

KUAT LENTUR PANEL PLAT BERBAHAN *POLYETHYLENEN TEREPHTHALATE* DENGAN PENAMBAHAN AGREGAT HALUS

Sutyas Aji¹⁾, Immanuel, Z.²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta
e-mail : sutyas@yahoo.com

²⁾Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

ABSTRACT

One of the ways to minimize the harmful effect of plastic waste, which are harmful for the environment, is to utilize the waste for useful purposes. In this study plastic waste is used as binding material for the fine aggregate used in the production of panel sheets.

The plastic waste used in this study was polyethylenen terephthalate. Panel sheets of 3 cm x 10 cm x 20 cm were made of mixture of plastic waste and fine sand at different ratios of plastic and sand by weight, namely 1:0.5, 1:1, 1:1.5 and 1:2. For each mix, three specimens were made. The specimens were subjected to bending under a point load two days after they were prepared.

The results of the experiments showed that the specimens with 1:2 plastic-sand ratio yielded the highest flexural strength of 7.50 MPa, while the lowest strength was produced by the specimen with 1:0.5 plastic-sand ratio, with a flexural strength of 2.50 MPa. In general, the higher the sand content, the higher the flexural strength was produced by the plastic-fine aggregate composite material.

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya produksi sampah belakangan ini sangat meresahkan pemerintah dan masyarakat sekitar yang tempat tinggalnya berdekatan dengan lokasi TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Limbah plastik merupakan bahan anorganik yang tersusun dari bahan-bahan kimia yang cukup berbahaya bagi lingkungan. Peningkatan produksi sampah tersebut jika tidak diolah dan dimanfaatkan dengan baik akan merusak lingkungan sekitar. Pengolahan sampah plastik mempunyai potensi untuk dimanfaatkan menjadi produk-produk yang mempunyai nilai tambah dan nilai ekonomis yang tinggi. Di samping itu dapat membantu mengatasi persoalan sampah yang dapat merusak lingkungan. Namun, upaya daur ulang limbah plastik tidak seimbang dengan jumlah produksi dari barang plastik. Salah satu contohnya, plastik berlogo PET yang biasa dipakai untuk botol air mineral dan botol jus dan permintaan untuk jenis plastik ini di antara pendaur ulang plastik relatif banyak, tetapi saat ini tingkat daur ulang untuk bahan ini tetap rendah sebesar 20 % (Muawiah, 2012).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan agregat halus dalam plastik daur ulang untuk menghasilkan panel plat yang lebih kuat dan untuk mengetahui seberapa besar kuat lentur panel plat yang dihasilkan. Penelitian ini diharapkan memberikan nilai tambah dan nilai ekonomis yang tinggi terhadap pemanfaatan sampah plastik sebagai panel dan untuk mengurangi limbah plastik serta sebagai alternatif bahan dasar dalam membuat panel.

II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

1.1. Pengertian Plastik

Plastik adalah suatu material rekayasa yang struktur molekulnya memiliki komposisi yang rumit yang dengan sengaja diatur untuk memenuhi aplikasi – aplikasi spesifik yang diinginkan. Plastik merupakan campuran polimer dengan bahan *aditif*. Polimer merupakan suatu molekul panjang yang terdiri atas ribuan unit yang berulang. Polimer secara umum tersusun dari atom unsur karbon, oksigen, dan hidrogen. (PT. Tri Polyta Indonesia Tbk).

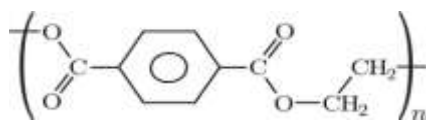
2.2. Klasifikasi/Pengelompokan Plastik

Plastik diklasifikasikan menjadi tujuh kelompok yang dibedakan atas nama populernya, rumus molekul, kegunaan, dan bisa didaur ulang atau tidak yaitu sebagai berikut :

- a. *Polyethylene Terephthalate* (PET)
- b. *High Density Polyethylene* (HDPE)
- c. *Polyvinyl Chloride* (PVC)
- d. *Low Density Polyethylene* (LDPE)
- e. *Polypropylene* (PP)
- f. *Polystyrene* (PS)
- g. *Other*

2.3. *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Polyethylene Terephthalate (disingkat PET, PETE atau dulu PETP, PET-P) adalah suatu resin polimer plastik termo-plast dari kelompok *poliester*. banyak diproduksi dalam industri ki-mia dan digunakan dalam serat sintetis, botol mi-numan dan wadah makanan, apli-kasi *thermoforming*, dan dikombina-sikan dengan serat kaca dalam resin teknik. PET merupakan salah satu bahan mentah terpenting dalam kerajinan tekstil. Struktur kimia PET seperti pada Gambar 2.1 (Wikipedia, 2013).



Gambar 2.1. Struktur kimia PET

2.4. Agregat Halus

Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir. Ukurannya bervariasi antara ukuran no. 4 dan no. 100 saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dan saringan no. 100 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan standar analisis saringan dari ASTM (Nawy, 2010).

2.4.1. Persyaratan pasir

Menurut standar nasional Indonesia (SK SNI-S-04-1989-F:28) disebutkan mengenai persyaratan pasir atau agregat halus yang baik sebagai bahan bangunan sebagai berikut :

1. Agregat halus harus terdiri dari butiran tajam dan keras dengan indeks kekerasan < 2,2.
2. Sifat kekal apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
 - a) Jika dipakai natrium sulfat bagian hancur maksimal 12%.
 - b) Jika dipakai magnesium sulfat bagian halus maksimal 10%.
 - c) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dan apabila pasir mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
 - d) Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrans-Harder dengan larutan jenuh NaOH 3%.
 - e) Susunan besar butir pasir mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8 dan terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam.
 - f) Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
 - g) Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang diakui.
 - h) Agregat halus yang digunakan untuk plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan pasir pasangan.

2.4.2. Gradasi agregat halus

Agregat halus dapat dibagi menjadi empat jenis menurut gradasinya yaitu pasir kasar (golongan I), pasir agak kasar (golongan II), pasir agak halus (golongan III) dan pasir halus (golongan IV).

2.4.3. Modulus halus butir

Menurut standar nasional Indonesia (SK SNI-S-04-1989-F:28), modulus halus butir agregat halus berkisar antara 1,5–3,8. Modulus kehalusan butir (MHB) didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir-butir agregat yang tertinggal di atas suatu ayakan dan kemudian dibagi dengan seratus. Secara matematis dapat ditulis :

$$MHB = \frac{\text{Persen berat butir tertinggal kumulatif}}{100} \dots\dots\dots (2.1)$$

2.5. Kuat Tarik Bahan Plastik dengan Penambahan Agregat Halus

Kuat tarik adalah kuat bahan yang diakibatkan oleh suatu gaya yang cenderung untuk memisahkan bahan akibat tarikan. Uji kuat tarik bahan plastik dengan penambahan agregat halus dilakukan dengan membuat benda uji dalam bentuk seperti angka delapan. Nilai kuat tarik yang diperoleh dengan menghitung dari besar beban tarik maksimum dibagi dengan luas penampang yang terkecil. Secara matematis dapat ditulis :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan σ = kuat tarik (Mpa atau kg/cm²), P = beban tarik (N atau kg), dan A = luas bidang (mm² atau cm²)

2.5. Kuat Lentur

Kuat lentur adalah besarnya nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan penahan penampang benda uji. Kuat lentur dapat diketahui pola retak/runtuh panel dan lendutan yang terjadi pada panel yang memikul beban lentur. Untuk menentukan besarnya kuat lentur panel yang terjadi dapat digunakan Persamaan (2.3).

$$\sigma = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan σ = kuat lentur benda uji (kPa), P = besar beban saat pecah (kN), L = Jarak antar kedua tumpuan (m), h = tebal plat (m), dan b = lebar plat (m).

Pada Persamaan (2.3) sama dengan persyaratan dalam SNI 03-2823-1992 untuk metode pengujian kuat lentur beton memakai gelagar sederhana dengan sistem beban titik di tengah.

III. LANDASAN TEORI

Usaha untuk mendaur ulang plastik bekas supaya bisa bermanfaat kembali, maka dalam penelitian ini akan di analisis kuat lentur panel dari bahan dasar plastik berlogo PET dan agregat halus. Dalam percobaan pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali agar dapat memperoleh nilai rata-rata.

Komposit merupakan bahan yang tersusun lebih dari satu macam komponen yang digabungkan menjadi satu kesatuan yang utuh. Pada umumnya komposit terdiri dari dua komponen, yaitu komponen matriks yang menerus dan komponen penguat yang biasanya berbentuk anyaman, serat atau lembaran. Komponen penguat dalam percobaan ini berupa plastik yang di daur ulang yang di campur dengan agregat halus yang diharapkan dapat meningkatkan kuat lentur pelat panel.

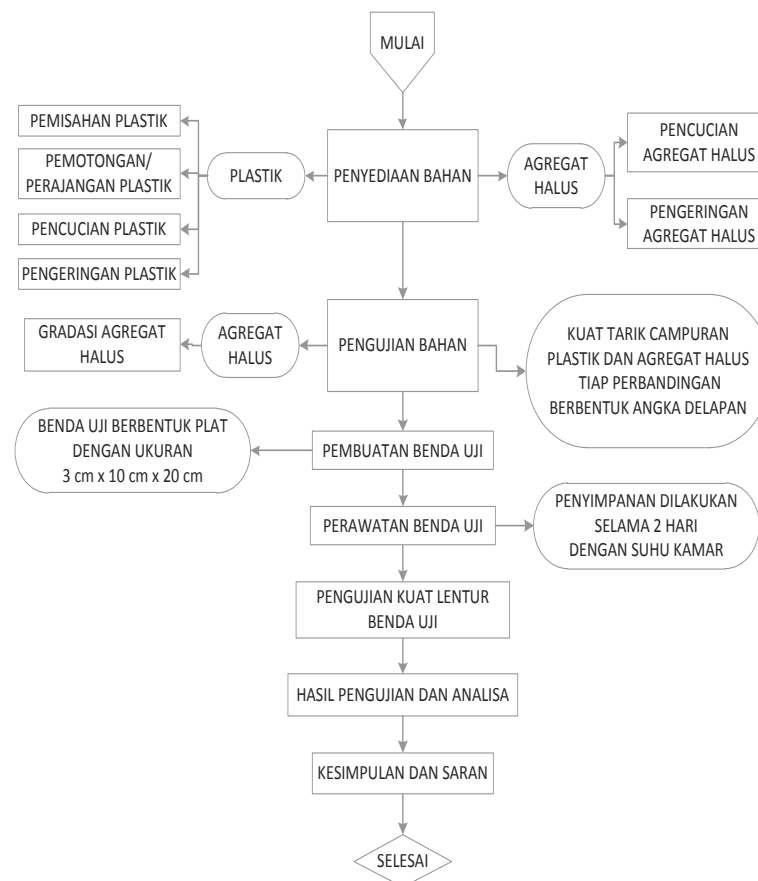
Diasumsikan bahan penyusunnya bersifat sama (komposit), nilai modulus elastisitas tidak bervariasi atau bernilai tetap, sehingga regangan berbanding lurus dengan tegangan dalam batas proporsional dan distribusi tegangan bervariasi linear, dengan nilai nol pada sumbu netral dan nilai maksimum pada sisi serat terluar. Dalam bidang potongan tampang

rata sebelum lenturan terjadi maka akan tetap rata jika lenturan sudah terjadi, berarti nilai regangan akibat lentur terdistribusi linear dengan nilai nol pada garis netral dan nilai maksimum pada serat tepi terluar.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Pendahuluan

Tahapan penelitian yang dilaksanakan adalah sebagaimana tampak pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1. Diagram alir pelaksanaan penelitian

4.2. Bahan Penelitian

a. Plastik

Plastik yang digunakan adalah plastik yang didaur ulang berlogo *polyethylene terephthalate* dengan warna yang sama. Kandungan kimia yang dikandungnya tidak diteliti (diabaikan). Plastik PET berasal dari botol plastik bekas berlogo (*Polyethylene Terephthalate*) PET dengan warna yang sama. Kandungan kimia yang dikandung dari limbah plastik berlogo PET tidak diselidiki.

b. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari kali Progo. Agregat halus dibersihkan atau dicuci sampai bersih agar tidak mengandung lumpur.

c. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknik Sipil UKRIM Yogyakarta. Bila dilihat secara visual, air yang dipakai jernih, tidak berbau, tidak berasa dan tidak berwarna.

4.3. Peralatan dan Benda Uji

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan benda uji antara lain ada alah : timbangan, Dalam penelitian ini alat – alat yang digunakan adalah sebagai berikut : timbangan, ayakan agregat halus (standar ASTM C-33), alat pemanas dan wadah alluminium, cetakan/bekesting benda uji ukuran 3 cm x 10 cm x 20 cm, *thermometer*, dan alat-alat bantu yang lain seperti :, jangka sorong, gunting, dan kunci pas. Alat uji tarik bahan plastik dengan penambahan agregat halus menggunakan *Universal Wood Testing Machine*, dengan tipe AW-10P, kapasitas 10 ton dan alat uji lentur panel plastik adalah *Indotesttesting equipment for the constru-ction industry*, kapasitas 100 kN.

Benda uji dalam penelitian ini berupa panel plat yang terbuat dari bahan dasar plastik daur ulangdengan penambahan agregat halus dengan ukuran 3 cm x 10 cm x 20 cm dan perbandingan komposisi campuran panel dan jumlah benda uji yang digunakan sesuai dengan Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1. Perbandingan benda uji

Benda Uji	Perbandingan Plastik dengan Agregat Haluas		Jumlah Benda Uji
	Plastik	Agregat Halus	
1	1	0,5	3
2	1	1	3
3	1	1,5	3
4	1	2	3

4.4. Perhitungan Kebutuhan Benda Uji

Tabel 4.2. Perbandingan dan kebutuhan material benda uji

Benda Uji	Perbandingan Plastik dengan Agregat Halus		Kebutuhan Benda Uji (gram)		Jumlah Benda Uji
	Plastik	Agregat Halus	Plastik	Agregat Halus	
1	1	0,5	552	340	3
2	1	1	414	510	3
3	1	1,5	331,2	612	3
4	1	2	276	680	3

4.5. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Benda uji pengujian tarik plastik dengan penambahan agregat halus berbentuk angka delapan. Perbandingan benda uji sama dengan benda uji panel plat. Jumlah benda uji sebanyak satu setiap perbandingan. Pembuatan benda uji sama seperti proses pembuatan panel. Tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Plastik jenis *Polyethylen Terephthalate* (PET) dan agregat halus ditimbang sesuai dengan kebutuhan benda uji.
2. Material plastik dimasukkan kedalam panci kemudian diaduk terus menerus sampai materialnya meleleh dengan suhu 260°C .
3. Setelah plastik meleleh, agregat halus dimasukkan sedikit demi sedikit dan pencampuran dilakukan terus menerus sampai plastik dan agregat halus tercampur merata, diusahakan campuran masih dalam bentuk cair atau seperti pasta tanpa ada yang mengumpul seperti bentuk kerikil.
4. Plastik dan agregat halus yang telah tercampur merata dalam keadaan cair langsung dimasukkan kedalam bekesting/cetakan.
5. Setelah plastik dan agregat halus dituangkan kedalam bekesting sampai penuh, bekesting kemudian ditutup rapat untuk membentuk permukaan merata.

Bekesting dibuka 6 jam setelah pencetakan. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara menyimpan benda uji di tempat yang bebas dari getaran, tidak terkena sinar matahari dan di ruang dengan kondisi suhu $27^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ dan kelembaban relatif $65^{\circ} \pm 5^{\circ}$ sehingga benda uji tersebut dalam kondisi lembab selama dua hari sebelum dilakukan pengujian.

4.6. Pengujian Tarik dan Lentur

Langkah-langkah yang dilakukan pada waktu pengujian tarik terhadap benda uji adalah sebagai berikut :

1. Ukuran benda uji diukur terlebih dahulu sebelum dilakukan uji tarik.
2. Benda uji dipasang pada dua tumpuan, kemudian ditarik hingga sedikit tegang tetapi beban dalam *Digital Transduser Indicator* masih menunjukkan angka nol.
3. Secara bertahap beban dinaikkan sampai benda uji mengalami patah/putus. Kemudian nilai yang diperoleh dari pembacaan *Digital Transduser Indicator* dikalibrasi terlebih dengan membagi lima untuk mendapatkan satuan dalam bentuk kilogram.

Pengujian kuat lentur menggunakan cara sederhana dengan tahapan-tahapan sebagai berikut ini :

1. Semua peralatan yang dibutuhkan disiapkan, seperti alat pembebanan, perletakan benda uji, buku catatan, pena, dan lain-lain.
2. Benda uji diletakan di atas suatu peletakan dengan jarak antar tumpuan 15 cm.
3. Beban diberikan dari atas tepat di tengah-tengah bentang.
4. Pembacaan jarum beban pada alat uji dilakukan pada setiap kenaikan beban.
5. Beban ditambah sehingga beban mencapai maksimum dan benda uji mengalami retak atau putus.

V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Pengujian Agregat Halus

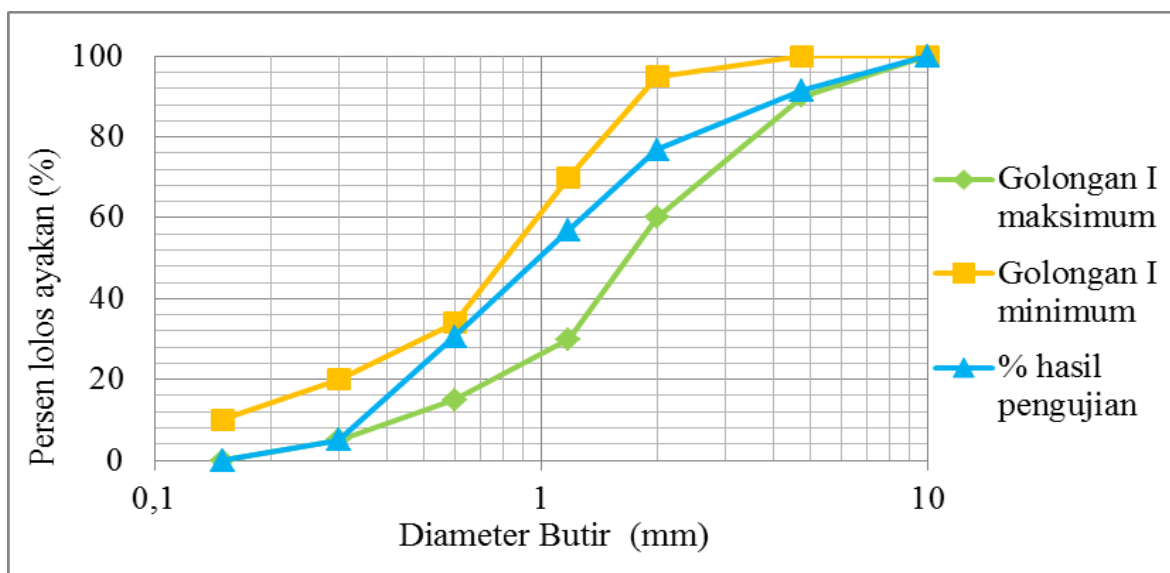
Hasil pengujian gradasi terhadap agregat halus dicantumkan dalam Tabel 5.1 dengan kurva gradasinya pada Gambar 5.1

Tabel 5.1. Hasil pengujian gradasi agregat halus

No. ayakan	Ukuran butiran (mm)	Berat tertahan ayakan		Berat tertahan kumulatif		Persen lolos	Persen gradasi agregat halus golongan 1 (pasir kasar)
		gram	%	gram	%		
2	100	–	–	–	–	100	100
4	4,75	42	8,4	42	8,4	91,6	90 – 100
8	2,36	74	14,8	116	23,2	76,8	60 – 95
16	1,18	99	19,8	215	43	57	30 – 70
30	0,6	132	26,4	347	69,4	30,6	15 – 34
50	0,3	128	25,6	475	95	5	5 – 20
100	0,15	25	5	500	100	0	0 – 10
Jumlah		500	100		339		

MHB agregat halus memenuhi syarat sebagai agregat halus menurut standar nasional Indonesia dengan MHB berkisar antara 1,5 – 3,8. MHB dari pengujian di atas diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\text{Persen berat butir tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{339}{100} = 3,39
 \end{aligned}$$

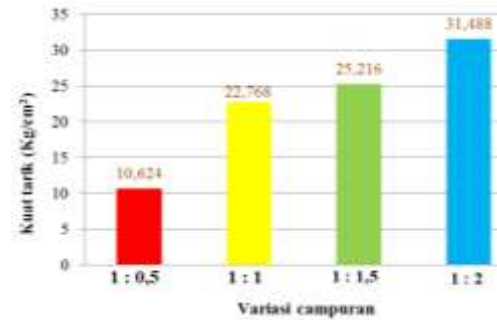


Gambar 5.1. Kurva gradasi agregat halus

5.2. Hasil Pengujian Kuat Tarik dan Lentur

Tabel 5.2. Data hasil pengujian dan perhitungan kuat tarik

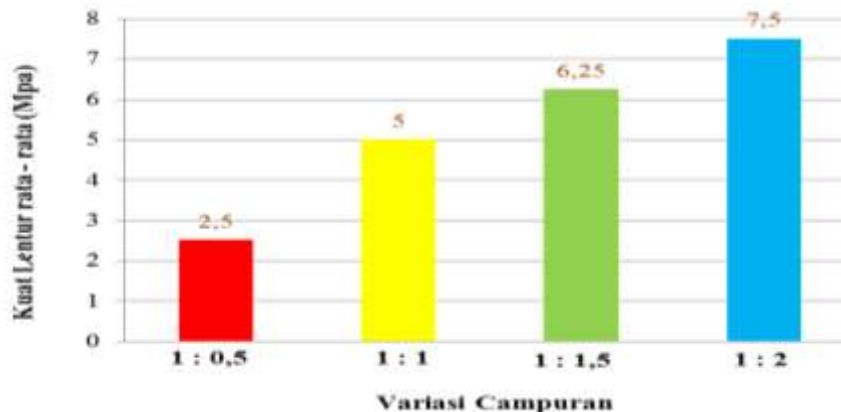
Perbandingan benda uji	Luas bidang (A) (cm ²)	Beban maksimum (P) (kg)	Kuat tarik (kg/cm ²)
1 : 0,5	6,25	66,4	10,624
1 : 1	6,25	142,3	22,768
1 : 1,5	6,25	157,6	25,216
1 : 2	6,25	196,8	31,488



Gambar 5.2. Grafik hasil kuat tarik

Tabel 5.3. Data hasil pengujian dan perhitungan kuat lentur panel plat

Perbandingan plastik dan agregat halus	Kebutuhan benda uji (gram)		Beban lentur rata-rata (kN)			Beban lentur rata-rata (kN)	Kuat lentur rata-rata (MPa)
	Plastik	Agregat halus	A	B	C		
1 : 0,5	552	340	1	1	1	1	2,50
1 : 1	414	510	2	2	2	2	5,00
1 : 1,5	331,2	612	2,5	2,5	2,5	2,5	6,25
1 : 2	276	680	3	3	3	3	7,50



Gambar 5.3. Hasil rata – rata kuat lentur panel

5.3. Pembahasan

Penambahan agregat halus pada limbah plastik berlogo PET dilakukan ketika plastik dalam keadaan cair dan agregat halus dalam keadaan kering untuk mempercepat proses pencampuran. Hal ini disebabkan agregat halus dapat berfungsi sebagai bahan pengisi pada cairan plastik dan juga sifat plastik sebagai pengikat agregat halus yang dapat menggantikan semen. Proses pencampuran dilakukan secara merata dalam keadaan cairan atau pasta dan tidak ada yang mengumpul seperti berbentuk kerikil, dengan bertujuan untuk mencegah penurunan daya ikat antara plastik dan agregat halus.

Dari hasil pengujian kuat tarik plastik dengan penambahan agregat halus menunjukkan nilai yang semakin besar dengan penambahan agregat halus pada plastik. Nilai kuat tarik benda uji berturut-turut yaitu perbandingan (1 : 0,5) = 10,624 kg/cm², perbandingan (1 : 1) = 22,768 kg/cm², perbandingan (1 : 1,5) = 25,216 kg/cm², dan perbandingan (1 : 2) = 31,488 kg/cm². Dengan adanya penambahan agregat halus, nilai kuat tarik yang diperoleh juga meningkat. Hal ini menunjukkan agregat halus dapat berfungsi sebagai pengisi dan plastik juga dapat berfungsi sebagai pengikat.

Hasil pengujian kuat lentur pada variasi penambahan dan perbandingan campuran plastik dan agregat halus menunjukkan adanya peningkatan nilai kuat lentur dari campuran plastik dan agregat halus. Nilai rata – rata kuat lentur benda uji yaitu dengan perbandingan (1:0,5) = 2,5 MPa, perbandingan (1:1) = 5,0 MPa, perbandingan (1:1,5) = 6,25 MPa, dan perbandingan (1:2) = 7,5 MPa. Dari hasil pengamatan, dengan semakin banyak penambahan agregat halus dalam plastik menunjukkan adanya peningkatan nilai kuat lentur yang dihasilkan sampai pada batas tertentu.

Dari nilai kuat tarik yang diperoleh menunjukkan adanya hubungan dengan kuat lentur. Pengujian kuat tarik dan kuat lentur sama-sama menunjukkan bahwa penambahan agregat halus dalam plastik dapat meningkatkan kekuatan benda uji. Namun, dalam penelitian ini, nilai yang diperoleh masih belum menemukan nilai maksimum penambahan agregat halus dalam plastik. Dari pengujian kuat tarik dan kuat lentur tampak bahwa karakteristik keruntuhan benda uji mempunyai kemiripan dengan beton normal, yaitu mengalami keruntuhan secara tiba-tiba ketika mencapai beban maksimum.

Dari uraian diatas dapat dilihat bahwa panel plat yang berbahan dasar plastik daur dengan penambahan agregat halus dapat menghasilkan panel dengan kekuatan tertentu. Bila dibandingkan dengan pelat panel yang berbahan lain penelitian sebelumnya di Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta seperti pada Tabel 5.4, maka campuran agregat halus dan plastik dapat dijadikan salah satu bahan dalam pembuatan panel.

Tabel 5.4. Hasil penelitian kuat lentur panel dengan komposisi bahan yang lain

No.	Bahan	Ketebalan (cm)	Komposisi campuran (gram)	Kuat lentur (kg/cm ²)
1	Plastik PET	3	1 plastik : 2 agregat halus	75
2	Ampas tebu	2	0,5 ampas tebu : 10 pc : 0,5 SikaCim Bonding	34,125
3	Ampas tebu	2	1 ampas tebu : 10 pc : 2 lem fox	31,903
4	Bubuk kertas	1	10 bubuk kertas : 2,5 larutan kanji : 10 pc	14,735
5	Sabut kelapa	1	10 pc : 0,1 sabut kelapa	3,551
6	Sayatan bambu	1	10 pc : 0,1 sayatan bambu	4,501
7	Kayu	2,5	(PT. Indo Yumen Board)	17

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

1. Agregat halus dapat berfungsi sebagai pengisi dalam pembuatan panel berbahan plastik *polyethylene terephthalate* karena dapat meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur benda uji.
2. Hasil pengujian kuat lentur panel berbahan plastik *polyethylene terephthalate* pada variasi penambahan agregat halus memperlihatkan nilai kuat lentur terendah sebesar 2,5 MPa pada perbandingan 1 plastik : 0,5 agregat halus dan nilai tertinggi sebesar 7,5 MPa pada perbandingan 1 plastik : 2 agregat halus.

6.2. Saran

Penelitian lebih lanjut mengenai penelitian ini untuk penambahan agregat halus lebih banyak ke dalam plastik *polyethylene terephthalate* yang dilelehkan untuk mendapatkan panel dengan nilai kuat lentur yang maksimum. Perlu diadakan penelitian terhadap penambahan zat aditif yang sesuai untuk menghasilkan nilai kuat lentur yang optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreyabad, 2012, *Plastik, Manfaat dan Bahayanya*, <http://balihub.com/ge-neral/manfaat-dan-bahaya-plastik/>, diakses pada tanggal 16 November 2013.
- Anonim, 2013, *Plastik*, Wikipedia Bahasa Indonesia, <http://id.wiki-pedia.org/wiki/Plastik>, diakses pada tanggal 22 Mei 2013.
- Anonim, 2013, *Polietilena tereftalat*, Wikipedia Bahasa Indonesia, http://id.wikipedia.org/wiki/Polietilena_tereftalat, diakses pada tanggal 22 Mei 2013.
- Krisnadewi, 2013, *Mengenal Jenis – Jenis Plastik*, <http://bisakimia.-com/2013/01/03/mengenal-jenis-jenis-plastik/>, diakses pada tanggal 30 November 2013.
- Lautloly Lukas, 2008, *Tinjauan Kuat Lentur Panel Menggunakan Bahan Dasar Ampas Tebu dan Sikacim Bonding Adhesive*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel, UKRIM PRESS, Yogyakarta.
- Muawiah Abu, 2012, *Arti Simbol Pada Kemasan Plastik*, <http://al-atsariyyah.com/arti-simbol-pada-kemasan-plastik.html>, diakses pada tanggal 01 September 2013.
- Nawy Edward G., Dr, P.E., 2010, *Beton Bertulang-Suatu Pendekatan Dasar*, PT. Refika Aditama, Bandung
- Paulian Iwan, 2004, *Tinjauan Pembuatan Panel Plat dari Bahan Sabut Kelapa, Jerami, Alang – Alang dan Lem PVA Dispersi*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel, UKRIM PRESS, Yogyakarta.
- Plastik Internasional, 2013, *PET-P (Tecapet®, Ertalyte®)*, <http://www.plasticsintl.com/pet.html>, diakses pada tanggal tanggal 1 November 2013.

- Pramono Didiék dan HS Suryadi, 2013, *Bahan Konstruksi Teknik*, Penerbit Gunadarma, Bandung, http://elear-ning.gunadarma.ac.id/docmodul/in-dex-bahan_kontruksi_teknik.htm, diakses 1 November 2013.
- Pranowo Lilih Prilian Ari, 2009, *30 Tokoh Penemu Indonesia*, Penerbit Narasi, Yogyakarta.
- P.T. Indo Yumen Board, 2013, *Our Products*, <http://www.indoyumen-board.com/products.html>, diakses 25 November 2013.
- P.T. Tri Polyta Indonesia Tbk, *Pengetahuan Dasar Plastik*, http://www.tripolyta.com/product_faq.php, diakses pada tanggal 21 Mei 2013.
- Ritonga Benny Hallomoan, 2000, *Tinjauan Kuat Lentur Panel Plat dari Bahan Dasar Campuran Bubuk Kertas, Larutan Kanji dan Semen*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel, UKRIM PRESS, Yogyakarta.
- Rojali, 2003, *Tinjauan Kuat Lentur Pelat Panel Menggunakan Ampas Tebu*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel, UKRIM PRESS, Yogyakarta.
- SK SNI 03-2823-1992 dengan judul *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton Memakai Gelagar Sederhana Dengan Sistem Beban Titik Di Tengah*.
- SK SNI S-04-1989-F dengan judul *Spesifikasi Agregat sebagai Bahan Bangunan*.
- Sunggono KH, Ir., 1995, *Buku Teknik Sipil*, Penerbit Nova, Bandung.
- Surdia Tata Prof. Ir. MS. Met. E. dan Saito Shinroku Prof. DR., 1999, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tjokrodimulyo Kardiyono, Ir. M. E., 2010, *Teknologi Beton*, Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.
- VIP IBGDRGN, 2011, *All About Polymer For Concrete*, <http://heng-garrisa.wordpress.com/category/struktur/>, diakses 30 November 2013.
- Wulandari Retno, 2001, *Tinjauan Pembuatan Panel dari Bahan Sabut Kelapa, Sayatan Bambu, dan Zat Tambah Styrobond*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel, UKRIM PRESS, Yogyakarta.