

Penentuan Limbah Mikroplastik *Polyethylene Terephthalate* Dengan Metode Glikolisis Dalam Air Laut di Kota Padang

Kasma Warni, Indang Dewata *

Department of Chemistry, Universitas Negeri Padang

Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Barat, Padang, West Sumatera, Indonesia Telp. 0751 7057420

*i_dewata@yahoo.com

Abstract—*Polyethylene Terephthalate* (PET) is a type of plastic waste commonly found in the sea especially disposable soft drink bottles. PET plastic waste can decompose into harmful microplastics if swallowed by marine life. This study aims to determine the microplastic content of PET type in seawater in the city of Padang by glycolysis method using ethylene glycol (EG) solvent with a sodium carbonate as catalyst (Na_2CO_3) for depolymerization of PET to be a monomer of bis (2-hydroxyethyl terephthalate) (BHET). Glycolysis is carried out for 1 hour at 196°C . In this study, the variation of sodium carbonate (Na_2CO_3) catalyst mass used are 0.02 gram, 0.04 gram, 0.06 gram, 0.08 gram, and 0.1 gram) and variation of ratio PET bottles: ethylene glycol (gram: mL) are 10 : 20, 10:30, 10:40 and 10:50. The result obtained is 72.22% BHET product under optimum condition with amount of EG of 30 mL and Na_2CO_3 catalyst mass of 0.06 grams. The BHET was identified using FTIR to confirm the OH-, C-O, and C = O groups. Seawater samples are taken from three locations namely Padang beach, Tabing beach and Gajah Padang beach. The result shows absence of PET type microplastic in these samples.

Keywords: *Polyethylene Terephthalate* (PET), Glycolysis, bis (2-hydroxyethyl terephthalate) (BHET), Microplastic, Na_2CO_3 .

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan semakin bertambahnya tingkat konsumsi masyarakat dan perkembangan teknologi kebutuhan akan plastik terus meningkat. Hal ini dapat dilihat dalam kehidupan sehari-hari dengan banyaknya jenis barang yang diproduksi berbahan dasar plastik mulai dari pembungkus makanan, mainan anak-anak, elektronik, perabotan rumah tangga, kemasan produk dan masih banyak lagi. Salah satu penyebabnya plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan material lain yaitu tekstur mengkilap, licin, anti air, kuat, ringan, anti karat, tahan terhadap bahan kimia serta biaya produksi yang relatif murah. Selain mempunyai kelebihan plastik juga memiliki kelemahan yaitu hampir separuh jenis plastik yang dihasilkan industri tidak dapat terdegradasi dengan mudah di alam. Akibatnya dapat mencemari lingkungan hidup berupa perairan, sungai, danau, pesisir, udara dan tanah [1]

Sebagian besar sampah plastik yang dibuang ke lingkungan akhirnya bermuara dilautan. Persentasi sampah plastik yang mencemari laut mencapai 60-80% dari keseluruhan sampah dilaut. Partikel plastik membutuhkan

waktu yang lama untuk terdegradasi dan tahan untuk waktu yang sangat lama di lingkungan laut. Sedangkan jumlah limbah ini semakin lama semakin besar sehingga menumpuk diperairan. Sampah plastik yang telah lama di perairan akan terdegradasi menjadi partikel kecil yang biasa disebut mikroplastik (partikel plastik yang ukuran < 5mm). Ukurannya yang sangat kecil memungkinkan mikroplastik tidak sengaja tercerna oleh organisme laut. Organisme yang terakumulasi mikroplastik dalam jumlah besar akan mengakibatkan penyumbatan pada proses pencernaan, mengganggu proses-proses pencernaan dan menyebabkan kematian [2].

Polietilena Tereftalat (PET) merupakan salah satu jenis sampah plastik yang umum ditemukan di lingkungan terutama dilautan. Sumber *polietilena tereftalat* (PET) paling banyak adalah botol minuman ringan sekali pakai. Sampah plastik ini tak hanya mencemari lautan tapi juga dapat terurai menjadi mikroplastik sehingga membahayakan kelangsungan makhluk hidup diperairan [3]

Laut di kota Padang berpotensi tercemar mikroplastik berdasarkan penelitian [4] mengatakan bahwa sampah

dominan dipantai purus kota Padang adalah sampah plastik sebesar 36,85%. Banyak nya sampah plastik dilaut tentunya akan berbahaya bagi kelangsungan hidup biota laut dikota Padang. Sampah plastik yang terbawa arus akan terurai menjadi partikel yang berukuran mikro yang berbahaya jika ditelan biota laut, sehingga sangat penting bagi kita untuk mengetahui adanya mikroplastik dilautan. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian untuk menentukan kandunganlimbah mikroplastik jenis PET pada air laut dikota padang

Salah satu cara untuk menanggulangi masalah limbah mikroplastik PET adalah mendepolimerisasi PET menjadi bagian-bagian yang memiliki struktur kimia lebih sederhana (oligomer, dimer, atau monomer-monomernya) yang dapat dimanfaatkan kembali dan tidak lagi mencemari alam. Penelitian mengenai depolimerisasi kimia PET telah banyak dilakukan. Metoda tersebut antara lain glikolisis, hidrolisis, alkoholisis, dan aminolisis. Metoda glikolisis merupakan metoda yang sering digunakan karena dianggap paling menguntungkan diantara metoda- metoda yang lain. Keuntungan metoda glikolisis yaitu prosesnya sederhana, dapat dilakukan secara konvensional dan monomer *bis (2-hidroksietil) terflatat* (BHET) yang dihasilkan dapat digunakan lagi untuk produksi PET sehingga menghemat biaya produksi PET.

Menurut [5] laju glikolisis tanpa katalis berjalan sangat lambat sehingga memerlukan katalis agar reaksi berjalan cepat. Dari beberapa katalis yang yang biasa digunakan glikolisis katalis yang efektif adalah seng asetat dengan produk hasil depolimerisasi menghasilkan rendemen sebesar 78% [6], meskipun katalis ini sangat efektif namun seng asetat memiliki efek negatif terhadap lingkungan karena bersifat toksik. Oleh karena itu katalis yang digunakan adalah natrium karbonat, selain memilki efektivitas yang hampir sama dengan seng asetat katalis ini juga lebih ramah lingkungan. Berdasarkan hal diatas maka penulis melakukan penelitian yang berjudul "Penentuan Limbah Mikroplastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) dengan Metoda Glikolisis dalam Air Laut di Kota Padang".

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan adalah magnetik stirrer (MR Hei Standard), cawan penguap, seperangkat alat refluks, pengaduk, pipet ukur, pipet volum, pipet tetes, corong kaca, kaca arloji, gelas kimia, gelas ukur, labu ukur, spatula, aluminium foil, neraca analitik (ABS 220-4), oven dan FT-IR,

2. Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah limbah PET yang diperoleh dari botol minuman mineral, air laut, HCl, etilen glikol, aquades, Na₂CO₃.

B. Prosedur Penelitian

1. Preparasi sampel *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Limbah botol plastik PET digunting dalam ukuran kecil-kecil kemudian dicuci dengan detergen lalu dibilas dengan aquades dan dikeringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 60°C [7].

2. Penentuan kondisi optimum terhadap *Polyethylene Terephthalate* (PET)

Limbah plastik PET yang telah dipotong dalam preparasi sampel diambil sebanyak 10 gram dimasukkan kedalam serangkaian alat refluks yang berisi campuran reaktan etilen glikol (EG) dan natrium karbonat sebagai katalis. Variasi etilen glikol yang digunakan yaitu : . 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml, 50 ml. Variasi katalis natrium karbonat yang digunakan yaitu : 0,02 g, 0,04 g, 0,06 g, 0,08g dan 0,1 g. Direfluks selama 1 jam pada suhu 196°C [8]. Setelah 1 jam segera labu dipindahkan ke penangas es. Produk yang dihasilkan ditambahkan air destilasi dalam keadaan panas sebanyak 70 ml sambil diaduk lalu dengan segera suspensi tersebut disaring dengan menggunakan penyaring vakum. Produk akan terpisah menjadi dua fase yaitu fase padat dan fasa cair. Filtrat yang terbentuk merupakan campuran dari BHET, etilen glikol dan sedikit oligomer terlarut. Selanjutnya, dipanaskan sampai didapatkan campuran homogen yang bening, lalu disaring kembali. Filtrat hasil ini didinginkan dalam suhu 5°C selama 16 jam untuk mendapatkan kristal BHET. Hasilnya difiltrasi kembali dan padatan BHET yang didapatkan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C sampai kering [7].

Kondisi optimum didapatkan dari rendemen tertinggi yang diperoleh dari proses glikolisis PET dengan melakukan perhitungan rendemen monomer BHET dengan rumus :

$$\% \text{Rendemen} = \frac{W_{\text{BHET}}}{W_{\text{PET}}} \times 100\%$$

dimana,

W_{BHET} : berat BHET dari hasil depolimerisasi

W_{PET} : berat awal dari limbah bolotplastik PET

3. Preparasi mikroplastik dari sampel air laut

Sampel air laut disaring dengan penyaring 5 mm untuk menghilangkan kotoran besar dan organisme. Kemudian disaring kembali menggunakan kertas saring. Residu pada kertas saring dibilas dengan air laut kedalam gelas kimia 20 ml. Bahan organik akan larut dalam asam pada 80-90°C selama 3 jam menggunakan dengan HCl pekat, kemudian saring dengan kertas saring. Residu yang terdapat pada kertas saring ditutup dengan aluminium foil dikeringkan pada suhu 60°C[9].

4. Glikolisis PET pada sampel air laut.

Sampel air laut diglikolisis dengan cara yang sama seperti glikolisis PET pada kemasan botol minuman plastik. Proses glikolisis dijalankan berdasarkan kondisi optimum yang sudah didapatkan pada proses glikolisis PET pada kemasan botol minuman plastik.

5. Karakterisasi Senyawa PET dalam Sampel

Ditambahkan KBr sebanyak 0,99 gram ke dalam serbuk hasil depolimerisasi diambil sebanyak 0,01 gram. Digunakan Spektroskopi inframerah untuk dikarakterisasi agar mengetahui adanya gugus fungsi pada bilangan gelombang 4000 cm^{-1} sampai 400 cm^{-1} .

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan Kondisi Optimum Glikolisis PET

Proses glikolisis dilakukan menggunakan pelarut etilen glikol dan dibantu dengan katalis natrium karbonat. Etilen glikol dapat menyebabkan pemutusan rantai ester dalam rantai PET, sedangkan katalis natrium karbonat dipilih karena katalis ini mudah larut dalam etilen glikol. Reaksi glikolisis dilakukan dalam keadaan tertutup bertujuan agar tidak ada massa PET, pelarut etilen glikol (EG) maupun katalis natrium karbonat yang hilang saat proses glikolisis berlangsung. Reaksi glikolisis dilakukan selama 1 jam terhitung dari suhu optimum tercapai (196°C) [8].

Secara fisik proses glikolisis dapat diamati pada tiga tahap. Pertama, tahap sebelum tercapai kondisi optimum terlihat belum ada perubahan pada PET dan campuran masih menunjukkan bentuk heterogen, dimana fasa padat merupakan PET dan fase liquid merupakan etilen glikol dan natrium karbonat. Kedua saat optimum telah dicapai terlihat PET telah larut sebagian dalam etilen glikol. Ketiga, tahap akhir dari reaksi glikolisis dimana campuran berbentuk homogen. Campuran homogen ini menunjukkan bahwa PET mulai terkonversi menjadi oligomer bahkan monomernya.

Hasil glikolisis yang didapatkan merupakan campuran dari monomer, BHET, oligomer, etilen glikol, katalis dan sebagian PET yang tidak terkonversi [10]. Untuk memperoleh padatan BHET perlu dilakukan pemurnian lanjut. Setelah reaksi glikolisis berlangsung selama 1 jam labu leher tiga berisi campuran larutan didinginkan dalam penangas es. Proses pendinginan dilakukan secara mendadak ini bertujuan agar reaksi dapat berhenti. Hal ini karena reaksi glikolisis merupakan reversible jika reaksi tidak dihentikan, maka produk akan kembali menjadi reaktan (PET) [10].



Gambar 1. Proses pendinginan campuran dalam penangas es.

Setelah proses pendinginan selesai dilakukan, aquades mendidih sebanyak 70 ml ditambahkan kedalam produk hasil reaksi yang berupa padatan sehingga padatannya menjadi larut (BHET cukup larut dalam air panas). Karena titik leleh monomer BHET 109°C [11] sedangkan titik leleh dimer BHET leleh 170°C [12]. Maka proses ini bertujuan untuk memisahkan BHET dengan oligomer (seperti dimer dan trimer). Selanjutnya dalam keadaan panas hasil tersebut disaring. Dari ekstraksi pertama ini didapatkan filtrat yang mengandung BHET, etilen glikol, dan sebagian kecil oligomer yang terlarut dalam air dan residu yang berupa PET yang belum terkonversi [10].

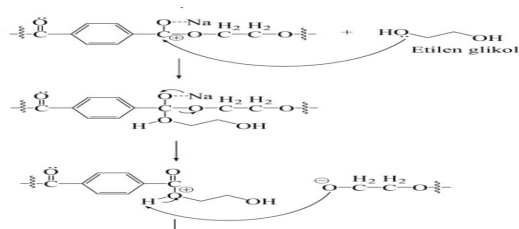
Filtrat hasil ekstraksi pertama ini dipanaskan hingga homogen dan berwarna jernih. Proses ini bertujuan untuk melarutkan kembali BHET yang telah mengkristal seiring menurunnya suhu filtrat dan disaring untuk memastikan tidak ada sisa PET yang tercampur dalam filtrat yang kedua. Filtrat hasil ekstraksi kedua ini disimpan dalam lemari pendingin selama 16 jam pada suhu 5°C untuk proses kristalisasi [10]. Kristal hasil pendinginan disaring kembali untuk mendapatkan BHET. Dari pemisahan tersebut menghasilkan filtrat jernih kekuningan yang merupakan etilen glikol dan katalis terlarut dan endapan yang berupa padatan BHET. Endapan hasil penyaringan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C untuk menguapkan pelarut dan air yang tersisa pada endapan. Kemudian padatan ditimbang untuk mengetahui massa BHET yang dihasilkan.



Gambar 2. Kristal BHET

Proses depolimerisasi plastik PET menggunakan metode glikolisis terjadi karena reaksi substitusi nukleofilik pada gugus hidroksil yang terdapat pada etilen glikol menyerang gugus karbonil pada rantai ester yang dimiliki PET. Gugus fungsi karbonil terlebih dahulu diaktifkan oleh kation pada katalis. Logam natrium akan berikatan dengan oksigen pada karbonil sehingga membentuk karbokation. Reaksi ini dianggap sebagai suatu kompleks yang terbentuk

oleh koordinasi antara gugus karbonil pada ester dengan logam natrium. Koordinasi yang terbentuk menurunkan kerapatan elektron dari gugus karbonil tersebut dan membuka kemungkinan adanya serangan nukleofilik dari gugus hidroksil terhadap atom karbon yang telah terpolarisasi sehingga menyebabkan pemutusan rantai polimer PET dan menghasilkan monomer BHET.



Gambar 3. Reaksi reaksi substitusi nukleofilik pada gugus hidroksil yang terdapat pada EG menyerang gugus karbonil ester pada PET [10]

B. Kondisi optimum jumlah katalis natrium karbonat pada proses glikolisis

Jumlah katalis natrium karbonat yang digunakan dalam proses glikolisis dapat mempengaruhi rendemen dari hasil glikolisis. Berikut pengaruh jumlah katalis natrium karbonat terhadap massa hasil glikolisis

TABEL 1
PENGARUH JUMLAH KATALIS NATRIUM KARBONAT TERHADAP MASSA BHET

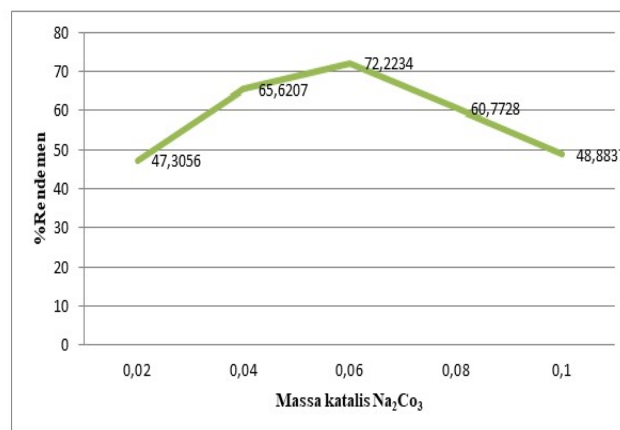
Massa PET (gram)	Volume EG (mL)	Massa Katalis Na ₂ CO ₃ (gram)	Massa BHET (gram)
10	30	0,02	4,7299
10	30	0,04	6,5523
10	30	0,06	7,2633
10	30	0,08	6,0788
10	30	0,1	4,9070

Persentase rendemen dari proses depolimerisasi PET oleh etilen glikol menggunakan katalis natrium karbonat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{W_{\text{BHET}}}{W_{\text{PET}}} \times 100\%$$

dimana W_{BHET} merupakan berat BHET hasil proses depolimerisasi dan W_{PET} merupakan berat awal berat PET yang digunakan.

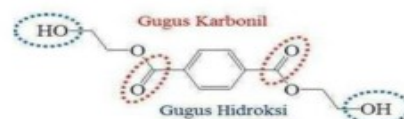
Dari persamaan diatas maka dapat diketahui pengaruh jumlah katalis Na₂CO₃ terhadap rendemen BHET seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



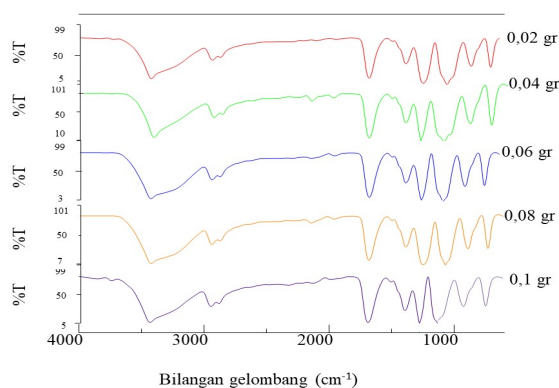
Gambar 4. Pengaruh katalis terhadap rendemen

Berdasarkan gambar dapat dilihat bahwa rendemen BHET tertinggi diperoleh adalah 72,22% saat penambahan massa katalis natrium karbonat sebesar 0,06 gram. Hasil ini didukung oleh penelitian [10] dengan hasil rendemen terbaik yang diperoleh menggunakan Na₂CO₃ adalah sebesar 64,11%. Hal ini berhubungan dengan selektivitas katalis yaitu, kemampuan katalis mempercepat reaksi diantara beberapa reaksi sehingga produk yang diinginkan dapat diperoleh dengan produk sampingan seminimal mungkin. Pada penambahan katalis 0,06 gram produk yang diinginkan mencapai jumlah paling banyak dengan produk sampingan berupa oligomer dan dimer paling sedikit dibanding variasi lainnya. Apabila glikolisis dilakukan dengan penambahan katalis natrium karbonat yang lebih besar dari 0,06 gram tidak membuat hasil yang didapatkan tidak meningkat signifikan bahkan pada penambahan katalis 0,08 gram dan 0,1 gram hasil rendemen cenderung menurun. Penurunan hasil rendemen ini diakibatkan penurunan aktifitas katalitik dari natrium karbonat [10]. Karena peningkatan katalis akan mempercepat reaksi dan BHET lebih cepat terbentuk semakin banyak monomer BHET yang muncul dapat berpolimerisasi menjadi dimer, atau oligomer sehingga BHET yang terbentuk menurun [13].

Hasil glikolisis PET dikarakterisasi menggunakan FT-IR pada panjang gelombang 600 – 4000 cm⁻¹ untuk mengidentifikasi gugus fungsi spesifik dari BHET. BHET merupakan senyawa yang terdiri dari gugus hidroksi (OH) dan gugus karbonil (C=O) ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur senyawa BHET [10]



Gambar 6. Spektra FT-IR BHET dari variasi katalis

TABEL 2
HASIL SERAPAN FTIR PRODUK DEPOLIMERISASI

Variasi katalis (g)	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)					
	-OH (as. karboksilat)	C-H alkana	C=O karbonil	C-O karboksilat	C-H aromatik	
0,02	3434,78	2945,4 9	1690,4 9	1262,8 6	1066,5 3	719,33
0,04	3435,99	2945,9 3	1691,6 0	1262,8 9	1063,4 3	719,66
0,06	3432,40	2945,1 4	1691,0 1	1261,7 2	1064,3 9	716,48
0,08	3433,78	2946,6 9	1692,8 3	1262,7 1	1068,6 2	717,88
0,1	3433,24	2946,0 8	1691,6 2	1260,3 2	1063,0 2	719,47

Gugus karbonil pada asam karboksilat (C=O) dengan intensitas yang kuat ditunjukkan dengan adanya puncak pada bilangan 1690-1692 cm⁻¹. Pada bilangan gelombang 3433 – 3435 cm⁻¹ terdapat intensitas sedang untuk gugus -OH pada asam karboksilat. Terdapat puncak dengan intensitas yang kuat pada bilangan 2945-2946 yang menunjukkan *stretching* dari ikatan C-H (sp³). Ikatan C-O pada gugus karboksilat ditunjukkan pada bilangan gelombang 1260-1262 cm⁻¹ dan 1063-1066 cm⁻¹ dengan intensitas yang kuat pula. Spektra yang telah dijelaskan menunjukkan kemiripan dengan spektra BHET yang dilaporkan Pingale dan Shukla [14] dengan demikian dapat dibuktikan BHET telah terbentuk.

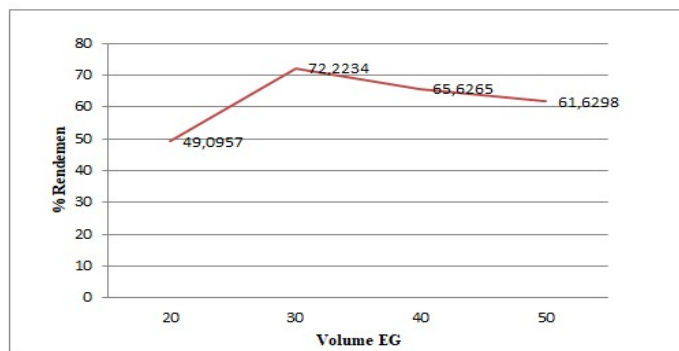
C. Kondisi optimum volume pelarut etilen glikol pada proses glikolisis

Volume etilen glikol yang digunakan dalam proses glikolisis dapat mempengaruhi rendemen dari hasil glikolisis. Berikut pengaruh volume etilen glikol terhadap massa hasil glikolisis

TABEL 3
PENGARUH VOLUME ETILEN GLIKOL TERHADAP MASSA BHET

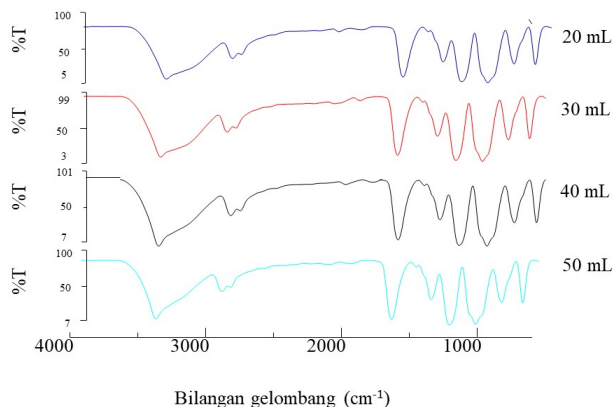
Massa PET : Volume EG (gram : mL)	Massa BHET (gram)
10 : 20	4,9112
10 : 30	7,2633
10 : 40	6,5811
10 : 50	6,1803

Pengaruh volume EG terhadap rendemen BHET seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 7. Pengaruh pelarut EG terhadap rendemen

Berdasarkan grafik dapat dilihat rendemen BHET optimum adalah 72,22% saat perbandingan PET : Volume EG sebesar 10 gram : 30 mL. Hasil ini didukung oleh penelitian [15] yang menyebutkan bahwa produk BHET yang tertinggi diperoleh pada kondisi ratio botol PET : EG 1:3 (gram : mL) dengan hasil yang diperoleh sebesar 69,72%. Akan tetapi dengan penambahan volume EG yang lebih besar dari ratio 1 : 3 tidak membuat hasil yang didapatkan akan lebih banyak. Hal ini disebabkan karena PET yang akan diglikolisis sudah habis terglukolisis sehingga tidak bereaksi lagi dengan EG.



Gambar 8. Spektra FT-Ir BHET dari variasi EG

TABEL 4
HASIL SERAPAN FTIR PRODUK DEPOLIMERISASI

Variasi EG (mL)	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)					
	-OH (as. karboksilat)	C-H alkana	C=O karbonil	C-O karboksilat	C-H aromatik	
20	3433,98	2946,7 0	1692,1 1	1260,1 4	1063,0 4	718,67
30	3432,40	2945,1 4	1691,0 1	1261,7 2	1064,3 9	716,48
40	3436,37	2946,1 4	1690,7 8	1263,1 1	1067,6 1	720,01
50	3436,22	2946,9 9	1690,6 6	1262,7 9	1067,6 3	719,24

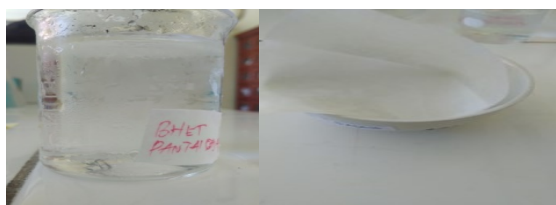
Pada spektra FT-IR tersebut terlihat jelas puncak serapan beberapa panjang gelombang yang merupakan khas senyawa BHET. Diantaranya terdapat puncak dengan intensitas sedang pada bilangan gelombang 3432-3436 cm^{-1} untuk gugus -OH pada asam karboksilat. Gugus karbonil pada asam karboksilat (C=O) dengan intensitas yang kuat ditunjukkan dengan adanya puncak pada bilangan 1690-1692 cm^{-1} . Pada bilangan 2945-2946 terdapat puncak dengan intensitas kuat menunjukkan *stretching* dari ikatan C-H (sp^3). Ikatan C-O pada gugus karboksilat ditunjukkan pada bilangan gelombang 1260-1263 cm^{-1} dan 1063-1066 cm^{-1} dengan intensitas yang kuat pula. Spektra yang telah dijelaskan menunjukkan kemiripan dengan spektra BHET yang dilaporkan Pingale dan Shukla [14] dengan demikian dapat dibuktikan BHET telah terbentuk.

D. Penentuan Limbah Mikroplastik PET dalam Sampel Air Laut secara Glikolisis

Metode glikolisis diaplikasikan pada sampel yang memiliki peluang besar terkontaminasi mikroplastik jenis PET salah satunya air laut. Air laut berpotensi tercemar mikroplastik karena sebagian dari sampah plastik yang dibuang kesungai bermuara dilaut ditambah dengan berbagai kegiatan masyarakat mulai dari perikanan, kepariwisataan, pemukiman. Sampel air laut yang akan diuji diambil dari tiga pantai yang berbeda yaitu pantai padang, pantai gajah dan pantai tabing.

Preparasi air laut menggunakan metode yang telah dilakukan oleh [9] yaitu dengan menyaring air laut. Residu pada kertas saring dibilas dengan air laut dengan ditambahkan HCl pekat dan dipanaskan pada suhu 80-90 $^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam. Proses ini bertujuan agar bahan organik yang terdapat pada sampel air laut larut dalam HCl pekat. Kemudian dilakukan penyaringan kembali residu yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 60 $^{\circ}\text{C}$.

Residu yang diperoleh dari preparasi air laut menggunakan metode [9] kemudian direfluks pada kondisi optimum yang sudah didapatkan dari glikolisis botol PET, yaitu dengan penambahan katalis natrium karbonat sebanyak 0,06 gram dan dengan volume etilen glikol 30 ml.



Gambar 9. Filtrat setelah didinginkan 16 jam dan hasil saringan

Pada Gambar 89, filtrat kedua setelah didinginkan selama 16 jam pada lemari pendingin tidak ada Kristal putih pada larutan pada gambar dan pada hasil saringan juga tidak ada kristal putih yang menunjukkan ada nya BHET.

Karena tidak ditemukan kristal BHET menggunakan metode yang telah dilakukan oleh [9] penelitian dilakukan lagi

menggunakan 10 mL air laut dari masing-masing sampel kemudian diglikolisis berdasarkan kondisi optimum yang sudah didapatkan. Hasil yang diperoleh tetap sama tidak ada kristal putih yang menunjukkan adanya BHET pada filtrat kedua setelah didinginkan selama 16 jam maupun pada kertas saring. Hal ini berarti pada sampel air laut yang digunakan tidak terdapat PET sehingga saat depolimerisasi kristal BHET tidak terbentuk. Hal ini terjadi karena PET memiliki massa jenis 1,38 g/cm^3 sedangkan massa jenis air laut berkisar antara 1,026-1,028 g/cm^3 . Dengan massa jenis yang lebih besar dibanding kan air laut PET cenderung mengendap dibagian bawah laut atau sedimen laut dalam [16]. [16]. Penelitian tentang mikroplastik PET juga telah dilakukan pada udang jerbung [17] ikan Caranx Sp.[18] dan garam [19] yang ada dikota padang dari hasil penelitian tidak ditemukannya pencemaran mikroplastik jenis PET. Mikroplastik jenis PET banyak ditemukan dalam sedimen laut dalam sebesar (35,2%) [20], (27,5%) [21]. Sedangkan mikroplastik yang memiliki massa jenis kurang dari massa jenis air laut akan mengapung di atas permukaan air laut seperti LDPE, HDPE, dan PP [22], polietilena, polipropilena, dan polisitren [23].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kondisi optimum untuk mendepolimerisasi PET menggunakan metoda glikolisis adalah pada penambahan 0,06 gram katalis natrium karbonat dengan 30 mL pelarut EG.
2. Rendemen BHET yang dihasilkan dari glikolisis botol PET pada kondisi optimum ialah sebesar 72,22%.
3. Tidak ditemukannya pencemaran mikroplastik jenis PET pada air laut dikota Padang dengan metoda glikolisis.

V. REFERENSI

- [1] I. Dewata, *Limbah Padat Industri Pulp dan Kertas sebagai Bahan untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Lapis Listrik*. Thesis. Jakarta: Universitas Indonesia, 1995.
- [2] E. M. Foekema, C. De Gruijter, M. T. Mergia, J. A. van Franeker, A. J. Murk, and A. A. Koelmans, "Plastic in North Sea Fish," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 47, p. 8818-8824, 2013.
- [3] S. Salamah, "Recycle Limbah Polyethylene Terephthalate Melalui Proses Pirolisis Dengan Katalis Silika-Alumina Recycling of Polyethylene Terephthalate Waste Through Pyrolysis Process with Silica - Alumina Catalyst," *J. Rekayasa Kim. dan Lingkungan.*, vol. 14, no. 1, pp. 104-111, 2019.
- [4] A. Saputra, Yusra, and Y. Efendi, *Identifikasi dan Monitoring Sampah Laut di Pantai Kota Padang, Propinsi Sumatera Barat Identification and Monitoring of Marine Debris at Padang Beach, Province West Sumatera. Skripsi*. Padang, 2018.
- [5] A. Rahmayanti, "Review Paper Depolimerisasi PET Pasca

- Konsumsi Melalui Glikolisis dengan Katalis,” *J. Res. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 16–22, 2015.
- [6] A. C. Sánchez and S. R. Collinson, “The selective recycling of mixed plastic waste of polylactic acid and polyethylene terephthalate by control of process conditions,” *Eur. Polym. J.*, vol. 47, pp. 1970–1976, 2011.
- [7] R. M. S. and Lukman Atmaja, “Pengaruh Konsentrasi Katalis Kalium Karbonat pada Proses Depolimerisasi Limbah Botol Plastik,” *Sains dan Seni ITS*, vol. 1, no. 1, pp. 4–9, 2012.
- [8] R. López-fonseca, I. Duque-ingunza, B. De Rivas, L. Flores-giraldo, and J. I. Gutiérrez-ortiz, “Kinetics of catalytic glycolysis of PET wastes with sodium carbonate,” *Chem. Eng. J. J.*, vol. 168, pp. 312–320, 2011.
- [9] J. W. Desforges, M. Galbraith, N. Dangerfield, and P. S. Ross, “Widespread distribution of microplastics in subsurface seawater in the NE Pacific Ocean,” *Mar. Pollut. Bull.*, 2014.
- [10] N. Amalia and A. Lukman, “Pengaruh Konsentrasi Katalis Natrium Karbonat pada Proses Depolimerisasi Limbah Botol Polietilen Tereftalat (PET),” *J. Sains dan Seni Pomits*, pp. 1–6, 2013.
- [11] M. Ghaemy and K. Mossaddegh, “Depolymerisation of poly(ethylene terephthalate) fibre wastes using ethylene glycol,” *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 90, no. 3, pp. 570–576, 2005.
- [12] M. Imran, B. K. Kim, M. Han, B. G. Cho, and D. H. Kim, “Sub-and supercritical glycolysis of polyethylene terephthalate (PET) into the monomer bis(2-hydroxyethyl) terephthalate (BHET),” *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 95, no. 9, pp. 1686–1693, 2010.
- [13] X. Zhou, X. Lu, Q. Wang, M. Zhu, and Z. Li, “Effective catalysis of poly(ethylene terephthalate) (PET) degradation by metallic acetate ionic liquids,” *Pure Appl. Chem.*, vol. 84, no. 3, pp. 789–801, 2012.
- [14] N. D. Pingale and S. R. Shukla, “Microwave assisted ecofriendly recycling of poly (ethylene terephthalate) bottle waste,” *Eur. Polym. J.*, vol. 44, no. 12, pp. 4151–4156, 2008.
- [15] Y. C. Danarto, M. K. A. M, and Y. R. Siwi, “Pengolahan sampah Botol Plastik Menjadi Monomer BHET Sebagai Bahan Baku Plastik Dengan Proses Solvoysis,” *Simp. Nas.*, pp. 22–29, 2012.
- [16] J. Zhao *et al.*, “Science of the Total Environment Microplastic pollution in sediments from the Bohai Sea and the Yellow,” *Sci. Total Environ.*, vol. 640–641, pp. 637–645, 2018.
- [17] A. Muthmainnah, *Penentuan Limbah Mikroplastik Polietilena Tereftalat pada Udang Jerbung (Fenneropenaeus merguensis) dengan Metode Glikolis di Perairan Laut Kota Padang. Skripsi.* Padang: Universitas Negeri Padang, 2020.
- [18] Reza Elvinda, *Penentuan Limbah Mikroplastik Polyethylene Terephthalate (PET) Dengan Metode Glikolisis Dalam Ikan Caranx Sp. Di Kota Padang. Skripsi.* Padang: Universitas Negeri Padang, 2020.
- [19] R. A. Meilindri, *Penentuan Limbah Mikroplastik Polyethylene terephthalate (PET) dengan Metode Glikolisis dalam Garam Konsumsi di Kota Padang. Skripsi.* Padang: Universitas Negeri Padang, 2020.
- [20] J. Mu *et al.*, “AC SC,” in *Environmental Pollution*, China: Elsevier Ltd, 2018, pp. 1–28.
- [21] D. Zhang *et al.*, “Microplastic pollution in deep-sea sediments and organisms of the Western Pacific Ocean,” in *Environmental Pollution*, China: Elsevier Ltd, 2020, p. 113948.
- [22] Y. Y. Tsang, C. W. Mak, C. Liebich, S. W. Lam, E. T. Sze, and K. M. Chan, “Microplastic pollution in the marine waters and sediments of Hong Kong,” *MPB*, 2016.
- [23] W. Zhang *et al.*, “Microplastic pollution in the surface waters of the Bohai Sea, China,” *Environ. Pollut.*, vol. 231, pp. 541–548, 2017.