

Pengaruh Fraksi Massa Filler Terhadap Tensile dan Impact pada Komposit Partikel Abu Batubara Dengan Matrik Polyvinyl Chloride Grade K-65R

Mochamad Khalil Putra Prasetyo^a, Cahyo Budiyanoro^b, Aris Widyo Nugroho^c

^a UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

Jl. Brawijaya, Kasihan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
+62081222455569

e-mail: khalilputraprasetyo@gmail.com

^b UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

Jl. Brawijaya, Kasihan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta
+62274 387656

e-mail: cahyo_budi@umy.ac.id

Intisari

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi filler terhadap tensile dan impact pada komposit partikel abu batubara dengan matrik polyvinyl chloride grade k-65R. Bahan abu batu bara sebagai zat penguat yang digunakan sebagai bahan campuran PVC sebagai matrik dan initial color sebagai zat pengisi. Variasi kadar abu terbang batubara yaitu 8phr, 8phr metal, 10phr, 10 phr, 20phr dan 30phr metal, agar mendapatkan hasil yang sempurna. Pembuatan spesimen menggunakan mesin *Hot Press Molding* Penelitian ini menggunakan tiga macam pengujian yaitu pengujian *Tensile* dengan standar ASTM D638-02, pengujian *Impact Charpy* dengan standar ASTM D6110-04 dan pengamatan dengan foto *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Hasil dari penelitian menjelaskan bahwa setiap variasi memiliki keunggulan. Kekuatan spesimen mengalami peningkatan pada saat penambahan abu terbang dengan variasi konsentrasi 8phr dan mengalami penurunan setelah penambahan abu terbang. Variasi konsentrasi 8phr menghasilkan nilai baik pada kekuatan tarik yaitu dengan nilai rata-rata 40,566 (MPa) sedangkan variasi konsentrasi 10phr nilai yang baik yaitu dengan *impact energy* dan *impact strength* yaitu dengan nilai 0,237 (J) dan 5,368 (KJ/m²). Peneliti memberi rekomendasi menggunakan variasi konsentrasi 8phr untuk spesimen yang mampu menahan lenturan dan variasi konsentrasi 10phr yang mampu menahan kekerasan kejut.

Kata Kunci: *Polyvinyl Chloride, Fly ash, Initial Color, Hot Press Molding, Tensile, Impact, Scanning Electron Microscopy*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara berkembang yang memiliki berbagai Sumber Daya Alam (SDA) yang melimpah dan beraneka ragam seperti minyak bumi, batubara dan lain-lain. Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil, berupa batuan sedimen yang dapat terbakar. Setiap pembakaran batu bara akan menghasilkan sisa-sisa berupa abu yang dapat menjadi limbah bahan beracun dan berbahaya (B3).

Hasil pembakaran batubara dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu: abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*fly ash*). Komposisi sisa pembakaran batu bara yaitu *Silicon Dioxide* (SiO₂), *Aluminium Trioxide* (Al₂O₃), *Ferric Oxide* (Fe₂O₃), *Calcium Oxide* (CaO) dan lainnya. Pembakaran batubara menghasilkan abu yang memiliki presentase yaitu 5%-15% adalah abu dasar dan 85%-95% adalah abu terbang (JCOA,2008).

Pemanfaatan limbah abu batubara yang sudah di lakukan oleh masyarakat yaitu stabilisasi tanah, campuran semen, pengisi aspal, produk beton dan pembuatan genteng (Sri,2008).

Perusahaan PT.Asahimas Chemical menggunakan batubara sebagai bahan bakar pembangkit listrik dan untuk pembuatan serbuk plastik PVC pada *steam generator*.

Batubara yang digunakan untuk pembangkit listrik dan proses pembuatan serbuk plastik setiap bulan membutuhkan 300ton dan menghasilkan abu batubara 30ton.

Polyvinyl Chloride (PVC) merupakan bahan plastik kedua yang paling umum digunakan secara global terutama digunakan untuk fabrikasi pipa, lembaran, kabel, dll. Pada bahan PVC juga yang paling mudah untuk dicetak dan sangat kompatibel dengan polimer lainnya dan PVC tidak beracun selama penggunaan namun dapat menimbulkan limbah yang mengandung zat aditif seperti merkuri, dioksin, dan timbal. (Senkthir, dkk., 2016).

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan pengujian *impact* dan *tensile* dengan variasi 8phr, 8phr metal, 10phr, 10phr metal, 20phr dan 30phr guna mengidentifikasi kualitas komposit PVC/Abu batubara. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sushma dan Kumar (2014). Manfaat penelitain ini adalah dapat meningkatkan kualitas PVC dengan penambahan abu batubara yang termasuk jenis limbah berbahaya dan dapat menjadikan sebuah produk masal yang dapat digunakan untuk masyarakat.

1.1 *Polyvinyl Chloride*

Polyvinyl Chloride atau yang biasa disingkat PVC adalah salah satu jenis unsur kimia Polimer Termoplastik berfungsi sebagai cairan kimia yang memiliki berat molekul yang kecil, dan dapat menjadi lunak apabila dipanaskan dan menjadi mengeras bila didinginkan. Sifat PVC sangat fleksible dan mudah diregangkan. Pembentukan PVC didapatkan dengan melakukan polimerisasi gas etilen dan *vinyl chloride*.

1.1.1 *Polyvinyl Chloride* Grade K-65R

PVC K-65R adalah tingkatan grade PVC terkeras yang diproduksi oleh PT.Asahimas Chemical (PT.ASC). Pada kode K-65R yang bermakna *Rigid* atau yang bersifat kaku dan tebal. Pada dasarnya produk ini digunakan untuk pipa, profile dan lain-lain yang memiliki sifat kaku dan tebal. PVC ini memiliki rantai terpanjang pada tingkatan rigid, apabila rantai panjang maka tingkat kekakuan dan kekerasannya tinggi.

1.2 Senyawa Pengisi Aditif Polimer

Plastik yang biasa ditemui di sekitar biasanya jenis plastik campuran atau tidak murni plastik jenis tersebut, karena plastik murni itu tidak sepenuhnya sempurna sesuai kebutuhan permintaan konsumen atau masyarakat. Plastik akan membutuhkan zat pengisi (aditif) yang menjadikan plastik tersebut sempurna. Aditif adalah senyawa kimia yang bila ditambahkan akan menambah kualitas baik secara kimia maupun fisika pada plastik tersebut:

1. Bahan Pelunak (*Plasticizer*)
2. Bahan Penyetabil (*Stabilizer*)
3. Bahan Pelumas (*Lubricant*)
4. Bahan Pengisi (*Filler*)
5. Pewarna (*Colorant*)

Pada penlitian ini menggunakan Senyawa pengisi zat polimer yang memiliki istilah yaitu "*Initial Color*", komposisi yang dimiliki *initial color* yaitu:

- Tribasic Lead Sulfat ($3\text{PbO} \cdot \text{PbSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)
- Normal Lead Stearate ($\text{C}_{36}\text{H}_{70}\text{O}_4\text{Pb}$)
- Calcium Stearate (Ca-St) ($\text{C}_{36}\text{H}_{70}\text{CaO}_4$)
- Stearate Acid (St-H) ($\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$)

1.3 Batubara

Batubara adalah sumber daya alam yang dihasilkan dari proses kimia dan pergerakan geologi dari material-material selama lebih dari puluhan sampai ratusan juta tahun. Batubara adalah mineral organik yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan yang mengendap yang selanjutnya berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun (Anam, 2008).

Batu bara banyak digunakan sebagai bahan bakar dalam penghasil energi pada pembangkit tenaga listrik. Hasil pembakaran batubara ini menghasilkan sisa pembakaran berupa abu yang dapat dikategorikan ke dalam dua bentuk, yaitu abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*fly ash*). Abu batubara merupakan bahan buangan padat sisa

pembakaran batu bara yang dapat mengakibatkan dampak lingkungan berupa polusi udara (tekMIRA, 2010).

1.3.1 Abu Batubara

Abu terbang adalah abu yang dihasilkan dari transformasi, pelelehan atau gasifikasi dari material anorganik yang terkandung dalam batu bara (Molina dan Poole, 2004). Abu terbang yang dihasilkan berkisar 80-90 % dari total abu seluruhnya. PLTU Suralaya menghasilkan abu terbang ± 750.000 ton per tahun (Nasrul dan Utama, 1995).

Abu dasar mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada abu terbang, sehingga abu dasar akan jatuh pada dasar tungku pembakaran dan terkumpul pada penampung debu lalu dikeluarkan dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang dan dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian pasir.

1.4 Hot Press Molding

Hot Press Molding adalah sebuah alat untuk menyatukan serbuk (*powder*) polimer yang terpisah menjadi sebuah lempengan dan padat dengan proses pencairan dan pemadatan pada produk polimer. Proses *Hot Press Molding* tidak hanya untuk membuat lempengan polimer tetapi bisa juga untuk mencetak spesimen alat uji *impact*, *tensile* dan *hardness*



Gambar 1. Hot Press Molding

1.5 Impact Charpy Test

Impact test adalah suatu alat uji kekuatan suatu material dengan cara di pukul oleh sebuah palu. Material tersebut bisa menjadi patah atau tidak patah, kondisi tidak patah itu apabila material tersebut memiliki keuletan yang tinggi seperti besi dan kondisi patah itu apabila material tersebut memiliki keuletan yang rendah seperti polimer. Pengujian *impact test* ini menggunakan *impact charpy* dan menggunakan standar ASTM D6110-04 yang berkonsentrasi pada spesimen plastik dan pengujian *impact charpy*.

1.6 Tensile Test

Tensile test atau uji tarik adalah sebuah pengujian suatu material dengan mengukur kekuatan lentur yang dimiliki material tersebut, uji tarik ini dilakukan dengan cara menjepit di sisi atas dan sisi bawah lalu di tarik sesuai kekuatan yang telah di atur dan mengukur kualitas material tersebut bisa terjadi memanjang atau akan terjadi putus di titik tertentu yang di akibatkan tidak homogen pada formula polimer. Pengujian tarik ini menggunakan standar ASTM D386-02 yang berkonsentrasi untuk uji tarik pada specimen plastik.

1.7 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Komponen utama alat SEM ini pertama adalah tiga pasang lensa-lensa elektromagnetik yang berfungsi memfokuskan berkas elektron menjadi sebuah titik kecil.

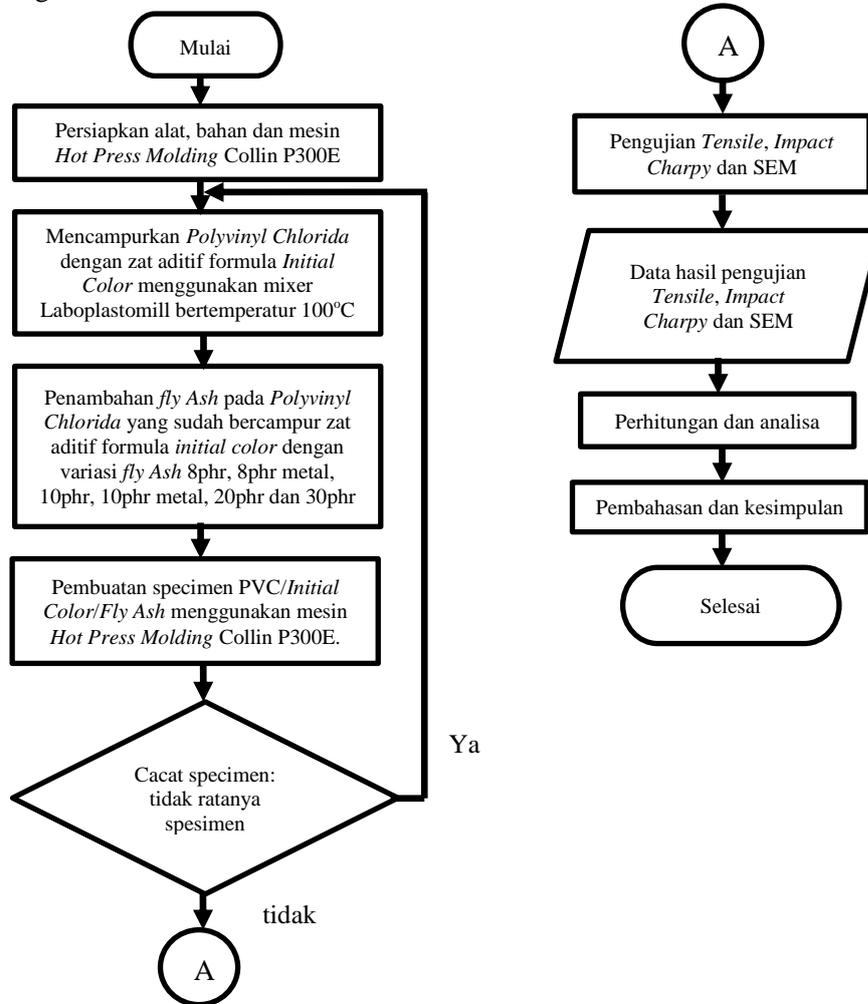
Untuk menghindari gangguan dari molekul udara terhadap berkas elektron, seluruh jalur elektron (*column*) divakum hingga 10-6torr. Untuk mengatasi hal tersebut SEM ini memiliki opsi untuk dapat dioperasikan dengan vakum rendah, yang disebut *Low Vacuum Mode*. Dengan teknik *low vacuum* kita dapat menganalisis bahan yang non konduktif sekalipun. Tekanan pada mode ini berkisar antara 30 hingga 70Pa.

1.8 Microscope Optik

Microscope optic yang digunakan berjenis microscope optic usb atau yang hasil fotonya terintegrasi pada computer. Microscope berfungsi sebagai melihat pertikel kecil yang tidak bisa dilihat oleh mata manusia, menjadikan alat ini sebagai pembantu untuk melihat struktur secara kasar detail dari material.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir



Gambar 2. Diagram alir penelitian

2.2 Bahan Baku

Polyvinyl chloride (PVC) membutuhkan senyawa aditif yang membuat semakin sempurna kualitas PVC tersebut menggunakan formula *initial color*, *Initial color* termasuk zat pengisi. Berikut Bahan baku yang diperlukan untuk membuat specimen pengujian adalah sebagai berikut:

- PVC (*Polyvinyl Chloride*) K-67R
- Tribasic Lead Sulfat
- Normal Lead Stearate
- Calcium Stearate (Ca-St)
- Stearate Acid (St-H)
- Abu Terbang

Bahan baku yang berada diatas tersebut termasuk fomula “*Intial Color*” kecuali abu terbang, pada dasarnya formula *Initial Color* ini khusus berada di PT.Asahimas dan ini biasanya digunakan pada mesin *Press Rolling*, tetapi disini menggunakan *Hot Press Molding*. Pada tabel 1. menjelaskan komposisi *Initial Color* untuk meningkatkan kualitas polimer:

Table 1. Initial Color

Chemical	Phr	Gram
PVC	100	100
Tribasic Lead Sulfate	3	3
Normal Lead Stearate	1	1
Calsium Stearate	1	1
Stearate Acid	0,5	0,5

2.3 Spesimen Penujian

2.3.1 Spesimen Tensile

Sebelum melakukan pengujian berikut gambar 3 plat dicetak dengan alat khusus pencetak spesimen *tensile* dan gambar 4 yaitu spesimen yang telah mengalami perpanjangan bahkan putusnya suatu spesimen. Berikut gambar tahap-tahap pengujian *tensile*:



Gambar 3. Plat sudah dicetak dengan alat pencetak specimen tensile



Gambar 4. Spesimen tensile setelah terjadi perpanjangan atau putusnya spesimen

Gambar 4 dapat menjelaskan bahwa pada pengujian tarik ini terjadi patah spesimen di berbagai titik, hal ini dapat menjelaskan bahwa penyebaran abu terbang pada specimen uji tarik tersebar merata dan membuat patahan spesimen menjadi sempurna. Posisi patah spesimen pengujian tarik ini ada yang terdapat di tengah spesimen dan ada juga di sisi atas leher spesimen.

2.3.2 Spesimen Impact

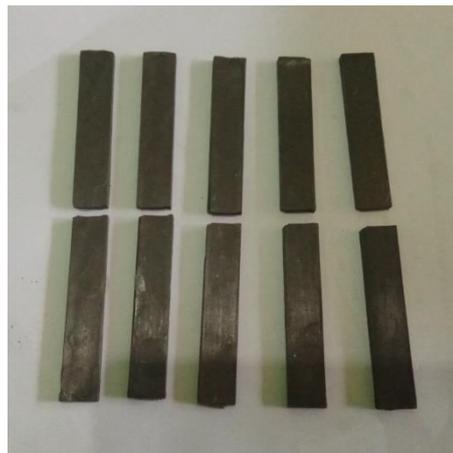
Pengujian *impact* perlu melalui beberapa tahap sebelum melakukan pengujian. Gambar 5 merupakan potongan plat yang selanjutnya di timbang seberat 10-12 (gr) dan di masukan ke mesin *Hot Press Molding* untuk di cetak kembali menjadi *specimen impact*, gambar 6 hasil dari *Hot Press Molding* tahap kedua dan menghasilkan *specimen impact* dan gambar 7 adalah spesimen yang telah mengalami perpatahan akibat pengujian *impact*.



Gambar 5. Plat sudah dipotong panjang dan siap untuk dicetak



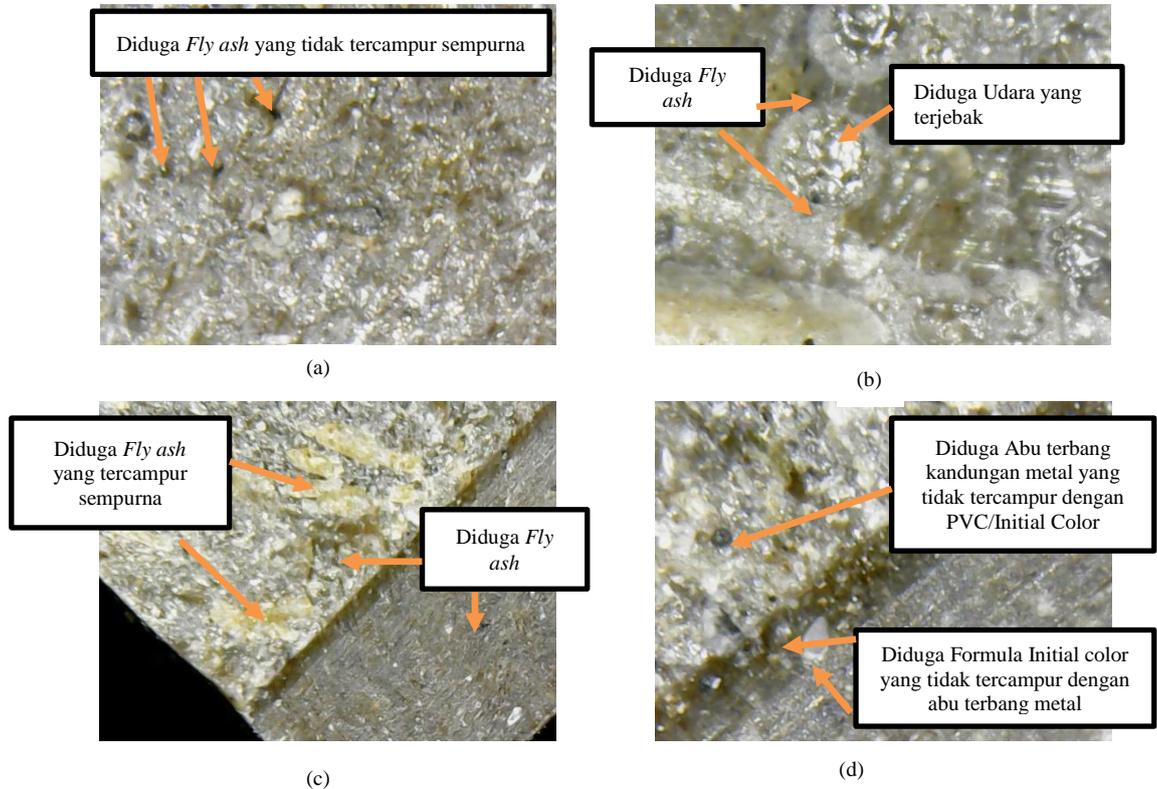
Gambar 6. Spesimen setelah melakukan proses kedua Hot Press Molding dan menjadi cetakan pengujian impact



Gambar 7. Spesimen Impact telah mengalami perpatahan akibat pengujian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Foto Optik dan Pembahasan



Gambar 11. Hasil Foto Optik Variasi Konsentrasi (a) 8phr, (b) 8phr metal, (c) 10phr, dan (d) 10hr metal

Penjelasan foto:

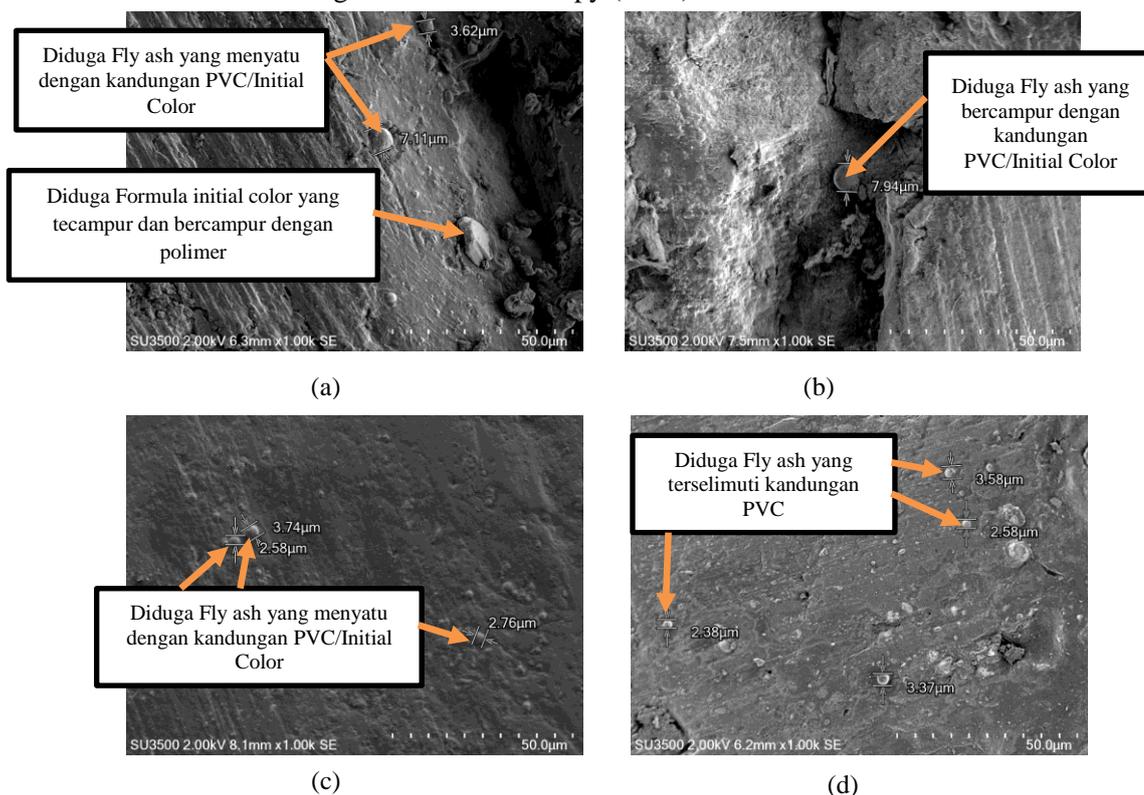
(a). foto optik pada spesimen hasil pengujian impact. Terlihat ada butiran hitam yang tersebar namun tidak banyak, dikarenakan hanya menggunakan zat penguat (*fly ash*) sebesar 8phr. Abu terbang tersebar merata di sisi atas spesimen dan tidak tercampur secara sempurna, maka dari itu hasil pengujian impak variasi 8phr lebih rendah dari variasi 10phr.

(b). hasil foto optik terlihat adanya udara yang terjebak dari pencampuran antara PVC/Initial color dan tersebar juga butiran abu terbang disisi-sisi specimen. Butiran hitam pada specimen tersebut berupa abu terbang yang berukuran mikro dan bercampur dengan komposit PVC/Initial color.

(c). hasil foto optik merupakan spesimen hasil potongan uji impact pada sisi v-notch dan pukulan palu impact. Abu terbang terlihat berwarna hitam yang tersebar di sisi-sisi specimen. Butiran berwarna emas termasuk kandungan dari abu terbang tetapi belum diketahui kandungan kimia apa yang terkandung pada specimen tersebut.

(d). hasil foto optik spesimen setelah pengujian impact yang memiliki komposisi abu terbang dengan kandungan logam. Abu terbang dipisahkan antara logam dan non logam menggunakan magnet berukuran besar, maka terlihat pada specimen tersebarnya logam-logam dari abu terbang

3.2 Hasil Foto Scanning Electron Mircoscopy (SEM)

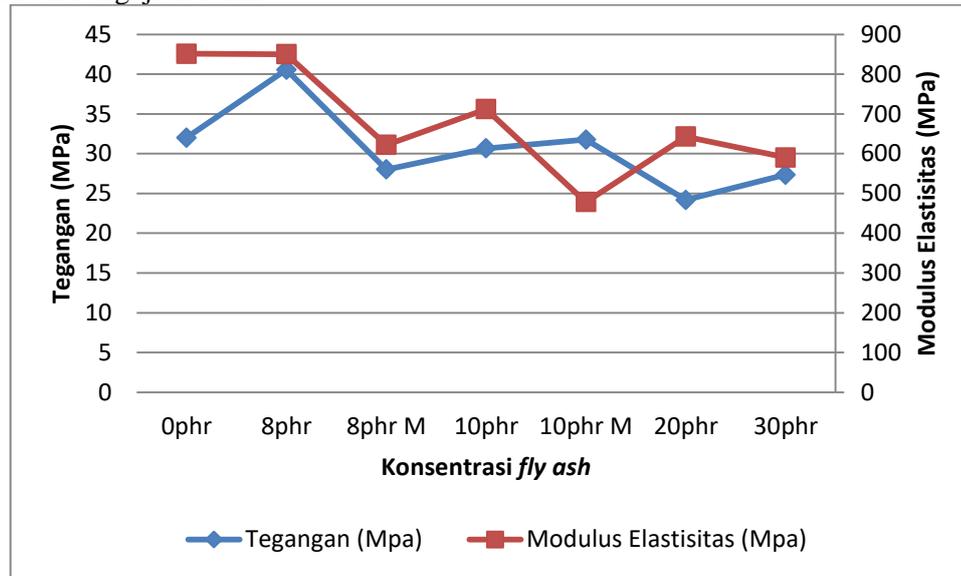


Gambar 12. Hasil Foto SEM Variasi Konsentrasi (a) 8phr, (b) 8phr metal, (c) 10phr, dan (d) 10hr metal

Penjelasan foto:

- (a) memperlihatkan ukuran abu terbang yang tercampur dengan PVC/Intial color, dengan ukuran abu terbang kecil sebesar 3,62-7,11 (mikrometer) dan bulat menempati sisi-sisi specimen. Terlihat pada sisi specimen mengalami pengamplasan karena pada saat pemotongan spesime kondisi specimen kasar akibat potongan gergaji. Pada dasarnya abu terbang mengisi sisi polimer maka sebaiknya tidak perlu pengamplasan.
- (b) merupakan hasil foto SEM dengan variasi 8phr metal yang memiliki arti bahwa yang menjadi zat penguat hanya kandungan logam pada komposti PVC/Intial color. Butiran abu terbang pada specimen PVC/Initial color/Fly ash berukuran 7,94 (mikrometer).
- (c) merupakan hasil foto SEM dengan varasi 10phr, yang dimana kandungannya lebih banyak dibandingkan dengan variasi 8phr. Gambar 4.7 tersebut terlihat butiran abu terbang yang tersebar merata di setiap titik spesimen dan juga dengan ukuran yang kecil terdapat di sekitar spesimen. Ukuran abu terbang yang di temukan pada specimen ini berkisar 2,58-3,74(mikrometer) dan berukuran bulat kecil yang tersebar merata.
- (d) hasil foto pada spesime variasi konsentrasi 10phr metal. Terlihat pada gambar penyebaran abu terbang di setiap sisi spesimen dan ukuran yang beragam. Ukuran abu terbang berkisar 2.38-3.37 (mikrometer) dan memiliki bentuk bulat kecil, ada juga abu terbang yang terlapsi polimer jadi seperti terselimuti polimer zat penguat tersebut.

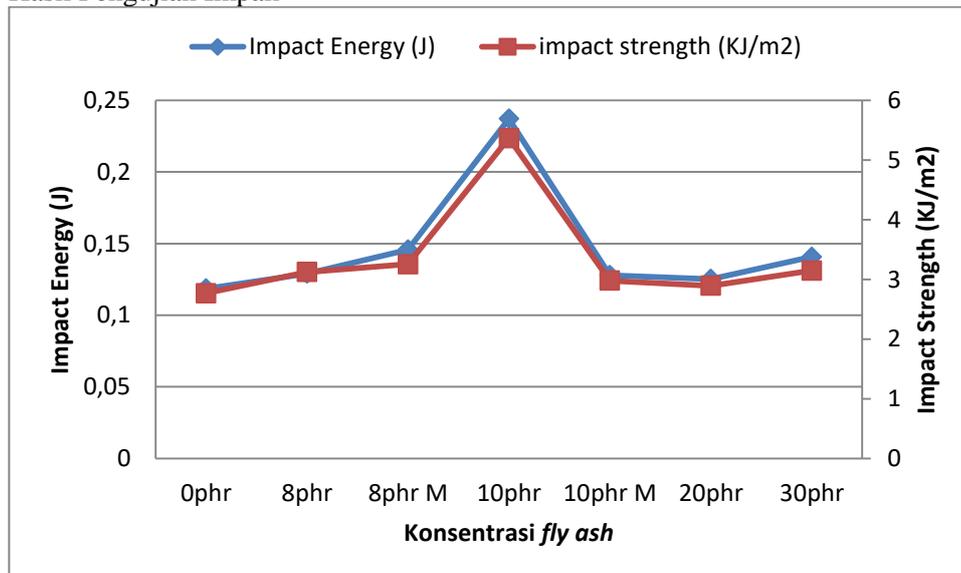
3.3 Hasil Pengujian Tarik



Gambar 13. Tegangan (MPa) dan modulus elastisitas (MPa)

Pembahasan: Pengujian tarik sebelumnya telah dilakukan oleh Nidal, dkk., (2015) menggunakan variasi konsentrasi abu batubara 0phr, 6phr, 9phr, 12phr, 25phr dan 40phr dan menggunakan PVC berongga (*foam*), dimana mendapatkan nilai modulus elastisitas dan nilai tegangan yang baik di variasi 40phr dengan nilai 350(MPa) dan 11,9 (MPa). Pengujian tarik yang dilakukan oleh penguji menggunakan variasi konsentrasi abu batubara 0phr, 8phr, 8phr metal, 10phr, 10phr metal, 20phr dan 30phr dan menggunakan PVC dengan campuran zat pengisi formula initial color. Hasil pengujian yang telah dilakukan mendapat nilai modulus elastisitas yang baik di variasi konsentrasi 0phr dengan nilai 851,406(MPa) dan nilai tegangan yang baik di variasi konsentrasi 8phr dengan nilai 40,566(MPa). Hal ini dapat disimpulkan bahwa perbedaan struktur PVC dan zat pengisi akan mempengaruhi hasil pengujian, penelitian sebelumnya yang dilakukan Nidal, dkk., (2015) menggunakan PVC berongga (*foam*) dengan zat penguat abu batubara dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas dan tegangan sedangkan yang diteliti oleh peneliti menyimpulkan bahwa PVC/Initial color dengan *fly ash* 8phr memiliki nilai yang baik pada tegangan yaitu 40(MPa) dan nilai modulus elastisitas dengan variasi tanpa abu batubara memiliki nilai 851,406(MPa) sedangkan nilai modulus elastisitas yang menggunakan abu batubara di variasi 8phr yaitu 849,946(MPa), dengan nilai modulus elastisitas PVC/Initial color/*fly ash* 30phr memiliki nilai yang baik bila menggunakan abu batubara sama seperti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nidal, dkk., (2015) menggunakan variasi konsentrasi abu batubara 40phr yang memiliki nilai yang baik. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu batubara yang termasuk limbah berbahaya dan beracun (B3) dapat meningkatkan nilai modulus elastisitas dan nilai tegangan.

3.4 Hasil Pengujian Impak



Gambar 14. *Impact strength* (KJ/m²) dan *impact energy* (J) disetiap variasi pada pengujian impak

Pembahasan: Pengujian impak ini telah dilakukan oleh Nidal, dkk., (2015) menggunakan variasi konsentrasi abu batubara 0phr, 6phr, 9phr, 12phr, 25phr dan 40phr dengan menggunakan PVC berongga (*foam*). Pengujian terdahulu mendapatkan nilai yang baik di *impact energy* dan *impact strength* di variasi konsentrasi abu batubara 0phr dengan nilai 0,2 (J) dan 3 (KJ/m²). Penelitian yang dilakukan menggunakan variasi konsentrasi 0phr, 8phr, 8phr metal, 10phr, 10phr metal, 20phr dan 30phr dengan menggunakan PVC yang di isi dengan zat pengisi yaitu formula "Initial color". Hasil pengujian yang dilakukan mendapatkan nilai yang baik di *impact energy* dan *impact strength* pada variasi konsentrasi abu batubara 10phr dengan nilai 0,237 (J) dan 5,368 (KJ/m²). Hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa penggunaan abu batubara dapat meningkatkan kualitas dari PVC/Initial color, pada varasin konsentrasi 10phr sedangkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nidal, dkk., (2015) menggunakan PVC berongga yang mendapatkan nilai yang baik di 0phr, pada dasarnya sifat dari PVC berongga memiliki nilai *impact energy* ≥ 15 (KJ/m²) menggunakan standar DIN 53253. Penelitian yang telah dilakukan menggunakan PVC dengan bentuk struktur yang berbeda menjadikan hasil pengujian yang berbeda, namun dari perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian dilakukan bahwa 0phr PVC berongga memiliki nilai yang rendah dibandingkan dengan PVC/Initial color /fly ash 10phr, ini dapat disimpulkan bahwa PVC/Initial color/fly ash 10phr yang telah dilakukan peneliti lebih baik dibandingkan PVC berongga 0phr dan penggunaan fly ash pada PVC berongga membuat kualitas PVC menurun pada hasil *impact strength* dan *impact energy*. Kesimpulan dari grafik pengujian *impact* dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu batubara dapat meningkatkan kualitas PVC dari *impact energy* dan *impact strength*, abu batubara termasuk limbah yang minim ditanggulangi dan dapat digunakan untuk *filler* yang bermatrik PVC.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah Komposit Polyvinyl Chloride sebagai matrik, formula "initial color" sebagai zat pengisi dan abu terbang sebagai zat penguat telah berhasil dibuat specimen

1. Komposit PVC/Initial color/fly ash telah berhasil difabrikasi menggunakan mesin *Hot Press Molding* dengan variasi 8phr, 8phr metal, 10phr, 10phr metal, 20phr dan 30phr.
2. Hasil pengujian uji tensile menyimpulkan bahwa menggunakan abu terbang 8phr menghasilkan nilai kekuatan tarik yang tinggi dengan nilai 496,441(kgf/cm²). Apabila tanpa abu terbang memiliki nilai yang rendah yaitu 359,963(kgf/cm²) dan apabila melebihi koposisi abu terbang >8phr maka nilai kekuatan tarik akan menurun, karena tingkat pengikat antara PVC/Initial color dengan abu terbang >8phr tidak terikat seluruhnya dan tidak sempurna, maka hasilnya menjadi menurun. Pembuatan

- specimen *tensile* menggunakan sekali pemrosesan dan membuat PVC dan *fly ash* dengan variasi 8phr mengikat secara sempurna.
- Hasil pengujian uji impact menyimpulkan bahwa hasil tertinggi dimiliki oleh variasi abu terbang 10phr dengan nilai 59,146(J/m) dan apabila tanpa abu terbang memiliki nilai terendah yaitu 29.62(J/m). Ini dapat dilihat dengan bertambahnya abu terbang dan menggunakan dua kali proses mesin *Hot Press Molding* dapat meningkatkan kekuatan mekanik dari PVC tersebut. Dibandingkan dengan nilai tanpa abu terbang yang biasanya dibuat menjadi pipa, maka apabila ditambahkan abu terbang semakin kuat kualitas PVC.
 - Suatu produk dengan kekuatan tarik yang baik menggunakan kandungan abu terbang 8phr dan apabila diperlukan untuk menahan kekuatan pukulan atau tekanan yang berlebih bisa menggunakan variasi abu terbang 10phr.

DAFTAR PUSTAKA

- Alternatif Selain LPG. *Balai Besar Teknologi Energi*.
- Astuti, J. W., & Lestari, W. T. (2007, Juni). Preparasi dan Karakterisasi Zeolit dari Abu Layang Batubara Secara Alkali Hidrotermal. *Reaktor, Vol. 11 No.1*.
- Atikler, U., Basalp, D., & Tihminlioglu, F. (2006). Mechanical and Morphological Properties of Recycled High-Density Polyethylene, Filled with Calcium Carbonate and Fly Ash. *Journal of Applied Polymer Science, Vol. 102*.
- Deepthi, M. V., Sharma, M., Sailaja, R. R., Anantha, P., Ananthab, P., & Seetharamu, S. (2010). Mechanical and thermal characteristics of high density polyethylene–fly ash Cenospheres composites. *Materials and Design, vol. 31*.
- Ismail, H., & Kheong, O. W. (2008). The Effect of Bis-(3-Triethoxysilylpropyl)– Tetrasulfide, Si69 on Properties of Recycled Poly (Vinyl chloride)/Acrylonitrile–Butadiene Rubber/Fly Ash (PVCr/NBR/FA) Composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites OnlineFirst*.
- JCOAL. (2008). *Japan Coal Energy Center*.
- Khoshnoud, P., Gunashekar, S., Jamel, M. M., & Abu-Zahra, N. (2014). Comparative Analysis of Rigid PVC Foam Reinforced with Class C and Class F Fly Ash. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, vol. 2*.
- Muhardi. (2013). *Karakteristik Abu Terbang dan Abu Dasar Dalam Geoteknik*. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian .
- Muhardi, & Satibi, S. (2012). *Karakteristik Kimia, Fisik dan Mekanik Abu Batu Bara (Abu Terbang dan Abu Dasar)*.
- Munir, M. (2008). *Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) untuk Hollow Blok yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan*. SEMARANG: UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG.
- Nasrul, A., & Utama, D. (1995). Penelitian Penggunaan Abu Terbang Batu Bara untuk Bendungan RCC. *Energi dan Listrik, Vol. 3* .
- Nath, D. C., Bandyopadhyay, S., Boughton, P., Yu, A., Blackburn, D., & White, C. (2010). High-Strength Biodegradable Poly(vinyl alcohol)/Fly Ash Composite Films. *Journal of Applied Polymer Science, Vol. 117*.
- Nidal, A. H., Jamel, M., Khoshnoud, P., & Gunashekar, S. (2015). Enhanced Thermal Properties of Rigid PVC Foams Using Fly Ash. *World Academy of Science*,
- Anam, A. (2008). Dimethyl Ether (DME) dari Batu Bara sebagai Bahan Bakar Gas Alternatif Selain LPG. *Balai Besar Teknologi Energi*.
- Astuti, J. W., & Lestari, W. T. (2007, Juni). Preparasi dan Karakterisasi Zeolit dari Abu Layang Batubara Secara Alkali Hidrotermal. *Reaktor, Vol. 11 No.1*.
- Atikler, U., Basalp, D., & Tihminlioglu, F. (2006). Mechanical and Morphological Properties of Recycled High-Density Polyethylene, Filled with Calcium Carbonate and Fly Ash. *Journal of Applied Polymer Science, Vol. 102*.
- Deepthi, M. V., Sharma, M., Sailaja, R. R., Anantha, P., Ananthab, P., & Seetharamu, S. (2010). Mechanical and thermal characteristics of high density polyethylene–fly ash Cenospheres composites. *Materials and Design, vol. 31*.
- Ismail, H., & Kheong, O. W. (2008). The Effect of Bis-(3-Triethoxysilylpropyl)– Tetrasulfide, Si69 on Properties of Recycled Poly (Vinyl chloride)/Acrylonitrile–Butadiene Rubber/Fly

- Ash (PVCr/NBR/FA) Composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites OnlineFirst*.
- JCOAL. (2008). *Japan Coal Energy Center*.
- Khoshnoud, P., Gunashekar, S., Jamel, M. M., & Abu-Zahra, N. (2014). Comparative Analysis of Rigid PVC Foam Reinforced with Class C and Class F Fly Ash. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, vol. 2.
- Muhardi. (2013). *Karakteristik Abu Terbang dan Abu Dasar Dalam Geoteknik*. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian .
- Muhardi, & Satibi, S. (2012). *Karakteristik Kimia, Fisik dan Mekanik Abu Batu Bara (Abu Terbang dan Abu Dasar)*.
- Munir, M. (2008). *Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) untuk Hollow Blok yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan*. SEMARANG: UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG.
- Nasrul, A., & Utama, D. (1995). Penelitian Penggunaan Abu Terbang Batu Bara untuk Bendungan RCC. *Energi dan Listrik*, Vol. 3 .
- Nath, D. C., Bandyopadhyay, S., Boughton, P., Yu, A., Blackburn, D., & White, C. (2010). High-Strength Biodegradable Poly(vinyl alcohol)/Fly Ash Composite Films. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 117.
- Nidal, A. H., Jamel, M., Khoshnoud, P., & Gunashekar, S. (2015). Enhanced Thermal Properties of Rigid PVC Foams Using Fly Ash. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Materials and Metallurgical Engineering*, Vol:9.
- Nurminah, M. (2002). Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasan Plastik dan Kertas Serta Pengaruhnya Terhadap Bahan yang Dikemas. *USU digital library* .
- Parisa , K. M., & Jamel, S. N. (2015). Evaluating the Performance of Class-F Fly Ash Reinforced PVC Foam Composites. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 4.
- Sayhan, I. (2010). *Use Of Fly Ash As An Alternative Filler Material In PVC-Plastisol*. İZMİR : School of Engineering and Science of İzmir Institute of Technology .
- Silvia, C. H. (2015). Pengujian Kekuatan Tarik dan Kekuatan Lentur Komposit Hibrid Plastik Bekas Kemasan Gelas Jenis Polipropilena/ Serbuk Kayu Kelapa Termodifikasi/Serbuk Serat Kaca Tipe E. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 4, No. 3.
- Singla, M., & Chawla, V. (2010). Mechanical Properties of Epoxy Resin – Fly Ash Composite. *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, Vol. 9.
- Sushma , S. P., & Kumar, A. K. (2014). Hardness and Tensile Testing of PVC and Fly Ash Composite. *Advance Research and Innovations in Mechanical, Material Science, Industrial Engineering and Management*.
- tekMIRA. (2010). *Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Batu Bara, Toksisitas Abu Terbang dan Abu Dasar Limbah PLTU Batu Bara yang Berada di Sumatera dan Kalimantan Secara Biologi*.
- Thulasikanth, V., Manoj, S. R., Senkathir, S., & Arun Raj, A. C. (2016). Fabrication and testing of PVC composites with flyash and mica as hybrid reinforcements. *Department of Mechanical Engineering*, Vol. 9.
- van der Merwe, E. M., Mathebula, C. L., & Prinsloo, L. C. (2014). Characterization of the surface and physical properties of South African. *Department of Chemistry, University of Pretoria*.