

KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIS KEKUATAN TARIK KOMPOSIT NANO PARTIKEL DAUR ULANG PET DENGAN LIMBAH ABU BAGASE BOILER

Ferry Setiawan¹⁾, Haris Ardianto²⁾

Teknik Dirgantara,STTKD Yogyakarta^{1,2)}
ferry_setiawan_97@yahoo.com¹⁾

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mencari solusi dari banyaknya limbah plastic khususnya PET yang belum terolah dengan baik, dengan memperbaiki sifat material limbah daur ulang PET yang akan di kembangkan menjadi material komposit nano partikel, sehingga di dapat sifat material yang berbeda dan dapat di kembangkan kearah yang lebih produktif. Dalam hal ini peneliti menguji material komposit nano partikel menggunakan bahan limbah daur ulang PET dengan Limbah abu bagasse boiler. Limbah Abu bagasse boiler merupakan residu dari bagase (Ampas tebu) yang digunakan sebagai bahan bakar boiler. Umumnya abu bagasse boiler digunakan sebagai amelioran tanah di perkebunan teb, manfaat lainnya adalah sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan concrete. Abu bagase boiler memiliki silika dalam jumlah besar, Selain itu juga mengandung beberapa unsur hara diantaranya kalium, kalsium dan magnesium dalam jumlah relatif tinggi.

Pada tahun 2010 kebutuhan plastik naik menjadi 2,4 juta ton pertahunnya, dan di taun selanjutnya yaitu pada tahun 2011 kembali meningkat menjadi 2,6 juta ton pertahun, angka tersebut terus naik sehingga pada tahun 2018 indonesia menjadi negara ke 4 terbesar di dunia sebagai penghasil limbah Plastik, berdasarkan data yang diperoleh dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS), sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton/ tahun dimana sebanyak 3,2 juta ton merupakan sampah plastik yang dibuang ke laut (Kompas.com - 19/08/2018). Pemanfaatan bahan daur ulang plastik sebenarnya sudah di lakukan, baik yang masih berupa prototype penelitian maupun yang sudah merupakan barang produksi siap pakai, contoh beberapa produk daur ulang limbah plastik yang sudah ada di pasaran adalah ember, tas plastik, pot bunga, sapu, meja, kursi, minan anak, souvenir, gantungan kunci, sebagai bahan bakar dan masih banyak yang lain.

Proses daur ulang Limbah PET non Komposit mempunyai kekuatan tarik sebesar 23,4 N/mm² (penelitian Suyadi, 2007), dalam upaya untuk meningkatkan kekuatan tarik material non komposit PET maka di lakukan penelitian pembuatan material nano komposit dari daur ulang limbah PET dengan Limbah Abu bagasse boiler, penelitian ini di lakukan dengan 2 sistem pengolahan yaitu Non Press Molding dan Press Molding, hasil pada system Non Press molding matrial yang terbentuk sangat rapuh bahkan pada komposisi material di bawah 60 % PET, tidak dapat terbentuk material Komposit di karenakan PET daur ulang tidak bisa mengikat partikel dari abu bagasse boiler.

Dengan system Press molding material komposit dengan komposisi PET di bawah 80 % menghasilkan specimen uji yang sangat rapuh sehingga ketika di lakukan uji Tarik specimen langsung patah ketika ada pembebanan, sedangkan untuk material dengan komposisi Limbah PET 90 % spesimen yang di hasilkan dapat di lakukan uji Tarik dan di dapat kekuatan Tarik maksimal sebesar 1,46 N/mm². Dari data di atas dapat kita simpulkan bahwa pembuatan material komposit Antara daur ulang Limbah PET dengan limbah abu bagasse boiler belum bisa meningkatkan kekuatan Tarik material Limbah PET non Komposit, sehingga perlu di lakukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan material komposit nano partikel dari daur ulang limbah PET yang mempunyai kekuatan Tarik yang lebih baik dari material Non komposit limbah PET.

Kata kunci: Nano Partikel, Komposit, PET, Abu Bagase

Pendahuluan

Penggunaan barang barang berbahan dasar plastik di Indonesia setiap tahun terus mengalami peningkatan yang cukup besar, di imbangi dengan pengelolaan sampah plastic yang buruk ditambah lagi faktor kebiasaan masyarakat yang mudah membuang sampah ke sungai atau di timbun di daratan membuat sampah plastik tersebut menjadi limbah bermasalah yang membebani lingkungan.

Pada tahun 2018 Indonesia sudah menjadi negara ke 4 terbesar di dunia sebagai penghasil limbah Plastik. Dari angka – angka di atas dapat di lihat bahwa seiring bertambahnya penggunaan plastik akan mengakibatkan bertambahnya limbah plastik jika tidak terolah dengan baik hal ini di buktikan dengan analisa data yang dari Kemeneterian Lingkungan Hidup (KLH) bahwa penduduk Indonesia pada setiap harinya dapat menghasilkan 0,5 kg sampah per orang atau jika kita jumlahkan perharinya menghasilkan 189 ribu ton sampah. Dari total keseluruhan berdasarkan data yang diperoleh dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS), sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton/ tahun dimana sebanyak 3,2 juta ton merupakan sampah plastik yang dibuang ke laut. (Kompas.com - 19/08/2018).

Pemanfaatan bahan daur ulang plastik ini sebenarnya sudah banyak di lakukan baik yang masih berupa prototype penelitian maupun yang sudah merupakan barang produksi siap pakai, contoh beberapa produk daur ulang limbah plastik yang sudah ada di pasaran adalah ember, tas plastik, pot bunga, sapu, meja, kursi, minan anak, souvenir gantungan kunci, bahan bakar dan masih banyak yang lain. Ada banyak jenis sampah plastik, salah satunya adalah PET, bahan ini sering di jumpai berupa botol dan gelas minuman mineral.

Proses daur ulang Limbah PET non Komposit mepmpunyai kekuatan tarik sebesar 23,4 N/mm² (penelitian Suyadi, 2007), sehingga di perlukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan kekuatan tarik daur ulang plastik PET dengan penambahan bahan tertentu untuk di buat material komposit yang di harapkan mempunyai sifat mekanis yang lebih baik. Bahan partikel yang akan di gunakan di dalam penelitian ini adalah limbah abu bagase boiler dari industri gula, umumnya abu baggase boiler digunakan sebagai amelioran tanah di perkebunan tebu, manfaat lainnya adalah sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan concrete. Abu bagase boiler memiliki silika dalam jumlah besar, Selain itu juga mengandung beberapa unsur hara diantaranya kalium, kalsium dan magnesium dalam jumlah relatif tinggi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik Material komposit nano partikel daur ulang PET dengan limbah abu bagase boiler pada beberapa komposisi material Nano Komposit dan membandingkan hasil uji keketatan tarik komposit nano partikel daur ulang limbah PET dengan limbah abu bagasse boiler dengan kekuatan Tarik material daur ulang Limbah PET Non Komposit.

Penelitian ini di lakukan dengan pembuatan spesimen uji yang sudah di tentukan ukuranya, limbah daur ulang PET di campur dengan abu bagasse boiler dengan komposisi tertentu, kemudian di panaskan sambil di aduk sampai homogen, setelah campuran bercampur dengan sempurna maka di lakukan proses cetak (molding). Dalam penelitian kali ini di lakukan 2 sistem pencetakan material komposit yaitu dengan cara di Cetak tanpa di press (Non Press Molding) dan di Cetak dengan di press (Press Molding).

Tinjauan Pustaka Dan Pengembangan Hipotesis

Material Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (modulus Young/density) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Tujuan dari dibentuknya komposit adalah, Memperbaiki sifat mekanik dan/atau sifat spesifik tertentu, Mempermudah design yang sulit pada manufaktur, Keleluasaan dalam bentuk/design yang dapat menghemat biaya, dan Menjadikan bahan lebih ringan. Komposit pada umumnya dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu;

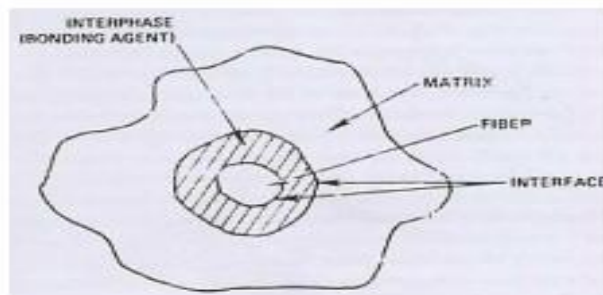
1) Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan).

2) Reinforcement atau Filler atau Fiber

Salah satu bagian utama dari komposit adalah reinforcement (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit.

Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya; Matrik (penyusun dengan fraksi volume terbesar), Penguat (Penahan beban utama), Interphase (pelekat antar dua penyusun), interface (permukaan phase yang berbatasan dengan phase lain)



Gambar 1. Struktur Bagian Penyusun Komposit

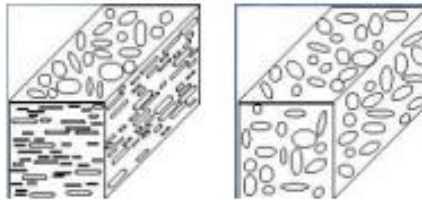
Secara strukturmikro material komposit tidak merubah material pembentuknya (dalam orde kristalin) tetapi secara keseluruhan material komposit berbeda dengan material pembentuknya karena terjadi ikatan antar permukaan antara matriks dan filler. Syarat terbentuknya komposit : adanya ikatan permukaan antara matriks dan filler. Ikatan antar permukaan ini terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi.

Komposit Partikel

Secara umum bahan komposit terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit partikel terdiri dari partikel-partikel yang diikat oleh matrik. Bentuk partikel ini dapat bermacam-macam seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak. Sedangkan bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matrik.

Dalam struktur komposit, bahan komposit partikel tersusun dari partikel-partikel disebut bahan komposit partikel (*particulate composite*) menurut definisinya partikel ini berbentuk beberapa macam

seperti bulat, kubik, tetragonal atau bahkan berbentuk yang tidak beraturan secara acak, tetapi rata-rata berdimensi sama. Bahan komposit partikel umumnya digunakan sebagai pengisi dan penguat bahan komposit keramik (*ceramic matrix composites*). Bahan komposit partikel pada umumnya lebih lemah dibanding bahan komposit serat. Bahan komposit partikel mempunyai keunggulan, seperti ketahanan terhadap aus, tidak mudah retak dan mempunyai daya pengikat dengan matrik yang baik. Bahan komposit partikel merupakan jenis dari bahan komposit dimana bahan penguatnya adalah terdiri dari partikel-partikel. Secara definisi partikel itu sendiri adalah bukan serat, sebab partikel itu tidak mempunyai ukuran panjang. Sedangkan pada bahan komposit ukuran dari bahan penguat menentukan kemampuan bahan komposit menahan gaya dari luar.



Gambar 4. Susunan Bahan Komposit Partikel

Dimana semakin panjang ukuran serat maka semakin kuat bahan menahan beban dari luar, begitu juga dengan sebaliknya. Bahan komposit partikel pada umumnya lemah dan fracture-toughness-nya lebih rendah dibandingkan dengan serat panjang, namun disisi lain bahan ini mempunyai keunggulan dalam ketahanan terhadap aus.

Limbah Abu Bagase Ketel

Limbah Abu bagasse boiler / ketel merupakan residu dari bagase (Ampas tebu) yang digunakan sebagai bahan bakar boiler. Umumnya abu ketel digunakan sebagai amelioran tanah di perkebunan tebu. Sementara manfaat lainnya dilaporkan oleh Hussein dkk. (2014) sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan concrete.

Tabel 1. Komposisi Kimia Peyusun Abu Bagase Boiler

| Uraian | Hasil Uji (%) |
|---|---------------|
| Silika dioksida, SiO ₂ | 72,33 |
| Besi (III) dioksida, Fe ₂ O ₃ | 0,85 |
| Alumunim oksida, Al ₂ O ₃ | 3,24 |
| Calcium | 0,63 |
| Magnesium | 0,58 |
| Carbon | 10,91 |
| Kadar Air | 3,79 |

Sumber: Departemen Perindustrian Badan Penelitian dan Pengembangan Industri

Data di atas menunjukkan bahwa abu bagase boiler memiliki silika dalam jumlah besar. Selain itu, abu ketel juga mengandung beberapa unsur hara diantaranya kalium, kalsium dan magnesium dalam jumlah relatif tinggi.



Gambar 5. limbah Abu bagase Boiler

Silika (SiO_2) yang merupakan material terbesar dari abu bagase boiler adalah merupakan salah satu bahan yang termasuk ke dalam golongan oksida yang memiliki potensi pemanfaatan pada berbagai aplikasi. Menurut Munasir dkk (2013) Selain dapat digunakan sebagai bahan baku industri gelas dan kaca, silika juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan sel surya. Selain itu silika juga digunakan sebagai piranti semikonduktor, pembuatan keramik dan lain-lain. Silika merupakan senyawa terbanyak penyusun kerak bumi (60,6%). Silika bisa didapatkan dari pasir silika yang jumlahnya melimpah di Indonesia atau dari limbah penghancuran gelas dan kaca juga dari bahan organik seperti abu sekam padi dan abu ampas tebu. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ghorbani et al (2015) dan Hariharan et al (2013) menunjukkan bahwa presentasi komposisi kandungan silika pada abu ampas tebu menempati posisi kedua dibandingkan pada abu sekam padi.

Karena kandungan silika dalam abu bagasse besar maka abu bagasse berpotensi dijadikan sebagai bahan baku pembuatan silika gel sehingga mempunyai nilai tambah yang lebih dengan memanfaatkan limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik gula (Akhinov, A. F., dkk. 2010). Partikel berukuran nanometer memang sedang menjadi fokus perhatian saat ini, karena partikel berukuran nano memiliki karakteristik fisika dan kimia yang berbeda jika dibandingkan dengan partikel serupa dengan ukuran yang lebih besar (Nejad dan Aboali 2011). Menurut Munasir et al (2013), ukuran partikel yang diperkecil membuat produk memiliki sifat yang berbeda sehingga dapat meningkatkan kualitas material. Shahmiri et al (2013) menambahkan bahwa salah satu karakteristik menarik dari partikel berukuran nano yaitu perbandingan luas area dengan volume yang lebih besar bila dibandingkan dengan jenis partikel yang sama tetapi berukuran lebih besar.

Hariharan. V dan Sivakumar G, (2013) pernah meneliti mengenai cara sintesis nano partikel silika dari ampas tebu, dalam penelitian ini ampas tebu diproses dengan metode pengabuan kemudian nano partikel silika didalam kandungan abu ampas tebu disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Hasil penelitian menggunakan XRD diperoleh nano partikel silika yang amorphous, ketika diamati melalui alat mikrofografi SEM nano partikel silika ini berbentuk seperti bola, homogen dan berkelompok. Nano partikel silika memiliki beberapa sifat diantaranya: luas permukaan besar, ketahanan panas yang baik, kekuatan mekanik yang tinggi dan inert sehingga digunakan sebagai prekursor katalis, adsorben dan filler pada bahan komposit. Penggunaan nano partikel silika dari abu ampas tebu sebagai filler pada matriks dapat meningkatkan kekuatan mekanik pada campuran tersebut (Gowri Shankar, 2014)

Gowri Shankar (2014) pernah melakukan penelitian terkait pembuatan komposit Aluminium dengan silika (SiO_2) dimana penelitian ini memvariasikan silika dengan variasi 0%, 3% dan 6% sebagai filler

matriks aluminium dengan metode vortex. Hasil penelitian ini diperoleh nilai kekerasan untuk variasi 0%, 3% dan 6% berturut-turut sebesar 1726 Pa, 1804 Pa dan 1873 Pa.

Plastik Polyethylene Terephthalate (PET)

Secara umum, plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, mempunyai kekuatan mekanik yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, serta ketahanan bahan kimia yang bervariasi. Selain itu, plastik juga ringan, mudah dalam perancangan, dan biaya pembuatan murah. Sayangnya, dibalik segala kelebihan itu, limbah plastik menimbulkan masalah bagi lingkungan. Penyebabnya tak lain sifat plastik yang tidak dapat diuraikan dalam tanah. Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain.

Polyethylene terephthalate yang sering disebut PET dibuat dari glikol (EG) dan terephthalic acid (TPA) atau dimethyl ester atau asam terephthalat (DMT). PET merupakan keluarga polyester seperti halnya PC. Polymer PET dapat diberi penguat fiber glass, atau filler mineral. PET film bersifat jernih, kuat, liat, dimensinya stabil, tahan nyala api, tidak beracun, permeabilitas terhadap gas, aroma maupun air rendah. PET atau polyethylene di beri notasi symbol dengan angka 1 ditengahnya adalah jenis botol kemasan plastik yang paling banyak digunakan untuk kemasan makanan, minuman dan mudah untuk di daur ulang. Simbol ini direkomendasikan hanya sekali pakai. Simbol ini mengacu pada jenis plastik yang didaur ulang. Ringan, murah dan mudah merupakan alasan kenapa PET banyak diproduksi. Kemasan produk dengan lambang ini dapat di daur ulang dalam bentuk bagian-bagian otomotif seperti dashboard rack, bumpers, panel pintu dan lain-lain.



Gambar 6. Simbol Polyethylene Terephthalate (PET)

PET engineer resin mempunyai kombinasi sifat-sifat : kekuatan (strength)-nya tinggi, kaku (stiffness), dimensinya stabil, tahan bahan kimia dan panas, serta mempunyai sifat elektrik yang baik. PET memiliki daya serap uap air yang rendah, demikian juga daya serap terhadap air. PET dapat diproses dengan proses ekstrusi pada suhu tinggi 518- 608 °F, selain itu juga dapat diproses dengan tehnik cetak injeksi maupun cetak tiup.

Sebelum dicetak sebaiknya resin PET dikeringkan lebih dahulu (maksimum kandungan uap air 0,02 %) untuk mencegah terjadinya proses hidrolisa selama pencetakan. Penggunaan PET sangat luas antara lain : botol-botol untuk air mineral, soft drink, kemasan sirup, saus, selai, minyak makan.

Pengujian Mekanis Material

Tujuan Pengujian Mekanis untuk mengevaluasi sifat mekanis dasar untuk dipakai dalam disain Untuk memprediksi Kerja material dibawah kondisi pembebanan Untuk memperoleh data sifat mekanis dari material seperti kekuatan (strength),kekakuan (stif-ness), elastisitas (elasticity), plastisitas (plasticity) & ketangguhan (toughness & resilience).

a) Sifat Mekanik

Sifat mekanik berhubungan dengan sifat elastis, plastis, Kekuatan dan Kekakuan, suatu material terhadap pembebanan yang diberikan. Dimana Elastisitas adalah kemampuan suatu material untuk berdeformasi tanpa terjadinya perubahan (deformasi) yang permanen setelah tegangan dilepaskan. Energi yang diserap material dalam daerah elastis disebut dengan resilience. Sedangkan Plastisitas adalah kemampuan material untuk berdeformasi permanen tanpa terjadi perpatahan. Ukuran plastisitas biasanya ditunjukkan dengan besarnya keuletan (ductility). Energi yang dibutuhkan untuk mematahkan material disebut juga dengan ketangguhan (taughness). Kekuatan adalah kemampuan dari struktur atau mesin untuk tahan terhadap pembebanan tanpa kerusakan (failure) yang disebabkan oleh tegangan atau deformasi berlebihan yang diukur melalui tegangan yang terjadi pada material dalam kondisi tertentu. Kekakuan adalah besarnya deformasi elastis yang terjadi dibawah pembebanan dan diukur melalui modulus elastis.

b) Kekuatan Tarik (Tensile Strength)

Kekuatan Tarik adalah kemampuan bahan untuk menerima beban tanpa terjadi kerusakan rusak. Kekuatan Tarik suatu bahan ditetapkan dengan membagi gaya maksimum dengan luas penampang mula - mula sebelum terdeformasi, kekuatan tarik dapat di rumuskan dengan persamaan (1) di bawah ini ;

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A_0} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

σ = Kekuatan tarik bahan (kgf/mm²)

Fmaks = Tegangan maksimum (kgf)

A₀ = Luas penampang mula-mula (mm²)

Melalui pengujian kekuatan tarik diperoleh kurva tegangan (stress) terhadap regangan (strain). Dari pengujian kekuatan tarik maka didapatkan Modulus elastisitas, Elongation at Break. Modulus elastisitas adalah ukuran suatu bahan yang diartikan ketahanan material tersebut terhadap deformasi elastik. Makin besar modulusnya maka semakin kecil regangan elastic yang dihasilkan akibat pemberian tegangan .

Sifat mekanik bahan juga diamati dari sifat kemulurannya atau regangan yang didefinisikan sebagai pertambahan panjang yang dihasilkan oleh ukuran panjang spesimen akibat gaya yang diberikan. Besaran regangan berguna untuk mengamati sifat plastis dari bahan polimer dan komposit. Elongation at Break merupakan pertambahan panjang dari spesimen uji oleh karena beban penarikan sampai sesaat sebelum spesimen uji tersebut mengalami perpatahan. Pengujian tarik (tensile test) adalah pengujian mekanik secara statis dengan cara sampel ditarik dengan pembebanan pada keduaujungnya dimana gaya tarik yang diberikan sebesar P (Newton).

Dalam pengujiannya, bahan uji ditarik sampai putus. Tujuannya untuk mengetahui sifatsifat mekanik tarik (kekuatan tarik) dari komposit yang diuji. Pertambahan panjangnya (Δl) yang terjadi akibat gaya tarikan yang diberikan pada sampel uji disebut deformasi, regangan merupakan perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang mula-mula.

Regangan merupakan ukuran untuk kekenyalan suatu bahan yang harganya biasanya dinyatakan dalam persen. Regangan atau kemuluran material ini dapat di hitung dengan persamaan (2) di bawah ini ;

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- ϵ = Kemuluran atau regangan (%)
- L_0 = Panjang spesimen mula-mula (mm)
- ΔL = Panjang spesimen setelah diberi beban (mm)

Perbandingan gaya pada sampel terhadap luas penampang lintang pada saat pemberian gaya disebut tegangan (stress). Tegangan Tarik maksimum adalah suatu kekuatan tarik (tensile strength) suatu bahan ditetapkan dengan membagi gaya tarik maksimum dengan luas penampang mula - mula, dengan persamaan (3) sebagai berikut (Roger Brown, 2002) ;

$$\sigma_m = \frac{P_m}{A_0} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- σ_m = Tegangan tarik maksimum (Nm⁻²)
- P_m = Gaya tarik maksimum (N)
- A_0 = Luas penampang awal (m²)

Gaya maksimum adalah besarnya gaya yang masih dapat ditahan oleh sampel sebelum putus. Tegangan perputahan adalah perbandingan gaya perputahan mula-mula. Gaya perputahan adalah besarnya gaya saat sampel putus, yang rumus nya dapat di liat dari persamaan (4) di bawah ini ;

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_0} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- σ_u = tegangan perputahan (Nm⁻²)
- P_u = gaya perputahan (N)
- A_0 = luas penampang awal (m²)

Pada pengukuran pengukuran bahan yang kenyal maka ketika melakukan uji sifat mekanis, terjadi pemutusan segera setelah melewati batas elastis maka bahan itu dikatakan rapuh. Material yang elastis berlaku hukum Hooke dan besarnya modulus elastisitas pada daerah ini dapat ditulis dengan persamaan di bawah ini:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan ;

- E = modulus elastisitas atau modulus Young (Nm⁻²)
- σ = tegangan (Nm⁻²)
- ϵ = regangan (%)

Modulus Young adalah ukuran suatu bahan yang diartikan ketahanan material tersebut terhadap deformasi elastik. Makin besar modulusnya maka semakin kecil regangan elastic yang dihasilkan akibat pemberian tegangan.

Metode Penelitian

Metode Penelitian dilakukan di Laboratorium STTKD dengan metode yang ditawarkan dalam penelitian meliputi serangkaian kegiatan :

1) Studi Literatur

Pada studi ini dimaksudkan untuk mempelajari sistem pembuatan komposit daur Ulang PET dan mempelajari kondisi operasional untuk cetak plastik berdasarkan teori dan beberapa referensi yang ada.

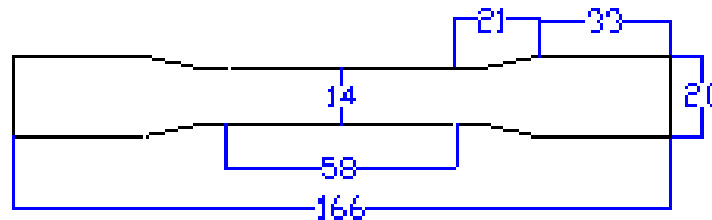
2) Observasi

Observasi di lapangan dalam upaya untuk mengidentifikasi produk-produk dari bahan jenis plastik PET antara lain plastik bekas kemasan air minum mineral, dan observasi lapangan juga bertujuan mempersiapkan bahan silika abu bagase boiler yang mempunyai kualitas yang baik yaitu yang mempunyai kadar air paling sedikit.

3) Tahap persiapan Alat Dan Bahan

Sebelum dilakukan penelitian maka perlu di siapkan peralatan dan bahan yang akan di gunakan selama proses penelitian berlangsung, alat dan bahan tersebut antara lain ;

- a) Pembuatan cetakan (Molding) untuk material uji specimen Limbah PET dan Abu bagasse boiler berbahan plat besi setainles steel, ada dua macam cetakan yang di buat yaitu yang tanpa press dan yang dengan press. spesimen akan di buat sesuai uji tarik plastik standart ASTM D638-84 seperti gambar sample di bawah ;



Gambar 7. Sample uji tarik Plastik standart ASTM D638-84

Cetakan (Molding) yang sudah di buat dapat di lihat pada gambar di bawah ini ;



Gambar 8. Plat Cetakan Non Press dan Plat Cetakan Press

- b) Cacahan Limbah Plastik PET & Abu Bagase Boiler



Gambar 9. Cacahan PET dan Limbah Abu Bagasse boiler

- c) Wadah plastik, Blender, Oven Listrik, Kompor & Tabung Gas
- d) Gunting, Kikir kasar, Kikir Halus, Gergaji, Jangkka Sorong
- e) Timbangan Analitis Digital



Gambar 10. Timbangan Analitis Digital

4) Tahap Persiapan Matrial Uji

Pada tahapan persiapan matrial, maka matrial yang sudah di dapat perlu di lakukan beberapa perlakuan agar ketika di cetak akan memperoleh hasil yang baik, hal – hal yang di lakukan antara lain adalah;

a) Perajangan Limbah Plastik PET

Sampah plastik PET yang masih berupa gelas atau botol perlu dirajang kecil-kecil maksimal ukuran 5 mm x 5 mm, semakin kecil semakin bagus.

b) Penghilangan kandungan Air Pada Abu Bagase Boiler

Abu bagase Boiler yang sudah di dapat masih mengandung kandungan air (H₂O) ataupun bahan organik lain yang belum sempurna terbakar jika kandungan tersebut tidak di hilangkan maka akan berpengaruh terhadap kualitas komposit yang akan di teliti, bahan impuritas tersebut di hilangkan dulu dengan cara di oven pada suhu 200 °C, sampai di dapat berat yang konstan.

c) Pencampuran matrial PET dan Abu Bagase boiler dengan komposisi perbandingan berat matrial sebagai berikut ;

- 1) 90 % PET, 10 Abu bagase boiler
- 2) 80 % PET, 20 Abu bagase boiler
- 3) 70 % PET, 30 Abu bagase boiler
- 4) 60 % PET, 40 Abu bagase boiler
- 5) 50 % PET, 50 Abu bagase boiler

5) Pelaksanaan Pembuatan Sampel Uji Tarik

Pelaksanaan penelitian pembuatan sampel Komposit nano partikel daur ulang PET dengan limbah abu bagasse boiler dilakukan dengan dua system pengamatan, yang pertama adalah di cetak tanpa di tekan (Non press Molding) yang kedua dengan cetakan dan di tekan (press molding)

a) Non Press Molding

Hasil limbah Plastik PET yang sudah di rajang sesuai ukuran perajangan sampah plastik di lakukan pencampuran sesuai dengan komposisi yang telah di rencanakan, kemudian di panaskan dengan api sampai suhu di atas suhu 400 ° C dan di campur dengan limbah bagasse boiler sesuai dengan komposisi yang di rencanakan, pencampuran ini sambil di aduk agar komposisi matrial merata, setelah matrial meleleh dan tercampur dengan homogen maka larutan di masukkan kedalam cetakan sambil tanpa di tekan (Non Press molding), sample di cetak berupa lembaran selanjutnya akan di bentuk sesuai gambar uji specimen sebanyak 3 unit untuk di lakukan uji kekuatan tarik dari komposit yang di hasilkan.

b) Press Molding

Hasil limbah Plastik PET yang sudah di rajang sesuai ukuran perajangan sampah plastik di lakukan pencampuran sesuai dengan komposisi yang telah di rencanakan, kemudian di panaskan dengan api sampai suhu di atas suhu 400 ° C dan di campur dengan limbah bagasse boiler sesuai dengan komposisi yang di rencanakan, pencampuran ini sambil di aduk agar komposisi matrial merata, setelah matrial meleleh dan tercampur dengan homogen maka larutan di masukkan kedalam cetakan sambil di tekan (Press molding) sehingga di dapat sample uji specimen sesuai cetakan, sample di cetak sebanyak 3 unit untuk di lakukan uji kekuatan tarik dari komposit yang di hasilkan.

6) Pengujian Tarik Sampel Uji

Dilakukan pengujian dan pencarian data terhadap masing masing sample cetakan komposit daur ulang PET dengan bahan limbah abu bagase boiler yang telah di buat, dengan standart uji tarik plastik standart ASTM D638-84, pengujian di lakukan di laboratorium teknik mesin UGM.



Gambar 11. Peralatan Uji Tarik Material

7) Perhitungan Kekuatan Tarik Matrial

Setalah di dapat data dari hasil uji laboratorium mekanik, maka di lakukan perhitungan kekuatan tarik matrial dengan persamaan RogerBrown yang dapat di lihat seperti di bawah ini ;

$$\sigma_m = \frac{P_m}{A_o}$$

Keterangan :

σ_m = Tegangan tarik maksimum (Nm⁻²)

P_m = Gaya tarik maksimum (N)

A_o = Luas penampang awal (m²)

Hasil Dan Pembahasan

Hasil dari pembuatan matrial komposit dengan cara Non Press Molding dan Press Molding akan di lakukan pengujian di laboratorium Teknik UGM dan mendapatkan hasil sebagai berikut :

1) Hasil Material Komposit dengan sistem Non Press Molding

Material Cacahan limbah PET dan limbah Abu bagasse boiler terlebih dahulu di timbang dengan timbangan analitis, untuk menghasilkan komposisi material yang akan di analisis, komposisi yang di hasilkan adalah sebagai berikut ini ;

- 1) 90 % PET, 180 gr PET dan 20 gr Abu bagase boiler
- 2) 80 % PET, 160 gr PET dan 40 gr Abu bagase boiler
- 3) 70 % PET, 140 gr PET dan 60 gr Abu bagase boiler
- 4) 60 % PET, 120 gr PET dan 80 gr Abu bagase boile
- 5) 50 % PET, 100 gr PET dan 100 gr Abu bagase boiler

Selanjutnya PET dan Abu Bagase di campur dalam suatu wadah untuk di panaskan dengan kompor Gas sambul di aduk untuk mendapatkan campuran matrial yang homogen, setelah di dapat larutan yang homogen maka larutan yang di dapat akan di tuang dalam cetakan dengan ukuran 30 mm x 30 mm tanpa di press dan di tunggu sampai dingin, material yang di dapat di rencanakan di bentuk sesuai ukuran specimen yang di inginkan yang kemudian akan di uji Tarik. Hasil Pembuatan komposit dengan cara Non Press molding di dapat hasil seperti gambar di bawah ini ;



Gambar 12. Hasil Non press Molding (cetakan yang tidak di press) Material Komposit Nano Partikel Limbah PET dengan Limbah Abu Bagasse Boiler

Dari hasil cetakan yang tidak di press ini dapat di amati material komposit nano partikel yang di hasilkan, pengamatan hasil cetakan/ molding dapat kita lihat seperti pada table di bawah ini ;

Tabel 2. Data Hasil Non Press Molding (Cetakan Tanpa press).

| Komposisi | Hasil Matrial | Keterangan |
|-------------|---|-------------------------|
| 1. 90 % PET | Terbentuk Matrial komposit dengan retakan halus merata | Tidak bisa di uji Tarik |
| 2 80 % PET | Terbentuk Matrial komposit dengan retakan halus merata yang rapuh | Tidak bisa di uji Tarik |
| 3 70 % PET | Tidak terbentuk matrial komposit | Tidak bisa di uji Tarik |
| 4 60 % PET | Tidak terbentuk matrial komposit | Tidak bisa di uji Tarik |
| 4 50 % PET | Tidak terbentuk matrial komposit | Tidak bisa di uji Tarik |

2) Hasil Material Komposit dengan sistem Press Molding

Material Cacahan limbah PET dan limbah Abu bagasse boiler terlebih dahulu di timbang dengan timbangan analitis, untuk menghasilkan komposisi material yang akan di analisis, komposisi yang di hasilkan adalah sebagai berikut ini ;

- 1) 90 % PET, 180 gr PET dan 20 gr Abu bagase boiler
- 2) 80 % PET, 160 gr PET dan 40 gr Abu bagase boiler
- 3) 70 % PET, 140 gr PET dan 60 gr Abu bagase boiler
- 4) 60 % PET, 120 gr PET dan 80 gr Abu bagase boile
- 5) 50 % PET, 100 gr PET dan 100 gr Abu bagase boiler

Selanjutnya PET dan Abu Bagase di campur dalam suatu wadah untuk di panaskan dengan kompor Gas sambul di aduk untuk mendapatkan campuran matrial yang homogen, setelah di dapat larutan yang homogen maka larutan yang di dapat akan di tuang dalam cetakan dan di lakukan pengepressan kemudian di tunggu sampai dingin, hasil pengepresen di dapat matrial yang ukurannya sudah sesuai dengan specimen uji yang di inginkan, kemudian akan di uji Tarik. Gambar hasil pembentukan matrial komposit dengan system press molding ini dapat kita lihat seperti pada gambar di bawah ini ;



Gambar 13. Hasil Press Molding (cetakan yang di press) Material Komposit Nano Partikel Limbah PET dengan Limbah Abu Bagasse Boiler

Hasil pembuatan specimen uji dengan system cetakan yang di press (Press molding) dapat di amati seperti pada table di bawah ini ;

Tabel 3. Data Hasil Non Press Molding (Cetakan Tanpa press).

| Komposisi Matrial | | Hasil Matrial | Ukuran Spesimen Uji |
|-------------------|----------|--|-------------------------------------|
| 1. | 90 % PET | Terbentuk matrial komposit | P. 57 mm, L. 12,5 mm, T. 9,7 mm |
| 2 | 80 % PET | Terbentuk matrial komposit | P. 57 mm, L. 12,6 mm, T. 10,2 mm |
| 3 | 70 % PET | Terbentuk matrial komposit | P. 57 mm, L. 12,45 mm, T. 9,5 mm |
| 4 | 60 % PET | Terbentuk matrial komposit dengan retak halus merata | P. 57 mm, L. 12,4 mm, T. 9,7 mm |
| 4 | 50 % PET | Tidak terbentuk matrial komposit | - |

Dari material komposit nano partikel yang di hasilkan maka akan di lakukan uji kekuatan Tarik terhadap specimen uji yang di lakukan di laboratorium teknik UGM ;

Tabel 4. Perhitungan Kekuatan Tarik dari material dari hasil Press Molding

| Komposisi Matrial | | Luas Penampang | | | Gaya Tarik | Kekuatan Tarik |
|-------------------|----------|----------------|--------|-----------------------|------------|--|
| | | L (mm) | T (mm) | Ao (mm ²) | Pm (N) | $\sigma_m = Pm/Ao$ (N/ mm ²) |
| 1. | 90 % PET | 12,5 | 9,7 | 121,25 | 176,4 | 1,46 |
| 2 | 80 % PET | 12,6 | 10,2 | 128,52 | 0 | 0 |
| 3 | 70 % PET | 12,45 | 9,5 | 118,28 | 0 | 0 |
| 4 | 60 % PET | 12,4 | 9,7 | 120,28 | 0 | 0 |
| 4 | 50 % PET | - | - | - | | 0 |

Kesimpulan

Kesimpulan penelitian pembuatan matrial komposit dengan cara Non Press Molding dan Press Molding adalah sebagai berikut :

1) Non Press Molding

- Pada pembuatan matrial komposit Antara Limbah PET dan Abu bagasse boiler di dapat matrial yang sangat rapuh karena retakan halus sehingga tidak bisa kita ukur Kekuatan Tarik nya.
- Pada komposisi matrial limbah PET 60 % dan di bawahnya tidak terbentuk matrial komposit di karenakan campuran cenderung menggumpal.
- Pada proses molding non press dapat di hasilkan matrial komposit pada komposisi minimal limbah PET 70 % dan di atasnya, meskipun demikian matrial komposit yang di hasilkan sangat rapuh dengan retakan lembut yang merata di seluruh bagian material sehingga tidak bisa di bentuk sesuai ukuran specimen dan tidak bisa dilakukan di uji Tarik.

2) Press Molding

- Pada komposisi material dengan komposisi limbah PET di bawah 50 % dengan cara molding tidak bisa terbentuk material komposit di karenakan campuran yang di press menggumpal dan pecah – pecah.
- Komposisi material dengan komposisi limbah PET Antara 60 % sampai dengan 80 % dengan system press molding dapat terbentuk matrial komposit akan tetapi sangat rapuh sehingga tidak terbaca di alat uji Tarik di karenakan sudah pecah ketika akan di lakukan pemegangan specimen.
- Pada komposisi material limbah PET 90 % dengan system press molding setelah di lakukan uji Tarik maka dapat di lakukan perhitungan uji kekuatan Tarik adalah = 1,46 N/mm², jika di bandingkan dengan Uji Tarik daur ulang limbah PET Non Komposit (100 % Limbah PET) yang mempunyai kekuatan Tarik sebesar 23,4 N/mm² (penelitian Suyadi 2007), melihat hal ini dapat di simpulkan bahwa pembuatan matrial komposit daur ulang PET dengan Limbah abu bagasse boiler menurunkan kekuatan Tarik dari matrial limbah PET non Komposit.
- Hasil pembuatan material nano partikel komposit dengan sistem press molding (cetakan di tekan) menghasikan kekuatan material yang lebih kuat dari pada sistem non press molding (cetakan tidak di tekan).

Penelitian yang sudah di dilaksanakan ini masih jauh dari sempurna sehingga penulis perlu memberikan saran-saran pada peneliti selanjutnya terutama dalam pembuatan material komposit nano partikel daur ulang limbah PET, beberapa saran dari penulis adalah sebagai berikut ;

- 1) Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pembuatan material nano partikel komposit dengan sistem Press Molding jauh lebih baik sehingga dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya dengan memperbaiki peralatan press molding salah satunya adalah peralatan press yang terukur daya tekannya sehingga akan dihasilkan material komposit nano partikel yang akan mempunyai ikatan lebih kuat.
- 2) Pada penelitian pembuatan komposit daur ulang limbah PET dan limbah abu bagasse boiler komposisi yang paling kuat adalah pada 90% kandungan limbah PET, pada komposisi tersebut perlu diteliti lebih lanjut suhu pemanasan yang optimal dan tekanan kerja pada alat press molding hal ini bertujuan untuk memperbaiki kekuatan Tarik material nano komposit yang dibuat.

Daftar Pustaka

- [1] Suyadi dan Rofarsyam. 2007. Peningkatan kekuatan Tarik Plastik PET Daur Ulang Dengan Cara Menambahkan Serat Kawat Baja. Politeknik Negeri Semarang.
- [2] S. S. Surdia dan Tata. 1985. Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta Indonesia.
- [3] Meriam JL dan Kraig LG. 1993. Mekanika Teknik. Edisi Kedua Jilid I Versi S1.
- [4] Sentot Hardwiyono, dkk. 2014. Pengaruh Penam bahan Limbah Botol Plastik Polyphthylene Terephthalate (Pet) Dalam Campuran Laston-Wc Terhadap Parameter Marshall. Jurnal Pkm Plastik Pet.
- [5] Awaja, F dan Pavel, D. 2005. Recycling of PET. European Polymer Journal, 41(7), 1453-1477.
- [6] Riyadi, Mohtarom dkk. 2010. Beton Ringan Beragregat Limbah Botol Plastik Jenis PET (Polyethylene Terephthalate). Seminar Nasional Teknik Sipil 2010 Politeknik Negeri Jakarta.
- [7] Rommel dan Erwin. 2013. Pemanfaatan Limbah Plastik Simpul Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton. Jurnal Politeknologi Vol. 14 No. 1. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.
- [8] Van Vlack dan Lawrence H. 2004. Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material. Erlangga, Jakarta.
- [9] Egidius Patnistik, 2018. Indonesia penyumbang sampah plastic terbesar ke dua di dunia. <https://megapolitan.kompas.com/read/2018/08/19/21151811/indonesia-penyumbang-sampah-plastik-terbesar-ke-dua-di-dunia>.
- [10] <http://nununk10023216.wordpress.com/2013/06/12/jenisjenis-plastik>
- [11] <https://kolom.tempo.co/read/1151728/konsisten-kurangi-sampah-plastik/full&view=ok>