



Analisis Gugus Fungsi dan Sifat Termal Limbah Jaring Ikan Untuk Produk Otomotif

Analysis of Functional Group and Thermal Properties of Fishing Net Waste for Automotive Products

Fitria Ika Aryanti¹, Silvia^{1*}, Teguh Budi Santoso¹, Alana Lovin Romaro¹

¹Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta Jl. Letjen Suprpto No. 26, Jakarta, Indonesia 10510

*Corresponding Author: silvia@stmi.ac.id

Received: 13th January 2024; Revised: 18th July 2024; Accepted: 24th July 2024

ABSTRAK

Penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari memiliki umur masa pakai hingga beberapa tahun. Limbah jaring ikan merupakan salah satu limbah plastik yang berbahaya. Selain mencemari lautan, limbah jaring ikan juga dapat merusak biota laut seperti: terumbu karang dan hewan-hewan laut. Umumnya di Indonesia jaring ikan terbuat dari poliamida sintesis (nilon), polietilen, dan poliamida organik seperti sutra, wol atau benang sutra. Limbah jaring ikan ini memiliki potensi untuk didaur ulang. Salah satu pemanfaatan limbah jaring ikan, yaitu sebagai material yang dapat dicampurkan dalam pembuatan produk otomotif. Pada umumnya, produk otomotif berbahan poliamida dapat diproses dengan temperatur operasi maksimal 265°C. Limbah jaring ikan diproses menjadi kompon polimer menggunakan alat *twin-screw extruder*. Terdapat 5 (lima) variasi komposisi yang dianalisis yakni: poliamida murni (PA), *recycled* poliamida berupa limbah jaring ikan (rPA), PA-rPA 50:50, PA-rPA 75:25 dan PA-rPA 25:75. Karakteristik produk dilakukan pengujian sifat termal berupa temperatur leleh kompon dengan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dan pengujian identifikasi gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform InfraRed* (FTIR). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa semua variasi komposisi mengandung poliamida dengan suhu leleh pada rentang 218,8-224,4°C. Penambahan limbah jaring ikan dalam kompon polimer mempengaruhi temperatur leleh produk akhir. Pada penambahan limbah jaring ikan 25% diperoleh temperatur leleh yang mendekati karakteristik nilon sebagai bahan komponen otomotif. Pada pengujian FTIR diperoleh gugus fungsi karbonil (C=O) dan gugus fungsi amina sekunder (N-H) yang menandakan adanya ikatan amida pada limbah jaring ikan dan pada semua variasi komposisi.

Kata kunci: limbah jaring ikan, poliamida, gugus fungsi, sifat termal

ABSTRACT

Plastic has been used in daily life due to its durability. Fishing net waste is a type of plastic waste that is dangerous which can damage marine biota, such as coral reefs and marine animals. In Indonesia, fishing nets are made from synthetic polyamide (nylon), polyethylene and organic polyamide such as silk, wool, or silk thread. One of the uses of fishing net waste is as a material that can be mixed in the manufacture of automotive products. In general, automotive products made from polyamide can be processed with a maximum operating temperature of 265°C. Fish net waste is processed into compounds using a twin-screw extruder. There are five variations of the composition: pure polyamide (PA), recycled polyamide (rPA), PA-rPA 50:50, PA-rPA 75:25, and PA-rPA 25:75. The product characteristics were tested for thermal properties in the form of compound melting temperature with *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) and functional group identification testing using *Fourier Transform InfraRed* (FTIR). Based on the results of the study, it was obtained that all variations in composition contain polyamide with a melting temperature in the range of 218.8-224.4°C. The waste of fishing nets in polymer compounds affects the melting temperature of the final product. In the addition of 25% of fishing net waste, a melting temperature was obtained that was close to the characteristics of nylon as an automotive component material. In the FTIR test, carbonyl functional groups (C=O) and secondary amine functional groups (N-H) were obtained which indicated the presence of amide bonds in fish net waste and in all variations in composition.

Keywords: Fishing net waste, polyamide, functional groups, thermal properties

Copyright © 2024 by Authors, Published by JITK. This is an open-access article under the CC BY-SA License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>).

How to cite: Aryanti, F. I., Silvia, S., Santoso, T. B., & Romaro, A. L. Analisis Gugus Fungsi dan Sifat Termal Limbah Jaring Ikan Untuk Produk Otomotif. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 8(2).

Permalink/DOI: <https://doi.org/10.32493/jitk.v8i2.37885>



PENDAHULUAN

Jaring ikan merupakan salah satu alat bantu yang digunakan oleh nelayan dalam menangkap ikan. Jaring ikan biasanya terbuat dari plastik berbentuk benang yang dirajut/dijahit menjadi bentuk sedemikian rupa sehingga bisa digunakan sebagai alat bantu untuk menangkap ikan. Penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari memiliki umur masa pakai hingga beberapa tahun. Penggunaan yang terlalu sering/intens akan menyebabkan umur pakai plastik berkurang sehingga efektivitas penggunaannya menjadi menurun. Limbah jaring ikan merupakan salah satu limbah plastik yang berbahaya apabila dibuang begitu saja di lautan atau di daratan. Selain mencemari lautan, limbah jaring ikan juga dapat merusak biota laut seperti: terumbu karang dan hewan-hewan laut. Umumnya di Indonesia jaring ikan terbuat dari poliamida sintetis (nilon), polietilen, dan poliamida organik seperti sutra, wol atau benang sutra (Mulyono, 2019; Juan et al., 2021). Poliamida merupakan polimer termoplastik semi kristalin yang banyak digunakan pada sektor otomotif karena sifat termal dan sifat mekaniknya yang sangat baik (Kondo et al., 2022). Proses pengolahan plastik yang banyak digunakan dalam industri salah satunya yaitu ekstrusi dengan menghasilkan beberapa produk seperti pipa, kabel, komponen otomotif, dan lain-lain (Aryanti & Pasya, 2021).

Beberapa penelitian yang sudah melakukan penelitian terkait limbah jaring ikan. Penelitian Mondragon et al., (2020) meneliti tentang daur ulang termomekanis poliamida 6 dari limbah jaring ikan menggunakan alat *twin-screw extruder* (model Haake Rheomex CTW100) dengan bahan utama berupa limbah jaring ikan PA-6 dan bahan utama berupa PA-6 virgin. Temperatur profil 250, 255, 260, dan 265 °C, kecepatan *screw* 60-75 rpm, Hasil menunjukkan semua sampel *recycled* PA-6 setelah pemrosesan serupa dengan PA-6 virgin. PA yang diperoleh dari limbah jaring ikan valid untuk didaur ulang, karena dapat diproses untuk aplikasi industri potensial

yang berbeda tanpa kehilangan sifat utama. Penelitian terkait limbah poliamida dilakukan oleh Al-Mazrouei et al. (2022) meneliti karakterisasi dan potensi keberlanjutan dari *recycled* limbah komposit nilon *3D-printed*, menggunakan alat *twin-screw extruder* (model MiniLab H.A.A.K.E. Rheomex CTW5) dengan variasi bahan *nylon-carbon fiber filament*, *nylon-glass fiber filament* pada temperatur 250°C dan kecepatan *screw* 70 r/min. Penelitian lain terkait limbah jaring ikan yang mengandung polietilen dilakukan oleh (Juan et al., 2021), meneliti mengenai tantangan dan peluang jaring ikan bekas (polietilen) untuk menuju Ekonomi Sirkuler, penelitian ini menggunakan alat *twin-screw extruder* (model Collin ZK 50) dengan bahan utama berupa *recycled HDPE* dan bahan tambahan berupa *raw HDPE (virgin)*, kondisi operasi temperatur 185 - 240°C, kecepatan *screw* 60-80 rpm. Hasil menunjukkan ada keterbatasan untuk pembuatan serat dari penggunaan *recycled* HDPE karena adanya partikel anorganik dari laut yang membatasi penggunaan *recycled* HDPE untuk diaplikasikan. Akan tetapi, terbukti bawah pemilihan resin PE yang tepat untuk digunakan dalam proses pencampuran, memungkinkan penggunaan aplikasi lain yang mungkin seperti botol *non-food grade*.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan, limbah jaring ikan belum pernah digunakan sebagai produk otomotif sehingga berpotensi untuk diteliti. Proses pembuatan komponen material otomotif menggunakan alat *twin-screw extruder* (model Collin Teach-Line® Compounder ZK 25 × 24 D). Komponen yang dihasilkan, selanjutnya dilakukan pengujian FTIR yang berfungsi untuk mengetahui gugus fungsi polimer pada limbah jaring ikan. Setelah mengetahui jenis polimer penyusun limbah jaring ikan maka dilakukan perbandingan sifat limbah jaring ikan ini dengan nilon murni.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui gugus fungsi dari limbah jaring ikan serta gugus fungsi komposisi hasil pencampuran dan mengetahui sifat termal dari komposisi campuran limbah jaring ikan dan poliamida. Pengujian identifikasi gugus fungsi limbah jaring ikan dan variasi komposisi nilon *recycled*



dan nilon murni menggunakan *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Spektroskopi FTIR memiliki kemampuan cepat, non-destruktif, dan hanya membutuhkan preparasi sampel yang sederhana (Rasyida et al., 2014). Untuk dapat menentukan karakteristik termal produk hasil pencampuran yang akan diaplikasikan sebagai produk otomotif maka diperlukan pengujian sifat termal dengan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC). Pengujian stabilitas termal menggunakan DSC banyak dilakukan sebagai analisis kuantitatif dengan metode yang cepat dan sederhana (Kodre et al., 2014). Stabilitas termal yang baik pada suhu tinggi merupakan salah satu parameter dalam pembuatan material dalam komponen otomotif (Kondo et al., 2022).

BAHAN DAN METODE

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Mesin *Teach-line Collin Compounder ZK 25×24 D twin-screw extruder made in Germany*, neraca analitik, gunting, kaca arloji, gelas kimia, pinset, oven, *differential Scanning Calorimetry* (DSC) tipe Netzsch 214 Polyma Instrument made in Germany dan *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) merk Thermoscientific Spec Nicolet iS10 made in USA. Bahan yang digunakan adalah poliamida murni dari salah satu produsen komponen otomotif di daerah Bogor dan poliamida *recycled* dari limbah jaring ikan dari daerah Jakarta Utara.

Preparasi Bahan

Limbah jaring ikan (PA_r) dan poliamida murni (PA_m) dicuci menggunakan air dan dibilas dengan aquades, setelah itu bahan dikeringkan menggunakan oven untuk menghilangkan air yang menempel pada bahan. Setelah kering maka PA_r dan PA_m ditimbang sebanyak 5 variasi dengan berat masing-masing bahan sesuai dengan Tabel 1. Setelah itu semua bahan dicampur secara manual sebelum diproses dengan mesin *compounder*. Hasil produk ekstrusi dari mesin *compounder* disebut sebagai ekstrudat selanjutnya dipotong menjadi panjang yang

diinginkan (Groover, 2012).

Tabel 1. Komposisi poliamida murni (PA_m) dan limbah jaring ikan (PA_r)

No	Persentase matriks (%berat)	Komponen (gram)		Total
		PA_m	PA_r	
1	$PA_m : PA_r (100 : 0)$	200	-	200
2	$PA_m : PA_r (0 : 100)$	-	200	200
3	$PA_m : PA_r (50 : 50)$	100	100	200
4	$PA_m : PA_r (75 : 25)$	150	50	200
5	$PA_m : PA_r (25 : 75)$	50	150	200

Variabel bebas pada penelitian ini yaitu ditetapkan persentase berat (%wt) dari komposisi poliamida (PA) murni (PA_m) dan poliamida (PA) *recycled* (PA_r). Variasi penelitian ditunjukkan dalam Tabel 1.

Pembuatan Kompon

Prosedur pembuatan kompon dimulai dengan menimbang masing-masing material kemudian dilanjutkan dengan pencampuran pelet PA murni dan cacahan PA *recycled* kemudian dimasukkan ke dalam mesin *compounder twin-screw extruder* sampai menghasilkan produk campuran yang diinginkan. Setelah itu produk dipotong-potong menjadi pelet menggunakan mesin *pelletizer* yang merupakan bagian tak terpisahkan dari mesin *extruder*. Produk berupa campuran pelet poliamida dengan berbagai macam komposisi sesuai Tabel 1.

Pembuatan Pelet

Proses pembuatan pelet poliamida menggunakan *compounder*. Setelah dilakukan penimbangan sesuai variasi, dipastikan bahwa kondisi mesin *compounder* sudah dalam kondisi siap digunakan. Mesin dinyalakan dan temperatur pemanasan diatur sebesar 280°C , kurang lebih 30°C di atas temperatur leleh poliamida. Laju putaran *screw*, temperatur pada semua zona, dan kecepatan laju putaran *pelletizer* diperiksa setiap saat. Pelet yang sudah dihasilkan perlu di oven dahulu untuk menghilangkan kandungan air. Pelet yang sudah kering maka siap dilakukan pengujian menggunakan alat FTIR dan DSC.



Karakterisasi Polimer

Karakterisasi limbah jaring ikan dan variasi komposisi dilakukan dengan pengujian identifikasi gugus fungsi menggunakan alat FTIR dan pengujian sifat termal menggunakan DSC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan sampel yang terdiri dari 5 (lima) variasi komposisi yaitu poliamida murni (PA), limbah jaring ikan/*recycled* poliamida (rPA), campuran poliamida murni- *recycled* poliamida 50:50 (rPA 50), campuran poliamida murni- *recycled* poliamida 75:25 (rPA 25), dan campuran poliamida murni- *recycled* poliamida 25:75 (rPA 75). Pembuatan 5 jenis variasi sampel dengan menggunakan alat *compounder*.

Penggunaan alat *compounder* bertujuan untuk dapat mencampurkan sampel yang terdiri dari beberapa campuran bahan dengan menggunakan suhu tertentu, biasanya suhu yang digunakan yaitu temperatur leleh sampel. Saat campuran bahan meleleh maka hasil ekstrusi melewati *waterbath* yang berisi air sampai menjadi padat kemudian dipotong oleh *pelletizer* sehingga menghasilkan kompon pelet. Kompon pelet yang masih basah, selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan oven. Hasil pelet/bijih plastik yang sudah kering seperti Gambar yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil kompon polimer (a) PA, (b) rPA, (c) rPA 50 (d) rPA 25 (e) rPA 75

Dari Gambar 1 terlihat bahwa setelah penambahan limbah jaring ikan, kompon polimer terlihat lebih gelap dibandingkan nilon murni. Hal ini menunjukkan masih terdapat pengotor atau bahan lain yang ada dalam limbah jaring ikan.

Hasil Pengujian FTIR

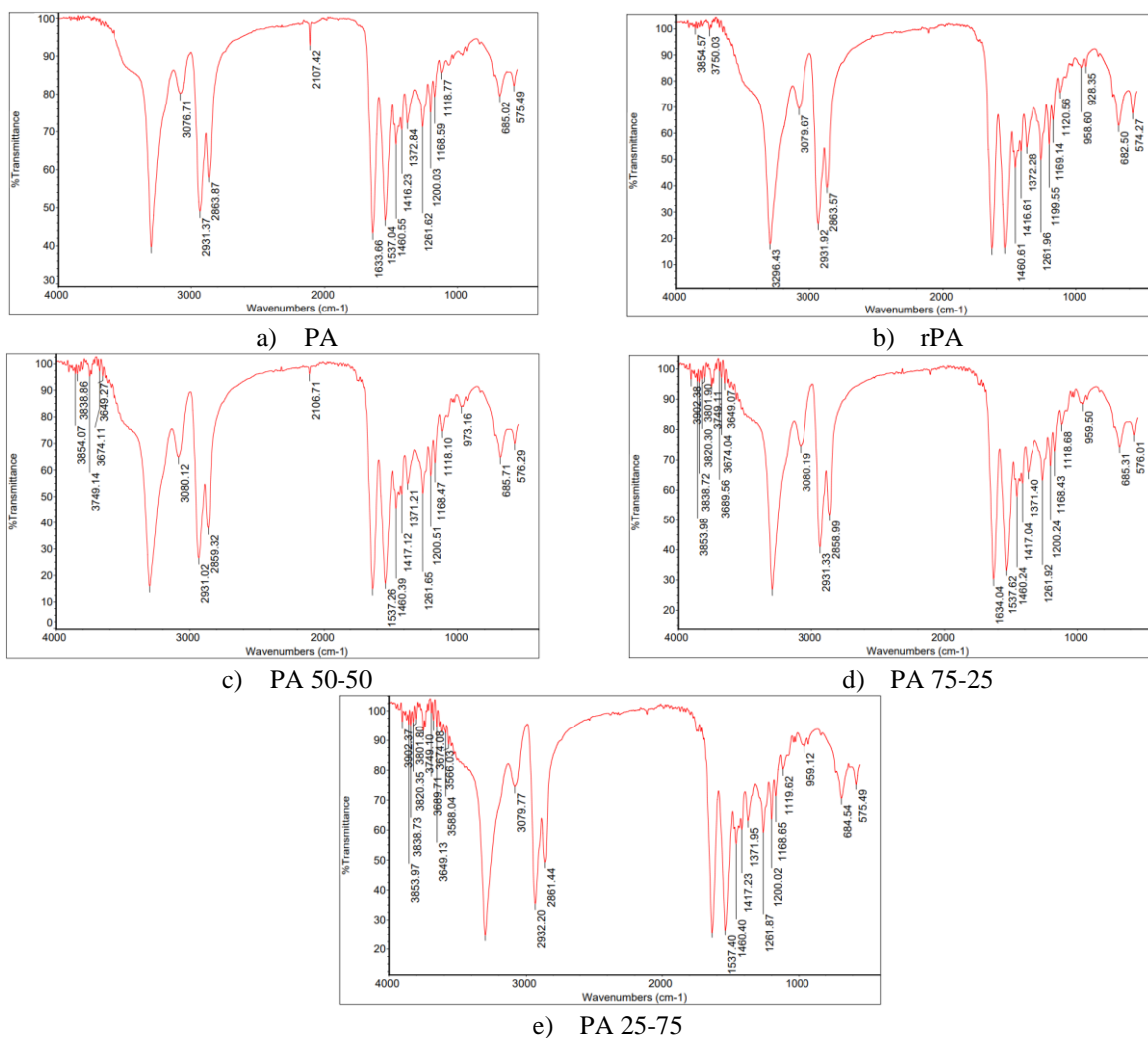
Dalam penelitian ini dilakukan pengujian FTIR bertujuan untuk dapat mengetahui gugus fungsi yang terkandung didalam sampel. Gugus fungsi yang muncul mengindikasikan bahwa didalam sampel terdapat ikatan kimia tertentu. Oleh karena pada sampel/limbah jaring ikan ini belum diketahui polimer penyusunnya poliamida atau polietilen maka perlu dilakukan pengujian gugus fungsi. Sampel yang terdiri dari 5 (lima) variasi komposisi diuji menggunakan alat FTIR.

Hasil yang diperoleh disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 2 menunjukkan kromatogram hasil pengujian FTIR. Pada Tabel 2 hasil pengujian FTIR menampilkan gugus fungsi yang dihasilkan dari hasil pengujian semua 5 variasi sampel serta tercantum juga daerah referensi (rentang bilangan gelombang pada gugus fungsi tertentu), daerah referensi ini diperoleh dari *handbook* Socrates (2004), penelitian Pavia et al (2014), penelitian Deng et al (2017), dan penelitian Pannase et al (2020). Dari hasil pengujian, limbah jaring ikan terindikasi mengandung poliamida dengan adanya gugus fungsi C=O *deformation* dengan rentang daerah referensi $770-525\text{ cm}^{-1}$, C-O *stretch* dengan rentang daerah referensi $1210-1163\text{ cm}^{-1}$, C-N *stretching* dengan rentang daerah referensi $1305-1200\text{ cm}^{-1}$, NH₂ *deformation* dengan rentang daerah referensi $1570-1515\text{ cm}^{-1}$, N-H *blend* dengan rentang daerah referensi $1640-1550\text{ cm}^{-1}$, *three bands*, N-H Str and O-H str dengan rentang daerah referensi $3300-2800\text{ cm}^{-1}$. Hal ini ditandai dengan adanya gugus fungsi karbonil (C=O) dan gugus fungsi amina sekunder (N-H). Dengan munculnya gugus fungsi tersebut maka menandakan adanya ikatan amida pada sampel. Selain dengan terbentuknya ikatan amida maka akan terbentuk pula ikatan kovalen antara karbon dan nitrogen (C-N).



Tabel 2. Hasil Pengujian FTIR

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)					Daerah Referensi (cm ⁻¹)
	Poliamida Murni (PA)	Recycled Poliamida (rPA)	PA-rPA 75-25	PA-rPA 25-75	PA-rPA 50-50	
C=O deformation	575.49	574.27	576.01	575.49	576.29	770-525
	685.02	682.50	685.31	684.54	685.71	
C-O stretch	1168.59	1169.14	1168.43	1168.65	1168.47	1210-1163
	-	1199.55	-	-	-	
C-N stretching	1200.03	-	1200.24	1200.02	1200.51	1305-1200
	1261.62	1261.96	1261.92	1261.87	1261.65	
C-N stretching	1416.23	1416.61	1417.04	1417.23	1417.12	1420-1400
NH₂ deformation	1537.04	1536.93	1537.62	1537.40	1537.26	1570-1515
N-H blend	1633.66	1634.23	1634.04	1635.02	1633.78	1640-1550
	2863.87	2863.57	2858.99	2861.44	2859.32	
Three bands, N-H Str and O-H str	2931.37	2931.92	2931.33	2932.20	2931.02	3300-2800
	3076.71	3079.67	3080.19	3079.77	3080.12	
	3294.51	3296.43	3295.04	3296.49	3295.21	



Gambar 2. Kromatogram hasil pengujian FTIR



Hasil Pengujian DSC

Untuk mengetahui sifat termal sampel yang dibuat maka perlu dilakukan pengujian sifat termal bahan menggunakan alat DSC. Pada pengujian ini kita dapat mengetahui suhu leleh (T_m) bahan/material. Terdapat 5 (lima) variasi sampel yang diuji yakni: poliamida murni (PA), limbah jaring ikan/*recycled* poliamida (rPA), campuran poliamida murni- *recycled* poliamida 50:50 (PA-rPA 50-50), campuran poliamida murni-*recycled* poliamida 75:25 (PA-rPA 75-25), dan campuran poliamida murni- *recycled* poliamida 25:75 (PA-rPA 25-75).

Tabel 3. Hasil Pengujian DSC

No	Variasi	T_m (°C)
1	PA	224.4
2	rPA	222.4
3	PA-rPA 50-50	218.8
4	PA-rPA 75-25	223.7
5	PA-rPA 25-75	221.1

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan DSC diperoleh nilai suhu leleh (T_m) 5 (lima) variasi sampel yakni: poliamida murni (PA) sebesar 224.4°C, *recycled* PA (rPA) sebesar 222.4°C, PA-rPA 50-50 sebesar 218.8°C, PA-rPA 75-25 sebesar 223.7°C, dan PA-rPA 25-75 sebesar 221.1°C. Dari hasil pengujian ini didapatkan nilai suhu leleh (T_m) semua variasi komposisi yang hampir mendekati nilai suhu leleh poliamida murni yaitu 224.4°C. Pada variasi 3 dihasilkan suhu leleh sebesar 218.8°C hal ini disebabkan pada komposisi tersebut terdapat *impurities* yang dapat menurunkan suhu leleh. Hasil pengujian sifat termal juga menunjukkan bahwa limbah jaring ikan memiliki suhu leleh sebesar 222.4°C yang nilainya mendekati suhu leleh poliamida murni. Hasil ini sejalan dengan penelitian Mondragon et al., (2020) yang menghasilkan suhu leleh berkisar 218.8-221°C. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa limbah jaring ikan nelayan yang didapat mengandung poliamida. Pengujian sifat termal ini diperlukan karena produk yang dihasilkan pada penelitian ini digunakan untuk aplikasi material pada industri otomotif, yang mana

memerlukan karakteristik sifat termal yang baik (Kondo et al., 2022).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil bahwa hasil uji analisis gugus fungsi menggunakan FTIR pada limbah jaring ikan mengandung poliamida dan pada semua variasi komposisi yang diuji mengandung gugus fungsi yang berkaitan dengan poliamida diantaranya: ikatan C=O *deformation*, C-O *stretch*, C-N *stretching*, NH₂ *deformation*, N-H *blend*, N-H Str and O-H str dan N-H *stretching*. Pengaruh penambahan limbah jaring ikan mempengaruhi pergeseran bilangan gelombang namun masih pada rentang daerah referensi yang sama. Pada pengujian DSC diperoleh nilai suhu leleh (T_m) semua variasi hampir mendekati nilai suhu leleh poliamida murni, yakni: poliamida murni (PA) sebesar 224.4°C, *recycled* PA (rPA) sebesar 222.4°C, PA-rPA 50-50 sebesar 218.8°C, PA-rPA 75-25 sebesar 223.7°C, dan PA-rPA 25-75 sebesar 221.1°C. Penambahan rPA (limbah jaring ikan) akan mempengaruhi temperatur leleh kompon polimer. Pada komposisi limbah jaring ikan 25% diperoleh temperatur leleh yang mendekati karakteristik nilon sebagai bahan komponen otomotif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Politeknik STMI Jakarta yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini dan mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Mazrouei, N., Al-Marzouqi, A. H., & Ahmed, W. (2022). Characterization and Sustainability Potential of Recycling 3D-Printed Nylon Composite Wastes. *Sustainability*, *14*(17), 10458.
- Aryanti, F. I., & Pasya, E. C. (2021). Purge material berbasis campuran recycled HDPE dan lempung kaolin untuk ekstrusi polipropilena dan masterbatch. *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*, *37*(1), 17. <https://doi.org/10.20543/mkcp.v37i1.665>



7

- Deng, J., Li, B., Xiao, Y., Ma, L., Wang, C.-P., Lai-Wang, B., & Shu, C.-M. (2017). Combustion properties of coal gangue using thermogravimetry–Fourier transform infrared spectroscopy. *Applied Thermal Engineering*, *116*, 244–252.
- Groover, M. P. (2012). *Fundamentals of Modern Manufacturing 4th Edition. Metallurgy of Welding*.
- Juan, R., Domínguez, C., Robledo, N., Paredes, B., Galera, S., & García-Muñoz, R. A. (2021). Challenges and opportunities for recycled polyethylene fishing nets: Towards a circular economy. *Polymers*, *13*(18), 3155.
- Kodre, K. V., Attarde, S. R., Yendhe, P. R., Patil, R. Y., & Barge, V. U. (2014). Differential scanning calorimetry: A review. *Research and Reviews: Journal of Pharmaceutical Analysis*, *3*(3), 11–22.
- Kondo, M. Y., Montagna, L. S., Morgado, G. F. D. M., Castilho, A. L. G. D., Batista, L. A. P. D. S., Botelho, E. C., ... & Ribeiro, M. V. (2022). Recent advances in the use of Polyamide-based materials for the automotive industry. *Polímeros*, *32*, e2022023.
- Mondragon, G., Kortaberria, G., Mendiburu, E., González, N., Arbeláiz, A., & Peña-Rodríguez, C. (2020). Thermomechanical recycling of polyamide 6 from fishing nets waste. *Journal of Applied Polymer Science*, *137*(10), 48442.
- Mulyono, M. A. (2019). Simulasi Alat Penjaring Ikan Otomatis Dengan Penggerak Motor Servo Continuous, Sensor Jarak Hc-Sr04 Dan Tombol, Menggunakan Arduino Mega. *E-Bisnis: Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Bisnis*, *12*(1), 39–48.
- Pannase, A. M., Singh, R. K., Ruj, B., & Gupta, P. (2020). Decomposition of polyamide via slow pyrolysis: Effect of heating rate and operating temperature on product yield and composition. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, *151*, 104886.
- Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S., & Vyvyan, J. A. (2014). *Introduction to spectroscopy*. Cengage learning.
- Rasyida, K., Kuswandi, B., & Kristiningrum, N. (2014). Deteksi Kemurnian Air Zamzam Menggunakan Metode Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Kemometrik (Detection of Zamzam Water Purity Using Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy Technique and Chemometrics). *Pustaka Kesehatan*, *2*(2), 320–326.
- Socrates, G. (2004). *Infrared and Raman characteristic group frequencies: tables and charts*. John Wiley & Sons.