ANALISIS KEKUATAN MEKANIK DARI LIMBAH KULIT KOPI DAN SERAT KULIT JAGUNG SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT PADA BETON JENIS POLIMER

Muhammad Riza[1], Riza Muhida[2], Aqshal Roihan Muhammad Irham[3]

[1]Program studi Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung (UBL)

Email : muhamadriza@.ubl.ac.id

[2]Program studi Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung (UBL)

Email : riza@ubl.ac.id

[3]Program studi Teknik Mesin, Universitas Bandar Lampung (UBL)

Email :aqshalrmi@gmail.com

ABSTRAK

Provinsi Lampung merupakan daerah dengan penghasil kopi dan jagung tertinggi di Indonesia. Kopi menghasilkan 50 – 60% limbah dan jagung menghasilkan limbah sebanyak 95% dari hasil panen. Beton merupakan jenis material yang banyak digunakan dikehidupan manusia, karena banyaknya penggunaan beton, terdapat aspek yang perlu diperhatikan seperti keawetan dan dampak terhadap lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan mekanik dari limbah kulit kopi dan serat kulit jagung sebagai pengganti agregat atau *filler* pada beton jenis polimer. Pengujian mekanik yang dilakukan meliputi uji kuat tarik dengan standar ASTM D-3039, uji kuat bending dengan standar ASTM D-7264 dan uji kekerasan dengan standar ASTM D-2240. Hasil tertinggi pada uji tarik yaitu pada spesimen S1 sebesar 587 N dengan perbandingan komposisi 5% pasir : 10% batu apung : 8% kulit kopi : 2% serat kulit jagung : 75% resin polyester. Sedangkan hasil tertinggi uji bending yaitu pada spesimen S3 sebesar 53,61 N dengan perbandingan komposisi 5% pasir : 10% batu apung : 5% kulit kopi : 5% serat kulit jagung :75% resin polyester dan nilai kekerasan tertinggi pada spesimen S1 sebesar 75,5 HD.

Kata kunci : Beton Polimer, Kulit Kopi, Serat Kulit Jagung, Resin Polyester

PENDAHULUAN

Provinsi Lampung merupakan salahsatu daerah di Indonesia dengan tingkat pertanian yang tinggi khususnya pada produksi kopi dan jagungnya. Dari sumber data BPS menyatakan bahwa Provinsi Lampung mampu menghasilkan 118,04 ribu ton kopi dan 2.896.191 ton jagung ditahun 2021.

Tanaman kopi dan jagung menghasilkan limbah sampingan dari pengeolahannya. Kopi mengahasilkan limbah 50 – 60 persen dari total hasi panen (Faesal, 2013) sedangkan jagung menghasilkan 95 pesen limbah yang berupa batang, daun, batang, kulit dan bonggol jagung (Zul Effendi, 2014). Dengan jumlah tersebut mampu memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitar.

Peradaban manusia tidak lepas dari material yang terbuat dari beton. Beton

adalah bahan material yang sering digunakan. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan adanya konstruksi berupa gedung, perpipaan, jalan tol dan bangunan pencakar langit.

Menurut (Metha) penggunaan material beton mencapai 8,8 juta ton pertahunnya dan akan terus meningkat siring dengan kemajuan dan perkembangan sarana dan prasarana manusia. Beton banyak digunakan karena mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Dekade ini banyak peneliti yang melakukan riset terkait meningkatkan kwalitas atau mutu beton dan memfokuskan bahan agregat yang terbuat dari limbah – limbah agar tidak merusak lingkungan. (Sumajouv, 2013)

Beton dapat didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat kasar, agregat halus, semen Portland dan air. Beton adalah bahan material yang terbuat dari berbagai macam tipe jenis, baik semen, agregat dan bahan pozzolan *fly ash*, terak dapur tinggi serta sulfur (Neville and Brooks,1987). Menurut (Nawy, 1985) beton adalah sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. (Mulyono, 2004)

Buah kopi terdiri dari kulit luar atau *pricarp* yang halus dan kasar, biasanya berwarna hijau jika belum matang dan berwarna merah kehitaman keita matang. Lapisan buah kopi terdiri dari *Exocarpium* atau sering disebut *pulp* yang terdapat pada bagian luar kopi, *Mesocarpium* atau *skin* lapisan ini bisa dikatakan daging buah bila sudah matang, *Mucilage* dan *parcment* atau bagian *endocarpium* lapisan ini merupakan pembatas antara lapisan luar (*outer skin*) dan biji kopi. (Patrcia Esquivel, 2012)

Jagung memiliki nama ilmiah yaitu *Zea Mays.* Serat kulit jagung merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dari produksi pertanian jagung. Banyak negara maju sudah memanfaatkan limbah dari pengolahan jagung ini, seperti negara Inonesia yang memanfaatkannya sebagai *biobag*.

Beton Polimer atau *Polymer Concrete* (PC) adalah jenis beton yang berbeda dari jenis lainnya. Pembuatan beton ini tidak menggunakan semen Portland tetapi menggunakan bahan polimer sebagai pengikat atau matriks. (M.A. Islam, 2011)

Berikut adalah perbandingan kekuatan mekanik *polymer concrete* berdasarkan jenis pengikat dan beton konvensional (Blaga & Beaudoin, 1985)

Jenis Pengikat	Densitas (Kg/M^3)	Daya Serap Air (%)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Regangan (Mpa)	Kuat Lentur (Mpa)	Modulus Of Elasticity (Gpa)	Koefisien Ekspansi Thermal (10^6)
Poly Methymeth acrylate	2,0-2.4	0,05-0,6	70-210	9-11	30-35	35-40	10-19
Polyester	2,0-2,4	0,30-1,0	50-150	8-25	15-45	20-40	10-30
Epoxy	2,0-2,4	0,02-1,0	50-150	8-25	15-50	20-40	10-35
Furan Polymer	1,6-1,7	0,20	48-64	7-8	-	-	38-61
Concrete	1.9-2,5	5-8	13-35	1,5-3,5	2-8	20-30	10-12

Gambar 1. 1 Karakterisasi Beton Polimer dan Beton Konvensional

Dengan berlimpahnya potensi yang dihasilkan oleh limbah kopi dan jagung, maka bahan tersebut dapat digunakan sebagai agregat pengganti beton khususnya beton polimer dengan material penyusun yang digunakan berupa resin polyester, batu apung, pasir, limbah kulit kopi dan serat kulit jagung. Penelitian ini memfokuskan pada sifat mekanik dari campuran penyusun material dengan memvariasikan perbandingan dari kulit kopi dan serat kulit jagung yang kemudian akan di uji kuat tarik, lentur dan kekerasan material tersebut.

METODELOGI

Berikut ini adalah peralatan dan bahan penelitian yang digunakan.

1. Bahan Utama Penelitian

1) Pasir
   Merupakan bahan utama penelitian yang berasal dari sungai.
2) Batu Apung
   Batu apung yang digunakan berupa batu apung laut.
3) Limbah Kulit Kopi
   Berfungsi sebagai bahan pengisi dari material yang dihasilkan.
4) Serat Kulit Jagung
   Berfungsi Sebagai bahan pengisi atau filler pada material yang dihasilkan.
5) Resin Polyester
   Berfungsi sebagai matrik atau pengikat dalam pembuatan material yang akan dihasilkan.

2. Peralatan Penunjang Penelitian

1) Ayakan 100 mesh
   Berfungsi untuk mengayak pasir dan batu apung.
2) Timbangan Digital
   Berfungsi untuk menimbang bahan penelitian.
3) *Universal Testing Machine*
   Berungsi untuk menguji material yang akan dihasilkan.
4) Durrometer *Shore* D
   Berfungsi untuk menguji kekerasan pada material penelitian.
5) Jangka Sorong
   Berufungsi untuk mengukur dimensi material uji

3. Prosedur Penelitian

1) Pasir dan batu apung dihancurkan kemudian di ayak 100 mesh.
2) Kulit kopi dicuci guna menghilangkan kotoran yang terkandung kemudian dijemur sampai kering dan dihancurkan sampai berdiameter 0,5 mm.
3) Kulit jagung di rendam dengan air bersih selama 3 hari mdan kemudian disisir searah jarum jam sampai menghasilkan benang-benang serat. Kemudian dijemur dibawah sinar matahari sampai kering
4) Setelah sudah terpenuhi point diatas, maka dilakukan penimbangan sesuai dengan fraksi berat material spesimen pengujian.
5) Penimbangan dilakukan menggunakan timbangan digital agar lebih akurat.

4. Pembuatan Material Spesimen Uji

Penelitian ini mennggunakan bahan yang didapat dari hasil produksi kopi dan jagung di Provinsi Lampung. Pada proses penelitian, ini akan ibuat tiga spesimen uji dengan kode sampel S1, S2 dan S3 dengan campuran komposisi yang berbeda.

Berikut adalah proses pembuatan spesimen uji :

1) Menyiapkan bahan dan peralatan penelitian.
2) Menimbang bahan – bahan penelitian sesuai dengan komposisi yang ditentukan.
3) Campur dan aduk merata pasir, batu apung dan kulit jagung yang telah ditimbang.
4) Susun serat kulit jagung pada cetakan dengan arah serat lurus berkelanjutan.
5) Tuangkan resin kedaam campuran pasir, batu apung dan kulit jagung kemudian aduk selama 2 menit.
6) Tuangkan ke cetakan yang telah diisi oleh serat kulit jagung.
7) Kemudian press dan keringkan dengan temperatur ruang.

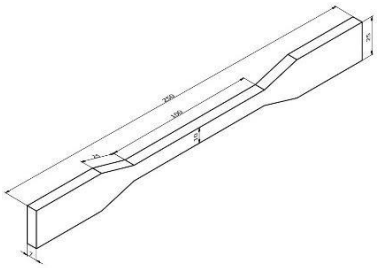
5. Pembuatan Cetakan Spesimen Uji

Cetakan spesimen menggunakan bahan yang terbuat dari akrilik yang didesign

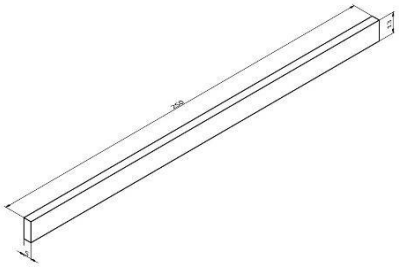
sesuai dengan standar pengujan dan kemudian di potong menggunakan *Laser Cutting.*

Berikut adalah tahapan dalam membuat cetakan spesimen :

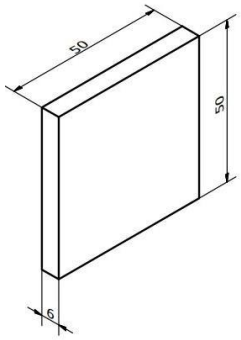
1) Desain cetakan menggunakan *software Autodesk Inventor* sesuai dengan bentuk standar pengujian yang akan dilakukan.



Gambar 1. 2 Bentuk dan Dimensi Spesimen Uji Tarik



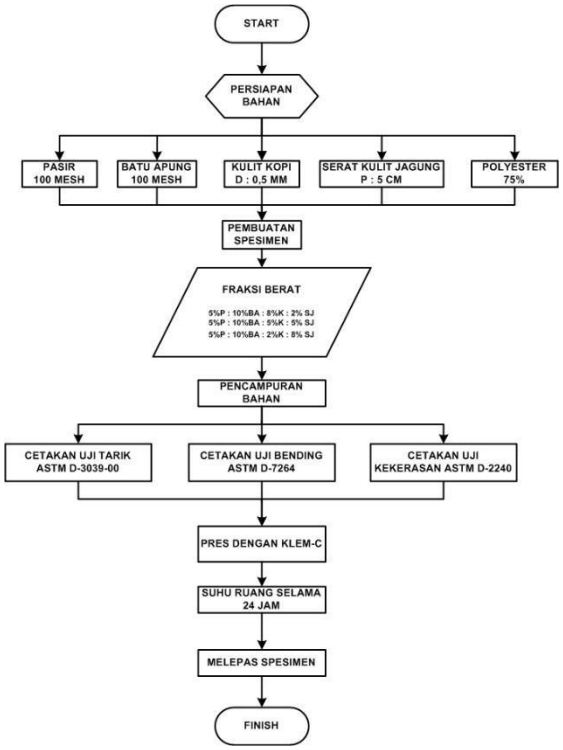
Gambar 1. 3 Bentuk dan Dimensi Spesimen Uji Bending



Gambar 1. 4 Bentuk dan Dimensi Uji Kekerasan

2) Input hasil desain ke *software laser cutting* dan mulailah proses pemotongan.
3) Selanjutnya oles cetakan menggunakan *wax glazez* agar spesimen tidak lengket pada cetakan ketika kering.

Semua langkah-langkah penelitian tersebut dibuat dalam bentuk diagram alir atau *flowchart* proses pembuatan bahan yang terdapat pada **Gambar 1.5** berikut:



Gambar 1. 5 *Flowchart* Proses Pembuatan Spesimen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan komposisi bahan penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode fraksi berat komposit. Dengan komposisi persentase terdapat pada **Tabel 1.1**.

Tabel 1. 1 Kompoisisi Bahan Penelitian

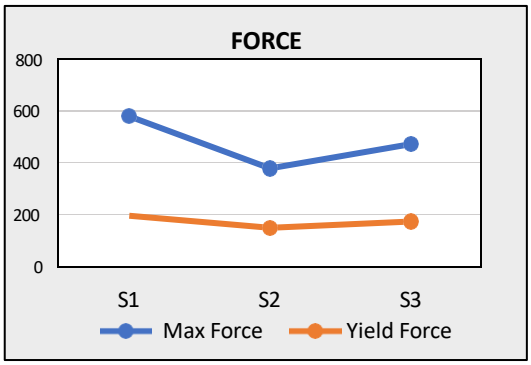
Sampel	Pasir	Batu Apung	Kulit Kopi	Serat Jagung	Polyester
S1	5%	10%	8%	2%	75%
S2	5%	10%	5%	5%	
S3	5%	10%	2%	8%	

Proses pengujian tarik spesimen menggunakan standar ASTM D3039 (*Standard Test Method for Polymer Matrix Composite Materials*, 2002), spesimen uji bending menggunakan standar ASTM D7264 (*Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials*, 2007) dan spesimen uji kekerasan menggunakan standar ASTM D2240 *(Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness*, 2000).

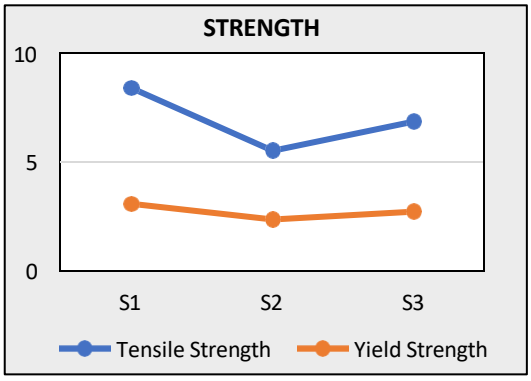
Analisa Uji Tarik

Berdasarkan hasil pengujan tarik, bahwa nilai kekuatan maksimum terdapat pada spesimen dengan kode sampel S1 yaitu sebesar 587 N dan kekuatan luluh 204,13 N. Sedangkan kekuatan tarik sebesar 8,38 N/mm^2 dan tegangan tarik sebesar 2,97 N/mm^2.

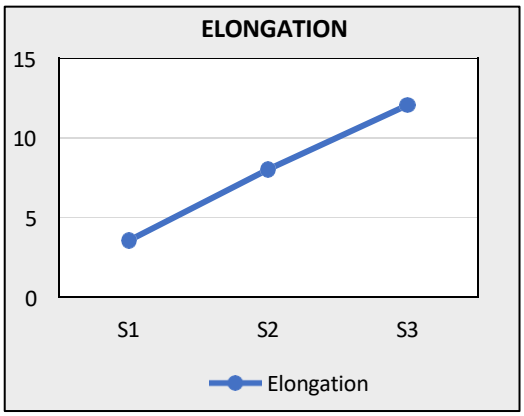
Sedangkan pertambahan panjang yang dihasilkan pada S1, S2 dan S3 yaitu berturut turut sebesar 3,70%, 8,17% dan 12,22%.



Gambar 1. 6 Hasil *Force* Uji Tarik



Gambar 1. 7 Hasil *Strength* Uji Tarik



Gambar 1. 8 *Elongation* Uji Tarik

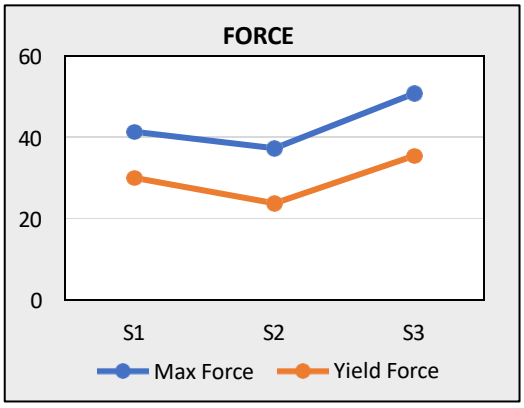
Dari hasil pengujian tarik tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai tertingi terdapat pada spesimen S1 yang disebabkan oleh komposisi dari kulit kopi lebih banyak dimasukkan dibanding dengan serat kulit jagung. Hal itu menyebabkan komposisi kulit jagung mampu menekan masuk tanpa dihalangi oleh serat kulit jagung sehingga memungkinkan homogen keseluruh bagian spesimen. Berbeda dengan degan spesimen dengan kode sampel S2. Dimana parameter komposisi kuit kopi dan serat kulit jagung adalah sama yaitu 1:1. Hal tersebut mempengaruhi penurunan kekuatan karena *filler* dari kulit kopi dan serat kulit jagung tidak mamadati atau memenuhi bagian dari keseluruhan volume spesimen. Sedangkan pada spesimen S3 kenaikan kekuatan terjadi kembali dengan parameter komposisi serat kulit jagung lebih banyak dan kulit kopi lebih sedikit. Kenaikkan nilai kekuatan terjadi dikarenakan serat kulit jagung lebih banyak yang mampu memenuhi dan memadati volume dari spesimen.

Analisa Uji Bending

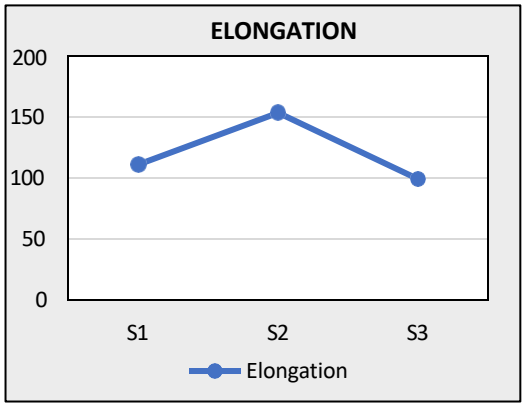
Nilai yang dihasilkan dari pengujian bending yaitu

kekuatan maksimum tertinggi terdapat pada spesimen dengan kode sampel S3 sebesar 51,36 N dengan kekuatan luluh sebesar 36,03 N dan *compression strength*

sebesar 0,554 N/mm^2 dan mengalami pertambahan panjang sebesar 101,10%.



Gambar 1. 9 Hasil *Force* Uji Bending



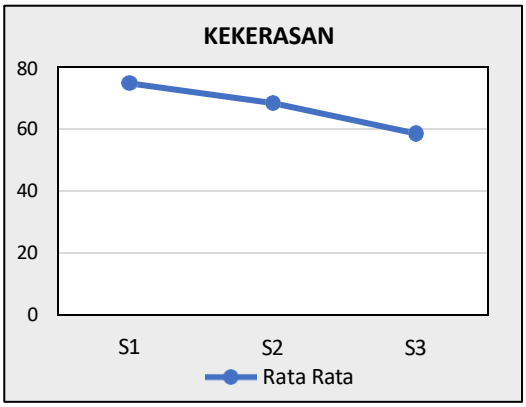
Gambar 1. 10 *Elongation* Uji Bending

Dari hasil pengujian bending bahwa grafik *force* mengalami tren naik turun dengan nilai kekuatan maksimum yaitu terdapat pada spesimen uji dengan kode sampel S3 sebesar 52,36 N dengan kekuatan kompresi yaitu 0,554 N/mm^2 dan kekuatan luluh sebesar 36,03 N.

Dapat disimpulkan bahwa pada spesimen S3 mendapat nilai kekuatan maksimum dikarenakan bahwa *filler* serat kulit jagung lebih banyak dicampurkan. Hal itu menyebabkan serat kulit jagung akan memadat sempurna sehingga tidak mengalami keretakan lebih cepat. Sedangkan pada spesimen S2 nilai kekuatan menurun sebesar 37,86 N yang disebabkan oleh parameter perbandingan antara kulit kopi dan serat kulit jagung sama yang mengakibatkan filler kulit kopi tidak merata dan mudah mengalami keretakan.

Analisa Uji Kekerasan

Hasil uji kekerasan menggunakan alat Durometer Shore D pada lima titik yang berbeda di spesimen yang kemudian diambil rata - rata menunjukkan bahwa nilai tertinggi terdapat pada spesimen S1 yaitu sebesar 75,5 HD, spesimen S2 sebesar 69,1 HD dan S3 sebesar 59,3 HD.

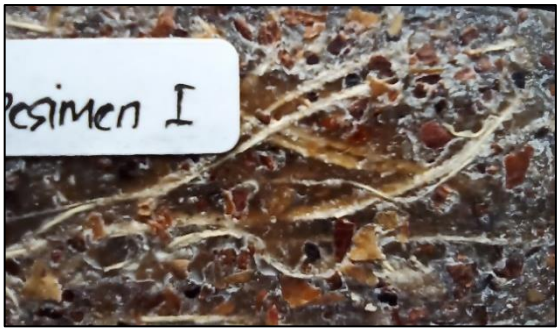


Gambar 1. 11 Hasil Rata – Rata Uji Kekeresan

Dari pengujian kekerasan menggunakan alat Durometer bahwa grafik pada **Gambar 1.11** mengalami penurunan. Nilai tertinggi dihasilkan oleh spesimen S1 dengan nilai 75,5 HD. Hal tersebut dikarenakan filler kuli kopi lebih banyak dibanding dengan serat kulit jagung dan resin atau matrik lebih menyatu. Sedangkan pada S3 mengalami penurunan yang dikarenakan *filler* serat kulit jagung lebih dominan yang menyebabkan matrik akan berkurang dan material akan bertumpu pada serat saja.

Dari parameter pengujian mekanik yang dihasilkan, maka dapat disimpulkan bahwa jika ingin material beton jenis polimer dengan kekuatan yang tinggi, maka menggunakan spesimen dengan kode sampel S1. Dengan perbandingan kulit kopi lebih banyak yang tertera pada

Gambar 1.12 dibandingkan serat kulit jagung. Dikarenakan kulit kopi akan lebih mengikat dan filler kulit kopi akan menyebar secara homogen kebseluruh bagian spesiman.



Gambar 1. 12 Perbandingan Kulit Kopi Lebih Banyak

Sedangkan jika memerlukan material beton polimer dengan elastisitas yang tinggi maka menggunakan spesimen dengan kode sampel S3. Dengan perbandingan serat kulit jagung lebih banyak yang berakibat matrik akan berkurang dan material akan bergantung pada filler serat saja.



Gambar 1. 13 Perbandingan Serat Kulit Jagung Lebih Banyak

KESIMPULAN

Dari analisa pengujian tarik, pengujian bending dan pengujian kekerasan dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Kekuatan maksimum yang dihasilkan dari pengujian tarik yaitu sebesar 587 N pada kode sampel S1.
2. Kekuatan maksimum akan semakin besar seiring dengan padatnya agregat yang dicampurkan pada spesimen.
3. Spesimen dengan kekuatan tarik tertinggi yaitu spesimen dengan kode sampel S1 sebesar 8,38 N/mm^2 dan kekuatan tarik terendah sebesar 5.50 N/mm^2 pada spesimen dengan kode sampel S2.
4. Spesimen dengan kekuatan bending tertinggi yaitu dengan kode sampel S3 sebesar 0.554 N/mm^2 dan kekuatan bending terendah sebesar 0,374 N/mm^2 pada kode sampel S2.
5. Nilai kekerasan tertinggi dihasilkan dari spesimen dengan kode sampel S1 sebesar 75,5 HD dan nilai terendah sebesar 59,3 HD pada spesimen S3.
6. Kepadatan dan tingkat pencampuran agregat dan umur spesimen akan mempengaruhi perbedaan nilai pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM, A. B. (2000). *Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness*.

ASTM, A. B. (2002). *Standard Test Method for Polymer Matrix Composite Materials*.

ASTM, A. B. (2007). *Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials.*

Blaga, A., & Beaudoin, J. J. (1985). *Polymer Concrete CBD-242*.

Faesal. (2013). Pengolahan Limbah Tanaman Jagung Untuk Pakan.

M.A. Islam, M. R. (2011). *Polymer-modified Concrete: World Experience and Potential for Bangladesh*.

Mulyono, T. (2004). Teknologi Beton. Yogyakarta: ANDI.

Patrcia Esquivel, V. M. (2012). *Functional Properties Of Coffee And Coffee By-Products*.

Sumajouv, M. (2013). *Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer*. Yogyakarta: ANDI.

Sumajouv, M. (2013). Elemen Struktur Beton Bertulang Geopolymer. Yogyakarta: ANDI.

Zul Effendi, L. H. (2014). Kandungan Nutrisi Hasil Fermentasi Kulit Kopi.