

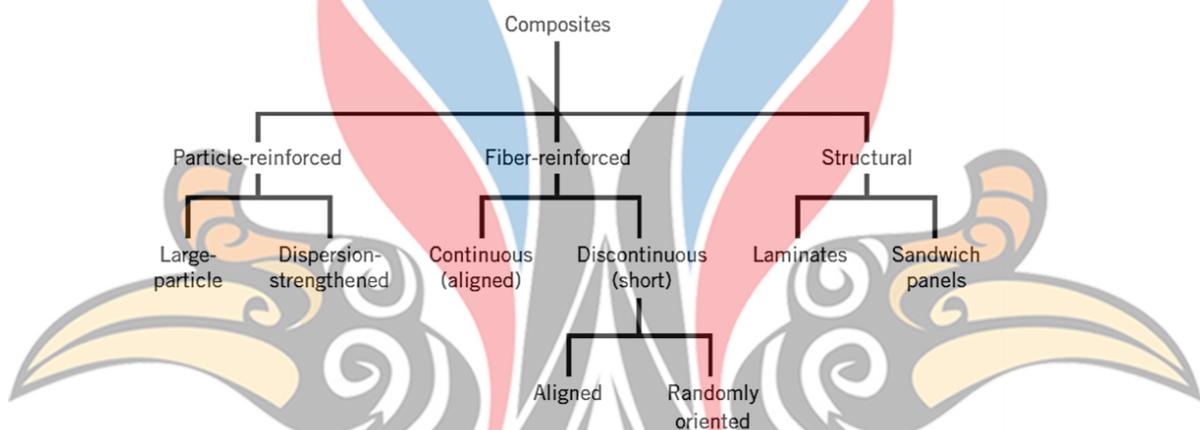
## BAB 2

www.itk.ac.id

### TINJAUAN PUSTAKA

Bab 2 Tinjauan Pustaka berisi teori dasar dan tinjauan pustaka yang dapat dijadikan referensi dan acuan dalam melakukan penelitian dan teori yang digunakan dalam penelitian tugas akhir.

### 2.1 Komposit



Gambar 2.1 Klasifikasi Komposit (Callister, 2010)

Komposit adalah bahan struktural yang terdiri dari dua atau lebih gabungan konstituen yang digabungkan pada tingkat makroskopis dan tidak larut dalam penggabungan satu sama lain. Satu konstituen disebut fase penguatan yang di satukan oleh matriks. Material penguat berbentuk serat, partikel atau serpihan. Bahan matriks umumnya berkelanjutan. Contoh sistem komposit termasuk beton bertulang baja dan epoksi yang diperkuat dengan serat grafit (Kaw, 2006).

Komposit merupakan suatu bahan yang terbuat dari pada dua ataupun lebih komponen-komponen yang mempunyai perbedaan sifat kimia ataupun fisika yang signifikan, kata komposit berasal dari kata “to compose” yang berarti menyusun atau menggabung, dalam kata lain komposit adalah campuran makroskopis antara komponen serat dan matrik dalam hal ini makroskopis yang dimaksud menunjukkan bahwa material pembentuk dalam matrik masih terlihat seperti aslinya.

www.itk.ac.id

Pada umumnya komposit tersusun atas dua komponen material yaitu material matrik dan substrat (*reinforcement*) ataupun penguat, kedua bagian material ini saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya berdasarkan atas fungsi masing-masing bagian tersebut. Substrat ataupun bahan pengisi berfungsi memperkuat matrik karena pada umumnya substrat jauh lebih kuat dari pada matrik dan nantinya akan memperkuat pembentukan bahan dengan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik bahan yang terbentuk, sedangkan matrik polimer berfungsi sebagai pelindung substrat dari pada efek lingkungan dan kerusakan akibat adanya benturan (K. van Rijswijk, et.al, 2002).

### **2.1.1 Particle-Reinforced Composite**

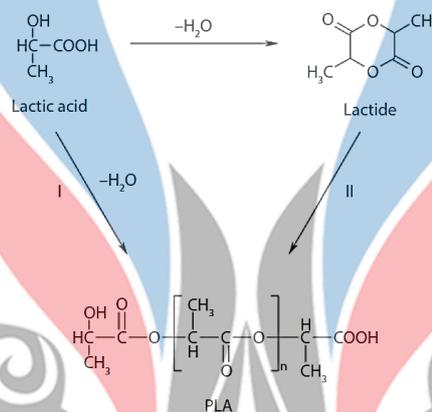
Seperti pada gambar 2.1, partikel besar dan *dispersion-strengthened* adalah dua subklasifikasi komposit yang diperkuat partikel. Perbedaan ini didasarkan pada penguatan atau mekanisme penguatan. Istilah partikel besar digunakan untuk menunjukkan bahwa interaksi partikel matriks tidak diperlukan pada atom atau tingkat molekular, melainkan mekanika kontinum yang digunakan. Untuk sebagian besar komposit ini, fase partikulat lebih keras dan kaku dari matriks. Partikel penguat ini cenderung menahan pergerakan fase matriks di sekitar masing-masing partikel. Pada intinya, matriks mentransfer beberapa tekanan yang diterapkan ke partikel yang menanggung sebagian kecil dari beban. Tingkat penguatan atau peningkatan mekanik perilaku tergantung pada ikatan yang kuat antarmuka matriks-partikel (Callister, 2010).

### **2.1.2 Fiber-Reinforced Composite**

Secara teknologi, komposit yang paling penting adalah komposit fase terdispersi adalah dalam bentuk serat. Tujuan desain komposit yang diperkuat serat sering termasuk dengan komposit kekuatan tinggi atau kekakuan berdasarkan berat. Karakteristik ini dinyatakan dalam istilah kekuatan spesifik dan parameter modulus spesifik yang sesuai, dengan rasio kekuatan tarik untuk berat jenis dan modulus elastisitas. Komposit yang diperkuat serat dengan kekuatan spesifik yang sangat tinggi telah di produksi menggunakan bahan serat dan matriks dengan kepadatan rendah (Callister, 2010)

## 2.2 *Poly(lactide)* sebagai Matriks Komposit

*Poly(lactide)* – PLA – adalah polimer *biodegradeable* yang dikenal polimer alifatik. Diproduksi melalui rute sintesis (Gambar 2.2) atau melalui fermentasi bakteri. PLA adalah biopolimer asam laktat yang dihasilkan melalui dua langkah 1. Fermentasi bakteri tanaman kaya pati. Misalnya jagung, beras, tebu, biomassa lignoselulosa menjadi asam laktat dan 2 polimerisasi. Fermentasi asam laktat dapat bersifat heterofermentatif atau homofermentatif tergantung dari jenis bakteri yang digunakan pada proses tersebut.



Gambar 2.2 Rute Sintesis PLA dari *lactic acid* (I) dan *lactide* (II) (Thakur, 2017)

PLA adalah termoplastik yang cocok dengan temperatur cetakan tipikal adalah 120-210°C tergantung kelas. PLA dapat di produksi dengan *triacetine*, *poly(ethylene glycol)* atau sitrat molekul rendah. Untuk meningkatkan kemampuan proses dan sifat reologi setelah *thermoforming*, PLA dikopolimerisasi atau dicampur dengan *poly(ethylene oxide)*, *poly(vinyl acetate)*, *poly(cprolactone)* atau *poly(hydroxyalkonates)*. Dalam komposit *biodegradable*, PLA dapat berfungsi sebagai matriks untuk aditif penguat seperti *nanotube carbon*, fiber natural atau sintetis, *microfibrillated cellulose*, *nanomaterials*, kayu dan lain-lain (Thakur, 2017).

## 2.3 Kopi

Kopi merupakan tanaman perkebunan yang sudah lama dibudidayakan. Selain sebagai sumber penghasilan rakyat, kopi menjadi komoditas andalan ekspor dan sumber pendapatan devisa negara. Meskipun demikian, komoditas kopi sering

kali mengalami fluktuasi harga sebagai akibat ketidakseimbangan antara permintaan dan persediaan komoditas kopi di pasar dunia (Rahardjo, 2012).

### 2.3.1 Perkembangan Kopi di Indonesia

Tanaman kopi sebagian besar yang dibudidayakan di Indonesia adalah kopi robusta (90%) dan sisanya kopi arabika. Di Indonesia, awal mula penanaman kopi dimulai tahun 1969 dengan menggunakan jenis kopi arabika. Pada kenyataannya, penanaman jenis kopi arabika kurang berhasil. Pada tahun 1699 pemerintah Hindia Belanda mendatangkan kopi arabika, yang berkembang baik di Pulau Jawa. Kopi arabika dikenal sebagai kopi jawa (*java coffee*) lebih dari 100 tahun dan memiliki komoditas ekspor penting.

Sejak tahun 1878 timbul penyakit karat daun pada tanaman kopi yang disebabkan oleh jamur *Hemileia vastatrix* B et Br. Penyakit tersebut mengakibatkan kerusakan dan kematian tanaman serta kerugian hasil yang sangat besar. Berbagai cara telah dilakukan untuk mengendalikan penyakit tersebut saat itu tetapi tidak ada hasil yang memuaskan. Oleh sebab itu, sejak tahun 1900 dikembangkan kopi robusta untuk menggantikan kopi arabika sebagai bahan tanam yang tahan terhadap penyakit karat daun. Terjadi perubahan dominasi jenis tanaman kopi yang dibudidayakan setelah kopi robusta dikembangkan. Kopi arabika yang umumnya hanya ditanam di dataran tinggi ( $\geq 1.000$  m dpl) disebabkan oleh kurangnya intensifitas tingkat serangan *H. vastatrix* pada elevasi 1.000 m dpl atau lebih. Hal ini menyebabkan tanaman kopi arabika masih mampu bertahan dan berproduksi cukup baik di daerah dengan ketinggian tersebut. Kopi robusta berbeda dengan kopi arabika, yang umumnya dibudidayakan di lahan dengan elevasi 0 – 1.000 m dpl.

Hal lain yang mendorong masuknya kopi robusta ke Indonesia salah satunya adalah pembelian benih robusta oleh perusahaan perkebunan yang bernama “*Cultuur Mij. Soember Agoeng*” tahun 1900 dari *I’Horticule Coloniale* yang berkedudukan di Brussel. Benih-benih untuk menghasilkan bibit tersebut didatangkan dari Kongo Belgia (sekarang Zaire) yang terletak di Afrika Barat. Pada tanggal 10 September 1900 bibit-bibit kopi robusta diterima di Kebun Soember Agoeng. Perusahaan perkebunan tersebut berkantor di kota s’Gravenhage di

Belanda dan mengelola perkebunan Soember Agoeng, Wringin Anom, dan Kali Bakar yang berlokasi di daerah Dampit, sekitar 40 km dari kota Malang arah tenggara.

Selain *Cultuur Mij. Soember Agoeng*, upaya memasukkan kopi robusta ke Indonesia juga dilakukan oleh gabungan pengusaha perkebunan di wilayah Kediri ("*Kedirische Landbouw Vereniging*") pada tahun 1901. Pemerintah Hindia Belanda pada tahun tersebut juga berupaya memasukkan kopi robusta ke Kebun Percobaan milik Pemerintah Hindia Belanda (*Government Proeftuin*) di Bangelan dekat Malang untuk keperluan penelitian (Rahardjo, 2012).

### **2.3.2 Pengaruh Limbah Bubuk Kopi terhadap Lingkungan**

Kopi adalah komoditas agrikultur terpenting di dunia. Kopi di produksi di banyak negara di dunia. Namun, 10 negara penghasil kopi terbesar bertanggung jawab atas 80% produksi di dunia. Amerika Selatan sekitar 43%, Asia dengan 24%, Amerika Tengah 18% dan Afrika 16%. Berdasarkan *International Coffee Organization* 2009, Brazil, Vietnam, Kolombia dan Indonesia bertanggung jawab atas setengah suplai kopi di dunia.

Kopi bekas mengandung jumlah besar senyawa organik seperti asam lemak, lignin, selulosa dan lainnya membenarkan bahwa pengolahan ceri kopi secara basah adalah alternatif, namun menghasilkan jumlah besar air limbah hasil pengolahan kopi. Kaya dalam bahan organik, senyawa organik dan anorganik dalam larutan, berpotensi tinggi untuk pencemaran yang harus di beri perlakuan sebelum melepaskan ke lingkungan.

Selain kopi bekas, air limbah pemrosesan biji kopi juga terdapat larutan fenolik, organik, asam dan fermentasi gula dari lendir menyebabkan air limbah sangat asam. Dibawah kondisi seperti ini, tanaman dan hewan susah bertahan hidup setelah fermentasi terjadi. Zat organik yang menyatu dengan air akan susah hancur dengan proses mikrobiologi menggunakan oksigen dari air. Proses ini menyebabkan masalah karena permintaan oksigen untuk menghancurkan zat organik pada air limbah melebihi suplai, terlarut dalam air menyebabkan kondisi anaerobik (Thenepalli, 2017).

## 2.4 Injection Molding

*Injection molding* adalah proses dimana polimer dipanaskan hingga tingkat yang sangat plastis dan dipaksa mengalir di bawah tekanan tinggi ke dalam cetakan. Bagian yang dibentuk, disebut cetakan, kemudian dikeluarkan dari rongga cetakan. Proses menghasilkan komponen yang bentuknya hampir selalu bersih. Waktu siklus produksi dalam jangka 10 hingga 30 detik, meskipun siklus 1 menit atau lebih tidak jarang terjadi dalam komponen dengan dimensi yang besar. Cetakan dapat berisi lebih dari satu rongga, sehingga banyak cetakan diproduksi setiap siklus.

Cetakan injeksi adalah proses percetakan yang paling banyak digunakan untuk termoplastik. Beberapa termoset dan elastomer dicetak injeksi, dengan modifikasi peralatan dan parameter operasi untuk memungkinkan *cross-linking* bahan-bahan (Groover, 2010).



Gambar 2.3 Mesin Injeksi Cetak Sederhana (Adhianto, 2017)

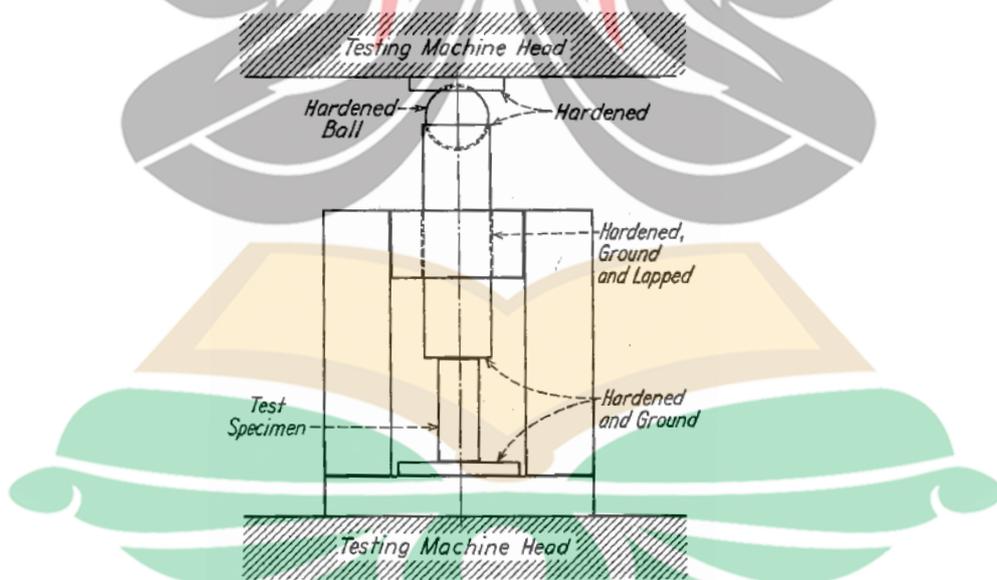
## 2.5 Pengujian Sifat Mekanik

### 2.5.1 Uji Tekan

Metode uji tekan yaitu standar ASTM D695-02A. Pengujian ini menentukan sifat mekanik dari plastik kaku yang diperkuat atau tidak, termasuk komposit

dengan *high-modulus* saat diberi beban tekan pada tingkat yang rendah pada regangan atau pembebanan. Hasil uji tekanan menyediakan informasi tentang sifat tekan pada plastik saat dilakukan beberapa kondisi. Sifat tekan termasuk modulus elastisitas, *yield stress*, deformasi melewati *yield point*, dan kekuatan tekan (kecuali material yang hanya mendatar tetapi tidak fraktur). Material yang memiliki tingkat keuletan rendah mungkin tidak menunjukkan *yield point*. Pada kasus material yang gagal saat diberi tekanan dengan fraktur pecah, kekuatan tekan memiliki nilai yang definitif. Pada kasus material yang tidak gagal saat pembebanan tekan dengan fraktur pecahan, kekuatan tekan berdasarkan tingkat distorsi yang dianggap sebagai indikasi kegagalan total material.

Standar spesimen pengujian harus dalam bentuk silinder atau prisma yang panjangnya dua kali lebar pokok atau diameter. Ukuran spesimen yang disarankan adalah 12.7 x 12.7 x 25.4 mm untuk prisma atau diameter 12.7 mm x 25.4 mm untuk silinder. Apabila data modulus elastisitas dan *offset yield-stress* yang diinginkan, maka rasio kerampingan spesimen uji harus dalam jarak 11 sampai 16:1. Pada kasus ini, dimensi spesimen disarankan 12.7 x 12.7 x 50,8 mm untuk prisma atau diameter 12.7 mm x 50.8 mm untuk silinder (ASTM D695-02A).



Gambar 2.4 Skema Pengujian Tekan ASTM D695-02A

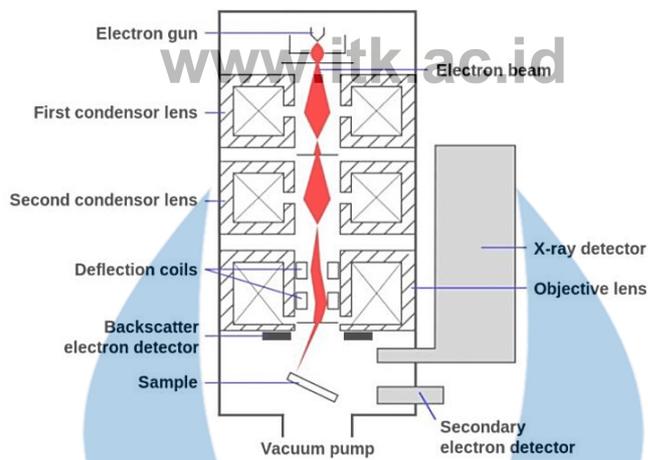
## 2.6 Electron Microscopy

Batas atas perbesaran yang dimungkinkan dengan mikroskop optik adalah sekitar 2000 kali. Akibatnya, beberapa elemen struktural terlalu halus atau kecil untuk memungkinkan pengamatan menggunakan mikroskop optik. Dalam keadaan seperti itu, mikroskop elektron mampu menghasilkan perbesaran jauh lebih tinggi.

Gambar struktur yang diselidiki dibentuk menggunakan berkas elektron sebagai gantinya radiasi cahaya. Menurut mekanika kuantum, elektron berkecepatan tinggi akan menjadi seperti gelombang, memiliki panjang gelombang yang berbanding terbalik atas kecepatannya. Ketika dipercepat melintasi tegangan besar, elektron dapat dibuat untuk memiliki panjang gelombang pada 0.003 nm. Pembesaran tinggi dan kekuatan resolusi mikroskop ini adalah akibat dari panjang gelombang berkas elektron yang pendek. Berkas elektron terfokus dan gambar terbentuk dengan lensa magnet (Callister, 2010).

### 2.6.1 *Scanning Electron Microscope (SEM)*

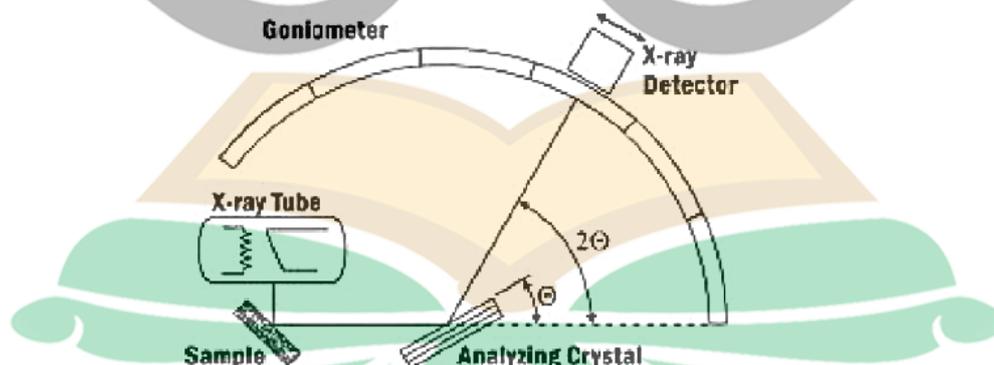
Alat investigasi yang lebih baru dan sangat berguna adalah *scanning electron microscope* (SEM). Permukaan spesimen yang akan diperiksa, dipindai dengan berkas elektron dan elektron yang dipantulkan (atau tersebar kembali) dikumpulkan. Kemudian ditampilkan pada kecepatan pemindaian yang sama pada tabung sinar katoda (mirip dengan layar televisi CRT). Gambar di layar, dapat difoto mewakili fitur permukaan spesimen. Permukaan bisa dipoles atau di etsa, tetapi harus konduktif secara elektrik; lapisan permukaan logam yang sangat tipis harus diterapkan pada bahan nonkonduktif. Perbesaran mulai dari 10 hingga lebih dari 50.000 kali, seperti juga kedalaman bidang yang sangat besar. Tambahan peralatan memungkinkan analisis kualitatif dan semi kuantitatif dari komposisi unsur permukaan area lokal (Callister, 2010).



Gambar 2.5 Skema *Scanning Electron Microscope* (Choudhary, 2017)

## 2.7 X-Ray Diffraction

*X-Ray Diffraction* (XRD) adalah teknik tidak merusak yang kuat untuk mengkarakterisasi material *crystalline*. XRD dapat memberikan informasi tentang struktur, fase, orientasi kristal (tekstur), and parameter struktur lainnya seperti rata-rata ukuran butir, *crystallinity*, regangan dan kecacatan kristal. Puncak XRD di produksi dengan interferensi konstruktif *monochromatic beam* dari *x-ray* disebar pada sudut spesifik dari bidang kisi pada sampel. XRD biasa digunakan untuk menganalisa mineral dan identifikasi material yang belum diketahui (Bunaciu, 2015).



Gambar 2.6 Skema Sistem *Diffractometer* (Bunaciu, 2015)

## 2.8 Pengaruh Ukuran *Particle Reinforce* Terhadap *Bonding*

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh A. Muniappan tahun 2019 mengenai analisa ketangguhan fraktur pada bubuk kopi sebagai penguat komposit

polimer, dilakukan variasi berupa fraksi massa dari komposit, bahwa penambahan bubuk kopi pada PLA sebanyak 25%, dapat meningkatkan *ultimate load* dan *ultimate stress* paling tinggi diantara variasi lainnya. Selbihnya penambahan fraksi massa sebanyak 30% mengurangi kekuatan yang disebabkan oleh menurunnya kekuatan ikatan antara bubuk kopi dan PLA. Variasi fraksi *particulate* yang di tambahkan oleh Muniapan dari 10%, 15% dan 25% mengalami kenaikan dan berbanding terbalik saat ditambahkan hingga 30%. Penambahan limbah kopi memiliki titik optimum tersendiri.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh N. Suaduang, 2017 mengenai pengaruh bubuk kopi sebagai *filler* pada sifat fisik dan mekanik *polylactic acid bio-composite film* bahwa penambahan limbah bubuk kopi pada PLA menunjukkan tren perubahan panjang saat putus meningkat seiring dengan penambahan bubuk kopi. Sebagai hasil, kekuatan tarik saat putus dan modulus saat putus menurun seiring penambahan konten bubuk kopi dan hasil ini menggambarkan PLA menambah kelenturan dan mengurangi sifat getas dengan penambahan bubuk kopi.

Melalui 2 penelitian sebelumnya dimungkinkan variasi pengaruh ukuran partikel penguat terhadap kekuatan ikat antara *filler* dan *matrix* akan berpengaruh terhadap hasil penelitian yang akan dilakukan.

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah rangkuman hasil penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.



Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Judul Referensi	Variabel Kontrol	Variabel <i>Independent</i>	Variabel <i>Dependent</i>
1	N. Suaduang dkk, 2017	<i>Effect of spent coffee grounds filler on the physical and mechanical properties of poly(lactic acid) bio-composite films</i>	Spesimen ASTM D638	- Ukuran Butir 90µm - Konsentrasi PLA/SCG 0%, 5%, 7.5%, 10% - Temperatur <i>blow film extruder</i> 140 °C, 160 °C, 170 °C, 180°C	- <i>Melt flow index</i> - <i>Scanning electron microscope</i> - <i>Color parameter</i> - <i>Tensile Testing</i>
2	A. Muniappan dkk, 2019	<i>Mode-I fracture toughness analysis of coffee bean powder reinforced polymer composite</i>	Spesimen ASTM D5528-13	- Fraksi massa bubuk kopi 10%, 15%, 20%, 25%, 30%	- <i>Fracture toughness</i> - <i>Ultimate load</i> - <i>Ultimate stress</i>

