

ANALISA HASIL UJI KEKUATAN TARIK, TEKAN & STRUKTUR MAKRO SAMPAH PLASTIK JENIS PET, HDPE, DAN CAMPURAN (PET+HDPE)

Holy Ramagisandy¹⁾, Rudi Siswanto²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Akhmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

E-mail: holyramagisandy@gmail.com

Abstract

Plastik is a material which has difficult to decompose. Therefore, the utilization of waste into useful material is important to do. This study aims to identify the tensile strength, bending, and macro structure of recycled PET, HDPE, and PET + HDPE plastik waste mixtures and recommendations for plastik products that fit the characteristics of these plastik types. PET and HDPE plastik waste is melted with oil and reprinted into tensile and bending test samples in accordance with predetermined variations, and then the results of the fracture are analyzed in a macro structure. Based on tensile testing, the tensile strength test results have the highest stress and strain values obtained in the mixture of 40% + HDPE 60% (B2) used oil specimens of 10.58 MPa and strain values of 11.98%. The results of bending strength testing which has the highest bending stress value and maximum load value are obtained in plastik mixture specimens with 30% used oil mixture + 70% HDPE (B1) of 11.58 MPa and for maximum load values of 43.33 KN. Testing the tensile strength and bending strength of the type of plastik mixture Oil and HDPE + PET (50%: 50%), the results obtained can still not be recommended to be used as a paving block product because the value of stress, strain, bending stress, and the maximum load is still relatively low, namely for the tensile test the highest variation of stress value is 5.21 MPa, the highest variation of strain value is 5.23%, the maximum load value is 10 KN, and the highest variation of bending stress value is 40% + 60% by 4.01 MPa.

Keywords: Plastik, Recycling, Tensile Testing, Bending Testing, Structure Macro

PENDAHULUAN

Permasalahan sampah di Indonesia saat ini menjadi permasalahan terutama untuk sampah plastik. Plastik merupakan jenis sampah yang jumlahnya semakin meningkat setiap tahunnya. Plastik banyak digunakan dibanding dengan jenis material yang lain dikarenakan plastik memiliki beberapa keunggulan seperti tahan korosi, kuat, ringan, praktis, kuat, ekonomis dan dapat menggantikan fungsi dari barang lainnya.

Plastik sering dijadikan barang sekali pakai, oleh karena itu semakin banyak penggunaan material dari bahan plastik terutama dalam pemakaian kemasan air minum (PET) dan sampah botol shampo juga tas kresek (HDPE).

Dari fakta diatas pengolahan pembuatan sampah menjadi material yang bermanfaat menjadi sangat penting untuk dilakukan termasuk menggunakan sampah plastik rumah tangga. Untuk dapat mengetahui sifat mekanik dari suatu material tersebut, maka ada beberapa pengujian mekanik yang dapat dilakukan

untuk mengetahui sifat material tersebut, antara lain uji tarik, uji tekan, uji torsi dll. Dari beberapa pengujian untuk mengetahui sifat material, uji tarik dan uji tekan merupakan pengujian yang paling sering digunakan karena dari pengujian tersebut dapat diketahui lebih banyak sifat material. Penelitian ini akan menganalisa hasil uji kekuatan tarik, kekuatan tekan, dan struktur makro dari limbah jenis plastik yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari yaitu jenis plastik PET (polyethylene terephthalate) dan HDPE (high density polyethylene).

Daur ulang adalah teknik pembentukan kembali dari material yang sudah diproduksi sebelumnya karena mengalami gagal produk (reject) atau tidak sesuai (NG) dengan standar produk dengan tujuan mengurangi pembelian material baru, mengurangi polusi, dan mengurangi tenaga. Daur ulang dapat diolah dengan tiga proses yaitu perajangan (Crusher), peleburan (melting), dan pembentukan (formation) kembali.

Plastik merupakan polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang atau "monomer". Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terbentuk dengan menggunakan zat lain untuk menghasilkan plastik yang ekonomis.

Secara garis besar plastik dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yakni plastik yang bersifat termoplastik dan yang bersifat thermosetting. Tetapi, plastik yang paling banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari ialah jenis termoplastik.

Polimer termoplastik adalah polimer yang memiliki sifat yang tidak tahan panas. Jika polimer ini dipanaskan, maka akan melunak dan jika didinginkan akan mengeras. Proses tersebut bisa terjadi berulang kali, sehingga bisa dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru.

Polimer termosetting adalah polimer yang memiliki sifat tahan panas. Polimer ini jika dipanaskan, maka tidak meleleh sehingga tidak bisa dibentuk ulang kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali. Bila polimer ini rusak, maka tidak bisa disambung atau diperbaiki lagi.

PET sering digunakan untuk botol plastik transparan seperti botol minuman, botol minyak goreng, botol air mineral, botol jus.

HDPE sering digunakan untuk jerigen, botol obat, pelumas, botol susu yang berwarna putih susu, botol minuman, dan botol kosmetik. Memiliki sifat bahan yang lebih kuat, buram, keras, dan lebih tahan terhadap suhu tinggi.

Pengujian tarik (tensile test) merupakan pengujian material yang paling mendasar. Melakukan uji tarik pada suatu material, maka akan mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tarikan dan sejauh mana material tersebut bertambah panjang. Bentuk spesimen pengujian tensile test sesuai dengan standar Amerika ASTM D 638-14.

Pengujian bending test pada material yang keras dan getas adalah cara terbaik untuk menentukan kekuatan dan kegetasan pada material. Pada pengujian bending test, bagian atas spesimen akan mengalami tegangan tekan dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Bentuk spesimen pengujian bending test sesuai dengan standar Amerika ASTM D 790-3.

Pengujian struktur makro adalah salah satu metode evaluasi dengan detail yang cukup mendalam untuk mengetahui perbedaan dari komposisi, morfologi dan atau massa jenis dari suatu material.

METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Persiapan bahan baku.
2. Persiapan perlengkapan alat.
3. Melakukan proses peleburan dan proses pencetakan produk limbah oli bekas, limbah plastik jenis PET, plastik jenis HDPE, dan campuran PET+HDPE dengan variasi persentase bahan baku daur ulang.
4. Melakukan pengamatan terhadap tampilan produk.
5. Melakukan pengujian kekuatan tarik (Tensile Test).
6. Melakukan pengujian kekuatan tekan (Uji Bending).
7. Melakukan pengujian struktur makro.
8. Menganalisis hasil pengujian.
9. Menyusun laporan hasil penelitian.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengerjaan skripsi antara lain :

Alat :

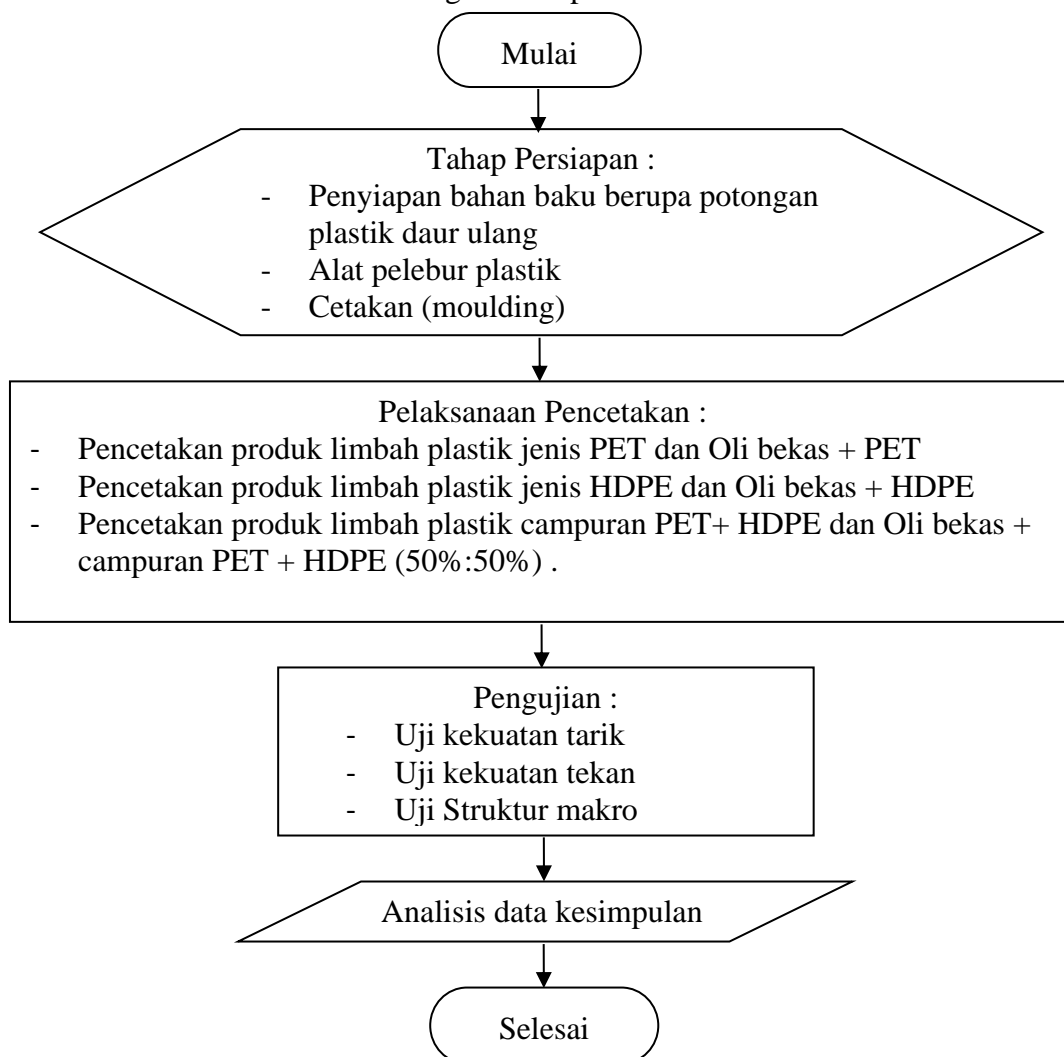
1. Alat pelebur plastik.
2. Cetakan.
3. Alat ukur (Meteran, penggaris, jangka sorong).
4. Gunting.
5. Pisau Cutter.
6. Kompor (Tabung gas LPG).
7. Alat uji tarik.
8. Alat uji kekuatan tekan.
9. Alat uji struktur makro.
10. Thermometer.
11. Kipas.

Bahan:

1. Bahan baku limbah jenis plastik PET.
2. Bahan baku limbah jenis plastik HDPE.
3. Bahan baku limbah Oli bekas.

Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan sesuai diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kekuatan Tarik (Tensile Test)

Pengujian Tensile Test menggunakan alat Universal Testing Machine.



Gambar 2. Hasil Pengujian Kekuatan Tarik (Tensile Test)

Tabel 1. Hasil pengujian kekuatan tarik (tensile test) spesimen A (oli bekas dan jenis plastik HDPE + PET (50%:50%))

Spesimen	Rata-rata Tebal (mm)	Rata-rata Lebar (mm)	Rata-rata Pmax (KN)	Rata-rata ΔL (mm)	Rata-rata Tegangan (MPa)	Rata-rata Regangan (%)
A1 (30%:70%)	3.90	7.25	0.15	2.62	5.21	5.23
A2 (40%:60%)	4.01	7.03	0.14	2.23	4.84	4.46
A3 (0%:100%)	3.81	7.27	0.11	3.88	3.87	4.28

Tabel 2. Hasil pengujian kekuatan tarik (tensile test) spesimen B (oli bekas dan jenis plastik HDPE)

Spesimen	Rata-rata Tebal (mm)	Rata-rata Lebar (mm)	Rata-rata Pmax (KN)	Rata-rata ΔL (mm)	Rata-rata Tegangan (MPa)	Rata-rata Regangan (%)
B1 (30%:70%)	3.83	6.61	0.23	3.07	9.25	6.14
B2 (40%:60%)	4.06	6.90	0.29	5.99	10.58	11.98
B3 (0%:100%)	3.95	6.88	0.11	3.51	3.93	7.01

Tabel 3. Hasil pengujian kekuatan tarik (tensile test) spesimen C (oli bekas dan jenis plastik PET)

Spesimen	Rata-rata Tebal (mm)	Rata-rata Lebar (mm)	Rata-rata Pmax (KN)	Rata-rata ΔL (mm)	Rata-rata Tegangan (MPa)	Rata-rata Regangan (%)
C1 (30%:70%)	3.98	8.25	0.16	2.34	4.99	4.69
C2 (40%:60%)	3.76	8.11	0.14	1.24	4.61	2.48
C3 (0%:100%)	4.32	8.30	0.27	1.83	7.51	3.66

Pengujian Kekuatan Tekan (Bending Test)

Pengujian Bending Test menggunakan alat Universal Testing Machine.



Gambar 3. Hasil Pengujian Kekuatan Tekan (Bending Test)

Tabel 4. Hasil pengujian kekuatan tekan (bending test) spesimen A (oli bekas dan jenis plastik HDPE + PET (50%:50%))

Spesimen	Rata-rata Tebal (mm)	Rata-rata Lebar (mm)	Rata-rata Gaya Bending (Pmax) (KN)	Rata-rata Tegangan Bending σ_b (MPa)
A1 (30%:70%)	3.63	14.15	10	3.64
A2 (40%:60%)	3.48	13.95	10	4.01
A3 (0%:100%)	4.09	13.69	10	2.96

Tabel 5. Hasil pengujian kekuatan tekan (bending test) spesimen B (oli bekas dan jenis plastik HDPE)

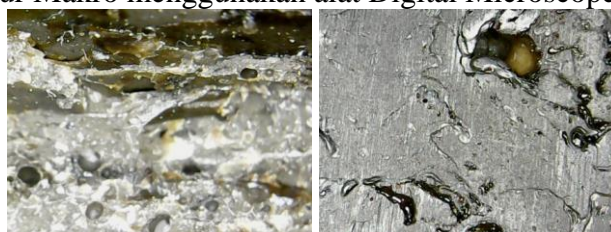
Spesimen	Rata-rata Tebal (mm)	Rata-rata Lebar (mm)	Rata-rata Gaya Bending (Pmax) (KN)	Rata-rata Tegangan Bending σ_b (MPa)
B1 (30%:70%)	4.29	13.14	43.33	11.58
B2 (40%:60%)	4.26	13.28	40.00	10.67
B3 (0%:100%)	4.34	13.41	40.00	10.79

Tabel 6. Hasil pengujian kekuatan tekan (bending test) spesimen C (oli bekas dan jenis plastik PET)

Spesimen	Rata-rata Tebal (mm)	Rata-rata Lebar (mm)	Rata-rata Gaya Bending (Pmax) (KN)	Rata-rata Tegangan Bending σ_b (MPa)
C1 (30%:70%)	3.99	13.20	10.00	3.37
C2 (40%:60%)	4.06	13.20	10.00	3.16
C3 (0%:100%)	15.	13.35	10.00	2.83

Pengujian Struktur Makro

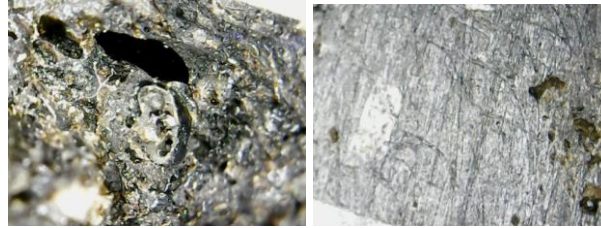
Pengujian Struktur Makro menggunakan alat Digital Microscope.



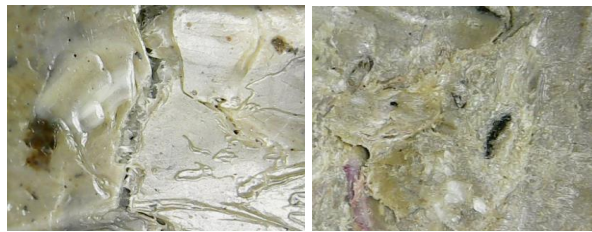
Gambar 4. Foto Makro Patahan dan Permukaan Spesimen A1.2
30% Oli Bekas + 70% HDPE dan PET (50%:50%)



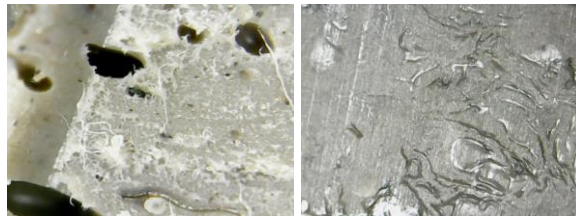
Gambar 5. Foto Makro Patahan dan Permukaan Spesimen A2.3
40% Oli Bekas + 60% HDPE dan PET (50%:50%)



Gambar 6. Foto Makro Patahan dan Permukaan Spesimen A3.2
0% Oli Bekas + 100% HDPE dan PET (50%:50%)



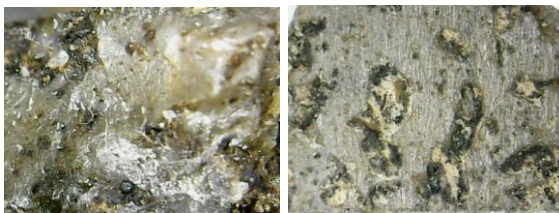
Gambar 7. Foto Makro Patahan dan Permukaan Spesimen B1.1
30% Oli Bekas + 70% HDPE



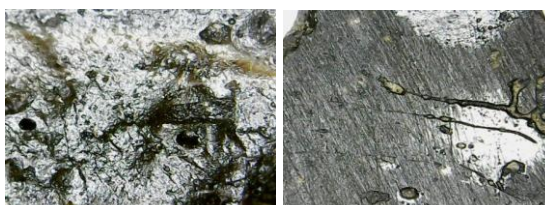
Gambar 8. Foto Makro Patahan dan Permukaan Spesimen B2.2
40% Oli Bekas + 60% HDPE



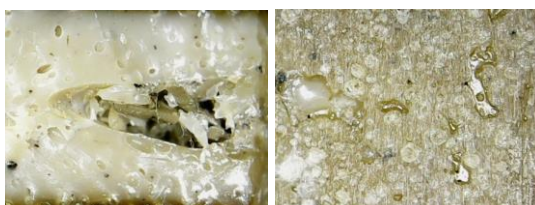
Gambar 9. Foto Makro Patahan dan Permukaan Spesimen B3.3
0% Oli Bekas + 100% HDPE



Gambar 10. Foto Makro Patahan dan Permukaan Spesimen C1.3
30% Oli Bekas + 70% PET



Gambar 11. Foto Makro Patahan dan Permukaan Spesimen C2.2
40% Oli Bekas + 60% PET



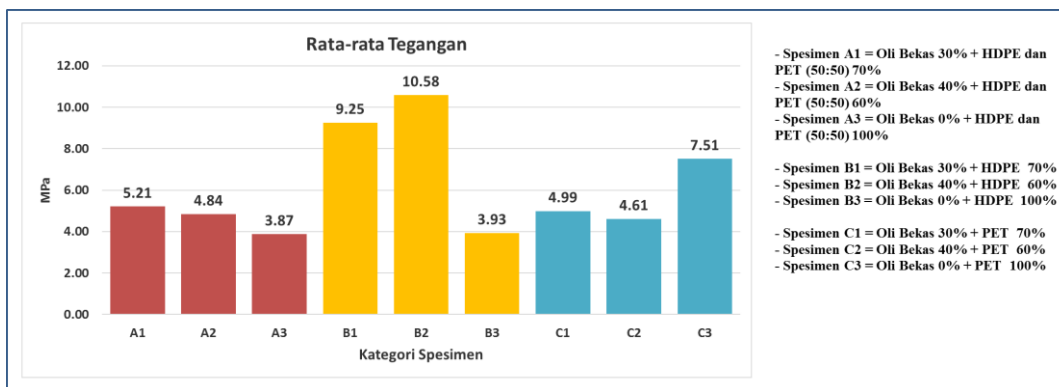
Gambar 12. Foto Makro Patahan dan Permukaan Spesimen C3.1
0% Oli Bekas + 100% PET

Hasil Pengujian Kekuatan Tarik (Tensile Test)

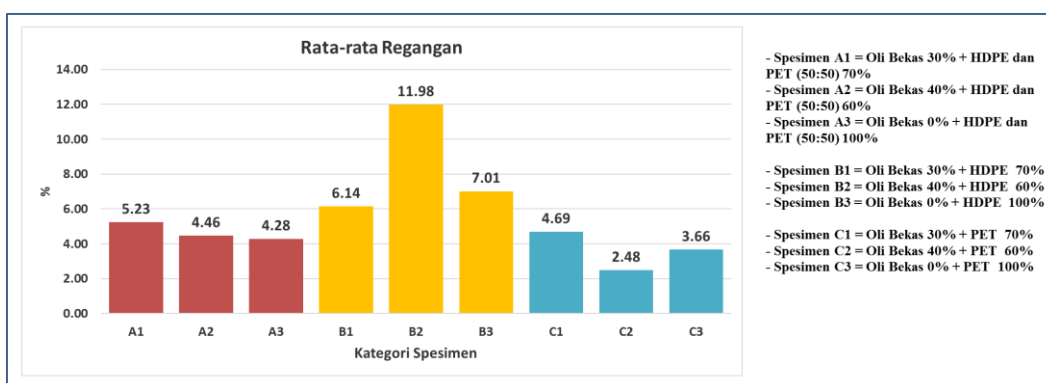
Hasil uji kekuatan tarik spesimen plastik campuran Oli bekas 40% + HDPE 60% (B1) mempunyai nilai tegangan dan regangan paling tinggi dibandingkan dengan variasi yang lain. Sedangkan hasil nilai tegangan paling rendah dibandingkan dengan variasi yang lain adalah spesimen HDPE 50% + PET 50% tanpa campuran oli bekas (A3) dan nilai regangan paling rendah dibandingkan dengan variasi lain yaitu spesimen Oli Bekas 30% + PET 70% (C1).

Pada Gambar 13 menunjukkan hubungan antara nilai tegangan dengan penambahan oli bekas terhadap tiap-tiap jenis plastik. Pada gambar tersebut diketahui semakin banyak penambahan oli bekas terhadap plastik, maka tegangan cenderung semakin meningkat. Begitupun juga pada Gambar 14, yang menunjukkan hubungan antara nilai regangan dengan penambahan oli bekas terhadap tiap – tiap jenis plastik, diketahui semakin banyak penambahan oli bekas terhadap plastik, maka regangan cenderung semakin meningkat pula.

Pada Gambar 13 dan Gambar 14 juga menunjukkan hubungan antara nilai tegangan dan regangan dengan komposisi jenis plastik. Pada kedua gambar tersebut diketahui nilai tegangan dan regangan jenis plastik PET cenderung lebih rendah jika terhadap jenis plastik HDPE. Hal itu terlihat dari ketika hasil nilai tegangan dan regangan spesimen campuran jenis plastik HDPE + PET (50%:50%) cenderung lebih besar atau nilainya naik dibandingkan nilai tegangan dan regangan dari spesimen campuran dengan jenis plastik PET saja dan spesimen campuran dengan jenis plastik HDPE saja mempunyai nilai tegangan dan regangan yang paling besar.



Gambar 13. Grafik Rata-Rata Tegangan Spesimen Uji Tarik



Gambar 14. Grafik Rata-Rata Regangan Spesimen Uji Tarik

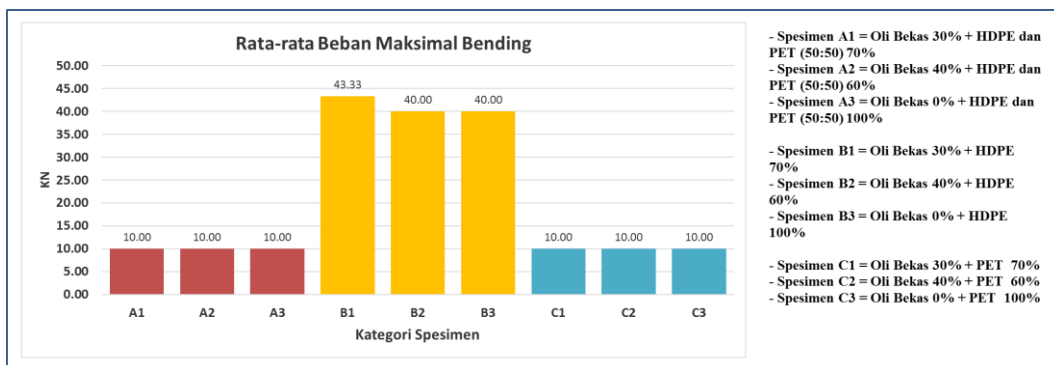
Hasil Pengujian Kekuatan Tekan (Bending Test)

Hasil uji kekuatan tekan spesimen plastik dengan campuran Oli bekas 30% + HDPE 70% (B1) mempunyai nilai tegangan bending paling tinggi dibandingkan variasi yang lain. Sedangkan hasil nilai tegangan bending yang paling rendah dibandingkan variasi lain yaitu jenis plastik PET 100% tanpa campuran oli bekas (C3).

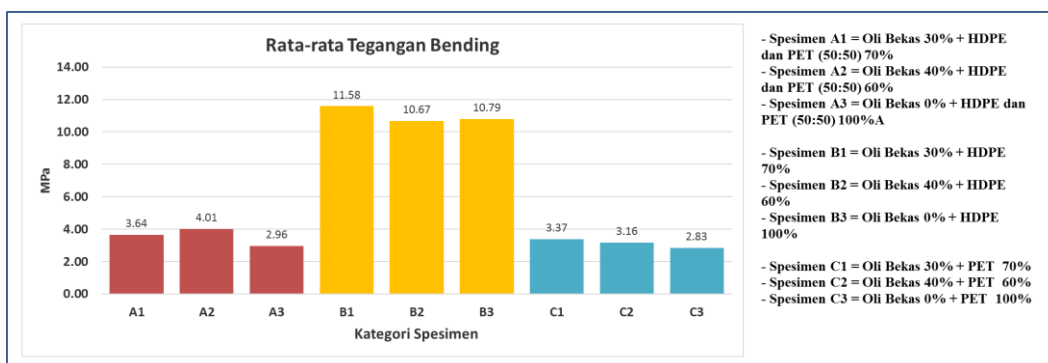
Pada Gambar 15 menunjukkan hubungan antara beban maksimal dengan penambahan oli bekas terhadap campuran plastik. Dari gambar tersebut diketahui bahwa telah terjadi penambahan nilai beban maksimal pada variasi campuran Oli bekas 30% + HDPE 70% (B1).

Pada Gambar 16 menunjukkan hubungan antara nilai tegangan bending dengan penambahan oli bekas terhadap campuran plastik. Dari gambar tersebut diketahui telah terjadi penambahan nilai tegangan bending. Semakin banyak penambahan oli bekas nilai tegangan bending cenderung naik.

Pada Gambar 16 juga menunjukkan hubungan antara nilai tegangan bending dengan penambahan komposisi plastik jenis HDPE. Dari gambar tersebut diketahui rata-rata nilai tegangan bending jenis plastik HDPE lebih besar daripada nilai tegangan bending plastik PET. Pada jenis variasi HDPE + PET (50%:50%) nilai tegangan bending lebih besar nilainya daripada nilai tegangan bending plastik PET.



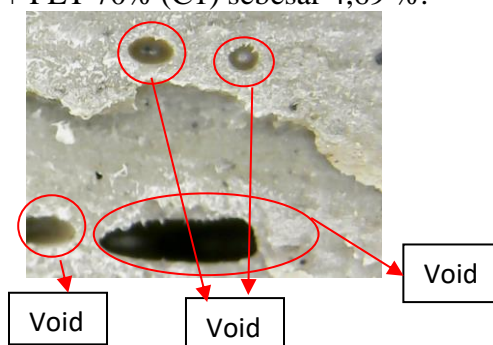
Gambar 15. Grafik Rata-Rata Beban Maksimal Spesimen Kuat Uji Tekan



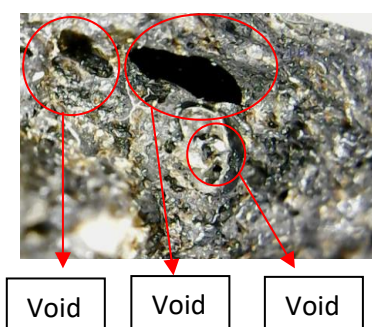
Gambar 16. Grafik Rata-Rata Tegangan Bending Spesimen Uji Kuat Tekan

Hasil Foto Makro Pada Spesimen Uji Tarik terhadap Sifat Tegangan dan Regangan

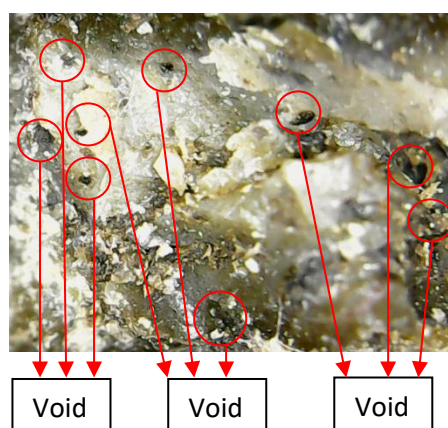
Hasil uji kekuatan tarik mempunyai nilai tegangan dan regangan paling tinggi didapatkan pada spesimen campuran Oli bekas 40% + HDPE 60% (B1) sebesar 10,58 MPa dan nilai regangan sebesar 11,98 %, sedangkan nilai tegangan terendah didapatkan pada spesimen HDPE 50% + PET 50% tanpa campuran oli bekas (A3) sebesar 3,87 MPa dan nilai regangan terendah didapatkan pada spesimen Oli Bekas 30% + PET 70% (C1) sebesar 4,69 %.



Gambar 17. Foto Makro Hasil Patahan Spesimen Uji Tarik (B2.2)



Gambar 18. Foto Makro Hasil Patahan Spesimen Uji Tarik (A3.2)

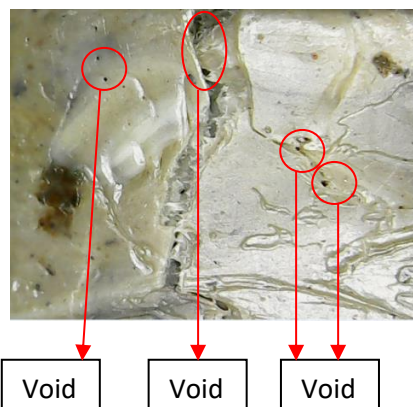


Gambar 19. Foto Makro Hasil Patahan Spesimen Uji Tarik (C1.3)

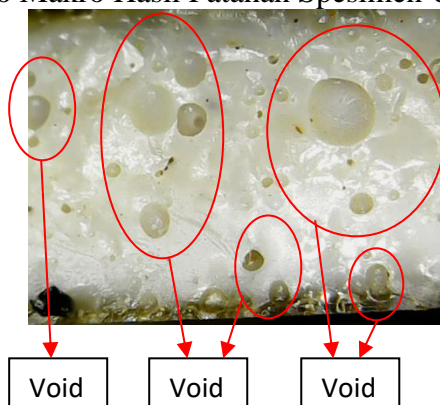
Pada Gambar 17 sampai dengan Gambar 19 terlihat adanya celah atau void pada spesimen. Hal ini seperti diketahui bahwa oli dan plastik yang dipanaskan menyebabkan uap air namun karena tekanan udara luar lebih kuat sehingga uap tersebut tidak bisa keluar ke permukaan, melainkan terperangkap pada bahan. Selain itu, pengadukan pada pencampuran oli dan plastik yang kurang hati-hati dapat juga mengakibatkan void. Void pada spesimen plastik akan menjadi konsentrasi tegangan dan regangan sehingga menjadi tempat awal timbulnya retakan, makin banyak void maka konsentrasi tegangan dan regangan akan makin banyak. Akibatnya beban yang seharusnya didistribusikan keseluruhan bagian material menjadi tidak merata dan hanya terpusat pada satu daerah saja. Kegagalan ini disebut kegagalan yang diakibatkan oleh material yang dihasilkan menjadi under performance.

Hasil Foto Makro Pada Spesimen Uji Kekuatan Tekan Sifat Tegangan dan Beban Maksimal

Hasil uji kekuatan tekan yang mempunyai nilai tegangan bending paling tinggi didapatkan pada spesimen campuran plastik dengan campuran oli bekas 30% + HDPE 70% (B1) sebesar 11,58 MPa dan juga untuk nilai beban maksimal paling tinggi didapatkan pada variasi campuran oli bekas 30% + HDPE 70% (B1) sebesar 43,33 KN. Sedangkan hasil nilai tegangan bending yang paling rendah dibandingkan variasi lain yaitu jenis plastik PET 100% tanpa campuran oli bekas (C3) sebesar 2,83 MPa.



Gambar 20. Foto Makro Hasil Patahan Spesimen Uji Bending (B1.1)



Gambar 21. Foto Makro Hasil Patahan Spesimen Uji Bending (C3.3)

Berdasarkan pengamatan foto makro pada hasil patahan spesimen Gambar 20 dan Gambar 21 dapat terlihat terdapat adanya kecacatan berupa void di area patahan yang menyebabkan menurunnya kekuatan dari plastik tersebut. Dapat dilihat pada gambar 21. memiliki void yang begitu banyak dan besar, hal itulah yang menyebabkan nilai dari spesimen tersebut menurun drastis.

Rekomendasi Produk

Berdasarkan hasil uji yang dilakukan nilai yang paling tinggi untuk kuat tekan yaitu jenis plastik HDPE dengan campuran oli bekas 30% + HDPE 70% dengan nilai kuat tegangan bending rata-rata sebesar 11,58 MPa. Maka jenis plastik tersebut masih masuk dalam nilai standart produk Bata Beton (Paving Block) Mutu D sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Menurut SNI 03-0691-1996, Bata beton Mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil uji tarik spesimen campuran jenis plastik HDPE mempunyai nilai tegangan dan regangan yang paling besar. Spesimen campuran jenis plastik HDPE + PET (50%:50%) cenderung lebih besar dibandingkan nilai tegangan dan regangan dari spesimen campuran jenis plastik PET, sehingga nilai tegangan dan regangan terendah adalah spesimen campuran jenis plastik PET.

2. Hasil uji kuat tekan, spesimen campuran jenis plastik HDPE mempunyai nilai tegangan bending dan beban maksimal yang paling besar. Spesimen campuran jenis plastik HDPE + PET (50%:50%) lebih besar dibandingkan nilai tegangan bending dan beban maksimal dari spesimen campuran jenis plastik PET, sehingga nilai tegangan bending dan beban maksimal terendah adalah spesimen campuran jenis plastik PET.
3. Pengaruh penambahan oli bekas pada spesimen plastik menambah nilai tegangan, regangan, tegangan bending, dan beban maksimal. Sedangkan nilai tegangan, regangan, tegangan bending, dan beban maksimal menjadi fluktuasi karena disebabkan adanya void pada spesimen sehingga membuat nilai tegangan dan regangan menjadi rendah atau turun.
4. Plastik campuran Oli dan HDPE + PET (50%:50%) untuk mendapatkan karakteristik material plastik jenis baru dengan beberapa persentase variasi campuran Oli dan HDPE + PET, hasil yang didapatkan masih belum dapat direkomendasikan untuk dijadikan produk paving block yang terbuat dari bahan plastik dikarenakan nilai tegangan, regangan, tegangan bending, dan beban maksimal masih tergolong rendah, yaitu untuk uji tarik nilai tegangan tertinggi variasi 30%+70% sebesar 5,21 MPa, untuk nilai regangan tertinggi variasi 30%+70% sebesar 5,23 %, untuk uji bending nilai beban maksimal dari beberapa variasi nilainya sama dengan nilai sebesar 10 KN, untuk nilai tegangan bending tertinggi variasi 40%+60% sebesar 4,01 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- Darni dkk, 2008, Sintesa Bioplastik Dari Pati Pisang dan Gelatin Dengan Plastikizer Gliserol. Universitas Lampung. Hal 9-20.
- Dwiputri, Nanda, 2015, Teknik Kimia : Pemanfaatan Biji Durian Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable Dengan Plastikizier (SOBITOL) dan Tepung Tapioka. Politeknik Negeri Sriwijaya: Palembang.
- Grogore, M.E., 2017, Methods of recycling, properties and applications of recycled thermoplastik polymers. Department of Polymers, National Research & Development Institute for Chemistry & Petrochemistry (ICECHIM), Faculty of Engineering in Foreign Languages, University Politehnica of Bucharest, 313 Independentei Avenue, Sector 6, Bucharest 060042, Romania.
- Hermono, Ulli, 2009, Inspirasi dari Limbah Plastik. Kawan Pustaka. Jakarta.
- I Gede Widiartha, Nasmi Herlina Sari, Sujita, 2012, Study Kekuatan Bending Dan Struktur Mikro Komposit Polyethylene Yang Diperkuat Oleh Hybrid Serat Sisal Dan Karung Goni.
- Matweb.com, 2019, (<http://www.matweb.com/search/DataSheet>) , diakses 26 November 2019.
- Meriam, JL , 1993, Mekanika Teknik Dinamika, Erlangga, Jakarta.
- Ningsih, SW, 2010, Optimasi pembuatan bioplastik polihidroksianoat menggunakan bakteri mesofilik dan media limbah cair pabrik kelapa sawit, Tesis. Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Octa, Ade., 2013. Pengertian Pelumas Oli.
<https://adeoctag92.wordpress.com/2013/03/25/pengertian-pelumas-oli/>
(diakses pada 7 Januari 2020).

- Sari, Permata Diah, 2014, Teknik Kimia : Pembuatan Plastik Biodegradable Menggunakan Pati Dari Umbi Keladi. Politeknik Negeri Sriwijaya: Palembang.
- S. S. Surdia, Tata, 1995, Pengetahuan Bahan Teknik, Jakarta.
- Supardi E., 1999, Pengujian Logam, Angkasa Bandung, Bandung.
- Suyadi, 2010, Kaji Eksperimen Perbedaan Kekuatan Tarik Sampel Berbahan Plastik HDPE dengan LDPE Daur Ulang, Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang, Indonesia.
- Wawan Trisnadi Putra, Ismono, Fadelan, Yoyok Winardi, 2017, Analisa Hasil Uji Impak Sampah Plastik Jenis PP, PET, dan Campuran (PP+PET), Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Indonesia.
- William D. Callister Jr, David G.Rethwisch, 2009, 8th Edition, Material Science and Engineering, Jhon Wiley and Sons, Amerika.