Sampul: Ahmad

DAFTAR ISI

Prosiding SINATSUB I …… **i**
Dewan Redaksi ……. **ii**
Kata Pengantar …….…... **iii**
Daftar Isi……
Laporan Ketua Panitia……..
Sambutan Rektor Universitas Bosowa……..... **iv**
Keynote Speech

- Green Infrastructure (Prof. Ir. Suprihanto Notodarmojo, Ph.D)
- Dampak Pembangunan Wilayah Pesisir (Dr. Ir. Mubarak, M.Si)
- Eco Office (Ir. H. Darhamsyah, MM)
- Green Concrete Upaya Perlindungan Lingkungan (Dr. Ir. Nurlita Pertiwi, MT)

Makalah-Makalah……... **v**

Teknologi Green Pada Bangunan Berkelanjutan
M. Natsir Abduh

Analisis Keberlanjutan Pengembangan Program "Lorong Garden" Sebagai Upaya Optimal Pemerintah Kota Makassar
Abdullah, Annas Boceng, Jufri Latif, Erni Takwina

Perilaku Lentur Balok T Beton bertulang Berongga Akibat Beban Statis Monotonik
Syahrul Sariman, Abd. Rahim Nurdin

Penggunaan Iron Slag (Limbah Besi) Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal AC-BC
Tamrin Mallawangeng

Pengaruh Penggunaan Abut Terbang Kelas F Terhadap Abrasi Mortal Beton
Nurhadija Y,Hijriah

Pengaruh Penggunaan GFRP Sheet Terhadap Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulang
Hijriah

Model Pengembangan Struktur dan Bahan Pada Elemen Tiang/Kaki (super Structure) Pada Permukiman Rumah Tradisional Bugis Makassar di Kawasan Pesisir Kota Makassar
Awaluddin Hamdy, Arman Setiawan

Evaluasi PenerapanSistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Pada Proyek Apartemen Vida View
Savitri Prasandi M

Analisi Kuat Tekan dan Porositas Beton dengan Menggunakan Limbah Industri Besi dan Batu Kapur
Andi Rumpang Y

Pengaruh Penggunaan Kapur Terhadap Kuat Geser dan Permeabilitas Tanah Berbutir Kasar
Arman Setiawan

Pengaruh Variasi Kemiringan Lereng dan Intensitas Hujan Terhadap Erosi Permukaan
Fauzy Lebang

Hubungan Tanggung Jawab Lingkungan Dalam Perilaku Hemat Energi Mahasiswa di Kota Makassar
Andi Zulfikar Saiful

Peranan IPTEK Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup
Ridwan

PERILAKU LENTUR BALOK T BETON TULANG BERLAPIS RONGGA LIMBAH BOTOL PLASTIK AKIBAT BEBAN STATIS MONOTONIK

Syahrul Sariman[1], Abd. Rahim Nurdin[2]
[1] Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa,
Jalan Urip Sumohardjo Km. 4 Makassar, email: syahrul_sariman@yahoo.co.id
[2] Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bosowa,
Jalan Urip Sumohardjo Km. 4 Makassar, email: rahimnurdin@yahoo.co.id

ABSTRAK

Jembatan gelagar beton bertulang type balok-T, merupakan konstruksi jembatan yang paling banyak digunakan di Indonesia. Prinsip perhitungan struktur diatas dua tumpuan sebagaimana halnya girder jembatan beton bertulang akibat momen lentur adalah bahwa bagian tekan dipikul oleh penampang beton sedangkan bagian tarik sepenuhnya dipikul oleh besi tulangan, dengan demikian ada penampang beton pada bagian tarik dibawah garis netral yang tidak diperhitungkan memikul beban, Berkaitan dengan hal itu pada penelitian ini akan dilakukan pengujian perilaku balok-T akibat tegangan lentur dengan rongga botol plastik pada penampang tarik. Ada beberapa pertimbangan yang mendasarinya antara lain pembuatan rongga akan mengurangi berat balok, mereduksi penggunaan beton dan semen, serta memanfaatkan limbah botol plastik. Bila dikaitkan dengan isu lingkungan, pengurangan semen berarti mengurangi potensi pencemaran akibat gas CO2 dan pemanfaatan limbah botol plastik berarati mereduksi pencemaran lingkungan akibat bahan plastik yang sulit terurai. Balok uji dibuat dalam 2 kondisi yakni sebagai balok- T semu dan balok-T murni dengan penampang diambil dari penampang girder jembatan beton bertulang standar dengan skala 1 : 3 yang kemudian masing-masing diuji dengan beban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Perbandingan kemampuan memikul beban pada balok penampang berongga dan balok penampang utuh pada balok T semu sebesar = 98.29 % dan balok T murni sebesar 98.45 %, menunjukkan bahwa kemampuan memikul beban penampang berongga tidak berbeda siginifikan dibanding penampang utuh. Sedangkan dari analisis grafik beban – lendutan diperoleh hasil bahwa Kekakuan balok T murni baik yang penampang seragam maupun penampang berongga lebih kaku dibanding balok T semu walaupun nilainya tidak signifikan.

Kata kunci: Balok-T berlapis, rongga botol plastik, Beban Statis monotonik

1. PENDAHULUAN

Jembatan girder beton bertulang merupakan konstruksi jembatan yang paling banyak digunakan di Indonesia. Struktur utamanya merupakan balok diatas 2 tumpuan Prinsip Perhitungan Struktur balok beton bertulang yang ditumpu sederhana seperti itu dalam memikul momen lentur adalah tegangan tekan dipikul oleh penampang beton sedangkan pada bagian tarik, tegangan tarik sepenuhnya dipikul oleh baja tulangan. dengan demikian ada penampang beton pada bagian tarik dibawah garis netral yang tidak diperhitungkan memikul beban. Beberapa penelitian telah dilakukan berkaitan dengan karakteristik lentur tersebut antara lain dengan pembuatan balok beton berlapis dengan membedakan mutu beton pada penampang tekan dan penampang tarik [1],[2],[4],[10], [19],[20], pembuatan lubang pada bagian-bagian tertentu [6],[9],[16],[17], pembuatan rongga dengan pipa PVC dengan berbagai diameter dan

ketinggian letak dari garis netral [3],[5],[11],[14], dan [18]. Hal lain yang dilakukan dalam kaitannya dengan reduksi pencemaran lingkungan adalah dengan memanfaatkan limbah plastik, baik sebagai bahan campuran beton [8], atau memanfaatkan bola Polythene hasil daur ulang plastik, kemudian dimasukkan dalam campuran beton [7] dan [15]

Bentuk lain dari pemanfaatan limbah produk plastik adalah dengan menempatkannya sebagai pembentuk rongga seperti pada penelitian Rahadyanto [12], (2013), dengan tujuan khusus memperoleh cara yang mudah dalam pembuatan balok yang diberi botol plastik, agar dapat dijadikan tempat pembuangan limbah botol plastik. Penelitian lainnya yang menyangkut pemanfaatan botol plastik sebagai pembentuk rongga, dilakukan oleh Sari [13], 2013 dengan tujuan mengetahui pengaruh rongga pada pelat beton bertulang terhadap kuat lentur, lendutan dan pola retak. Kapasitas beban maksimum pelat berongga diperoleh lebih rendah daripada pelat solid. Perbedaan nilai kuat lentur tersebut terjadi karena botol plastik bekas kemasan air minum bersifat tidak kaku sehingga membuat botol berubah bentuk menjadi oval pada saat pengecoran.

Berkaitan dengan itu pada penelitian ini digunakan balok T sebagai bentuk struktur girder jembatan yang telah distandarisasi di Indonesia. Dibuat 2 jenis balok dengan lebar manfaat yang berbeda, kemudian diberi lapis berupa rongga botol plastik pada penampang tarik dengan tujuan:

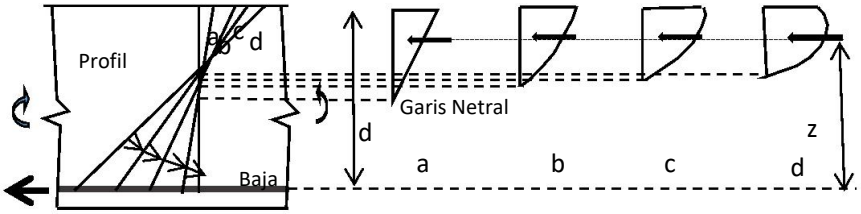
1. Merumuskan perbedaan kemampuan memikul beban akibat variasi penggunaan rongga botol plastik pada penampang tarik
2. Menganalisis perilaku lentur penampang girder beton bertulang akibat adanya variasi rongga botol plastik.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Karakteristik beton bertulang

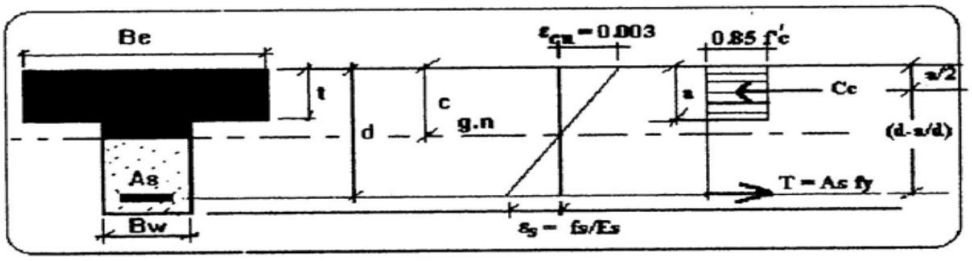
1. Kapasitas lentur balok T

Menurut Park & Paulay (1933), apabila suatu beban bekerja pada balok maka kondisi seimbang antara tegangan – regangan akan hilang dan diagram tegangan tekan pada penampang balok beton akan berbentuk setara dengan kurva tegangan – regangan yang sesuai dengan besarnya beban yang bekerja. tekan seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Diagram regangan dan tegangan balok beton bertulang kondisi seimbang

Mekanisme kapasitas lentur balok T beton bertulang, diperoleh dengan mengambil garis netral tepat pada sisi bawah flens



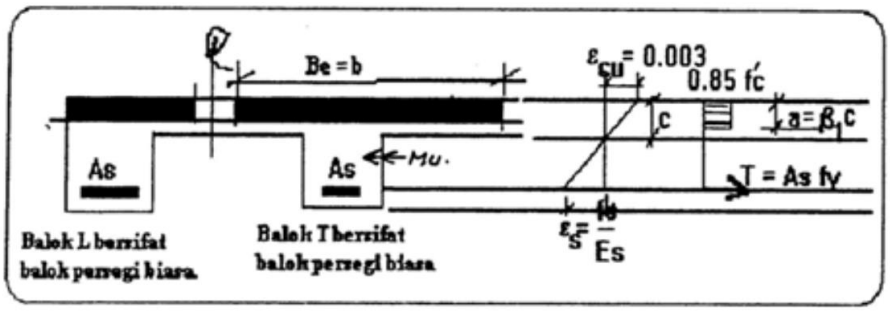
Gambar 2. Garis netral tepat dibawah flens

Cc = T → 0.85 f'c . Be . a = As. fy

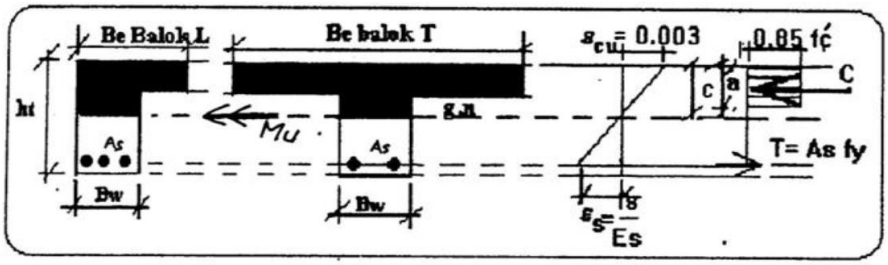
dan diperoleh $a = \dfrac{As.fy}{0.85.f'c.Be}$ (1)

Jika a < t → balok-T Semu

a > t → balok-T murni



Gambar 3. Diagram regangan dan tegangan balok T semu



Gambar 4. Diagram regangan dan tegangan balok T murni

Pada diagram balok T murni Keseimbangan gaya :

T = Cc_1+Cc_2

As.fy = 0.85.f'c (Be-bw).t + 0.85f'c.bw. a

$$a = \frac{As.fy}{0.85.f'c.bw} - \frac{.(Be - bw).t}{bw} \quad (2)$$

Rasio Tulangannya adalah

$$\rho = 0.85.f'c\frac{[(Be - bw).t + bw.a]}{bw.d.fy}] \quad (3)$$

dan momen nominal Mn = Mn_{ada}

$$Mn_{ada} = Cc_1.(d - \frac{t}{2}) + Cc_2(d - \frac{a}{2}] \quad (4)$$

$$Mn_{ada} = 0.85,f'c.t.Be.(d - \frac{t}{2}) + 0.85.f'c.(a - t).bw.(d - \frac{a}{2}) \quad (5)$$

Terdapat tiga keadaan keruntuhan pada struktur beton bertulang, yaitu :

a. Keruntuhan tarik (Tension failure)

Keruntuhan tarik akan terjadi bila persentase baja tulangan suatu penampang balok relatif kecil (underreinforced), sehingga tulangan akan lebih dahulu meleleh sebelum regangan tekan beton mencapai makasimum. Pada tahap ini regangan baja tulangan ・・ = ・・・ dan regangan beton ・・ < ・・・, dan akan terus berlanjut hingga ・・・・・・・..
Tanda keruntuhan adalah timbulnya retak - retak pada daerah tarik.

b. Keruntuhan imbang (balance failure)

Keruntuhan imbang akan terjadi bila beton maupun baja tulangan mencapai regangan dan tegangan maksimumnya secara bersamaan. Keruntuhan terjadi secara serentak

c. Keruntuhan tekan (compression failure)

Keruntuhan tarik akan terjadi bila persentase baja tulangan suatu penampang balok relatif besar (over reinforced), sehingga tegangan beton mencapai maksimumnya, sebelum tegangan leleh maksimum baja tulangan tercapai. Pada tahap ini regangan baja tulangan ・・・・・・・・・ dan regangan beton ・・・・・・・・・・. Keruntuhan terjadi di daerah tekan beton, terjadi secara tiba-tiba dan sering disertai ledakan beton hancur, dan sebelumnya tidak ada tanda berupa defleksi yang besar.

Dari ketiga kondisi diatas keruntuhan tarik digunakan dalam setiap mendesain beton bertulang, dengan dasar faktor keselamatan.

2. Perilaku lentur balok beton bertulang

a. Kelengkungan (curvature)

Nilai kelengkungan dapat digunakan untuk mengetahui besarnya regangan pada saat terjadi lendutan. Nilai curvature ϕ ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\phi = 1/R \qquad (6)$$

b. Lendutan

Lendutan di tengah bentang akibat beban titik dan tumpuan sendi-rol serta balok tersebut belum terjadi sendi plastis adalah sebagai berikut (Timoshenko, 1996)

$$\delta = \frac{P\,L^3}{48\,EI} \qquad (7)$$

Lendutan yang terjadi dibatasi oleh lendutan ijin maksimum, < L/240.

c. Kekakuan

Kekakuan menurut Timoshenko (1996) didefenisikan sebagai gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan lendutan sebesar satu satuan, seperti pada persamaan berikut.

$$k = \frac{P_{cr}}{\delta_{cr}} \qquad \text{.....(8)}$$

k = kekakuan lentur (N/mm)

P_{cr} = beban pada saat retak awal (N)

Δ_{cr} = lendutan pada retak awal (mm)

d. Daktilitas

Daktilitas menyatakan suatu kemampuan dari struktur untuk mengalami lendutan yang besar tanpa mengalami penurunan kekuatan yang berarti. Besarnya nilai daktilitas berdasarkan perbandingan antara lendutan maksimum dengan lendutan leleh pertama.

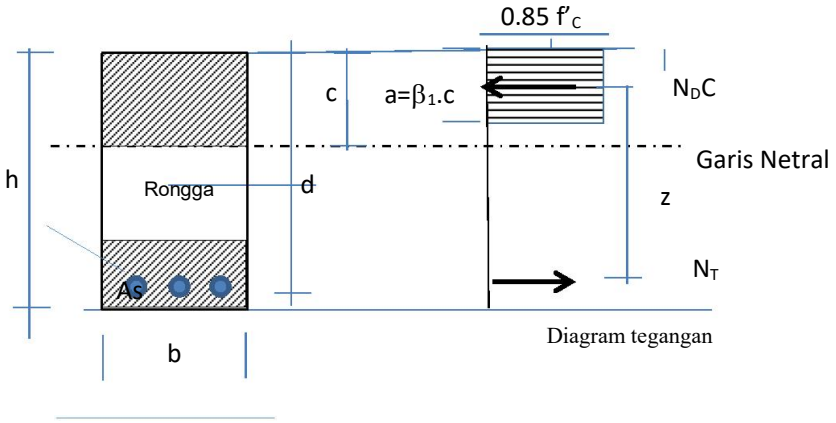
e. Daya lekat (Bonding)

Gaya luar yang bekerja pada struktur beton bertulang akan ditahan bersama oleh beton dan baja tulangan. Untuk menunjang hal tersebut, slip atau gelincir antara beton dan tulangannya diharapkan tidak terjadi, sehingga diperlukan adanya daya lekat (bonding) yang memadai antara beton dan baja tulangan.

2.2 Balok Beton Bertulang Berongga

Akibat momen lentur serat atas akan tertekan dan serat bawah akan tertarik. Dalam kondisi seimbang, kekuatan tarik yang dipikul oleh baja tulangan dibuat sama dengan kekuatan tekan yang dipikul oleh penampang beton diatas garis netral, dengan demikian ada bagian

beton dibawah garis netral yang tidak diperhitungkan memikul gaya tekan, sehingga bagian tersebut dapat dihilangkan atau dibuat berlobang.



Gambar 5. Penampang balok berongga

Ada beberapa keuntungan yang diperoleh dengan adanya rongga pada penampang tarik :

a) Struktur menjadi lebih ringan
b) Mereduksi produksi semen sebagai materai dasar pembuatan beton.
c) Menyiapkan tempat untuk fasilitas utilitas
d) Dapat dimanfaatkan untuk penampungan limbah

2.3 Penelitian sebelumnya

a. Rongga dengan Pipa PVC

Joy, et al, 2014, melakukan penelitian dengan memanfaatkan bagian beton di bawah sumbu netral yang tidak diperhitungkan memikul, diganti dengan pipa PVC. Sifat-sifat PVC tidak diuji karena hanya digunakan sebagai material pengisi dalam beton. Sebanyak sembilan balok uji dicor dan diuji; Tiga dari Spesimen ini adalah balok referensi (CB1, CB2, CB3), Tiga balok uji menggunakan pipa PVC diameter 40 mm (HW1, HW2, HW3) dan 3 lainnya menggunakan pipa PVC diameter 50 mm (HW4, HW5, HW6). Pipa PVC diameter 40mm dan diameter 50mm ditempatkan 63mm dari sisi atas. Panjang pipa di dalam sumbu netral balok : 620mm. Semua balok uji berdimensi 150mm x 230mm x980mm dengan rentang efektif 800mm. Balok tulangan tunggal 2 · 20mm dan 2 ·. 12mm sebagai tulangan atas. Sengkang · 8- 150 sebagai tulangan geser . Hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam daya dukung beban balok kontrol padat dan balok berongga pada sumbu netral. Demikian pula halnya dengan lendutan. Pada beban maksimum 100 KN, Balok kontrol CB menunjukkan defleksi sebesar 4.28 mm, sedangkan balok uji HW 40 mm : 4.30 mm dan HW 50 mm : 4.90 mm. Berdasarkan hasil pengujian dapat ditarik kesimpulan bahwa perilaku balok beton bertulang dengan rongga pipa PVC diameter 40mm dan 50 mm yang ditempatkan pada garis netral tidak jauh berbeda dengan balok beton bertulang konvensional.

Varghese, N, et al,2016, melakukan pengujian eksperimental perilaku lentur Balok Beton Bertulang dengan rongga berupa pipa PVC diameter 50mm pada Berbagai Kedalaman. Sepuluh

balok berukuran 200 x 300 x 2000 mm terdiri dari dua buah balok beton bertulang tanpa rongga sebagai balok kontrol (CB), dua balok beton bertulang dengan pusat rongga pada kedalaman 120 mm dari atas (B1), dua balok beton bertulang dengan pusat rongga pada kedalaman 160 mm dari atas (B2), dua balok bertulang dengan pusat rongga pada kedalaman 200 mm dari atas (B3), dan terakhir dua adalah balok bertulang dengan pusat rongga pada kedalaman 240 mm dari atas (B4). Kesemua varian Balok kemudian dilakukan uji lentur dengan beban pada dua titik, Tiga aspek utama diuji : kapasitas lentur, lendutan di tengah bentang dan perilaku regangan balok. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perilaku lentur balok beton bertulang berongga serupa dengan balok beton bertulang konvensional. Kedalaman optimum rongga yang memberikan kapasitas balok optimum adalah 160 mm dari atas, yaitu tepat pada sumbu geometri balok.

Dhinesh, et al, 2017, melakukan pengujian lentur balok bertulang berongga. Delapan balok uji berukuran 150 x 150 x 1000mm, yang terdiri dari dua balok uji dengan kedalaman bagian atas pipa PVC 34mm dari serat tekan, dua balok dengan letak sumbu pipa PVC pada kedalaman 75mm (sumbu pipa berimpit dengan sumbu penampang) ; Dua balok dengan letak bagian bawah pipa PVC pada kedalaman 116 mm dari serat tekan (34mm dari serat tarik) dan dua balok dengan letak pipa PVC pada kedalaman 75mm dan 116mm dari serat tekan. Balok didesain bertulangan lemah dengan tulangan bawah 2 · 8mm dan tulangan atas 2 · 8mm. Tulangan geser menggunakan sengkang · · 6 - 150 mm. Hubungan beban dan lendutan memperlihatkan nilai yang bervariasi. Untuk balok dengan kedalaman pipa 34 mm, Nilai beban maksimum 22 KN dengan lendutan 3.4 mm, untuk letak sumbu pipa berimpit dengan sumbu penampang (kedalaman 75 mm), nilai beban maksimum 22 KN dengan lendutan 5.8 mm. Selanjutnya untuk kedalaman pipa 116 mm, merupakan nilai beban yang paling tinggi yakni 26 kN dengan nilai lendutan 5.7 mm, terakhir untuk letak pipa pada 2 tempat yakni kedalaman 75 mm dan 116 mm, beban maksimum 24 kN dengan lendutan sebesar 5.5 mm.

b. Rongga dengan bola plastik

Kumar, et al, 2015, melakukan penelitian dengan mengganti sebagian beton di bawah sumbu netral, sebesar 4 % dan 8% dengan rongga udara yang terbuat dari bola poliethylene diameter 3,5 cm. Dimensi balok uji 200mm x 300mm x 1000mm dengan rentang efektif 800mm. menggunakan beton kelas M30. Zona di bawah sumbu netral dibagi menjadi tiga zona dan dua zona yang bersebelahan dengan sumbu netral diganti dengan rongga udara. Nilai beban dan defleksi yang sesuai dari balok dan balok kontrol padat dengan penggantian pada sumbu netral sampai beban aman 220kN. Balok solid defleksi adalah 30.73mm dan balok dengan 4% dan 8% void udara menciptakan bola polietilen 35.16mm dan 37.85mm.

Sivaneshan, et al (2017), juga melakukan penelitian menggunakan bola polythene hasil daur ulang limbah plastik dengan diameter yang bervariasi, 75 mm, 65 mm dan 35 mm. Ada 7 balok uji yang dibuat masing-masing balok kontrol 2 buah (CB1 dan CB2), 1 balok uji diisi bola diameter 75 mm (PBB1- volume 10 % volume balok kontrol), 1 balok uji diisi balok diameter 65 mm (PBB2 - volume 6 % volume balok kontrol), 1 balok uji diisi balok diameter 65 mm (PBB3 - volume 12 % dari volume balok kontrol) 1 balok uji diisi balok diameter 35 mm (PBB4 - volume 3 % dari volume balok kontrol), 1 balok uji diisi balok diameter 35 mm (PBB5 - volume 6 % volume balok kontrol). Kesemua benda uji menggunakan beton mutu M30, 100 mm x 200 mm x 1200 mm, bentang efektif = 900 mm. Mutu baja Fe415, tulangan tarik dipakai 2 · 12 dan tulangan tekan 2 · 8 dengan sengkang · · 10-100 mm. Hasil

perhitungan tinggi garis netral diperoleh 75.58 mm dari tepi atas. Balok kemudian dilakukan uji lentur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa :
(a) Perilaku lentur balok berongga dan balok kontrol sedikit berbeda.
(b). Penggantian sebagian beton pada zone tekan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam kemampuan memikul beban. (c). Dalam penelitian ini balok PBB5, menunjukkan kapasitas beban yang lebih besar dan lendutan lebih baik dibanding dengan balok kontrol

c. Rongga dengan botol plastik

Rahardyanto, 2013, Penelitian terdahulu pada Hollow core slab menemukan kendala dalam proses pengecoran karena adanya gaya apung dari rangkaian botol yang menyulitkan proses pelaksanaan. Studi eksperimental untuk mencari metode pelaksanaan yang mudah serta mempelajari kekuatan lentur balok hollow dengan botol PET telah dilakukan dengan benda uji berukuran 200 x 400x 3850 mm. Total sebanyak 6 (enam) balok hollow dengan mutu beton yang yaitu K-300 dan K-400, dengan 3 (tiga) spesimen balok beton bertulang K-400 solid dengan ukuran yang sama juga dites sebagai balok pembanding. Hasil pengujian dianalisis berdasarkan grafik hubungan antara beban – lendutan dan antara momen dengan putaran sudut di tengah bentang, pola retak yang terjadi pada masing-masing spesimen dan jenis keruntuhan (failure mode) yang terjadi. Juga dilakukan perbandingan kapasitas ultimate secara teoritis dan eksperimental.

Penelitian Sari (2017) dengan pemanfaatan botol plastik bekas kemasan air minum sebagai pembentuk rongga pada pelat beton bertulang. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh rongga pada pelat beton bertulang terhadap kuat lentur, lendutan dan pola retak.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Dimensi benda uji Balok

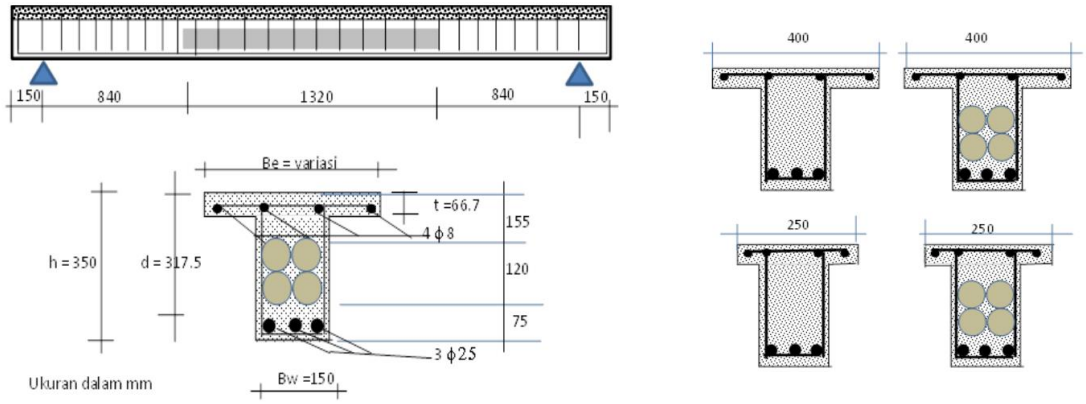
Ukuran balok T

Dimensi Balok dalam penelitian ini menggunakan penampang balok-T jembatan standar Bina Marga skala 1:3 sebagai berikut :

- Lebar badan balok : be = 150 mm
- tebal lantai / flens : t = 66.7 mm
- tinggi balok : h = 350 mm ; tinggi efektif : d = 275 mm
- Tulangan tekan 2 D 25 ; Tulangan bagi pada bagian tarik : 4 · 8
- Tulangan sengkang, di tumpuan : · 8–100 dan di lapangan · 8– 150 mm,
- Panjang balok : L = 3300 mm (bentang bebas : 3000 mm)
- Mutu beton f'_c : 25 MPa,
- Mutu baja tulangan f'_c = 320 Mpa

Variabel dan notasi benda uji

- Variasi lebar efektif : 250 mm, 500 mm



Gambar 6. Dimensi dan varian Balok T beton bertulang berlapis

Tabel 1. Notasi dan jumlah benda Uji

NO URUT	LEBAR EFEKTIF	PENAMPANG BALOK T	NOTASI BENDA UJI	JUMLAH BENDA UJI
1	200	Normal	TMNS	1
2	200	Berlapis	TMBS	1
3	500	Normal	TSNS	1
4	500	Berlapis	TSBS	1

3.2. Perhitungan Teoritis Kapasitas Lentur Balok T

Tabel 2. Kapasitas Balok T murni dan Balok T semu

URAIAN	SATUAN	KONDISI BALOK T		
f'c	Mpa	25	25	25
fy	Mpa	400	400	400
t	mm	70	70	70.00
b	mm	150	150	150
be (lbr)	mm	264.0	200.0	500.0
C = 0,85 f;c. Be. t	N	392,700.00	297,500.00	743,750.00
Gunakan Tulangan		2 D 25	2 D 25	2 D 25
Luas Tulangan	mm^2	981.75	981.75	981.75
T = As x fy	N	392,699.08	392,699.08	392,699.08
a	mm	70.0	92.40	36.96
a ? t		a = t	a > t	a < t
KARAKTERISTIK BALOK T		Balok T = Balok Persegi	Balok T Murni	Balok T semu
a pada flens	mm	70.00	70.00	36.96
a' pada web	mm	-	29.87	
Tinggi Rongga	mm	195.00	165.13	228.04
h	mm	350.00	350.00	350.00
d	mm	275.00	275.00	275.00
Z1	mm	240.00	228.80	256.52
Z2	mm		107.33	
C1	N	392,700.00	297,500.00	743,750.00
C2	N		95,199.08	
Titik berat C1 dan C2	mm		47.10	
Mn = As.fy. Z1	N mm	94,247,811.75	89,494,185.84	100,735,185.41
PANJANG BENTANG L	mm	3,000.00	3,000.00	3,000.00
P = 5 M/L	N	157,079.69	149,156.98	167,891.98
	KN	157.08	149.16	167.89

3.3. Alat uji pembebanan (loading frame)

Alat uji Loading Frame, lengkap dengan alat pembebanan, yaitu :

1. Actuator, pembeban kapasitas 1500 kN
2. Load Cell, untuk mengukur besar beban yang bekerja, dengan kapasitas 200 kN
3. Data logger, untuk merekam secara otomatis data yang diukur oleh strain gauge, LVDT dan Load Cell
4. Alat ukur regangan baja tulangan dan beton (strain gauge)
5. Alat ukur lendutan (LVDT / Linier Variable Displacement Tranducer)

Set Up pengujian seperti terlihat pada Gambar berikut.

Gambar 7. Set up Instrument pengujian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kemampuan Balok T Memikul Beban

a. Perbandingan kapasitas lentur teoritis dan eksperimental

Perbandingan kemampuan memikul beban dan momen lentur antara perhitungan teoritis dan uji eksperimental dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3 Perbandingan P dan M teoritis dan eksperimental

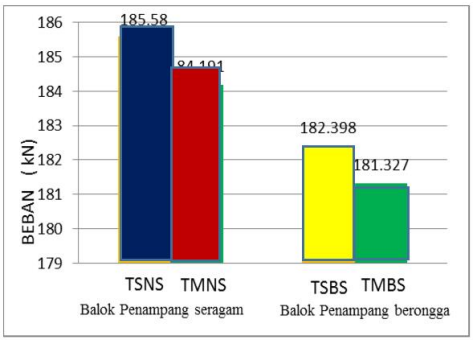
No	Notasi Benda Uji	teoritis		eksperimental		selisih	
		P (kN)	M (kNm)	P (kN)	M (kNm)	P (%)	M (%)
1	TSNS	167.892	100.735	185.580	111.348	9.53%	9.53%
2	TMNS	149.157	89.494	184.191	110.515	19.02%	19.02%
3	TSBS	167.892	100.735	182.398	109.439	7.95%	7.95%
4	TMBS	149.157	89.494	181.327	108.796	17.74%	17.74%

Dari tabel diatas terlihat bahwa kemampuan memikul beban pada balok T murni secara teoritis hanya 90.47 % dari hasil pengujian eksperimental, sedangkan pada balok T semu kemampuan memikul beban secara teoritis hanya sebesar 80.98 % dibanding nilai pengujian eksperimental.

Nilai kemampuan memikul beban hasil pengujian eksperimental semata-mata ditentukan oleh tercapainya tegangan leleh pada baja, sedangkan pada cara teoritis masih ditentukan oleh jarak garis netral

b. Perbandingan kapasitas Balok T semu (TS) dan Balok T murni (TM)

Untuk melihat perbandingan kapasitas balok T semu dan Balok T murni, maka dilakukan perbandingan kemampuan memikul beban antara kedua balok penampang seragam (TSNS Vs TMNS) dan balok penampang berongga (TSBS Vs TMBS), sebagaimana gambar dan tabel berikut :



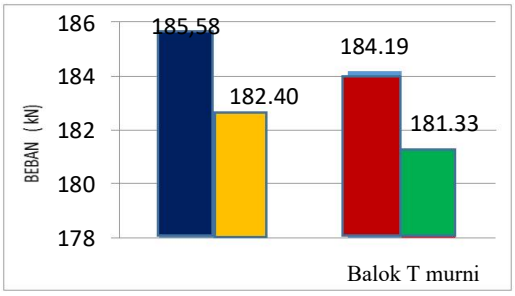
Gambar 8 Grafik kapasitas memikul beban Balok T semu dan Balok T murni

Perbandingan kemampuan memikul beban antara balok T semu dan balok T murni pada penampang utuh = 99.25 % dan pada penampang berlapis = 99.41 %. Nilai tersebut menunjukkan bahwa perbedaan kemampuan memikul beban pada balok T semu dan balok T murni tidak terlalu signifikan dan memang hanya disebabkan oleh lengan momen pada balok T semu lebih panjang dibanding balok T murni

c. Perbandingan kapasitas Balok Utuh (TN) dan Balok Berongga (TB)

Untuk melihat perbandingan kemampuan memikul beban antara balok penampang seragam dan Balok T penampang berongga, maka dibuat perbandingan kemampuan memikul beban antara kedua balok T semu (TSNS Vs TSBS) dan balok T murni (TMNS Vs TMBS), sebagaimana gambar dan tabel berikut :

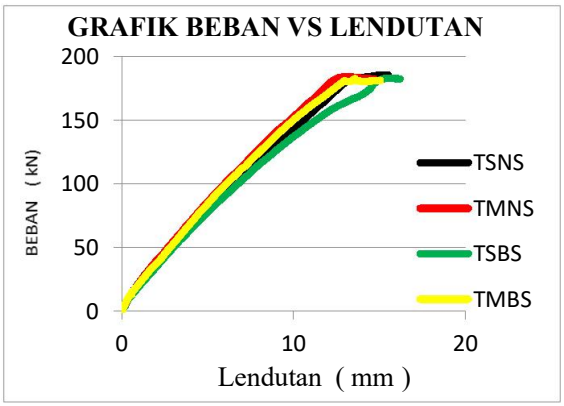
```

```



Gambar 9 Grafik kapasitas Balok Penampang seragam dan penampang berongga

Perbandingan kemampuan memikul beban balok penampang berongga dan balok penampang utuh pada balok T semu sebesar = 98.29 % dan balok T murni sebesar 98.45 %, menunjukkan bahwa kemampuan memikul beban penampang berongga tidak berbeda siginifikan dibanding penampang utuh. Hal ini disebabkan karena rongga yang dibentuk oleh botol plastik ditempatkan pada penampang tarik yang secara teoritis memang tidak diperhitungkan memikul beban.

4.2. Hubungan Beban – Lendutan



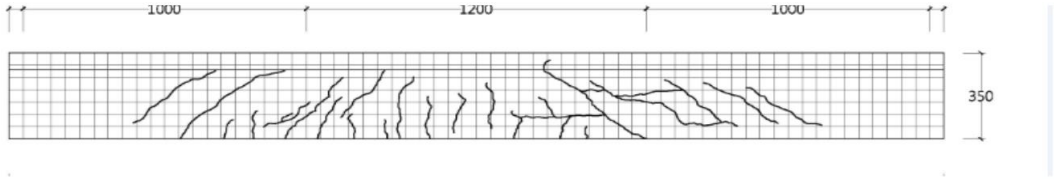
Gambar 10. Grafik kapasitas memikul beban Balok T semu dan Balok T murni

Hubungan beban dan lendutan memberi gambaran mengenai kekakuan balok. Dari grafik diatas terlihat bahwa balok T murni baik yang penampang seragam maupun penampang berongga lebih kaku dibanding balok T semu. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa kekakuan balok penampang seragam lebih baik dibanding balok penampang berongga walaupun perbedaannya tidak signifikan.

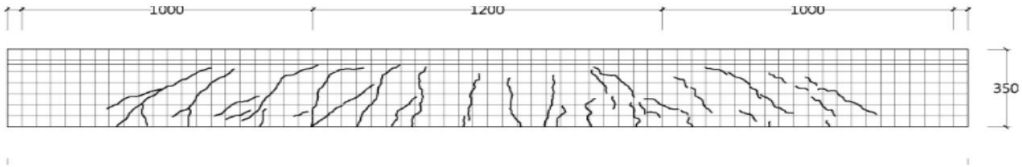
4.3. Pola Retak

Gambar berikut memperlihatkan pola retak yang terjadi pada setiap balok

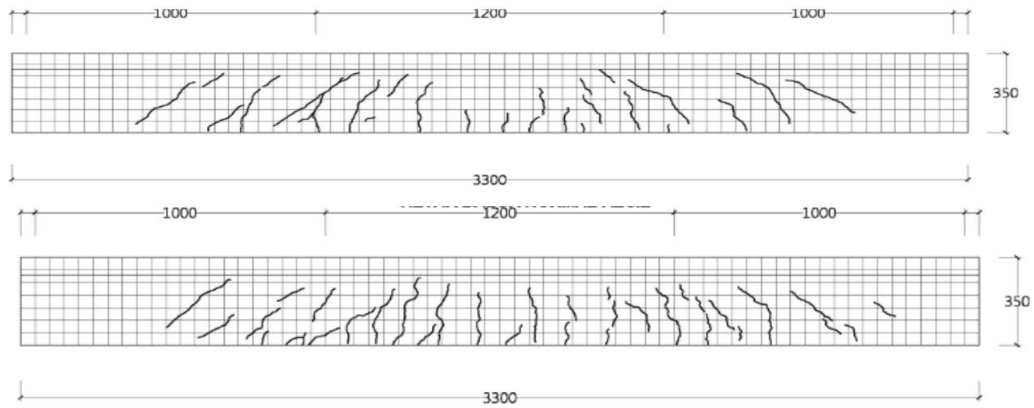
a. Balok TSNS



b. Balok TSBS



c. Balok TMNS



Gambar 11. Pola retak ke empat balok uji

Pada pengujian ini, daerah lentur murni berada pada 60 cm di tengah bentang (30 cm ke kiri dan ke kanan dari as balok). Pola retak yang terjadi pada semua balok pada awalnya berbentuk vertikal dari bawah ke atas dan terjadi pada daerah lentur murni, sehingga pada awalnya retak yang terjadi adalah retak lentur. Namun kemudian seiring dengan bertambahnya beban maka terjadi pula retak yang arahnya miring khususnya pada balok berongga dimulai pada ujung penempatan botol, ke arah tengah bentang. Tapi pada daerah tumpuan tidak terjadi retak geser. Dengan demikian secara keseluruhan retak yang paling dominan adalah retak lentur pada keseluruhan sampel balok.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan hasil pengujian tahun pertama berupa pengujian perilaku lentur Balok T dengan menggunakan beban statis dapat dikemukakan sebagai berikut :

a. Kemampuan memikul beban pada setiap varian balok uji tidak memberikan perbedaan yang signifikan. Semua balok uji ditentukan kapasitasnya dengan menggunakan prinsip under reinforced, artinya kegagalan lentur balok diawali dengan melelehnya tulangan baja terlebih dahulu.
b. Kekakuan balok T murnii lebih baik dibanding dengan kekakuan balok T semu, walaupun perbedaannya tidak signifikan. Kekakuan balok T semu berongga malah lebih baik dibanding balok T murni penampang seragam.

5.2. Saran.

Pengujian mengenai balok-T beton berlapis ini bisa dikembangkan dengan :

a. Membuat varian balok dengan variasi panjang rongga dan volume rongga
b. Pemberian beban juga dapat dikembangkan dengan menggunakan beban fatik

Ucapan Terima Kasih

1. DRPM, Kemenristek-Dikti yang telah membiayai penelitian ini
2. Ketua LPPM Universitas Bosowa
3. Kepala Lab. Riset Struktur dan Perkuatan Dep. Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. Kepala Lab. Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fak. Teknik Universitas Bosowa.

Daftar Pustaka

1. Besari, M.S, Lauw,CGS 1999, Behaviour of hybrid concrete T-Beams under monotonic and cyclic Loading, 24th conference on our world in concrete & structures,25-26 Aug 1999, Singapore.
2. Chandra, Yovi , 2011, Karakteristik Beton Dalam Web Dan Flens Balok T Pada Kombinasi Beton Normal Dan Beton Non Pasir, Teras Jurnal Vol. I No.2 Juni 2011
3. Dhinesh.N.P, Satheesh.V.S, Flexural Behaviour of Hollow Square Beam, International Journal (IJSEAS) – Vol.3, March 2017, ISSN: 2395-3470
4. Irmawaty, R., Djamaluddin, R, Malim, Wa O. A. R (2016), Flexural Behavior Of Styrofoam-Filled Concrete, Ijesca, ISSN: 2406-9833 @2016 PPs-UNHAS
5. Joy, Jain , Rajeev, R, 2014, Effect of Reinforced Concrete Beam with Hollow Neutral Axis, Int. Journal for Scientific Research & Development, Vol.2, 2014, ISSN : 2321-0613
6. Lisantono, Ade ,Besari, MS, Suhud, R , Soemardi, BW (2004), Experimental Investigation on the effect of Web Opening Dimension on the Behaviour of R/C hybrid Deep T-Beam subjected to Pure Torsion, Jurnal Teknik Sipil, Vol. 11 No. 1 Jan. 2004.
7. Kumar, Aswathy S Joy, Anup (2013), Experimental Investigation on Partial Replacement of Concrete Below Neutral Axis of Beam, IJSR, Vol. 4 Issue 8, Aug. 2015
8. Kunal Jadhav, S. S. Angalekar, A. A. Taware, 2017, Study on Influence of Polyethylene Teraphthalate (PET) Bottles in Concrete Section, International Journal of Science, Engineering and Technology Research, Volume 06, Issue 7, July 2017
9. Manuhua, Yacob Yonadab, Wallah, Steenie E, Dapas , Servie O. 2015, Analisis kapasitas balok beton bertulang dengan lubang pada badan balok, Jurnal sipil statik Volume 3 No. 7 Juli 2015 ISSN 2337-6732, hal 456 – 465.
10. Olmedo, F.I , Valivonis, J and Cobo,A, 2016, Experimental Study of Multilayer beams of lightweight concrete and normal concrete, Modern Building Materials, Structures and Techniques, MBMST 2016, Procedia Engineering 172 (2017), p. 808 – 815.
11. Parthiban, N, Neelamegam, M 2017, Flexural Behavior Of Reinforced Concrete Beam With Hollow Core In Shear Section, IRJET, Vol. 04 Issue: 04 , Apr -2017.

12. Rahardyanto, 2013, Studi eksperimental balok berongga dengan pemanfatan limbah botol PET, Jurnal Penelitian FT UI
13. Sari, Dyah Widiasih Intan 2017, Perilaku lentur pelat sistem satu arah beton bertulang berongga dengan pemanfaatan botol bekas kemasan air minum sebagai pembentuk rongga pada tebal beton tetap, Jurnal publikasi intern, UGM
14. Satheesh V.S, Nyosu, Bomrik, 2017, Flexural Behavior of Hollow RC beam using Glass Fiber, Int. Journal of Science Technology & Eng, Vol. 3, March 2017 ISSN 2349-784X
15. Sivaneshan, P and Harishankar, S, 2017, Experimental Study on Voided Reinforced Concrete Beams with Polythene Balls, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 80 (2017) 012031
16. Sukarno, Praganif, dkk, 2012, Flexural Analysis Of Hollow Core R/C T Beam Using Nonlinear Finite Element Method, Poli-Teknologi Vol.11 No.1, Januari 2012,.
17. Tanijaya, Jonie , Besari, MS , Suhud, Ridwan , 2001, An experimental investigation of the mechanical behavior of hybrid R/C T-Beams with web Openings, The eight East Asia-Pasific conference on structural Engineering and constructions, 5-7 December 2001, Nanyang Technology University, Singapore
18. Varghese, Nibin , Joy, Anup, 2016, Flexural Behaviour of Reinforced Concrete Beam with Hollow Core at Various Depth, International Journal of Science and Research (IJSR), Vol. 5 Issue 5, May 2016, ISSN (Online): 2319-7064
19. Wikana, Iwan dan Widayat, Y, 2007, Tinjauan Kuat Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Lapisan Mutu Beton Yang Berbeda, " Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 2/th XII/2007
20. Yasser, Parung,H, Tjaronge, MW and Djamaluddin, R. 2014, Flexural Characteristics of Reinforced Concrete Beam Using Styrofoam Filled Concrete (SFC) in Tension Zone.