

## KARAKTERISASI SIFAT MEKANIS KOMPOSIT $\text{CaCO}_3$ / POLYPROPYLENE DENGAN VARIASI UKURAN MIKROPARTIKEL $\text{CaCO}_3$

Alfian Kresna Bimanatara<sup>a</sup>, Harini Sosiati<sup>b</sup>, Cahyo Budiyanoro<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jl. Brawijaya, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183  
e-mail : [Alfiankresna01@gmail.com](mailto:Alfiankresna01@gmail.com)

---

### Abstract

Nowadays, the use of composite has been commonly used in human life, like on household equipment, furniture biomedical and automotive. Composite material consists of matrix and filler. Polypropylene has been used as matrix because of its elasticity, lightness, and cheapness. Calcium carbonate is a kind of the composite fillers which is commonly used because it is abundant and cheap. In the automotive industry, it usually used composite as car interior such as a dashboard. In the process of making dashboard itself, it needs to conduct a lot of research about plastic composite to get the type of material that is suitable to use in making car dashboard. This research is to investigate the influence of  $\text{CaCO}_3$  size particle to tensile, bending and hardness characteristics of  $\text{CaCO}_3$ /PP composite.

This research was performed by creating multipurpose specimen based on ISO 294-1:2012 standard with polypropylene composite material with the addition of 15%  $\text{CaCO}_3$  filler with microparticle variations of as-received ( $132\mu\text{m}$ ), 200 mesh ( $74\mu\text{m}$ ), 400 mesh ( $37\mu\text{m}$ ) with injection molding manufacturing machine. The performed tests are tensile, bending and hardness tests in accordance to ISO 527-1 standard, ISO 178 standard and ASTM 2240, respectively. Composite fractures were analyzed using optical and scanning electron microscopy (SEM) to determine the composite microstructure.

The research produced the following results. The tensile strengths of PP/ $\text{CaCO}_3$  are 31.08 MPa, 30.48 MPa and 29.86 MPa for as-received, 200 mesh, and 400 mesh, respectively. The bending test result values for PP/ $\text{CaCO}_3$  are as-received 47.52 MPa, 200 mesh 43.3 MPa, and 400 mesh 48.08 MPa. The hardness test result values for PP/ $\text{CaCO}_3$  are as-received 68.62 Shore D, 200 mesh 68.94 Shore D, and 400 mesh 69.7 Shore D. SEM micrographs showed the smaller mesh size of the  $\text{CaCO}_3$  particle size the more evenly distributed. The results concluded that the addition of  $\text{CaCO}_3$  fillers makes the composite material stiff and hard.

**Keywords:** polypropylene,  $\text{CaCO}_3$ , injection molding, tensile strength, bending, hardness

---

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini penggunaan komposit sudah banyak digunakan dalam kehidupan manusia, seperti peralatan rumah tangga, furniture, biomedis, dan otomotif. Penggunaan produk berbahan kaca, besi, dan kayu mulai digantikan dengan yang berbahan dasar plastik, karena harga yang lebih terjangkau dan waktu pakai yang lebih lama (Firdaus, 2002). Material komposit terdiri dari matrik dan *filler*. Penggunaan *polypropylene* sebagai matrik mulai dilirik oleh industri otomotif karena elastis, ringan, dan harganya terjangkau. Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) merupakan salah satu pengisi komposit yang umum digunakan karena mudah ditemukan dan harganya yang terjangkau. Penggunaan komposit *polypropylene* dengan filler  $\text{CaCO}_3$  dalam produk otomotif sudah dilakukan, seperti *dashboard* pada mobil (Thenepalli T. dkk, 2015).

Fikri dkk, (2017) telah melakukan penelitian sifat mekanis komposit *polypropylene*/ $\text{CaCO}_3$  dengan perbandingan 5, 15, dan 25% dan dilakukan uji kuat tarik dan impact. Penelitian yang dilakukan mendapatkan hasil bahwa penambahan filler  $\text{CaCO}_3$  mempengaruhi sifat mekanis komposit tersebut, semakin banyak penambahan *filler*  $\text{CaCO}_3$  membuat semakin getas. Hasil yang didapat untuk kuat tarik tertinggi pada penambahan 15%  $\text{CaCO}_3$  yaitu 24,59 MPa, modulus elatisitas dan impact strength tertinggi pada penambahan 5% yaitu 242,169 MPa dan 160,03 J/cm<sup>2</sup>. Penelitian ini dilakukan untuk memenuhi standar pakai dalam bidang otomotif.

Fu S.F. dkk, (2007) melakukan penelitian tentang efek ukuran partikel dan penambahan volume partikel pada sifat mekanis komposit. Dalam penelitian yang

dilakukan yaitu komposit PP/ CaCO<sub>3</sub> dengan kandungan 10% dengan ukuran partikel 21 nm dan 39 nm. Semakin kecil partikel akan semakin tinggi nilai mekanisnya.

Buasri dkk, (2012) melakukan penelitian nano komposit PP/ CaCO<sub>3</sub> menggunakan ukuran CaCO<sub>3</sub> 40 nm dengan variasi presentase volume CaCO<sub>3</sub> 3%, 5%, dan 7%. Dari penelitian yang dilakukan mendapatkan nilai kekerasan terendah pada PP murni 66,7 Shore D dan tertinggi pada PP/ CaCO<sub>3</sub> 7% 70,3 Shore D.

Penelitian komposit *polypropylene*/ CaCO<sub>3</sub> dari beberapa peneliti sudah banyak dilaporkan, namun penelitian tentang komposit *polypropylene* menggunakan *filler* CaCO<sub>3</sub> dengan perbandingan mikropartikel belum dilaporkan. Maka perlu dilakukannya penelitian tentang komposit *polypropylene*/ CaCO<sub>3</sub> dengan variasi perbandingan ukuran partikel untuk mengetahui nilai optimal pada setiap variasi. Diharapkan komposit PP/CaCO<sub>3</sub> dengan variasi mikropartikel yang akan digunakan dalam bidang otomotif merupakan komposit yang lebih unggul dibandingkan dengan komposit PP/ CaCO<sub>3</sub> tanpa variasi mikropartikel

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Material

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *polypropylene* homopolimer HI10HO yang memiliki *melt flow rate index* (230°C/216kg) 10g/10 min dan densitas sebesar 0.903g/cm<sup>3</sup> sebagai material *matrix*. Kalsium karbonat sebagai pengisi memiliki berat molekul 100.09 gr/mol, densitas 2.8 gr/cm<sup>3</sup>, *average diameter* 40,97 µm, titik lebur 825°C diproduksi dari PT Sutra nusa Inti Prima Industri.

### 2.2. Pembuatan Spesimen *Multipurpose*

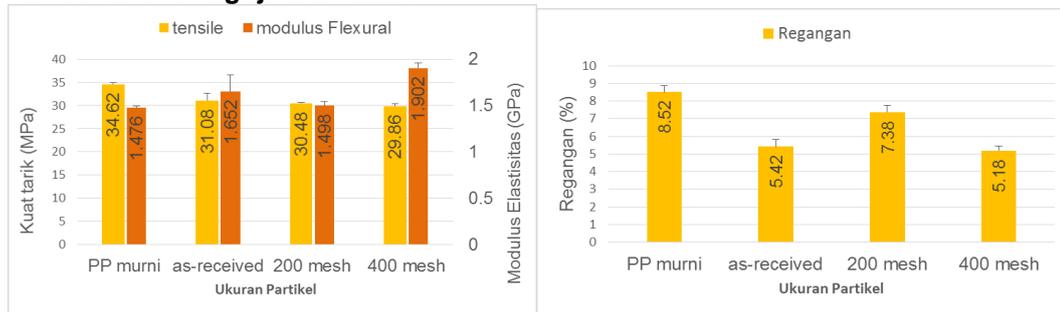
Spesimen *multipurpose* dibuat dari *polypropylene* HI10HO dan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) yang sudah dilakukan pengovenan selama 15 menit dengan suhu 50°C setelah itu dilakukan penimbangan dengan perbandingan *polypropylene* dan CaCO<sub>3</sub> 85% : 15%. Ada tiga variasi spesimen yang dibuat yaitu *polypropylene*/CaCO<sub>3</sub> dengan perlakuan pada CaCO<sub>3</sub> *as- received*, disaring menggunakan 200 *mesh* dan 400 *mesh*. Spesimen *multipurpose* difabrikasi dengan metode *injection molding type* Meiki 70B dengan kapasitas *clamping* maksimum 70 ton, dioperasikan pada kondisi temperatur *barrel* 150-200°C dalam waktu siklus 42 detik. Pembuatan spesimen *multipurpose* mengacu pada international standart (ISO) 294-1.

### 2.3. Uji Mekanis dan Karakterisasi

Pengujian mekanis dilakukan pada spesimen *multipurpose* yang telah difabrikasi. Pengujian tarik dilakukan dengan mengacu pada standar ISO 527-1a menggunakan alat Universal Testing Machine (UTM) *zwick roell Z020* (Germany) di Akademi Teknik Mesin Industri (ATMI) dengan rate speed pengujian 50 mm/min. Sedangkan pengujian *bending* dilakukan dengan mengacu pada standar ISO 178 menggunakan alat UTM dengan rate speed pengujian 10mm/min dengan panjang span 64 mm. Lima sampel untuk setiap spesimen telah diuji, dan rata-rata strength ( $\sigma$ ), modulus elastisitas (E) dan elongation ( $\epsilon$ ) telah diperoleh dari kurva tegangan-regangan. Data ditampilkan dalam bentuk rata-rata. Pengujian kekerasan menggunakan model Shore D dengan mengacu pada standar ASTM D2240 pada tiga sampel dan diuji pada 5 titik setiap spesimennya. Morfologi permukaan patahan hasil uji tarik diamati menggunakan mesin *scanning electron microscope* SEM untuk melihat pendistribusian serbuk CaCO<sub>3</sub>.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Analisis Pengujian Mekanis

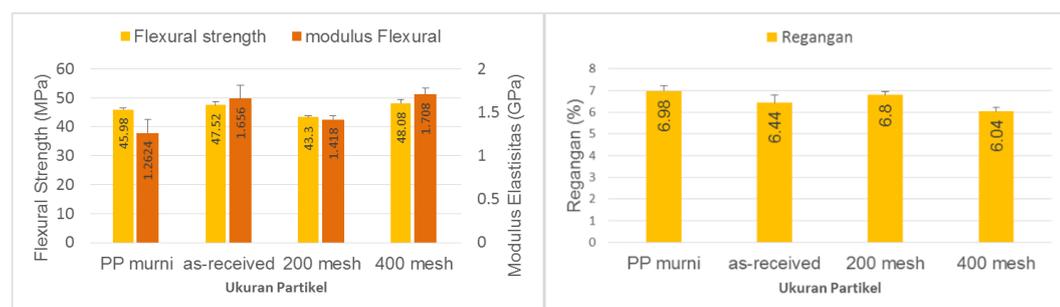


Gambar 3.1. Grafik kekuatan, modulus elastisitas dan regangan tarik

Pada Gambar 3.1 dijelaskan hasil dari data spesimen PP murni, dan PP/ CaCO<sub>3</sub> variasi as-received, 200 mesh, 400 mesh dapat dianalisa yaitu terjadi penurunan nilai tegangan. Penurunan terjadi karena penambahan partikel filler CaCO<sub>3</sub>. Yang K. dkk, (2007) meneliti komposit PP/ CaCO<sub>3</sub> dengan ukuran partikel 25 µm, 0,07 µm, dan hybrid 25 dan 0,07 µm menggunakan variasi volume 10-40%. Hasil penelitian yang dilakukan mendapatkan hasil uji mekanis kuat tarik optimum pada 10% membuat nilai kuat tariknya meningkat sedangkan penurunan terjadi pada 20% penambahan fraksi volume. Pada partikel 25 µm, 0,07 µm dengan volume 20% mendapatkan nilai 32,7 MPa dan 26,7 MPa.

Dapat dianalisa bahwa besarnya nilai modulus elastisita mempengaruhi kekakuan dari sifat material tersebut. Dari variasi PP/ CaCO<sub>3</sub> mengalami kenaikan dari nilai modulus elastisitasnya. Menurut (Fu S.F. dkk, 2007) melakukan penelitian dengan komposit PP/ CaCO<sub>3</sub> dengan perbandingan nano partikel 21 nm dengan 39 nm, menyatakan bahwa komposit dengan penambahan ukuran filler yang lebih kecil akan membuat nilai modulus elastisitas lebih besar dari ukuran komposit dengan partikel yang lebih besar.

Dapat dianalisa bahwa semakin rendah nilai regangan dapat membuat spesimen menjadi getas. Dari data grafik diatas PP murni memiliki ragangan tertinggi dan pada penambahan CaCO<sub>3</sub> nilai regangannya semakin menurun. Menurut Arnando A. (2018) menjelaskan jika nilai tegangan menurun maka nilai regangan juga mengalami penurunan.

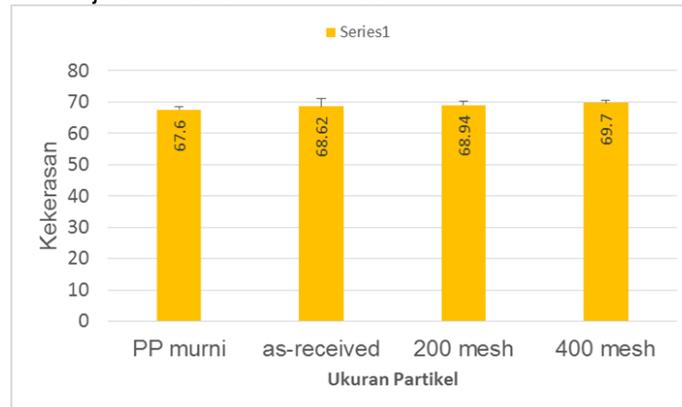


Gambar 3.2. Grafik kekuatan, modulus elastisitas dan regangan *bending*

Pada Gambar 3.2. dijelaskan hasil dari spesimen PP murni, dan PP/ CaCO<sub>3</sub> variasi as-received, 200 mesh, 400 mesh dapat dianalisa bahwa semakin kecil ukuran partikel CaCO<sub>3</sub> nilai kekuatan bending semakin tinggi. Nilai tertinggi yaitu pada PP/ CaCO<sub>3</sub> 400 mesh sebesar 48,08 MPa dan terendah pada PP/ CaCO<sub>3</sub> 200 mesh 43,3 MPa. Penurunan yang terjadi pada variasi 200 *mesh* terjadi karena terdapat *void* yang lumayan besar pada spesimen uji yang membuat nilai *bendingnya* menurun. Penelitan Fu S.F. dkk, (2007) penambahan CaCO<sub>3</sub> dengan ukuran partikel lebih kecil akan menaikkan nilai kuat bendingnya.

Nilai modulus elastisitas semakin naik pada PP murni didapat nilai rata- rata 1,2624 GPa, as-received didapat nilai rata- rata 1,656 GPa , 200 mesh didapat nilai rata- rata 1,418 GPa, dan 400 mesh didapat nilai rata- rata 1,708 GPa. Dapat disimpulkan bahwa ukuran *filler* CaCO<sub>3</sub> dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas. Menurut Fu S.Y. dkk, (2007) melakukan penelitian dengan komposit PP/CaCO<sub>3</sub> dengan perbandingan nano partikel 21 nm dengan 39 nm, menyatakan bahwa komposit dengan penambahan ukuran *filler* yang lebih kecil akan membuat nilai modulus elastisitas akan lebih tinggi.

dijelaskan pada PP murni memiliki nilai regangan yang paling tinggi dikarenakan sifat material yang lentur dan pada penambahan CaCO<sub>3</sub> nilai renggangannya semakin menurun. Menurut Perdana dkk, (2016) penambahan serbuk kalsium karbonat membuat material komposit menjadi relatif kuat dan kaku.



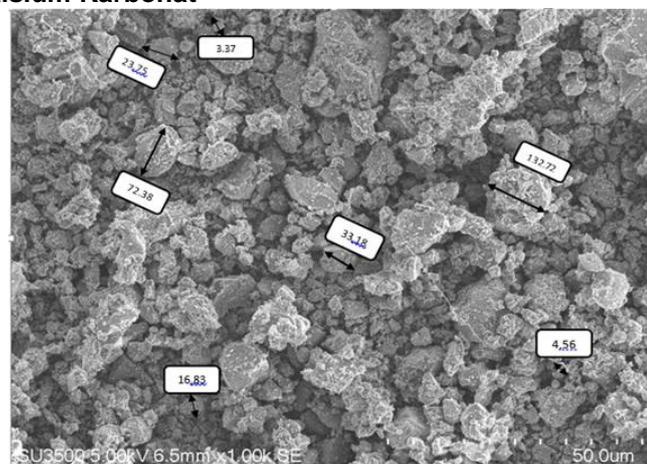
**Gambar 3.3.** Korelasi Kekerasan Komposit PP/CaCO<sub>3</sub> Dengan Ukuran Mikropartikel CaCO<sub>3</sub>

Pada Gambar 3.3. dijelaskan hasil dari spesimen PP murni, dan PP/ CaCO<sub>3</sub> variasi *as-received*, 200 *mesh*, 400 *mesh* dapat dianalisa bahwa nilai kekerasan tidak mengalami kenaikan yang terlalu signifikan. Dikarenakan pada spesimen persebaran serbuk CaCO<sub>3</sub> yang tidak merata yang membuat kekerasan spesimen multipurpose berbeda nilainya disetiap titiknya.

Buasri A, dkk (2012) pernah melakukan penelitian tentang nano komposit PP/ CaCO<sub>3</sub> dengan ukuran partikel 40 nm. Pada pengujian kekerasan PP murni 66,7 Shore D dan meningkat nilainya pada nano komposit PP/ CaCO<sub>3</sub> penambahan 3% CaCO<sub>3</sub> sebesar 68,7 Shore D. Hasil menunjukan penambahan CaCO<sub>3</sub> meningkatkan sifat mekanis PP meskipun relative kecil peningkatannya.

## 3.2 Pengamatan SEM

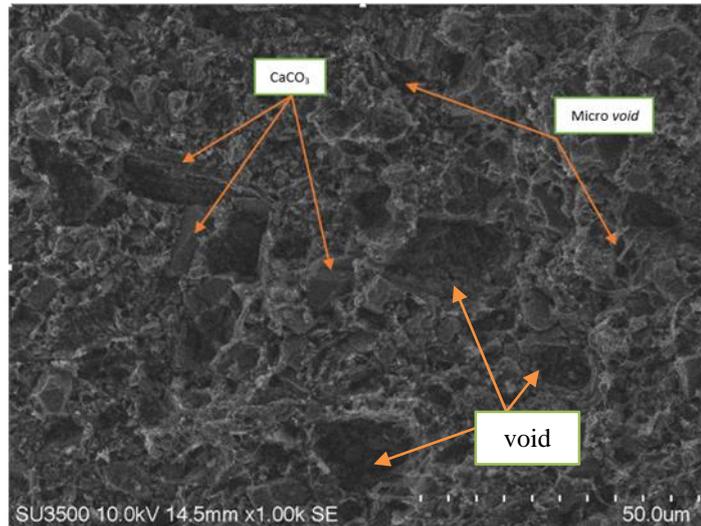
### 3.2.1 Serbuk Kalsium Karbonat



**Gambar 3.4.** Hasil Uji SEM serbuk CaCO<sub>3</sub>

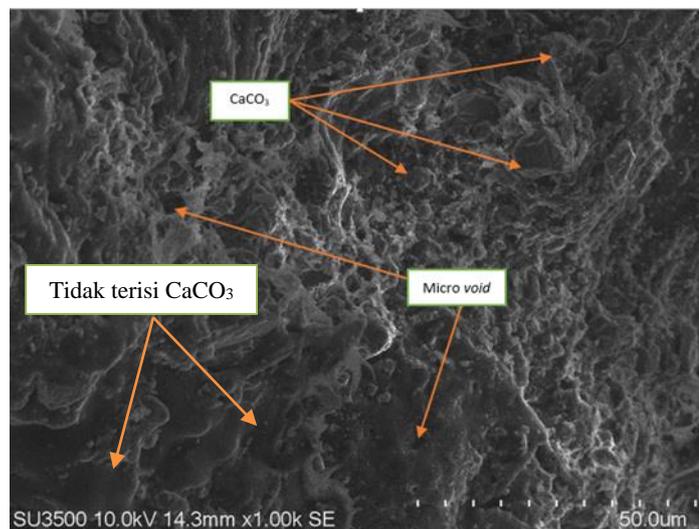
Pada Gambar 3.4. merupakan foto SEM untuk mencari ukuran partikel  $\text{CaCO}_3$ . Pada pengukuran partikel  $\text{CaCO}_3$  didapatkan ukurannya yaitu  $132,72 \mu\text{m} - 3,37 \mu\text{m}$

### 3.2.2. Permukaan Patahan Komposit



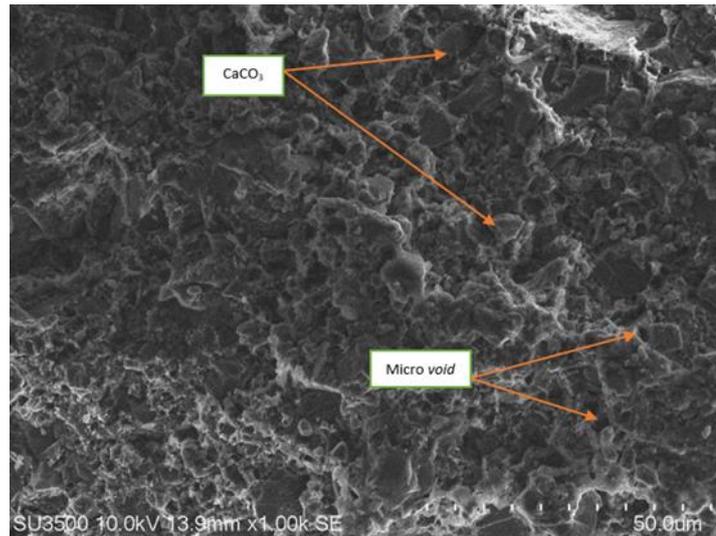
Gambar 3.5. . Foto SEM Struktur Patahan Komposit PP/  $\text{CaCO}_3$  As-received

Pada Gambar 3.5 merupakan struktur patahan uji tarik PP/ $\text{CaCO}_3$  *as-received* yang dilihat menggunakan SEM. Pada variasi *as-received* dapat dilihat bahwa terdapat  $\text{CaCO}_3$  yang berukuran besar karena tidak dilakukan pengayakan, karena penggumpalan  $\text{CaCO}_3$  membuat persebarannya tidak merata. Terdapat *micro void* dan *void* berukuran besar dari foto patahan komposit PP/ $\text{CaCO}_3$  mengakibatkan nilai kuat tarik komposit menurun. Terjadinya *void* karena ketika proses fabrigasi ada udara yang terjebak.



Gambar 3.6. Foto SEM Struktur Patahan Komposit PP/ $\text{CaCO}_3$  200 Mesh

Pada Gambar 3.6. merupakan struktur patahan uji tarik PP/ $\text{CaCO}_3$  200 *mesh* yang dilihat menggunakan SEM. Pada variasi 200 *mesh* ukuran partikel lebih kecil karena dilakukan penyaringan pada  $\text{CaCO}_3$  namun masih terdapat  $\text{CaCO}_3$  yang ukurannya sedikit lebih besar. Persebaran  $\text{CaCO}_3$  masih kurang merata karena serbuk  $\text{CaCO}_3$  masih berkumpul pada titik tertentu. Terdapat *micro void* dari foto patahan komposit PP/  $\text{CaCO}_3$  mengakibatkan nilai kuat tarik komposit menurun. Terjadinya *void* karena ketika proses fabrigasi ada udara yang terjebak.



**Gambar 4.13.** Foto SEM Struktur Patahan Komposit PP/ CaCO<sub>3</sub> 400 Mesh

Pada Gambar 4.13. merupakan struktur patahan uji tarik PP/CaCO<sub>3</sub> 400 mesh yang dilihat menggunakan SEM. Pada variasi 400 mesh partikel CaCO<sub>3</sub> ukurannya terlihat lebih kecil dan persebaran CaCO<sub>3</sub> merata karena ukuran saringan yang lebih kecil. Terdapat *micro void* dari seluruh foto patahan komposit membuat nilai kuat tarik semakin tidak optimal. Terjadinya *micro void* karena terdapat ruang kosong pada komposit, terbentuk ketika proses fabrikasi terdapat udara yang terjebak.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil analisa dari struktur patahan menggunakan uji SEM pada partikel kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) mempengaruhi material menjadi getas (*brittle*) dan semakin kecil ukuran partikel penyebarannya semakin merata.

Hasil analisa pengujian kuat bending dan kekerasan material *polypropylene* dengan filler CaCO<sub>3</sub> menunjukkan bahwa ukuran partikel membuat kuat bending dan kekerasan meningkat, optimasi pada nilai kuat bending dan kekerasan pada variasi 400 mesh. Pada perbandingan nilai kuat bending terendah pada variasi 200 mesh dan tertinggi pada 400 mesh. Nilai kuat bending terendah pada 200 mesh yaitu 43,3 MPa dan tertinggi 400 mesh 48,08 MPa. Nilai kekerasan terendah pada variasi *as-received* dan tertinggi pada 400 mesh yaitu 68,62 dan 69,7 Shore D. Hasil analisa pengujian kuat tarik material polypropylene dengan filler CaCO<sub>3</sub> optimasi pada nilai kuat tarik terjadi pada variasi *as-received*. pada variasi *as-received* memiliki nilai kuat tarik tertinggi dan pada variasi 400 mesh memiliki nilai kuat tarik terendah. Nilai kuat tarik *as-received* yaitu 31,08 MPa dan nilai kuat tarik 400 mesh 29,86 MPa.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arnando A., 2018. Pengaruh Kandungan Daur Ulang pada Sifat Mekanik dari Bahan High Density Polyethylene. Skripsi. Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [2] Buasri A., Chaiyut N., Borvornchettanuwat K., Chantanachai N., and Thonglor K., 2012. "Thermal and Mechanical Properties of Modified CaCO /PP Nanocomposites", International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering Vol:6, No:8, hal (689-693).
- [3] DIN EN ISO 294-1. (1998). European standard injection molding of test specimens of thermoplastic materials. (ISO 294-1: 1998) reference number. DIN EN ISO 294-1 : 1998-10.

- [4] DIN EN ISO 527-1. (2012). European standard plastics determination of tensile properties - Part 1: General principles. (ISO 527-1: 2012) reference number. DIN EN ISO 527-1 : 2012-11.
- [5] DIN EN ISO 178. (2010). European standard plastics Plastics Determination of flexural properties: General principles. (ISO 178: 2010) reference number. DIN EN ISO 178 : 2010-28.
- [6] Fikri M.L.S., Budiyanoro C., Sosiati H., 2017. "Komparasi sifat mekanisme polypropylene dengan variasi presentase kandungan filler CaCO<sub>3</sub>". Jurnal Material dan Proses Manufaktur, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta
- [7] Firdaus, Tjitro S.,2002. "Studi Eksperimental Pengaruh Paramater Proses Pencetakan Bahan Plastik Terhadap Cacat Penyusutan (Shrinkage) Pada Benda Cetak Pneumatics Holder". Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra, 4(2), 75-80.
- [8] Fu S.F., Feng X.Q., Lauke B., May Y.W., 2007. "Effects of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate–polymer composites". Chinese Academy of Sciences, Department of Engineering Mechanics, pp. 933-961, China.
- [9] Perdana M., Yulsardi R.P., 2016. "Pengaruh fraksi volume penguat terhadap kekuatan lentur green composite untuk aplikasi pada bodi kendaraan". Jurnal ipteks terapan Research of Applied Science and Education, vol:9, pp (276-284).
- [10] Thenepalli T., Jun A.Y., Han C., Ramakrishna C., and Ahn J.W., 2015. "A strategy of precipitated calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>) fillers for enhancing the mechanical properties of polypropylene polymers Mineral Processing Division", Korean Journal of Chemical Engineering., Nowon-gu, Seoul 139-050, Korea.
- [11] Yang K., Yang Q., Li G., Zhang Y., Yang P., 2007. "Mechanical Properties and Morphologies of Polypropylene/Single-Filler or Hybrid-Filler Calcium Carbonate Composites". Jurnal of The State Key Laboratory for Polymer Materials Engineering, pp. 95-102, China.