

UJI KUAT LENTUR SANDWICH PANEL DENGAN CORE DARI BETON MENGGUNAKAN LIMBAH PLASTIK PET SEBAGAI AGREGAT KASAR DAN LAPISAN KULIT DARI RESIN

Andriyani Budi Kuspadwati¹⁾, Achmad Basuki²⁾, Sunarmasto³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

²⁾³⁾ Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126. Telp: 0271647069. Email : andriyanibudi37@gmail.com

Abstract

The development of technology requires people to continue to think creatively, generate new ideas to meet their needs for more efficient and economical, as well as buildings. In recent decades being promoted Green Building program. Green Building has a concept that optimizes the use of the building functions in various aspects, one of which is the efficiency of the material. Material efficiency could be the selection and use of appropriate materials, for example, by the use of sandwich panels in lieu of partition walls. The use of sandwich panels an efficient and economical choice. This study is a continuation of previous studies on the use of PET as a coarse aggregate and apply it on the sandwich panel. This study aims to determine the value of flexural strength resulting from two kinds of sandwich panels, which is sandwich panels with a core layer of concrete with coarse aggregate PET and skin layer of resin, as well as sandwich panels with a core layer of concrete coarse aggregate PET and the skin layer of the mixture of resin and 5% pineapple fiber. The experimental method is the method used in this study. Mix design method using the method Dreux-Corrise. PET added ingredients in concrete composed of silica fume 10% by weight of cement, wire bendrat of 10 kg/m³, and visconcrete-10 of 1% of the weight of water. To use the skin layer resin types BQTN 157 and pineapple fiber. Test specimen in the form of measuring 50x30x4 cm sandwich panel consists of three layers, namely, two layers of skin on the outside (top and bottom) thick respectively 0.5 cm and one on the inner core layer thickness of 3 cm. The value of the average flexural strength generated by sandwich panels with a layer of skin on the resin is equal $M_{crack}=866.666,67$ Nmm and $M_{failure}=938.333,33$ Nmm, flexural strength while the value of the average sandwich panels with a layer of skin from a mixture of resin and fiber pineapple amounted $M_{crack}=880.000$ Nmm and $M_{failure}=1.291.666,67$ Nmm. These results indicate that the addition of pineapple fiber resin and can increase the value of flexural strength.

Keywords : sandwich panels, concrete PET, silica fume, bendrat wire, resin BQTN 157, pineapple fiber.

Abstrak

Perkembangan teknologi menuntut manusia untuk terus berpikir kreatif, menghasilkan ide-ide baru untuk memenuhi kebutuhan hidupnya agar lebih efisien dan ekonomis, begitu pula bangunan. Pada dekade belakangan ini sedang digalakkan program Green Building atau yang lebih kita kenal dengan Bangunan Ramah Lingkungan. Green Building memiliki konsep yaitu mengoptimalkan penggunaan fungsi bangunan dalam berbagai aspek, salah satunya adalah efisiensi material. Efisiensi material dapat berupa pemilihan dan penggunaan material yang tepat, contohnya dengan penggunaan *sandwich panel* sebagai pengganti dinding partisi. Penggunaan sandwich panel merupakan pilihan yang efisien dan ekonomis. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya tentang pemanfaatan PET sebagai agregat kasar dan mengaplikasikannya pada sandwich panel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat lentur yang dihasilkan dari 2 macam sandwich panel, yaitu sandwich panel dengan lapisan inti beton beragregat kasar PET dan lapisan kulit dari resin, serta sandwich panel dengan lapisan inti beton beragregat kasar PET dan lapisan kulit dari campuran resin dan 5% serat nanas. Metode eksperimental merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Metode rancang campur menggunakan metode Dreux-Corrise. Bahan tambah dalam beton PET terdiri dari silica fume sebesar 10% dari berat semen, kawat bendrat sebesar 10 kg/m³, dan visconcrete-10 sebesar 1% dari berat air. Untuk lapisan kulit menggunakan jenis resin bqtn 157 dan serat nanas. Benda uji berupa sandwich panel berukuran 50x30x4 cm terdiri dari 3 lapis yaitu, 2 lapisan kulit pada bagian luar (atas dan bawah) tebal masing-masing 0,5 cm serta 1 lapisan inti pada bagian dalam tebal 3 cm. Nilai kuat lentur rata-rata yang dihasilkan oleh *sandwich panel* dengan lapisan kulit dari resin adalah sebesar $M_{crack}=866.666,67$ Nmm dan $M_{failure}=938.333,33$ Nmm, sedangkan nilai kuat lentur rata-rata *sandwich panel* dengan lapisan kulit dari campuran resin dan serat nanas adalah sebesar $M_{crack}=880.000$ Nmm dan $M_{failure}=1.291.666,67$ Nmm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan resin dan serat nanas dapat meningkatkan nilai kuat lentur.

Kata Kunci: *sandwich panel*, beton PET, silica fume, kawat bendrat, resin bqtn 157, serat nanas.

PENDAHULUAN

Polyethylene Terephthalate (PET) merupakan salah satu limbah yang jumlahnya melimpah dan diproduksi secara terus menerus. Seiring berkembangnya jaman, manusia dituntut untuk terus berpikir kreatif salah satunya di bidang konstruksi. Dalam penelitian ini, PET digunakan sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian Pitra pada tahun 2014. Pada penelitian ini akan dibuat *sandwich panel* dengan beton PET sebagai lapisan inti dan campuran resin dan serat sebagai lapisan kulitnya. Pada campuran beton PET akan diberi bahan tambah serat kawat bendrat, *silica fume* dan *superplastisizer*. Tujuannya untuk menambah nilai kuat teka beton PET. Resin yang digunakan pada penelitian ini merupakan jenis resin bqtN-157 dan serat yang digunakan yaitu serat nanas. Campuran antara resin dan serat nanas pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kuat lentur pada *sandwich panel*.

Beton Ringan

Menurut SK SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan dan gedung, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/ m³. Pada penelitian ini agregat ringan yang digunakan adalah limbah plastik PET dengan ukuran maksimum butiran agregat sebesar 14 mm.

Perinciannya dapat dilihat pada Tabel 1. tentang klasifikasi kepadatan beton ringan.

Tabel 1. Klasifikasi kepadatan beton ringan.

No.	Kategori Beton Ringan	Berat Isi Beton (Kg/m ³)	Tipikal Kuat Tekan Beton (MPa)	Tipikal Aplikasi
1.	Non Struktural	300-1100	<7	<i>Insulating Material</i>
2.	Non Struktural	1100-1600	7-14	<i>Unit Masonry</i>
3.	Struktural	1450-1900	17-35	Struktural
4.	Struktural	2100-2550	20-40	Struktural

Sumber: Ringkasan (f Francis Young, 1972; hal 242 dalam Ika Mutianati, 2010)

Limbah Plastik PET

Menurut Suharto (2010, dalam Kartika, 2015) *Polyethylene Terephthalate (PET)* merupakan polyester termoplastik yang diproduksi secara komersial melalui produk kondensasi yang dikarakterisasi dengan banyaknya ikatan ester yang didistribusikan sepanjang rantai utama polimer. *Polyethylene Terephthalate (PET)* adalah bahan dasar dari botol minuman plastik, dengan nama IUPAC-nya *polioksi etilen neooksitereftaol*. PET adalah resin poliester yang memiliki rumus molekul (-CO-C₆H₅-CO-O-CH₂-CH₂-O-)n.

Kawat bendrat

Kawat bendrat memiliki berat jenis sebesar 6680 kg/m³ kuat tarik sebesar 38,5 MPa dengan perpanjangan saat putus sebesar 5,5% (Wikipedia, 2012). Kawat bendrat yang digunakan pada penelitian ini berukuran diameter ±1 mm dan panjang ±3 mm.

Silica Fume

Menurut standar “*Specification for Silica Fume for Use in Hydraulic Cemen Concrete and Mortar*” (ASTM.C. 1240,1995:637-642) *silica fume* atau silika *fume* adalah material pozzollan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau *alloy* besi silikon (dikenal sebagai gabungan antara *microsilica* dengan *silica fume*). Penggunaan *silica fume* dalam campuran beton adalah untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang tinggi. *Silica fume* yang digunakan penelitian ini adalah 1% dari berat semen.

Superplasticizer

Bahan tambah ini dalam campuran beton dapat meningkatkan workability dan mengurangi jumlah penggunaan air. Apabila jumlah air dan FAS tetap, maka kebutuhan akan semen menjadi minimum. Hal ini akan berdampak pada biaya yang dikeluarkan lebih hemat karena tenaga yang dikeluarkan lebih sedikit. Selain itu, bahan ini akan meningkatkan kecacakan beton lebih lama pada waktu yang tinggi.

Resin BQTN 157

Resin *Yukalac 157® BQTN-EX Series* merupakan salah satu jenis *Unsaturated Polyester Resin (UPR)*. Jenis UPR populernya sering disebut *polyester* saja. UPR berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin termoset lainnya. Penggunaan katalis pada campuran resin sebesar 1% dari berat resin.

Serat Nanas

Serat nanas merupakan serat yang berasal dari daun nanas. Produksi nanas yang melimpah mengakibatkan jumlah limbah daun nanas juga ikut meningkat. Pemanfaatan limbah daun nanas ini salah satunya dapat dijadikan serat yang umumnya digunakan sebagai sarang burung. Kandungan serat nanas terdiri dari selulose (56,62%), hemiselulose (16,19%), pektin (22,5%), lignin (9,13%), lemak dan lilin (4,7%), air terlarut (1,5%), dan abu (2,3%) (Chongwen, 2001). Sifat-sifat fisik serat nanas sebagai dalam bundel serat memiliki kehalusan 2,5-5,5 tex, panjang 10-90 mm, daya mulur 3,42%, keuletan 42,6 CN/tex, modulus 10,2 CN/tex, dan masa jenis 1,543 g/cm³. Pada penelitian ini digunakan serat nanas sebesar 5% dari berat resin.

Sandwich Panel

Allen mendefinisikan konstruksi panel *sandwich* bahwa panel *sandwich* merupakan panel yang terdiri atas dua lapisan tipis, kaku dan kuat dari material padat yang dipisahkan oleh satu lapisan tebal yang terbuat dari material dengan berat jenis yang rendah, yang memiliki kekakuan dan kekuatan yang lebih rendah dari lapisan pengapitnya. Dua lapisan tipis yang terdapat pada struktur *sandwich* ini disebut dengan lapisan kulit, dan satu lapisan tengah disebut dengan lapisan inti. Pada penelitian ini lapisan kulit terbuat dari campuran resin dan serat sedangkan lapisan ini terbuat dari beton PET.

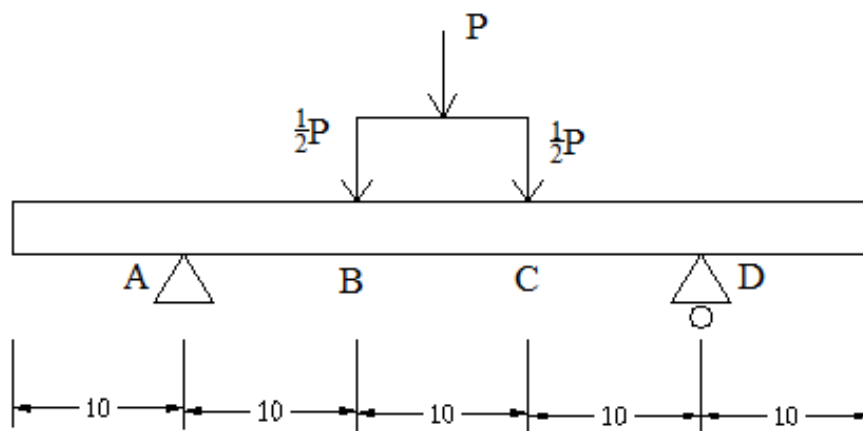
Kuat Lentur

Menurut Edward (1990), lentur pada balok diakibatkan oleh regangan yang timbul karena adanya beban luar. Pengujian ini menggunakan standar SNI 03-6861.1-2002 dan ASTM C-78, yaitu pengujian kuat tarik lentur dengan beban terbagi dua yang bekerja pada suatu penampang balok dengan titik yang menjadi 3 bagian seperti pada Gambar 2. Besarnya kuat lentur beton untuk pengujian dengan penempatan dua titik beban dapat dihitung dengan Persamaan [3].

$$f_{cr} = \frac{M}{I} \dots \dots \dots [3]$$

keterangan:

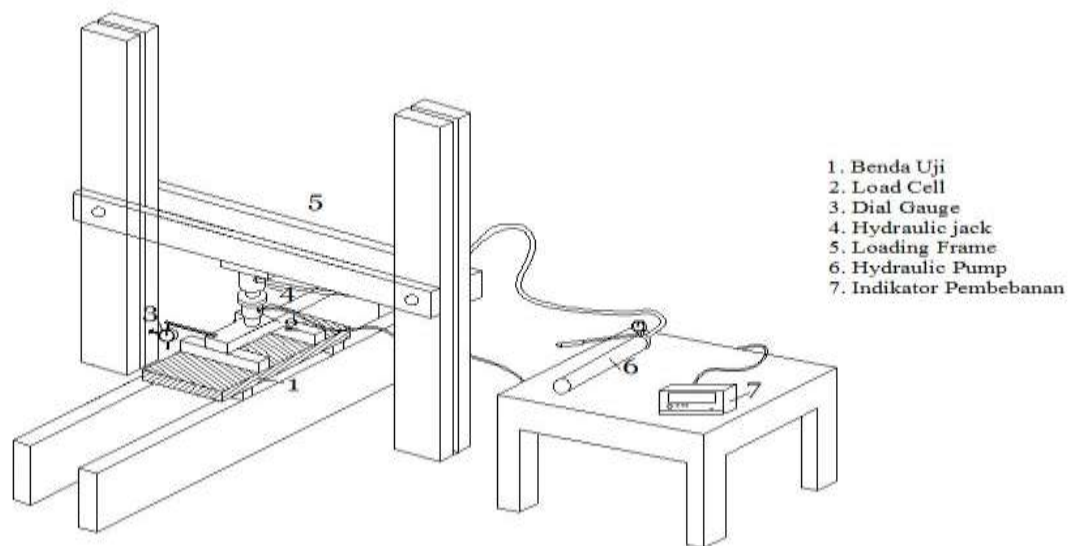
- M = Momen lentur (Nmm)
- P = Beban yang diberikan pada balok benda uji (N)
- l = Panjang bentang (mm)



Gambar 2. Skema pembebanan kuat lentur

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium. Pengujian yang dilakukan antara lain pengujian bahan campuran beton, kuat tekan resin, kuat tekan beton, kuat tarik resin, dan kuat lentur. Benda uji yang digunakan untuk kuat tekan beton adalah silinder berukuran diameter 7,5 cm dan tinggi 15 cm, benda uji kuat tekan resin berukuran 5x5x5 cm, benda uji kuat tarik resin berukuran sesuai dengan standar ASTM D638, serta benda uji kuat lentur berukuran 50x30x3 cm pada lapisan inti dan 50x30x0,5 cm pada lapisan kulitnya dengan *setting up* pengujian kuat lentur seperti Gambar 3.



Gambar 3. *Setting* pengujian benda uji lentur

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian terbagi menjadi lima bagian utama antara lain :

a. Tahap Persiapan dan Pengujian Bahan

Langkah awal pada tahap persiapan adalah menyediakan botol minum plastik PET kemudian dipotong menjadi 1/3 bagian lalu dicuci hingga bersih. Setelah itu, melelehkan limbah plastik PET pada wajan diatas kompor. Aduk terus menerus agar tidak ada gelembung udara. Setelah cukup dan adukan rata, tuangkan hasil lelehan kedalam cetakan kaleng. Keluarkan dari cetakan, dan pukul hasil cetakan membentuk seperti kerikil dengan ukuran yang diinginkan. Pengujian agregat halus yang dilakukan yaitu kandungan lumpur, *specific gravity*, dan gradasi. Pengujian agregat kasar yaitu *specific gravity*, gradasi dan abrasi. Pengujian resin meliputi uji kuat tekan dan kuat tarik.

b. Perhitungan rancang campur adukan beton PET

Metode yang digunakan adalah metode *Dreux-Corrise*, karena agregat yang digunakan merupakan agregat ringan Hasil perhitungan kebutuhan bahan campuran beton dapat ditunjukkan Tabel 2. berikut:

Tabel 2. Hasil perhitungan berat material untuk setiap 1 m³

Berat (kg)						
Semen	Air	Pasir	PET	Silica fume	Kawat Bendrat	Viscocrete-10
345,000	188,182	627,706	549,242	34,500	10,000	1,882

Pembuatan beton PET yang dilakukan antara lain menyiapkan dan menimbang bahan campuran adukan beton. Mencampur agregat halus, *silica fume* dengan semen dan air sebanyak 1/2 volume air kemudian mengaduknya hingga homogen. Memasukkan agregat kasar PET dan *superplasticizer* berupa Sika *Viscocrete* dalam campuran tersebut disertai penambahan air sebanyak 1/2 volume air. Langkah selanjutnya menyebarkan serat dramix di atas adukan beton kemudian mengaduknya kembali sampai tercampur homogen.

c. Perawatan dan pembuatan lapisan kulit

Perawatan dilakukan dengan cara merendam beton PET dalam bak air selama 27 hari. Setelah beton PET direndam selama 27 hari, beton diangkat untuk selanjutnya dilakukan pembuatan lapisan kulit. Dimulai dengan membuat cetakan pada sekeliling beton dan kemudian menuangkan resin diatasnya setebal 5 mm. Untuk benda uji dengan lapisan kulit dari campuran resin dan serat nanas, sebelum menuangkan resin, terlebih dahulu meratakan serat pada bagian atas beton setelah itu menuangkan resin diatas serat nanas. Menunggu 2-3 jam sampai resin mengeras.

d. Pengujian benda uji

Setelah resin mengeras kemudian melakukan pengujian benda uji dengan skema pembebanan berdasarkan SNI 03-4431-1997 dan ASTM C-78

e. Pembahasan dan analisis data hasil pengujian.

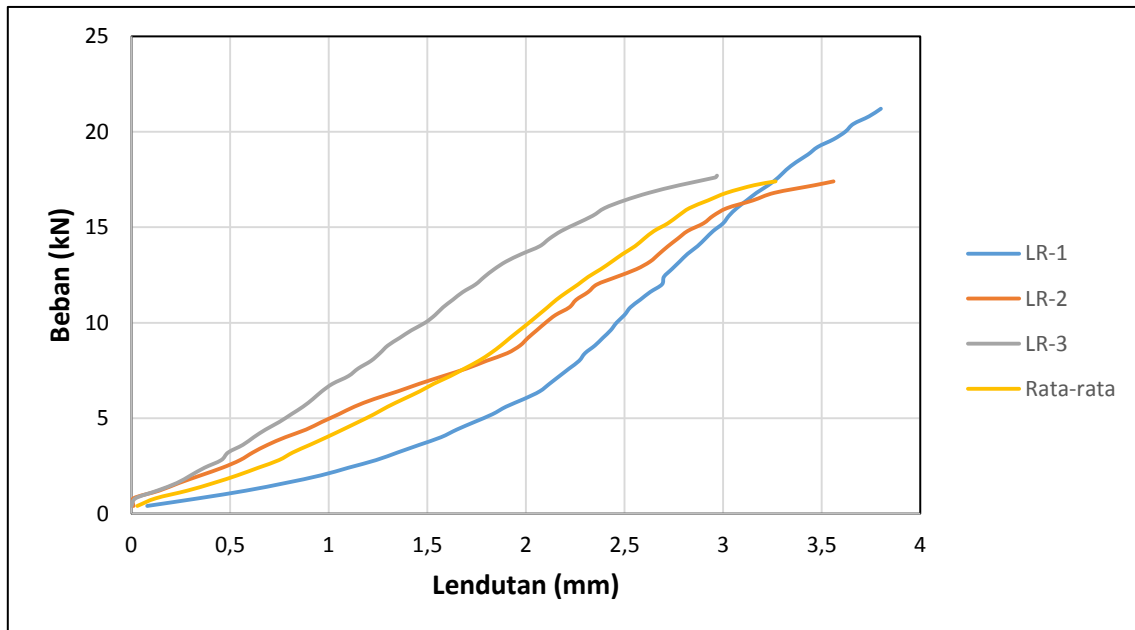
Analisis data hasil pengujian dilakukan untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

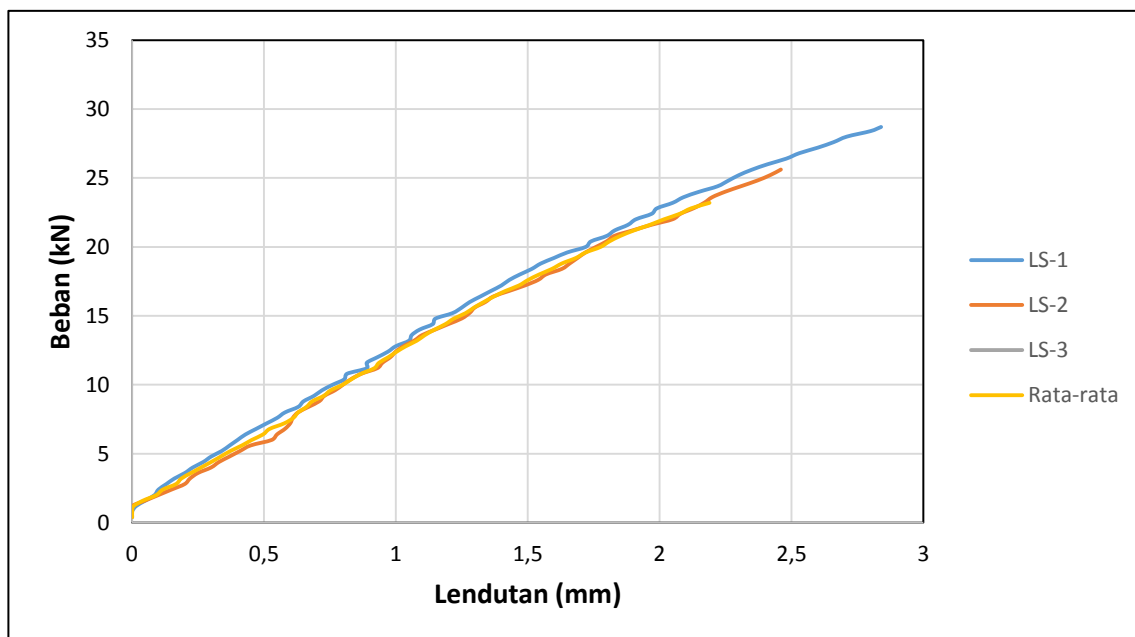
Pengujian ini meliputi pengujian kuat tekan resin, kuat tarik resin, kuat tekan beton, dan kuat lentur. Pada hasil pengujian berat jenis beton pada benda uji kuat tekan memiliki nilai rata-rata sebesar 1620,92 kg/m³. Hal ini menunjukkan bahwa berat jenis beton memenuhi syarat berdasarkan SKSNI 03-2847-2002 yaitu tidak lebih dari 1900 kg/m³. Sedangkan nilai *slump* yang dihasilkan rata-rata sebesar 12,5 cm. Hal ini berarti sesuai dengan nilai *slump* rencana yaitu 12±2 cm. Hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik resin masing-masing diperoleh nilai rata-rata sebesar 122,404 MPa dan 33,470 MPa. Sedangkan hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik campuran resin dan serat nanas masing-masing diperoleh nilai rata-rata sebesar 120,935 MPa dan 28,832 MPa. Pada hasil pengujian kuat tekan beton memiliki nilai rata-rata sebesar 7,811 MPa.

Hasil Pengujian Kuat Lentur

Berdasarkan hasil pengujian, maka diperoleh grafik hubungan lendutan dan beban hasil uji kuat lentur. Grafik hasil uji dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Hasil Pengujian Kuat Lentur *Sandwich Panel* (Lapisan Kulit dari Resin) 3 Benda Uji



Gambar 5. Hasil Pengujian Kuat Lentur *Sandwich Panel* (Lapisan Kulit dari Resin dan Serat Nanas) 3 Benda Uji

Nilai beban dan lendutan yang didapat dari Gambar 3 dan 4 dapat juga dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Lentur *Sandwich Panel* (Lapisan Kulit dari Resin)

Benda uji	<i>Crack</i>		<i>Failure</i>		$P_{failure}$ rata-rata (kN)	$\Delta_{failure}$ rata-rata (mm)
	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)		
LR-1	17,6	3,28	21,2	3,8		
LR-2	17,2	3,47	17,4	3,56	18,77	3,443
LR-3	17,2	2,78	17,7	2,97		

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Lentur *Sandwich Panel* (Lapisan Kulit dari Resin dan Serat Nanas)

Benda uji	<i>Crack</i>		<i>Failure</i>		$P_{failure}$ rata-rata (kN)	$\Delta_{failure}$ rata-rata (mm)
	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)		
LS-1	17,6	1,43	28,7	2,84		
LS-2	17,6	1,49	25,6	2,46	25,83	2,51
LS-3	17,6	1,51	23,2	2,24		

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa benda uji getas dikarenakan tidak lama setelah terjadi retakan, benda uji kemudian patah dan tidak mampu menahan beban lagi. Nilai kuat lentur hasil pengujian dapat terlihat pada Tabel 5 dan 6 sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai Kuat Lentur Hasil Pengujian *Sandwich Panel* (Lapisan Kulit dari Resin)

Kode	P_{crack} (N)	M_{crack} (Nmm)	$P_{failure}$ (N)	$M_{failure}$ (Nmm)
LR-1	17600	880.000	21200	1.060.000
LR-2	17200	860.000	17400	870.000
LR-3	17200	860.000	17700	885.000
Rerata	17333,33	866.666,67	18766,67	938.333,33

Tabel 6. Nilai Kuat Lentur Hasil Pengujian *Sandwich Panel* (Lapisan Kulit dari Resin dan Serat Nanas)

Kode	P_{crack} (N)	M_{crack} (Nmm)	$P_{failure}$ (N)	$M_{failure}$ (Nmm)
LS-1	17600	880.000	28700	1.435.000
LS-2	17600	880.000	25600	1.280.000
LS-3	17600	880.000	23200	1.160.000
Rerata	17600	880.000	25833,33	1.291.666,67

Berdasarkan Tabel 5 dan 6 nilai kuat lentur rata-rata hasil pengujian benda uji LR dan LS masing-masing sebesar 938.333,33 Nmm dan 1.291.666,67 Nmm. Nilai kuat lentur yang berbeda disebabkan karena adanya tambahan serat pada resin yang mengakibatkan kemampuan benda uji menahan lentur menjadi lebih tinggi. Gambar hasil uji kuat lentur dapat terlihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Hasil uji kuat tarik lentur umur 28 hari dengan kode benda uji (a) LR-1, (b) LR-2, (c), dan LR-3



(a)

(b)

(c)

Gambar 7. Hasil uji kuat tarik lentur umur 28 hari dengan kode benda uji (a) LS-1, (b) LS-2, (c), dan LS-3

SIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pengujian dan analisis beton ringan dengan pemanfaatan limbah *PET* sebagai agregat kasar serta penambahan *silica fume* dan serat baja adalah sebagai berikut:

- Nilai kuat lentur rata-rata sandwich panel dengan lapisan kulit dari resin dan lapisan inti dari beton dengan agregat kasar limbah plastik *PET* adalah sebesar $M_{crack}=866.666,67$ Nmm dan $M_{failure}=938.333,33$ Nmm.
- Nilai kuat lentur rata-rata sandwich panel dengan lapisan kulit dari campuran resin dan serat nanas, dan lapisan inti dari beton dengan agregat kasar limbah plastik *PET* adalah sebesar $M_{crack}=880.000$ Nmm dan $M_{failure}=1.291.666,67$ Nmm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kepada Allah SWT sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terima kasih kepada kedua orang tua yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Achmad Basuki ST, MT dan Ir, Sunarmasto, MT yang telah memberi bimbingan dan arahan dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- ACI Committee 544. 1996. *Fiber Reinforced Concrete*. Michigan: ACI International Michigan.
- Adi Putra, Surya, Purnawan Gunawan, dan Slamet Prayitno, 2013, Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat pada Beton Ringan dengan Teknologi Foam terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas. *Jurnal MATRIKS*. UNS. Surakarta.
- Anonim, 1994, *Metode Pengujian Berat Isi Beton Ringan Struktural SNI – 03 – 3407 - 1994*, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Aprieli Zai, Krisman, Syahrizal, dan Rahmi Karolina, 2014, Pengaruh Penambahan Silica Fume dan Superplasticizer terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Metode ACI (American Concrete Institute). *Jurnal*. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Ardhiantika, Pitra. 2014. *Kajian Kuat Tekan, Kuat Tarik, Kuat Lentur dan Redaman Bunyi pada Panel Dinding Beton Ringan dengan Agregat Limbah Plastik PET*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNS. Surakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *Semen Portland SNI 15-2049*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Dwisetyowati, Shinta. 2008. *Studi Sifat-Sifat Mekanis Beton Yang Menggunakan Agregat Kasar Dari Plastik Jenis Polyethylen Terephthalate (PET)*. Skripsi. Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- Dwi Cahyadi, Wahyu, 2012, *Studi Kuat Tekan Beton Normal Mutu Rendah yang Mengandung Abu Sekam Padi (RHA) dan Limbah Adukan Beton (CSW)*. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil UI. Depok.
- Effendi, Sofyan. 2010. *Analisa Pengaruh Sifat Mekanikal Terhadap Campuran Serat Pandan Duri Dengan Matrik Poliester (Komposit)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- Kushendrahayu, Kartika. 2015. *Nilai Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Kuat Lentur Pada Beton Beragregat Kasar PET Dengan Penambahan Silica Fume Dan Serat Baja Sebagai Bahan Panel Dinding*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNS. Surakarta.
- Mardatillah Taufik, Citra dan Astuti. 2014. *Sintesis Dan Karakterisasi Sifat Mekanik Serta Struktur Mikro Komposit Resin Yang Diperkuat Serat Daun Pandan Alas (Pandanus dubius)*. *Jurnal Fisika Unand*. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas. Padang.
- McCormac. 2000. *Desain Beton Bertulang Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Murdock, L.J dan K.M.Brook. 1979. *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga.
- M. D. Alves, Paulito, Dantje A. T. Sina, dan Remigildus Cornelis. 2013. *Tinjauan Kuat Lentur Balok Komposit Kayu Beton Dengan Penghubung Geser Paku Polos Dan Paku Ulir*. *Jurnal Teknik Sipil*. Universitas Kristen Petra.
- Neville, Adam M. 1987. *Concrete Technology*. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Oerbandono, Tjuk, Bayu Satriya Wardhana, Praisyy Meivy K, dan Achmad As'ad Sonief, 2014, Variasi Kekencangan Mula (Pre-Tension) Satu Arah pada Reinforcement Fibre Panel Komposit terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Rekayasa Mesin*. Universitas Brawijaya. Malang.

- Pratikto. 2010. Beton Ringan ber-agregat Limbah Botol Plastik Jenis *PET (Poly Ethylen Terephthalate)*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta: Jakarta.
- PBI. 1971. Peraturan Beton Bertulang Indonesia. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Beton.
- Sigit Sahay, Nugraha dan Giri Ngini, 2010, Pengaruh Penambahan Kawat Bendrat pada Campuran Beton terhadap Kuat Tekan Beton. Jurnal. Universitas Palangka Raya. Palangka Raya.
- Sriwita, Delni dan Astuti. 2014. Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Serat Daun Nenas-*Polyester* Ditinjau Dari Fraksi Massa dan Orientasi Serat. Jurnal Fisika Unand. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas. Padang.
- Tjokrodimulyo, Kardiono, 1996, *Teknologi Beton*. Yogyakarta.
- Widyawati, Ratna. 2011. Studi Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Metode Rancang Campur *Dreux-Corrise*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Lampung.
- Wijoyo, Catur Purnomo, dan Achmad Nurhidayat. 2011. Optimasi Kekuatan Tarik Serat Nanas (*Ananas Comous L, Merr*) Sebagai Alternatif Bahan Komposit Serat Alam. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim: Semarang.