

Investigasi *Ferrofluid* Dengan Bahan Besi dan Nikel Menggunakan *Software Image J*

Anas Muktar¹⁾, Gatut Rubiono²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Mesin Universitas PGRI Banyuwangi, Jl. Ikan Tongkol 01 Banyuwangi
email : anasmukhtar@unibabwi.ac.id

Abstrak

Mikroplastik merupakan polutan baru yang saat ini menjadi masalah global yang mengkhawatirkan bagi lingkungan. Mikroplastik adalah partikel plastik dengan ukuran <5 mm. Mikroplastik dapat berasal dari hasil produksi industri atau dari sampah plastik yang mengalami degradasi menjadi potongan-potongan kecil. Mikroplastik dapat bercampur dengan air, udara dan sangat berbahaya bagi kesehatan apabila masuk dalam tubuh manusia, dapat menyebabkan kanker dan gangguan sistem pernapasan. Salah satu cara untuk mereduksi kadar mikroplastik yang terdapat pada air adalah ferrofluid. Ferrofluid merupakan cairan koloid yang terbuat dari partikel feromagnetik nano yang tersuspensi dalam cairan pembawa, biasanya pelarut organik atau air. Dalam penelitian ini akan dikaji tentang penggunaan beberapa jenis logam yang digunakan untuk membuat cairan ferrofluid yang lebih efisien dalam menyerap mikroplastik dalam air. Sehingga penelitian ini nantinya akan menjadi referensi tambahan tentang ukuran partikel serbuk logam untuk aplikasi ferrofluid dalam upaya mengurangi polusi mikroplastik domestik. Penelitian dilakukan di laboratorium untuk uji Scanning Electron Microscope (SEM) dan Fourier Transform Infra Red (FTIR) untuk mendapatkan data struktur senyawa atau gugus fungsi dari ferrofluid.

Kata Kunci : Mikroplastik, Ferrofluid, Magnet, Minyak.

1. PENDAHULUAN

Masyarakat Indonesia dalam kehidupan sehari-hari seperti tidak dapat terlepas dari benda yang terbuat dari plastik, sehingga menyebabkan produksi sampah plastik Indonesia tergolong cukup tinggi, yaitu 6,2 juta ton pada tahun 2017, dan diperkirakan 620.000 ton plastik masuk ke perairan Indonesia, sehingga menyebabkan Indonesia tercatat berkontribusi terbesar kedua di dunia setelah China untuk limbah plastik yang masuk ke laut [1]

Komposisi sampah yang dihasilkan dari aktivitas manusia adalah sampah organik sebanyak 60-70% dan sisanya adalah sampah non organik 30-40%, sementara itu dari sampah non organik tersebut komposisi sampah terbanyak kedua yaitu sebesar 14% adalah sampah plastik. Sampah plastik yang terbanyak adalah jenis kantong plastik atau kantong kresek selain plastik kemasan [2]. Produksi sampah di Kabupaten Banyuwangi sangat besar. Data Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Banyuwangi mencatat, potensi sampah di organik dan organik di Banyuwangi, mencapai 1.245 ton per hari. Rincian dari total tersebut adalah sampah plastik 45%, kertas 19%, beling 4%, logam 4 dan sampah lain 28% [3].

Pada umumnya, proses dekomposisi plastik berlangsung sangat lambat dan memerlukan waktu hingga ratusan tahun agar plastik terdegradasi menjadi mikroplastik dan nanoplastik melalui berbagai proses fisik, kimiawi, maupun biologis [4]. Mikroplastik memiliki ukuran antara 0,3 mm sampai 5 mm [5]. Mikroplastik terbagi menjadi 2 kategori yaitu ukuran besar (1-5 mm) dan kecil (<1 mm), sedangkan untuk ukuran (<300 µm) disebut nanoplastik [6].

Mikroplastik dilingkungan terbentuk akibat dari paparan sinar matahari yang menyebabkan proses fotooksidasi sebagai hasil dari absorpsi panjang gelombang berenergi tinggi dari spektrum ultraviolet (UV) oleh polimer. Setelah degradasi dimulai, dapat dilanjutkan melalui reaksi thermo oksidatif yang bergantung pada suhu tanpa paparan radiasi UV lebih lanjut, selama oksigen tersedia sehingga membentuk mikroplastik [7].

Jenis dari mikroplastik sangat beragam yakni fiber, fragmen, film dan granula [8]. Mikroplastik memungkinkan untuk masuk dalam tubuh biota laut seperti ikan dan bivalvia dikarenakan ukurannya yang sangat kecil, akibatnya polutan ini dapat masuk dalam sistem rantai makanan (aquatic food chain). Dengan demikian keberadaan polutan plastik ini

dalam seafood yang dikonsumsi manusia dapat memberikan risiko keamanan pangan yang perlu dikaji lebih jauh [9].

Mikroplastik merupakan polutan yang berbahaya bagi lingkungan dan manusia, untuk itu diperlukan sebuah penelitian yang bertujuan untuk mengkaji aplikasi ferrofluid dalam upaya mengurangi polusi mikroplastik domestik.

Pemerintah kabupaten Banyuwangi sudah berupaya mengurangi sampah plastik dengan membangun Tempat Pengolahan Sampah Terpadu Reduce, Reuse, Recycle (TPST 3R) dengan kapasitas 84 ton per hari di Kecamatan Songgon. TPST ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas penanganan sampah di wilayah Songgon dan empat kecamatan lain di sekitarnya itu merupakan kolaborasi Pemerintah Norwegia bersama Pemerintah kabupaten Banyuwangi. Pemilihan langsung sampah dari rumah tangga adalah peran dari TPST yang mewujudkan pelaksanaan program Banyuwangi Hijau. Program ini merupakan kelanjutan dari Project STOP (Stop Ocean Plastics) yang sukses dilaksanakan di Kecamatan Muncar sejak 2018 oleh Non-Governmental Organization (NGO) dunia PT Systemiq Lestari Indonesia, yang didanai pemerintah Norwegia dan institusi bisnis Borealis dari Austria [10].

Polutan mikroplastik berasal dari industri dan domestik. Upaya preventif diperlukan untuk mencegah atau mengurangi polutan ini masuk ke lingkungan perairan. Hal ini dapat dilakukan dengan mengembangkan satu metode untuk menangkap polutan di saluran pembuangan limbah industri maupun domestik. Aplikasi ferrofluid berpotensi dapat mengurangi atau mencegah pencemaran mikroplastik di lingkungan.

Berbagai upaya telah dilakukan melalui penelitian untuk mengurangi kadar mikroplastik dalam air telah dilakukan dengan menggunakan koagulan [11][12], elektrokoagulan [13], penggunaan koagulan dan ultrafiltrasi [14], instalasi pengolahan air limbah [15], *coagulation-flocculation-sedimentation* (CFS) menggunakan tawas [16], menggunakan membran [17], separator [18][19], penggunaan jenis minyak pada ferrofluid [20][21].

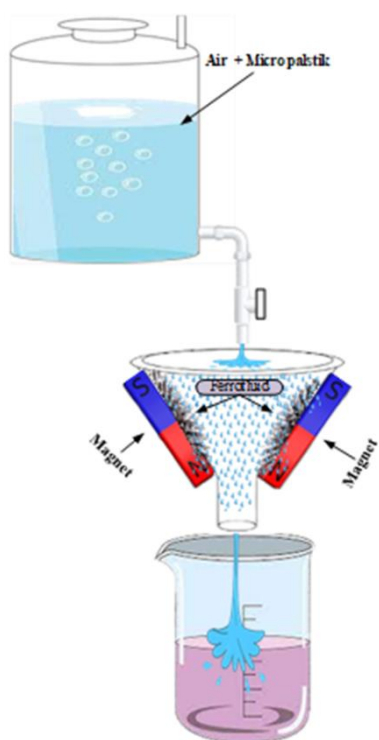
Efisiensi ferrofluid dapat ditingkatkan dengan beberapa cara antara lain ; dengan menggunakan beberapa jenis serbuk logam (magnetit); penggunaan jumlah volume minyak sebagai cairan pembawa (viskositas); dan perbedaan jenis minyak yang digunakan [21]. Efisiensi ferrofluid berdasarkan perbedaan minyak yang

digunakan dalam menyerap kandungan mikroplastik dipengaruhi oleh kekentalan (viskositas) dari minyak yang digunakan, minyak dengan viskositas lebih rendah mempunyai daya serap yang tinggi, begitu juga sebaliknya [22]. Penambahan volume minyak akan mengurangi efisiensi ferrofluid dalam menyerap mikroplastik [23]. Penambahan dosis dari serbuk logam pada ferrofluid akan mempengaruhi konduktivitas termal [24].

Hasil kajian di atas menunjukkan bahwa peran serbuk logam dan minyak adalah penting bagi efisiensi dari ferrofluid. Namun belum meneliti pada jenis logam, ukuran partikel logam yang digunakan dengan komposisi penggunaan jenis minyak. Sehingga penelitian ini nantinya akan menjadi referensi tambahan tentang ukuran partikel serbuk logam untuk aplikasi ferrofluid dalam upaya mengurangi polusi mikroplastik domestik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan eksperimen menggunakan ferrofluid dengan menggunakan bahan logam besi dan nikel. Hasil dari pengujian morfologi bahan dari besi dan nikel menggunakan mikroskop USB kemudian di analisis menggunakan aplikasi *ImageJ*.

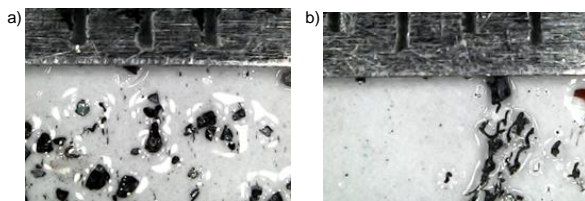


Gambar 1. Skema penelitian

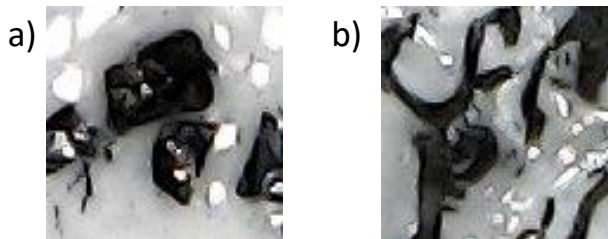
3. HASIL DAN DISKUSI

Data hasil penelitian

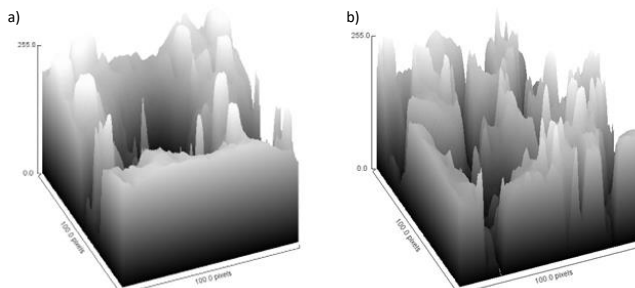
Serbuk Besi



Gambar 1. Foto mikroskop USB, a) serbuk besi tanpa perlakuan magnet, b) serbuk besi dengan perlakuan magnet

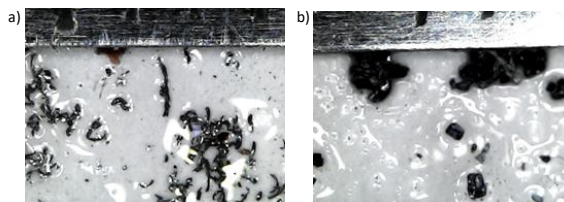


Gambar 2. Foto berukuran 1 mm x 1 mm, a) serbuk besi tanpa perlakuan magnet, b) serbuk besi dengan perlakuan magnet

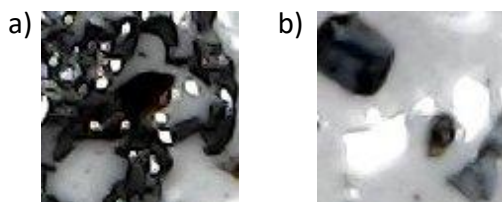


Gambar 4. Surface plot, a) serbuk besi tanpa perlakuan magnet, b) serbuk besi dengan perlakuan magnet

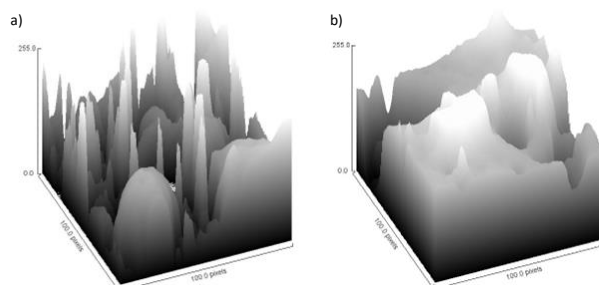
Serbuk Nikel



Gambar 5. Foto mikroskop USB, a) serbuk nikel tanpa perlakuan magnet, b) serbuk nikel dengan perlakuan magnet



Gambar 6. Foto berukuran 1 mm x 1 mm, a) serbuk nikel tanpa perlakuan magnet, b) serbuk nikel dengan perlakuan magnet



Gambar 7. Surface plot, a) serbuk nikel tanpa perlakuan magnet, b) serbuk nikel dengan perlakuan magnet.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan dari kedua logam yaitu besi dan nikel jika dilihat dengan menggunakan mikroskop USB pada morfologi permukaannya. Struktur pada besi cenderung menyebar ketika terdapat perlakuan magnet, sedangkan struktur dari nikel cenderung lebih menggumpal (terkumpul) ketika mendapatkan perlakuan magnet. Hal ini disebabkan oleh struktur

kristal besi yang berbentuk *Body Centered Cubic* (BCC) [25], sedangkan pada nikel mempunyai struktur kristal *Face Centered Cubic* (FCC) [26].

Struktur kristal BCC memiliki satu sel utuh di tengah dan 8 sel satuan berada di tepi, dan 1/8 atom terdapat pada tiap-tiap sudut sel satuan sehingga dalam satu sel satuan BCC terdapat 2 atom.

Berdasarkan nilai Atomic Packing Factor (APF) dari struktur kristal BCC didapatkan 68% dan sisanya 32% adalah ruang kosong. Sedangkan pada struktur kristal pada FCC terdapat 74% dan sisanya 26% adalah ruang kosong [26].

Energi Anisotropi

Energi anisotropi yaitu energi yang bergantung pada arah magnetisasi dan sumbu kristalografi. Energi tersebut berasal dari interaksi spin orbit dan bergantung pada arah magnetisasi terhadap arah kristalografi. Anisotropi kristal banyak dimiliki oleh bahan feromagnetik yang disebut sebagai *magnetocrystalline anisotropy*. Dalam banyak kasus, orientasi magnetisasi lebih cenderung sejajar sepanjang arah *easy axis*. Sumbu yang sejajar dengan sumbu simetris disebut *easy axis* dimana pada arah sumbu ini bahan magnet mudah dimagnetisasi. Selain itu, ada juga yang disebut *hard axis* yaitu sumbu dimana bahan magnet susah untuk dimagnetisasi, seringkali diperlukan suatu energi untuk merubah vektor dari *easy axis* ke *hard axis*. Energi yang dibutuhkan untuk mengarahkan arah momen magnet menjauhi *easy axis* disebut *magnetocrystalline energy* atau energi anisotropi [27].

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka diduga dengan menggunakan serbuk nikel sebagai bahan dari ferrofluid dapat menyerap mikroplastik yang terdapat pada air dengan lebih efektif jika dibandingkan dengan menggunakan besi, dikarenakan ruang kosong pada nikel berdasarkan struktur kristalnya yakni 26%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan struktur kristal dari besi dan nikel, hal ini dapat diketahui dengan analisis permukaan / morfologi dengan menggunakan mikroskop USB yang di analisis menggunakan aplikasi *ImageJ*.
2. struktur BCC pada besi memiliki ruang kosong yang lebih besar dibandingkan dengan struktur FCC yang terdapat pada nikel.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah penelitian dapat dikembangkan dengan menggunakan jenis logam lain baik feromagnetik, paramagnetik atau diamagnetik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada DRTPM KEMENDIKBUDRISTEK dalam program Penelitian Dosen Pemula (PDP) pendanaan Tahun 2023 yang telah mendanai kegiatan penelitian ini sehingga terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Mahendradatta, Meta, Winiati P. Rahayu, Umar Santoso, Giyatmi, Ardiansyah, Dwi Larasati Nur Fibri, Feri Kusnandar YW. Inovasi Teknologi Pangan Menuju Indonesia Emas, Indonesia: IPB Press; 2021.
- [2]. Horie Y, Chervenak RP, Wolf R, Gerritsen ME, Anderson DC, Komatsu S, et al. Lymphocytes mediate TNF-alpha-induced endothelial cell adhesion molecule expression: studies on SCID and RAG-1 mutant mice. *J Immunol* 1997;159:5053–62. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.159.10.5053>.
- [3]. Sampah di Banyuwangi Capai 1 n.d.
- [4]. Andrady AL. Microplastics in the marine environment. *Mar Pollut Bull* 2011;62:1596–605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>.
- [5]. Munari C, Scoponi M, Mistri M. Plastic debris in the Mediterranean Sea: Types, occurrence and distribution along Adriatic shorelines. *Waste Manag* 2017;67:385–91. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.020>.
- [6]. Ayuningtyas WC, Yona D, S SHJ, Iranawati F. Kelimpahan Mikroplastik Pada Perairan Di Banyuwirip,Gresik,Jawatimur 2019;3:1–5.
- [7]. M. Smodlaka Tanković*, V. Stinga Perusco, J. Godrijan DMP, Pfannkuchen M. Marine Plastic Debris in The North-Eastern Adriatic: Book of abstracts. *Mar. Plast. debris north-eastern Adriat.*, 2015, p. 26.
- [8]. Weinstein JE, Crocker BK, Gray AD. From macroplastic to microplastic: Degradation of high-density polyethylene, polypropylene, and polystyrene in a salt marsh habitat. *Environ Toxicol Chem* 2016;35:1632–40. <https://doi.org/10.1002/etc.3432>.
- [9]. Bråte ILN, Eidsvoll DP, Steindal CC, Thomas K V. Plastic ingestion by Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the Norwegian coast. *Mar Pollut Bull* 2016;112:105–10. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.034>.
- [10]. Claessens M, Meester S De, Landuyt L Van, Clerck K De, Janssen CR. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Mar Pollut Bull* 2011;62:2199–204. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.030>.
- [11]. Widianarko B, Hantoro I. Mikroplastik dalam Seafood Seafood. 2018.
- [12]. Pengolahan sampah di Banyuwangi mulai dibangun November tahun ini - ANTARA News Jawa Timur n.d.
- [13]. Hatamie A, Parham H, Zargar B, Heidari Z. Evaluating magnetic nano-ferrofluid as a novel coagulant for surface water treatment. *J Mol Liq* 2016;219:694–702. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.04.020>.
- [14]. Ma B, Xue W, Ding Y, Hu C, Liu H, Qu J. Removal characteristics of microplastics by Fe-based coagulants during drinking water treatment. *J Environ Sci (China)* 2019;78:267–75. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2018.10.006>.
- [15]. Rizkia PN, Hendrasarie N. Penurunan Kadar Mikroplastik Tipe Serat pada Limbah Laundry dengan Metode Elektrokoagulasi. *Serambi Eng* 2022;VII:3516–24.
- [16]. Ma B, Xue W, Hu C, Liu H, Qu J, Li L. Characteristics of microplastic removal via coagulation and ultrafiltration during drinking water treatment. *Chem Eng J* 2019;359:159–67. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.11.155>.
- [17]. Le TMT, Truong TNS, Nguyen PD, Le QDT, Tran QV, Le TT, et al. Evaluation of microplastic removal efficiency of wastewater-treatment plants in a developing country, Vietnam. *Environ Technol Innov* 2023;29:102994. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102994>.
- [18]. Xue J, Peldszus S, Van Dyke MI, Huck PM. Removal of polystyrene microplastic spheres by alum-based coagulation-flocculation-sedimentation (CFS) treatment of surface

- waters. *Chem Eng J* 2021;422:130023. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130023>.
- [19]. Pramanik BK, Pramanik SK, Monira S. Understanding the fragmentation of microplastics into nano-plastics and removal of nano/microplastics from wastewater using membrane, air flotation and nano-ferrofluid processes. *Chemosphere* 2021;282:131053. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131053>.
- [20]. Pita F, Castilho A. Separation of plastics by froth flotation. The role of size, shape and density of the particles. *Waste Manag* 2017;60:91–9. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.07.041>.
- [21]. Pramanik BK, Roychand R, Monira S, Bhuiyan M, Jegatheesan V. Fate of road-dust associated microplastics and per- and polyfluorinated substances in stormwater. *Process Saf Environ Prot* 2020;144:236–41. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.07.020>.
- [22]. Martinez L, Bumjung K. Removal of Microplastics in Water using Oil-based Ferrofluid solution Luzangela Martinez and Bumjung Kim New Jersey City University 2018:2018.
- [23]. Hamzah S, Ying LY, Azmi AAAR, Razali NA, Hairon NHH, Mohamad NA, et al. Synthesis, characterisation and evaluation on the performance of ferrofluid for microplastic removal from synthetic and actual wastewater. *J Environ Chem Eng* 2021;9:105894. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105894>.
- [24]. Ay AN, Zümreoglu-Karan B, Temel A, Mafra L. Layered double hydroxides with interlayer borate anions: A critical evaluation of synthesis methodology and pH-independent orientations in nano-galleries. *Appl Clay Sci* 2011;51:308–16. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2010.12.015>.
- [25]. Puri, R. K dan V. K. Babbar. 2001. *Solid State Physics and Elektronics*. New Delhi: S. Chand & Company LTD.
- [26]. Callister, W. D. dan Rethwisch, D. G. 2009. *Materials Science and Engineering An Introduction*. Eighth Edition. New York: John Wiley and Sons.
- [27]. Mardona. 2012. *Dinamika Domain Wall dan Efek Anisotropi Pada Material Feromagnet Co Dan Ni Berbentuk Nanowire*. Tesis. Jakarta: Universitas Jakarta.