

STUDI PENGARUH WAKTU *SINTERING* TERHADAP SIFAT KIMIA DAN MEKANIK KOMPOSIT LDPE-PVC-SBR

Novi Laura Indrayani¹⁾, Muhamad Ramadhan²⁾, Netta Liliani³⁾

^{1,2,3}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam 45
novie.laura@gmail.com

Abstrak

Karakteristik material komposit mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan jenis bahan lain yaitu ringan, kuat, tidak terpengaruh korosi dan mampu bersaing dengan logam, dengan tidak kehilangan karakteristik dan kekuatan mekanisnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu *sintering* terhadap ketangguhan impact dan densitas komposit LDPE, PVC dan karet ban bekas. Bahan yang digunakan merupakan kemasan botol obat tetes, pipa saluran air dan ban motor kendaraan roda dua. Proses pembuatan spesimen dilakukan dengan metode teknologi serbuk, yaitu dengan cara pembuatan serbuk, dan discreening 60 mesh. Selanjutnya serbuk dimixing dengan perbandingan Karet 70% LDPE 20% PVC 10%, dan dikompaksi dengan tekanan 1,013 bar. Selanjutnya *disintering* dengan temperatur 170°C. Pada penelitian ini variasi waktu *sintering* yaitu; 5 menit, 10 menit, 15 menit dan 20 menit. Pengujian impact dengan menggunakan alat uji Charpy standar untuk material polimer adalah dengan memakai ISO 197-1, dan pengujian densitas standar yang digunakan memakai ASTM D1622. Permukaan benda uji dilakukan pengamatan gambar SEM-EDS. Hasil penelitian komposit menunjukkan bahwa waktu *sintering* optimum untuk menghasilkan sifat-sifat komposit terbaik adalah 20 menit. Pada waktu *sintering* 20 menit didapatkan data nilai energi impact sebesar 2,78 kJ/m², yang berbanding lurus dengan nilai densitas 0,58 g/cm³.

Kata Kunci: komposit, LDPE-PVC-SBR, *sintering*

Abstract

Characteristics of composite materials have many advantages compared to other types of materials that are lightweight, strong, not affected by corrosion and able to compete with metals, without losing their mechanical characteristics and strength. This study aims to determine the effect of sintering time on the impact toughness and density of LDPE composites, PVC and used tire rubber. The materials used are packaging of drop bottles, water pipes and motorcycle tires for two-wheeled vehicles. The process of making specimens is carried out by the method of powder technology, namely by making powder, and filtering 60 mesh. Then the powder was mixed with a ratio of Rubber 70% LDPE 20% PVC 10%, and compressed with a pressure of 1,013 bar. Then sintered at 170°C. In this study the variation in sintering time is; 5 minutes, 10 minutes, 15 minutes and 20 minutes. Impact testing uses the standard Charpy test equipment for polymer materials using ISO 197-1, and standard density testing using ASTM D1622. Surface of the test object photographed by SEM-EDS. The results of the composite study showed that the optimal sintering time to produce the best composite properties was 20 minutes. At 20 minutes sintering, the impact energy value data is 2.78 kJ / m², which is directly proportional to the density value 0,58 g/cm³.

Keywords: composite, LDPE-PVC-SBR, *sintering*

PENDAHULUAN

Penggunaan dan pemanfaatan material komposit sekarang ini semakin berkembang, seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan tersebut yang semakin meluas. Pemanfaatan material komposit mulai dari yang sederhana seperti alat-alat rumah tangga sampai sektor industri baik industri skala kecil maupun industri skala besar. Komposit mempunyai keunggulan tersendiri dibandingkan dengan bahan teknik alternatif lain seperti kuat, ringan, tahan korosi, ekonomis dan sebagainya. Sustainable waste Indonesia (SWI) 2018 mengungkapkan sebanyak 24% sampah di Indonesia masih tidak terkelola dengan baik. Dan persoalan pengelolaan sampah masih menjadi pekerjaan rumah besar bagi Indonesia. Ini artinya, sekitar 65 juta ton sampah yang diproduksi di Indonesia setiap hari, sekitar

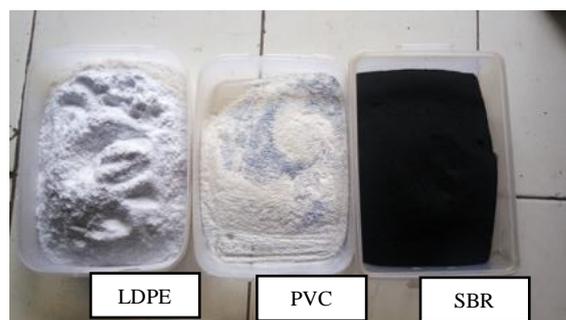
15 juta ton mengotori ekosistem dan lingkungan karena tidak ditangani. Sedangkan 7% sampah didaur ulang dan 69% sampah berakhir di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Dari laporan itu diketahui juga jenis sampah yang paling banyak dihasilkan adalah sampah organik sebanyak 60%, sampah plastik 14%, diikuti sampah kertas 9%, metal 4,3%, kaca, kayu dan bahan lainya 12,7% (CNN Indonesia). 14% plastik diklasifikasi menjadi 7 jenis yaitu: *Polyethelyene Terephthalate* (PET), *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polyvinyl Cloride* (PVC), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS), *Other* (O).

Penelitian kali ini akan menggunakan LDPE dan PVC. Plastik PVC merupakan polimer termoplastik urutan ketiga dalam hal jumlah pemakaian di dunia setelah polietilena dan polipropilena diseluruh dunia lebih dari 50% PVC yang diproduksi dipakai dalam konstruksi. PVC adalah polimer yang menggunakan bahan baku minyak bumi terendah diantara polimer lainnya, dan plastik LDPE termasuk dalam kategori *thermoplastik*, karena memiliki ikatan antar molekul yang linier sehingga dapat mengalami pelunakan atau perubahan bentuk, dengan kata lain meleleh, jika dikenai panas sedangkan karet adalah polimer. (Formela, 2015) meneliti campuran plastik LDPE dan karet ban bekas, dengan variasi campuran 50% : 50% dan dikompresi sebesar 4,9 Mpa pada beberapa temperatur menunjukkan sifat mekanik terbaik. Jumlah limbah ban bekas di Indonesia terus bertambah dikarenakan produksi ban kendaraan setiap tahun terus meningkat. DKR (Dewan Karet Indonesia, 2012) menginformasikan bahwa produksi ban mobil di Indonesia tahun 2010 dan 2011 mencapai 14,4 dan 15,4 juta unit. Jumlah 149 yang demikian besar tersebut berpotensi menimbulkan limbah ban bekas yang dapat berdampak buruk terhadap lingkungan. Beberapa upaya pemanfaatan ban bekas telah dilakukan. Berbagai penelitian dan kajian dilakukan untuk pemanfaatan limbah plastik dan karet. Di negara maju, ban bekas dimanfaatkan sebagai campuran aspal pelapis jalan setelah dihancurkan atau digunakan sebagai campuran semen (Formela, 2015).

Metode teknologi serbuk menjadi salah satu alternatif untuk membuat paduan atau komposit dengan bahan dasar plastik dan karet. Teknologi ini telah lama digunakan untuk membentuk produk dengan ukuran kecil dan berasal dari bahan yang sulit diproses melalui pemesinan, teknologi ini mempersyaratkan bahan dasar berupa serbuk dengan melalui tahap: pencampuran, kompaksi dan *sintering*. Keuntungan teknik kompaksi untuk material plastik adalah mampu mempertahankan bentuk produk sesuai cetakan (Jati, 2007). Dengan kata lain, *pressured sintering* tidak menyebabkan distorsi dimensi (Tutuko, 2007). Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan bahan yang terbuat dari teknologi serbuk antara lain adalah: ukuran partikel serbuk, besarnya tekanan, temperatur *sintering*, lamanya waktu penahanan *sintering*, volume zat pengikat (German, 1994). Lamanya waktu *sintering* akan menentukan kuatnya ikatan antar partikel. Namun demikian akan terdapat waktu *sintering* yang optimal dalam pembentukan ikatan komposit plastik-karet. Berdasarkan uraian di atas, memungkinkan untuk membuat komposit plastik dengan karet. Setelah mengetahui nilai temperatur dan komposisi yang ideal untuk proses pencampuran plastik dan ban bekas. Pengaturan waktu *sintering* saat proses pembuatan komposit sangat menentukan sifat-sifat komposit yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan menaikkan waktu *sintering* belum tentu meningkatkan sifat-sifat yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi eksperimental mengenai pengaruh waktu *sintering* terhadap sifat mekanik komposit plastik LDPE, PVC dan SBR (*Styrene Butadine Rubber*).

METODE

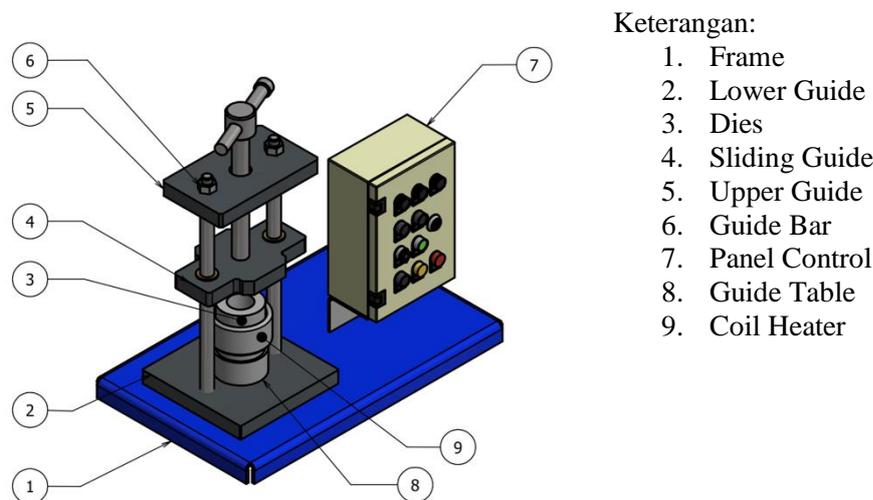
Penelitian dilakukan di 3 tempat yaitu di Workshop Teknik Mesin Unisma Bekasi pembuatan material, Sentra Teknologi Polimer-BPPT untuk pengujian sifat mekanik material, dan Laboratorium Kimia ITB untuk pengujian mikrofografi. Bahan yang digunakan adalah plastik LDPE, PVC dan SBR.



Gambar 1. Serbuk Material

Ketiga bahan dibuat menjadi serbuk seperti yang terlihat pada Gambar 1, didapatkan dengan metode gerus (*attrition*) yaitu penggerindaan yang kemudian di screening sampai mencapai ukuran sekitar 60 *mesh*. Proses *screening* dilakukan untuk memisahkan ukuran material agar material serbuk bisa seragam dalam ukuran dan untuk menghindari terjadinya rongga-rongga karena perbedaan ukuran dalam proses kompaksi, screening juga bermanfaat untuk menyaring kotoran yang terjadi saat proses penggerindaan material.

Proses selanjutnya adalah *mixing*, proses ini dilakukan untuk mendapatkan material serbuk yang homogen. Proses *mixing* dilakukan dengan mesin mixer. Proses persentasi dilakukan dengan cara mengukur dari panjang dengan lebar cetakan. Agar proses *mixing* persisi harus menggunakan penggaris dan pembatas yang kuat. Cetakan yang digunakan untuk mengkompaksi campuran serbuk terbuat dari baja, dimana material ini sangat kuat untuk menahan tekanan tinggi dari mesin pengepress. Setelah dikompaksi spesimen diambil dengan mendorong *upper punch* keluar cetakan. Proses *hot compaction* dilakukan bersamaan dengan proses *sintering* dengan mesin *press* seperti terlihat pada Gambar 2. Pada penelitian ini tidak digunakan bahan pengikat, hal ini karena diinginkan pengikatan serbuk hanya terjadi sebagai efek dari *sintering*. Komposisi yang akan dibuat untuk material komposit ini SBR 70%, LDPE 20%, PVC 10%. Pada proses *sintering*, pemanasan serbuk dengan elemen pemanas yang ditempatkan pada *dies*. Temperatur dalam *dies* diatur 170°C, dengan memvariasikan *holding time* yaitu 5, 10, 15, dan 20 menit. Pendinginan setelah *sintering* dilakukan dengan mengeluarkan spesimen dari *dies* dan membiarkannya di udara bebas.



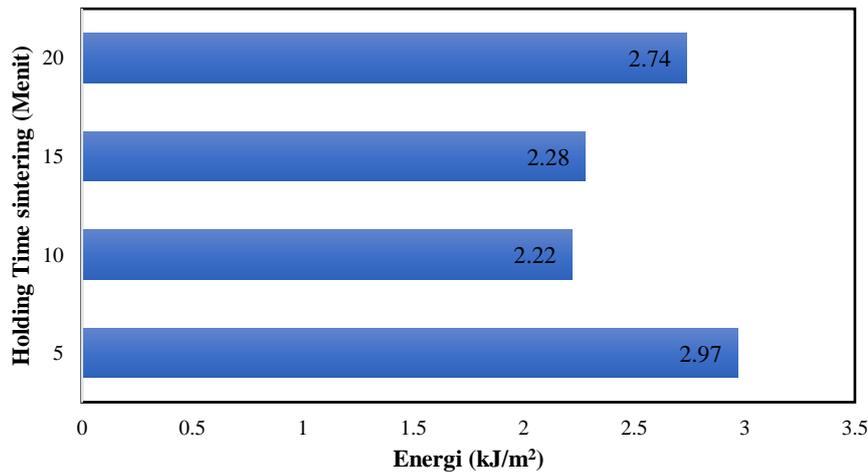
Gambar 2. Mesin Press

Pengujian Material; Pengujian sifat mekanik yang dilakukan untuk mengetahui karakter material adalah uji impak dan uji densitas. Pengujian impak menggunakan metode *charpy* dan menggunakan standar ISO 179. Berdasarkan standar ISO 179 sample uji memiliki dimensi T: 4 mm, L: 10 mm dan P: 80 mm. Sedangkan pengujian densitas menggunakan standar ASTM D1622. Berdasarkan standar ASTM D1622 sample uji memiliki dimensi T: (13 ± 16) mm, L: (15 ± 17) mm, P: (20 ± 27) mm. Pengujian SEM pada sample uji bertujuan untuk mengamati apa yang terjadi di dalam spesimen antara bahan dan lapisan oksida, dan pengujian EDS bertujuan untuk mengetahui komposisi apa saja yang terkandung di dalam spesimen. Pengujian SEM dan EDS dilakukan menggunakan alat EOL-JSM-6510LA dengan variasi pembesaran 5X hingga 300000X dengan dimensi T: (5 ± 10) mm, L: (5 ± 10) mm, P: (5 ± 10) mm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan di Sentra Teknologi Polimer dengan menggunakan alat uji *Resil Impactor* CEAST dan menggunakan standar ISO 179. Menurut standar dimensi yang digunakan adalah: T: 4 mm, L: 10 mm dan P: 80 mm. Pengaruh waktu *sintering* terhadap kekuatan impak disajikan melalui data percobaan yang kemudian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai Pengujian Impak

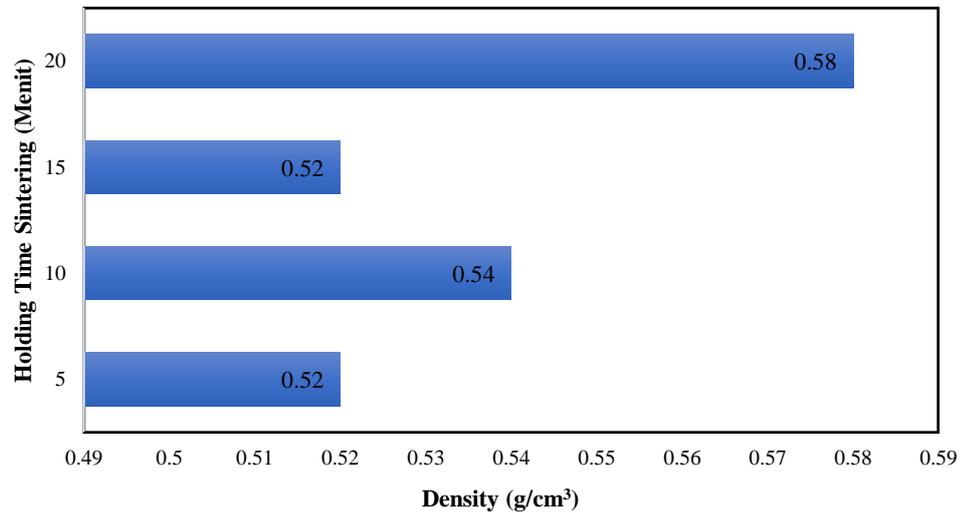
Pengaruh waktu *sintering* terhadap kekuatan impak pada masing-masing komposit terlihat cukup besar. Hal ini disebabkan karena *filler* yaitu penguat pada komposit yang berfungsi sebagai penanggung beban utama yang digunakan. Terdapat dua jenis *filler* yaitu, plastik LDPE dan plastik PVC dengan satu matrik yaitu SBR. Berdasarkan Gambar 3. terlihat hubungan antara energi impak linear terhadap waktu, meskipun divariasikan waktu 5 menit mengalami kenaikan. Pada waktu sintering 5 menit nilai energi yang terserap didapatkan sebesar 2,97 kJ/m² kemudian energi kekuatan impak turun pada waktu 10 menit sebesar 2,22 kJ/m². Selanjutnya nilai kembali naik pada waktu 15 menit dan 20 menit yaitu 2,28 kJ/m² dan 2,78 kJ/m². Naiknya nilai energi impak dikarenakan baiknya ikatan antar partikel SBR dan plastik LDPE-PVC, sedangkan penurunan nilai impak dikarenakan partikel pada SBR dan plastik LDPE-PVC belum berikatan dengan sempurna.

Selain itu, dapat juga disebabkan adanya kandungan *zinc stearat* yang berlebih sehingga ketika dipanaskan akan terbentuk pori dari daerah-daerah yang ditinggalkan oleh *zinc stearate* yang menguap. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan Fendy Destanto (2007) pengaruh *sintering* terhadap sifat fisik dan mekanik komposit HDPE-PET dan karet ban bekas menyatakan serbuk-serbuk HDPE yang belum terdeformasi *thermal*, menyebabkan ikatan antar partikel dalam komposit menjadi lemah. Selain itu, kemampuan HDPE untuk mengisi pori belum tampak, sehingga pori yang terjadi relatif jauh lebih besar dari pada variasi suhu *sintering* yang lain. Secara menyeluruh efek HDPE yang belum melunak juga dapat dikatakan sebagai penyebab buruknya sifat fisik maupun mekanik komposit. Pada waktu 5 menit nilai impak didapatkan sebesar 2,97 kJ/m², nilai ini merupakan nilai yang tidak berbanding lurus dengan nilai densitas. Hal ini dapat dilihat dari nilai kesalahan relatif yang cukup besar yaitu 1,15%, karena adanya penyatuan antar partikel yang baik hanya di beberapa titik spesimen. Namun demikian nilai impak pada waktu *sintering* 10,15 dan 20 menit berbanding lurus dengan waktu, karena telah terjadi ikatan monomer-monomer penyusun SBR dan plastik LDPE-PVC yang stabil.

Agung (2012) melihat pengaruh waktu *sintering* terhadap komposit HDPE-sampah organik dan menyatakan bahwa penambahan waktu *sintering* akan menyebabkan serbuk HDPE bergerak untuk membentuk ikatan antar partikel. Sifat HDPE yang mengalami pelunakan atau pelelehan jika diberi penambahan suhu, sehingga serbuk HDPE akan mengikat sampah membentuk ikatan antar partikel. Semakin meningkatnya waktu *sintering*, maka ikatan yang terjadi juga akan semakin banyak. Semakin banyak ikatan yang terbentuk maka kekuatan impak akan semakin besar. Pada variasi waktu *sintering* 5 menit nilai kekuatan impak 3489,18 J/m², dan terus naik pada waktu *sintering* 20 menit dengan nilai kekuatan impak 7307,47 J/m².

b. Pengujian Densitas

Berdasarkan pengujian densitas yang dilakukan di Sentra Teknologi Polimer dengan menggunakan alat uji Sartorius LA 230 S *Density Balance* dan menggunakan standar ASTM D1622. Menurut standar dimensi yang digunakan adalah: T: 13 mm, L: 15 mm, P: 20 mm. Pengaruh waktu *sintering* terhadap densitas disajikan melalui data percobaan yang kemudian ditunjukkan pada Gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Nilai Pengujian Densitas

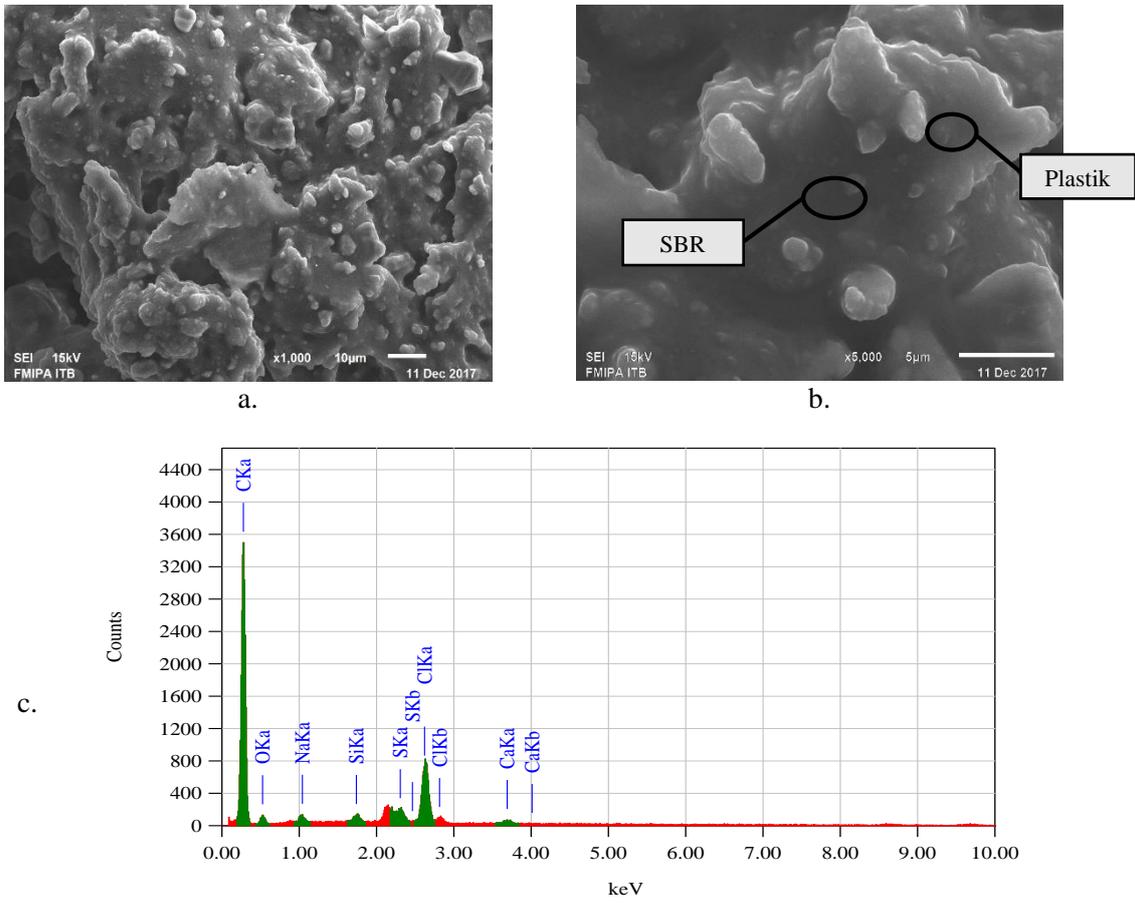
Gambar 4 merupakan hubungan antara nilai densitas terhadap waktu, terlihat divariasi waktu interval 5 menit nilai densitas mengalami penurunan tetapi untuk interval waktu 10 menit *trend* menjadi naik. Semakin meningkatnya waktu *sintering* maka pergerakan serbuk LDPE, PVC dan SBR akan bergerak membentuk ikatan pada batas partikel. Pori akan terisolasi dan batas partikel akan menyatu. Akibat adanya energi termal pada saat proses *sintering* mengakibatkan ikatan antara serbuk LDPE, PVC dan karet akan semakin banyak. Banyaknya ikatan yang terjadi akan menyebabkan volume pori pada komposit akan berkurang. Berkurangnya pori akan menyebabkan nilai densitas akan semakin besar. Agung (2012) melihat pengaruh waktu *sintering* terhadap komposit HDPE-sampah organik menyatakan bahwa nilai densitas komposit dari waktu *sintering* 5 menit sampai 20 menit meningkat sebesar 1,09%.

Pengaruh waktu *sintering* terhadap densitas disajikan melalui data percobaan yang ditunjukkan pada Gambar 4 yang menunjukkan pengaruh waktu *sintering* terhadap densitas. Nilai densitas dengan bertambahnya waktu *sintering* mengalami kenaikan yaitu pada waktu 5 menit mendapatkan nilai sebesar 0,52 g/cm³ kemudian nilai densitas naik pada waktu 10 menit sebesar 0,54 g/cm³. Bahwa diwaktu 5 menit monomer penyusun komposit belum stabil, namun pada waktu 10 menit monomer sudah stabil. Hal ini juga terlihat pada waktu 15 menit mengalami penurunan kembali sebesar 0,52 g/cm³ dan pada waktu 20 menit mengalami kenaikan kembali sebesar 0,58 g/cm³. Naiknya nilai densitas dikarenakan ikatan antar partikel komposit karet dan plastik terbentuk sempurna.

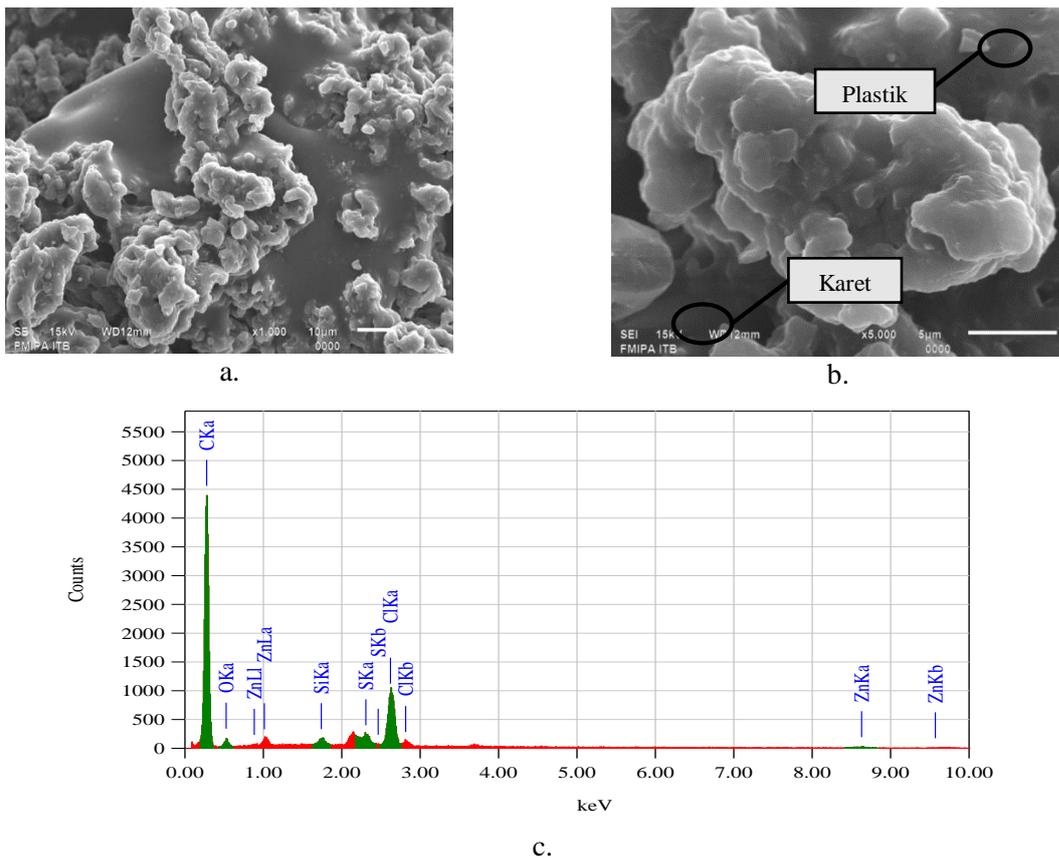
Hal tersebut juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh Mohammad, dkk (2012) yaitu pengaruh temperatur dan waktu *sintering* pada MMC-WCU. Didapatkan nilai densitas tertinggi terjadi pada temperatur *sintering* 900°C dengan waktu tahan 2 jam yaitu 12.78 g/cm³. Namun pada temperatur 900°C diwaktu 3 jam terjadi penurunan densitas, dimana densitas dari 900°C diwaktu 3 jam lebih rendah dari densitas 900°C diwaktu 2 jam. Sulardjaka, dkk (2013) juga melihat pengaruh waktu dan temperatur sinter komposit aluminium-limbah *geothermal* menyatakan bahwa meningkatnya waktu *sintering* dari 1, 2 ke 4 jam mengakibatkan meningkatnya densitas komposit. Perilaku berbeda ditunjukkan pada proses *sintering* pada suhu 600°C. Pada temperatur *sintering* 600°C, densitas tertinggi didapat pada waktu *sintering* 2 jam. Densitas pada *sintering* selama 2 jam meningkat jika dibandingkan *sintering* pada waktu 1 jam. Penambahan waktu *sintering* menjadi 4 jam, justru menurunkan densitas komposit.

c. Hasil SEM-EDS

Pengujian SEM-EDS yang dilakukan di Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung dengan menggunakan alat uji JEOL-JSM-6510LA dengan menggunakan dimensi T: 5 mm, L: 10 mm, P: 10 mm. Hasil gambar SEM-EDS ada pada Gambar 5.



Gambar 5. Komposit Hasil Perlakuan 5 Menit; (a) SEM 1000X P, (b) SEM 5000X P, (c) EDS Spektrum

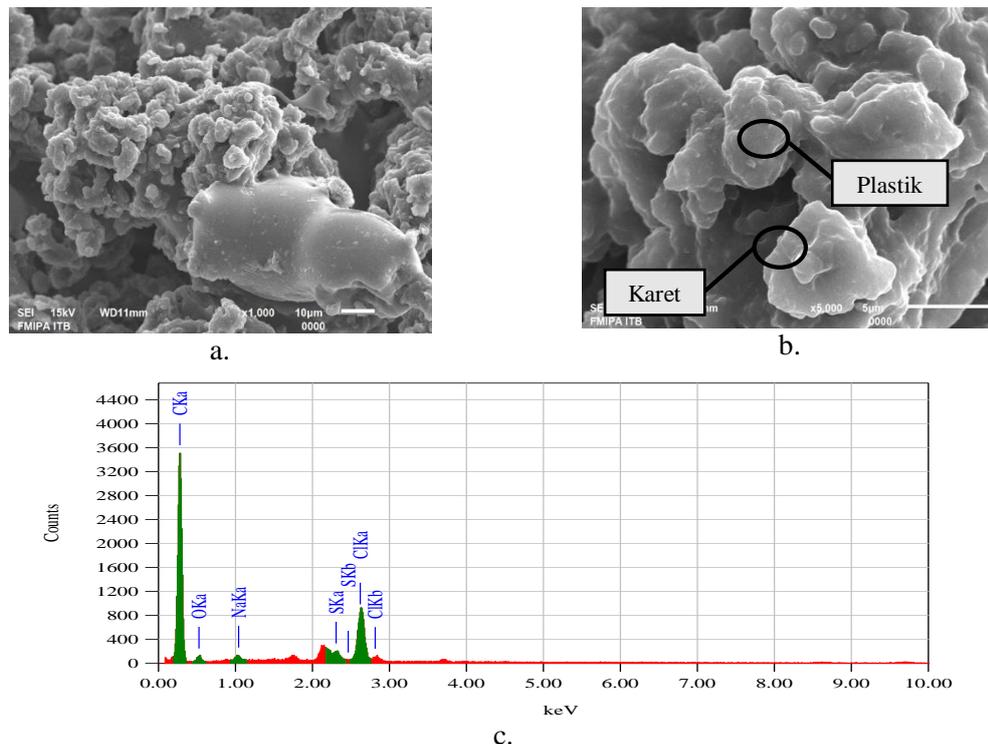


Gambar 6. Komposit Hasil Perlakuan 10 Menit; (a) SEM 1000X P, (b) SEM 5000X P, (c) EDS Spektrum

Berdasarkan Gambar 5 terlihat mengenai karakteristik ikatan antara partikel karet dan plastik yang terjadi pada spesimen. Partikel plastik yang sebagai *filler* disini pada waktu 5 menit terlihat beberapa partikel sudah menyatu dengan karet, tetapi belum di semua titik spesimen. Pada gambar SEM terlihat ada serbuk yang belum menyatu dengan SBR. Selain itu, berdasarkan nilai dampak pada waktu 5 menit menunjukkan energi paling besar, yang seharusnya nilai dampak pada waktu 5 menit tidak lebih besar dibandingkan waktu 20 menit. Nilai densitas pada waktu 5 menit juga membuktikan kesalahan yang terjadi pada nilai dampak 5 menit, yang seharusnya nilai dampak berbanding lurus dengan nilai densitas. Kesalahan ini dapat dilihat dari nilai dampak kesalahan relatif yang tinggi, hal ini dikarenakan penyatuan ikatan antara partikel karet dan plastik belum menyeluruh, hanya baru di beberapa titik spesimen. Spektrum EDS pada Gambar 5 memberikan verifikasi bahwa rantai monomer adalah C_8 . Namun belum semua rantai C yang memiliki elektron oktet pada elektron valensi. C_8 berikatan dengan unsur lain yang mengurangi sifat dari C itu sendiri. Hal ini terlihat dari nilai densitas yang didapatkan.

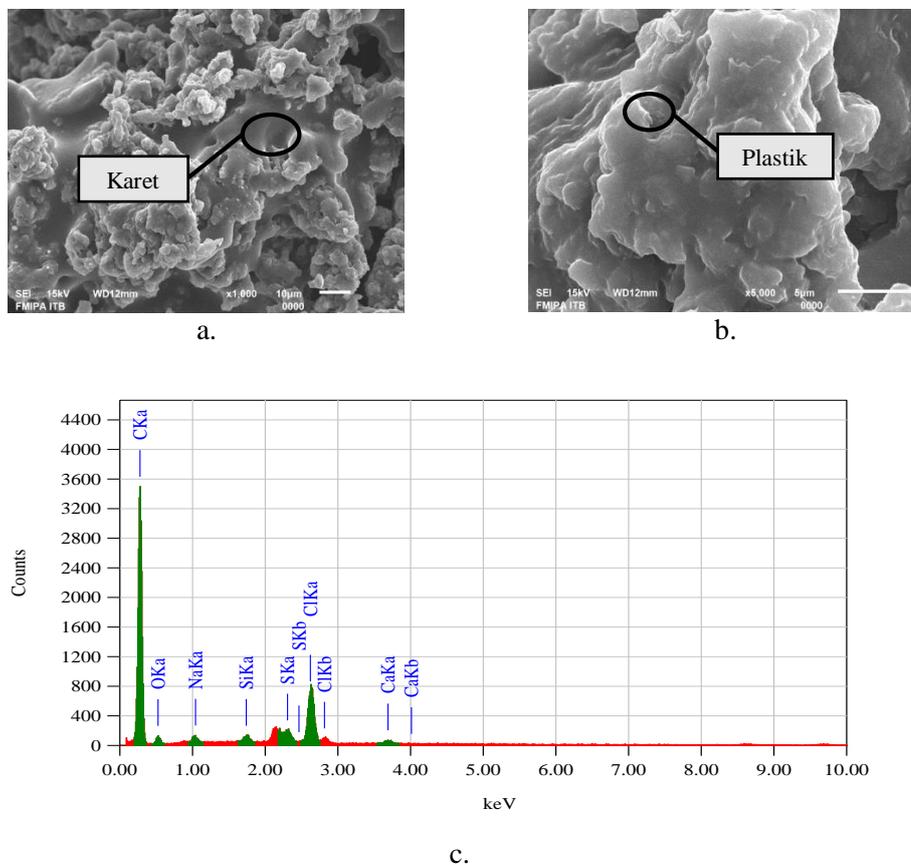
Gambar 6 memperlihatkan identifikasi mengenai karakteristik ikatan antara partikel karet dan plastik yang terjadi pada spesimen. Partikel LDPE dan PVC yang melunak menyebabkan pengikatan antar permukaan serbuk menjadi lebih baik, dan mampu menutup beberapa titik-titik pori pada spesimen, walaupun di waktu 10 menit pada gambar SEM masih terlihat ada beberapa serbuk yang belum menyatu pada matrik. Nilai dampak pada waktu 10 menit merupakan nilai yang paling kecil dibandingkan nilai dampak lainnya. Mulai di waktu 10 menit nilai dampak naik sampai waktu 20 menit. Nilai densitas membuktikan bahwa pada waktu 10 menit berbanding lurus dengan nilai densitas yang didapat. Dapat dilihat dari nilai kerusakan relatif yang tidak sebesar nilai kerusakan relatif di waktu 5 menit. Akan tetapi pada waktu 10 menit belum cukup untuk membuat ikatan antar partikel karet dan plastik menjadi lebih baik. Hal ini karena ada beberapa ikatan partikel yang belum bergabung dengan partikel lainnya, dan masih ada beberapa pori yang mengakibatkan kelemahan spesimen pada pengujian dampak. Spektrum EDS pada Gambar 6 memberikan verifikasi bahwa rantai monomer adalah C_8 semua rantai C memiliki elektron oktet pada elektron valensi. C_8 berikatan dengan unsur lain namun belum mampu memperkuat rantai C yang paling berpengaruh di komposit ini.

Gambar 7 terlihat karakteristik ikatan antara partikel SBR dan plastik LDPE-PVC yang terjadi pada spesimen. Terlihat pada gambar SEM di waktu 15 menit ikatan partikel terlihat yang sempurna hanya di beberapa titik spesimen, walaupun di beberapa titik penyatuan antara partikel karet dan plastik waktu 15 lebih banyak dibandingkan waktu 5 menit. Waktu 15 menit terlihat semakin banyak ruang pori yang terbuka karena beberapa unsur yang telah menjadi gas, dan membentuk pori pada spesimen.



Gambar 7. Komposit Hasil Perlakuan 15 Menit; (a) SEM 1000X P, (b) SEM 5000X P, (c) EDS Spektrum

Nilai impact pada waktu 15 menit menunjukkan energi impact yang tidak begitu jauh dengan nilai impact pada waktu 10 menit, dan berbanding lurus dengan nilai densitas yang didapat. Akan tetapi nilai kerusakan relatif yang didapatkan paling besar dibandingkan dengan nilai kerusakan relatif lainnya. Hal ini dikarenakan adanya pori yang ditimbulkan oleh unsur yang menjadi gas dan meninggalkan pori, mengakibatkan ketidakstabilan energi impact. Terlihat di kelipatan waktu 5 terjadi kerusakan relatif yang besar. Spektrum EDS pada Gambar 7 memberikan verifikasi yang sama dengan waktu 5 menit. Rantai monomer C_8 pada rantai C belum memiliki elektron oktet pada elektron valensi. Selain itu data ini diperkuat didata densitas yang sebelumnya telah dijelaskan. Terlihat ada unsur yang hilang, yang di mana di waktu lain memiliki unsur tersebut, mengakibatkan terbentuknya pori di tempat yang ditinggalkan unsur tersebut.



Gambar 8. Komposit Hasil Perlakuan 20 Menit; (a) SEM 1000X P, (b) SEM 5000X P, (c) EDS Spektrum

Gambar 8. memperlihatkan karakteristik ikatan antara partikel SBR dan plastik LDPE-PVC yang terjadi pada spesimen. Terlihat pada gambar SEM penyatuan antara *filler* dan matrik sudah semakin sempurna dibandingkan waktu di bawah 20 menit, penyatuan antara partikel sudah menyeluruh di semua titik spesimen. Nilai impact membuktikan pada waktu 20 menit mendapatkan energi impact paling bagus dibandingkan energi impact diwaktu lainnya, penyatuan antara partikel yang sudah menyeluruh dibuktikan dengan nilai kesalahan relatif yang paling kecil dibandingkan waktu lainnya, dan dibuktikan pula dengan nilai densitas pada waktu 20 menit memiliki kerapatan paling baik. Hal ini membuat spesimen semakin kuat untuk menerima beban kejut pada pengujian impact. Spektrum EDS memberikan verifikasi bahwa rantai monomer adalah C_{18} dan semua rantai C sudah memiliki elektron oktet pada elektron valensi. C_8 berikatan dengan unsur lain yang saling memperkuat antara unsur sehingga membentuk kekuatan spesimen.

PENUTUP

Simpulan

Penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: sifat mekanik dilihat berdasarkan nilai impact dan densitas hasil waktu *sintering* yang baik adalah 20 menit sebesar $2,78 \text{ kJ/m}^2$. Struktur

mikro berdasarkan SEM dan EDS untuk waktu *sintering* pada waktu 20 menit memperlihatkan partikel plastik lebih banyak yang merekatkan karet dari pada waktu *sintering* lainnya.

Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini adalah sebagai upaya untuk meningkatkan kekuatan mekanik pada komposit ini perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada masa datang seperti ukuran serbuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Bordia RK, Kang S-JL, Olevsky EA., 2017, “Current Understanding and Future Research Directions at The Onset of The Next Century of Sintering Science and Technology”. *J Am Ceram Soc*; 100 :2314–52.
- Destyanto, Fendy., 2007, *Studi Eksperimental Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Plastik (HDPE-PET)-Karet Ban Bekas*, Skripsi, Universitas Sebelah Maret Surakarta, Solo.
- Gómez, S. Y., and Hotza, D., 2018, “Predicting powder densification during sintering”. *Journal of the European Ceramic Society*, 38(4), 1736–1741. German, R. M., 2014, “Sintering from Empirical Observations to Scientific Principles”, Vol 1, hal 1-12.
- Ibnu Wibowo, Agung, 2012, *Pengaruh Waktu Sintering Terhadap Karakteristik Mekanik Komposit HDPE-Sampah Organik*, Skripsi Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Jati W, 2007, *Studi Pengaruh Tekanan Kompaksi Terhadap Sifat Komposit Plastik-Karet Dengan Menerapkan Teknologi Serbuk Konvensional*, Skripsi, Teknik Mesin.
- Krzysztof, Formela., dan Jozef, Haponiuk., 2014, “Characterization and Properties of LDPE/Ground Tire Rubber/Crosslinked Butyl Rubber Blends”, *Journal of Vinyl & Additive Technology*, Vol 20: 237-242, Wiley Online Library,
- Krzysztof Formela, Łukasz Piszczyk, Józef Haponiuk, Krzysztof Bajer and Magdalena Formela, 2015, Interfacial adhesion evaluation in (low-density polyethylene)/elastomer blends, *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 22, 4, 492-500, Wiley Online Library,
- Krzysztof, Formela., Jozef, Haponiuk., dan Mohammad, Reza, Saeb., 2015, “Interfacially modified LDPE/GTR composites with non-polar elastomers: From microstructure to macro-behavior”, *Journal Polymer Testing*, Vol 4: 89-98
- Krzysztof, Formela., Michal, Sulkowski., Mohammad, Reza, Saeb., Xavier, Colom., and Jozef, T. Haponiuk., 2015, “Assessment of microstructure, physical and thermal properties of bitumen modified with LDPE/GTR/elastomer ternary blends”, *Journal Construction and Building Materials*, Vol 106: 160-167
- Krzysztof, Formela., Marek, Klein., Xavier, Colom., and Mohammad, Reza. Saeb., 2016, “Investigating the combined impact of plasticizer and shear force on the efficiency of low temperature reclaiming of ground tire rubber (GTR), *Polymer Degradation and Stability*”, 10.1016 *Journal Polymer Degradation Stability*. Vol. 125; 1-11,
- Lima, Paulo., Jose, Oliveira., dan Vitor, Costa., 2014, “Partial Replacement of EPDM by GTR in Thermoplastic Elastomers Based on PP/EPDM: Effects on Morphology and Mechanical Properties”, *J. Appl. Polym. Sci*, Wiley Periodicals, Inc.,
- Lima, Paulo. Silva., Jose, Martinho, Oliveira., dan Vitor, Antonio, Ferreira, Costa., 2015, ”Partial replacement of EPR by GTR in highly flowable PP/EPR blends: Effects on morphology and mechanical properties”, *J. Appl. Polym. Sci*, Wiley Periodicals, Inc.,
- Manière, Charles., Shirley, Chan., Geuntak, Lee., Joanna, McKittrick., and Eugene A. Olevsky., 2018, “Sintering dilatometry based grain growth assessment”, *Result in Physics* Vol. 10: 91-93,
- Nurhanjati, Sri Dwiwahini, Brotoningsih, 2012, *Pengaruh Nano-Precipitated Calcium Carbonate Terhadap Kualitas Komposit Polivinil Klorida,*”*Jurnal Riset Industri* Vol. VI No. 2, 2012, Hal. 129-136
- Sulardjaka, M.S. Rahman, C. Wahyudianto, 2013, *Pengaruh Waktu Dan Temperatur Sinter Terhadap Densitas Dan Porositas Komposit Aluminium yang diperkuat Limbah Geothermal*, *Jurnal Teknik Mesin FT – Universitas Diponegoro*
- Tutuko SW, 2007, *Studi Pengaruh Waktu Sintering pada Komposit Plastik HDPE-Karet*, Skripsi, Teknik Mesin FT – UNS.

[halaman ini sengaja dikosongkan]