

INOVASI PENJERNIHAN LIMBAH PABRIK TAHU BERTEKNOLOGI CARBON NANODOTS SEBAGAI FOTOKATALIS RAMAH LINGKUNGAN

Athi' Nur Auliati Rahmah¹, Bian Itsna Ashfa Al Ashfiya², Muhammad Rizki³

¹Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia.

²Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia.

³Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia.

¹athirahmah@gmail.com, ²ashfaalashfiya@gmail.com, ³rizkialdebarannn@gmail.com

Abstract

Tofu is a popular local food in Indonesia. The home-based tofu industry in Krappyak, Seyegan, Sleman is one of the tofu producers in Yogyakarta. The process of tofu processing produces solid and liquid wastes. However, the tofu processing wastes have not been managed properly. Based on our initial observations, the waste from the tofu industry is not treated and is immediately dumped into a ditch that empties into the reservoir. This study intends to provide an innovative solution by processing tofu wastes into carbon nanodots (C-dots) that can be used as photocatalysts. The C-dots can then be used to purify the tofu liquid wastes. This research can provide essential benefits, which is based on the principle of 'from waste, by waste, and for waste'. Therefore, it is important find a way to treat tofu waste so that it does not pollute the environment. This study used an experimental method, which is divided into two stages, synthesis stage of C-dots and the stage of tofu waste purification using C-dots. There are two main ingredients in the synthesis of C-dots, namely liquid and solid wastes from tofu processing. Based on the results of the light intensity and UV-Vis spectroscopy tests, C- dots made from tofu liquid waste can be used for purifying tofu liquid waste. This results are expected to be a recommendation for home-based tofu industry in Krappyak and others to create an environmentally friendly waste treatment plant in order to realize regional independence and utilization of local potential.

Keywords: C-dots, liquid tofu waste, photocatalyst

Pendahuluan

Tahu adalah salah satu produk olahan kacang kedelai yang umum dikonsumsi masyarakat Indonesia (Harmayani dkk., 2019). Hal tersebut membuat tahu dapat dikatakan sebagai makanan lokal yang merakyat. Berdasarkan Katalog Direktori Industri Manufaktur 2019 yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS), ada sekitar 300 industri tahu per-2019. Krappyak, merupakan salah satu wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) yang dikukuhkan sebagai Sentra Industri Tahu karena mayoritas masyarakat setempat menekuni usaha pengolahan kedelai ini (Jogja.antaranews.com, 2017). Industri tahu rumahan di Krappyak, Seyegan, Sleman merupakan salah satu produsen tahu di Yogyakarta. Sebagaimana produsen tahu pada umumnya, proses

pengolahan tahu pada industri tahu rumahan di Krapyak menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Kendati demikian, berdasarkan observasi yang telah dilakukan, limbah pengolahan tahu tersebut belum dapat dikurangi (*reduce*), dimanfaatkan (*reuse*), dan diolah kembali (*recycle*).

Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan, limbah dari industri tahu rumahan di Krapyak ini tidak diolah dan langsung dibuang ke selokan yang bermuara di waduk. Jika semua limbah tahu dibuang tanpa ada perawatan sama sekali, hal ini pasti akan mengakibatkan pencemaran lingkungan sekitarnya (Faisal dkk., 2016). Kandungan nitrogen serta unsur hara lain pada konsentrasi tinggi di dalam air akan mempercepat pertumbuhan tumbuhan air. Kondisi demikian lambat laun akan menyebabkan kematian biota air (Bahri, 2006).

Berpijak dari permasalahan tersebut, penelitian ini bermaksud untuk memberi solusi baru, yaitu mengolah limbah tahu menjadi carbon nanodots (C-dots). C-dots merupakan nanomaterial nol dimensi (Hu dkk., 2019) yang dapat dimanfaatkan salah satunya sebagai fotokatalis (Shafafi, 2020). Berdasarkan Hindryawati (2020), fotokatalis adalah katalis yang bekerja dengan bantuan sinar (foton). Salah satu kelebihan dari degradasi dengan fotokatalis adalah tidak membutuhkan metode pengolahan lanjutan dari hasil degradasinya (Karthik dkk., 2014). Karakteristik fotokatalis tersebut dapat dimanfaatkan untuk menjernihkan limbah cair hasil pengolahan industri tahu rumahan di Krapyak.

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu: (1) Mengetahui hasil preparasi C-dots berbahan dasar limbah cair tahu; (2) Mengetahui karakteristik C-dots berbahan dasar limbah cair tahu sebagai fotokatalis penjernihan limbah cair tahu melalui uji intensitas cahaya dan uji UV-Vis; dan (3) Mengetahui manfaat C-dots berbahan dasar limbah cair tahu sebagai fotokatalis penjernihan limbah cair tahu.

Penelitian ini dapat memberi manfaat yang esensial, yaitu pengolahan limbah tahu yang berdasarkan prinsip dari limbah, oleh limbah, dan untuk limbah. Dalam hal ini, 'dari limbah' berarti bahan yang digunakan adalah limbah cair tahu, 'oleh limbah' berarti limbah cair tahu diolah menjadi C-dots, dan 'untuk limbah' berarti C-dots dari limbah cair tahu digunakan untuk menjernihkan limbah cair tahu tersebut. Oleh sebab itu,

penelitian ini penting untuk dilakukan guna ditemukannya cara pengolahan limbah tahu pada industri tahu rumahan di Krapyak sehingga tidak mencemari lingkungan.

Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kualitatif mengenai bagaimana C-dots berbahan dasar limbah cair tahu dapat menjernihkan limbah cair tahu. Subjek penelitian ini adalah limbah cair tahu, khususnya limbah cair tahu di saluran pembuangan limbah pada daerah Krapyak, Seyegan, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Objek pada penelitian ini adalah kejernihan limbah cair tahu. Proses penelitian ini dimulai dengan pengambilan sampel limbah, lalu dilanjutkan dengan beberapa tahap berikut:

1) Alat dan Bahan

Berbagai alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair tahu, microwave, oven, akuades, gelas beker 100 mL, gelas ukur 10 mL, lampu UV, laser UV, laser hijau, spektrofotometer UV-Vis, luxmeter, botol sampel, pengaduk, kertas saring, kertas aluminium foil, statif, dan sendok.

2) Prosedur Penelitian

a. Proses Pembuatan C-dots

Proses pembuatan C-dots dimulai dengan membuat cairan dalam limbah tahu menguap menggunakan microwave. Kemudian kerak yang tersisa dimasukkan kedalam oven hingga menghasilkan arang. Arang ini ditumbuk hingga halus lalu dicampurkan dengan akuades dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian cairan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan bubuk C-dots dengan cairan C-dots.

b. Proses Aplikasi C-dots pada Limbah Cair Tahu

Sebelum C-dots dicampurkan dengan limbah, terlebih dahulu dibuat pengenceran C-dots menggunakan akuades hingga cairan tidak memiliki warna kuning kecoklatan. Dibuat 2 jenis formula pengenceran, yaitu:

Tabel 1. Jenis Pengenceran C-dots.

Formula Pengenceran	
Formula 1	C-dots 1 mL + Akuades 4 mL

Formula 2	C-dots 2 mL + Akuades 3 mL
------------------	----------------------------

Kedua hasil pengenceran tersebut yang nantinya akan diaplikasikan pada limbah. Limbah cair tahu murni yang akan diuji dituangkan pada 4 gelas beker dengan masing-masing berisi 20 mL limbah cair tahu. Gelas beker 1 dan 2 dicampurkan dengan hasil pengenceran pertama. Gelas beker 3 dicampurkan dengan hasil pengenceran kedua. Gelas beker 4 tidak dicampurkan dengan C- dots. Keempat sampel uji tersebut didiamkan selama lima hari. Kemudian, seluruh sampel disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan endapan dari cairannya.

c. Proses Uji Intensitas Cahaya

Sampel yang telah disaring dan dimasukkan kedalam botol, diletakkan pada statif yang berada diantara laser dan luxmeter. Kemudian sinar laser yang melewati cairan dalam botol diukur intensitas cahayanya oleh luxmeter. Dilakukan pengukuran berulang sebanyak 8 kali pada masing-masing sampel.

d. Proses Uji Spektroskopi UV-Vis

Proses Uji Spektroskopi UV-Vis diawali dengan mengencerkan keempat sampel dengan akuades hingga warna sampel tidak kekuningan. Pengenceran dilakukan dengan mencampurkan 5 tetes sampel dengan akuades kedalam tabung uji. Tabung uji ini dimasukkan kedalam mesin yang disebut spektrofotometer dengan batasan uji yaitu panjang gelombang antara ultraviolet hingga visual (200-800 nm). Spektrofotometer ini memunculkan data berupa tingkat absorbansi pada panjang gelombang antara ultraviolet hingga visual.

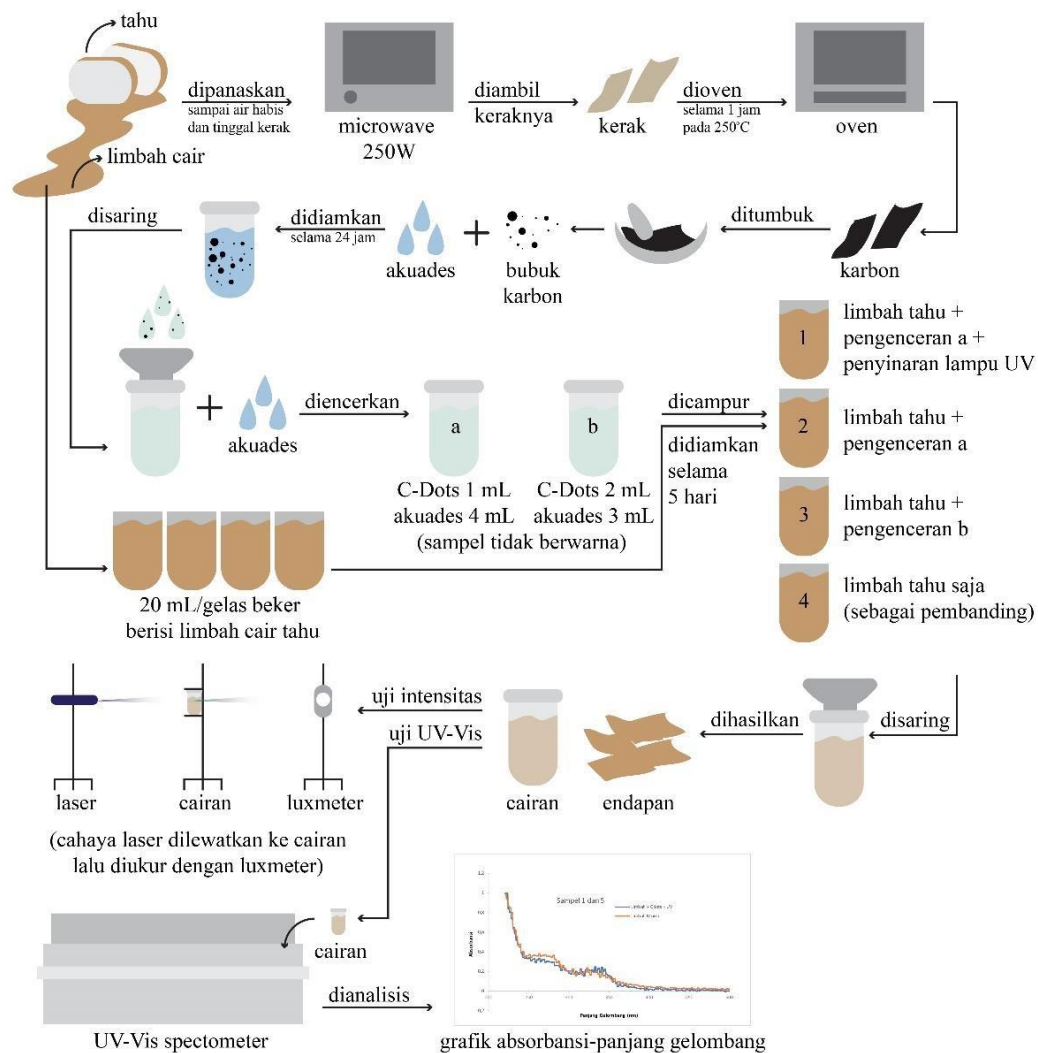
e. Proses Pengolahan Data

Data yang telah didapatkan melalui uji intensitas cahaya maupun uji spektroskopi UV-Vis diolah menggunakan software Microsoft Excel.

Pembahasan

1) Hasil Preparasi C-dots Berbahan Dasar Limbah Cair Tahu

Preparasi C-dots berbahan dasar limbah cair tahu dijelaskan secara rinci dalam skema pada Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan metode menyeluruh untuk mengubah limbah tahu menjadi C-dots. Selanjutnya, C-dots dari bahan limbah cair tahu digunakan kembali untuk pemurnian limbah cair tahu.



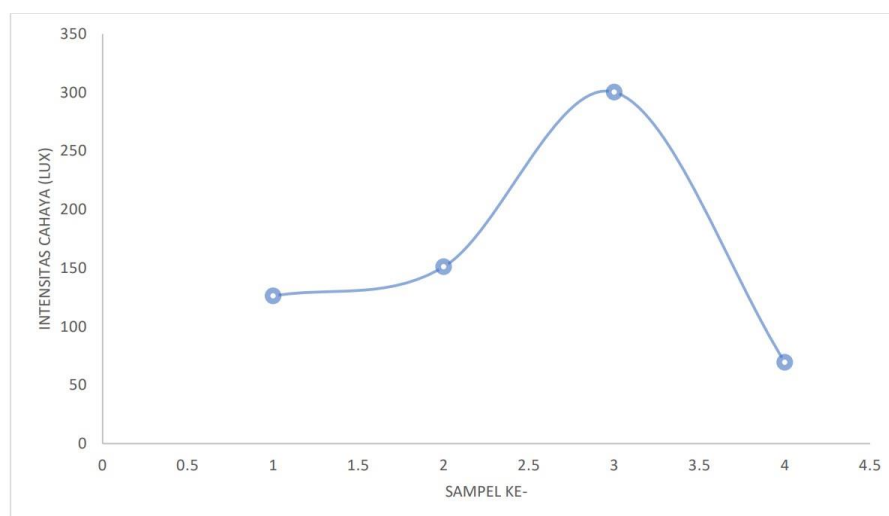
Gambar 1. Proses pembuatan dan pengujian C-dots sebagai fotokatalis (Ilustrasi oleh Rahmah, 2021).

Berikut hasil foto pendaran cahaya berwarna *cyan* dari laser berwarna violet pada cairan ketika bubuk C-dots dicampurkan kedalam akuades. Pendaran ini merupakan karakteristik C-dots yaitu menghasilkan emisi fluoresensi dengan intensitas emisi tertinggi terjadi ketika C-dots dikenai panjang gelombang ultraviolet.



Gambar 2. Foto Pendaran Cahaya Laser oleh C-dots
(sumber : dokumentasi pribadi)

2) Hasil Uji Intensitas Cahaya



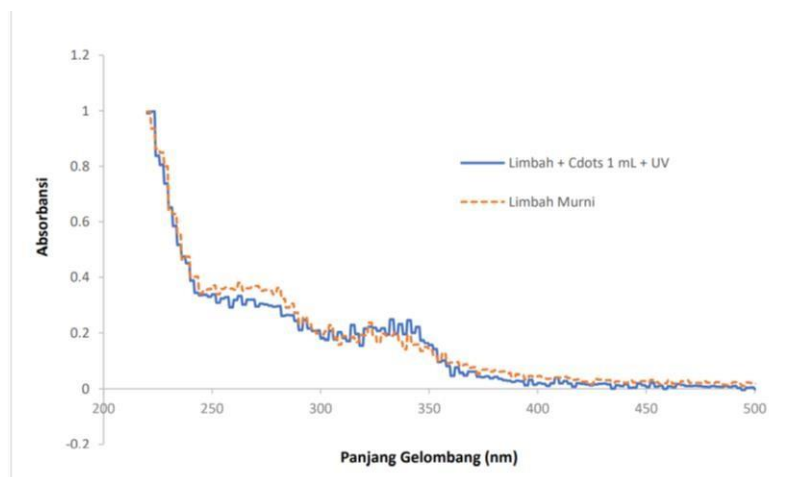
Gambar 3. Grafik Perbandingan Rata-Rata Intensitas Cahaya

Gambar 3 menampilkan nilai rata-rata hasil pengukuran berulang intensitas cahaya pada masing-masing sampel. Pada grafik di atas (Gambar 3) dapat diketahui bahwa intensitas cahaya untuk limbah yang telah dicampur dengan C-dots memiliki nilai terukur lebih tinggi dibandingkan dengan limbah murni. Hal ini dapat menjadi bukti bahwa penambahan C-dots pada limbah cair akan membantu proses degradasi pada limbah. Pada hasil uji intensitas cahaya, seperti yang disajikan dalam Gambar 3, semakin banyak penambahan C-dots pada limbah cair maka akan semakin meningkat tingkat kejernihannya.

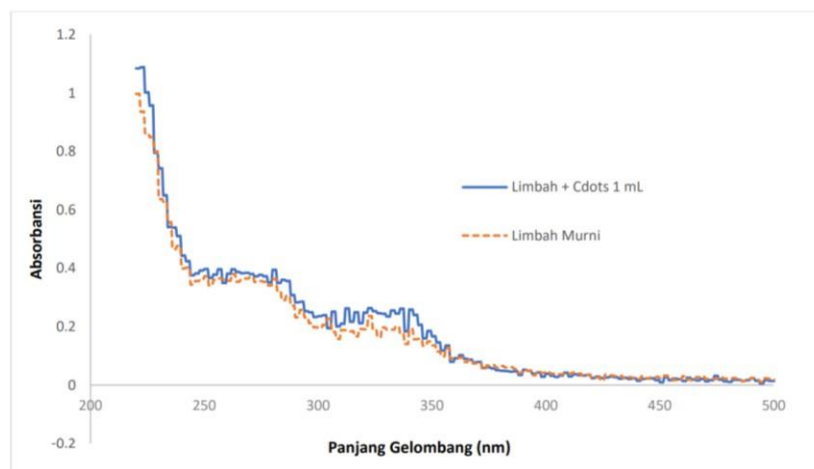
3) Hasil Uji Spektroskopi UV-Vis

Pada uji spektroskopi UV-Vis ini akan menghasilkan grafik absorbansi pada panjang gelombang antara ultraviolet sampai visual. Terdapat 4 grafik pada hasil uji spektroskopi UV-Vis. Grafik 1,2, dan 3 (Gambar 4a, Gambar 4b, Gambar 4c) menampilkan sampel 1, 2 dan 3 yang dibandingkan dengan sampel 4 secara berturut-turut. dan grafik 4 (Gambar 4d) merupakan perbandingan antara C-dots murni dengan sampel 4 atau limbah murni.

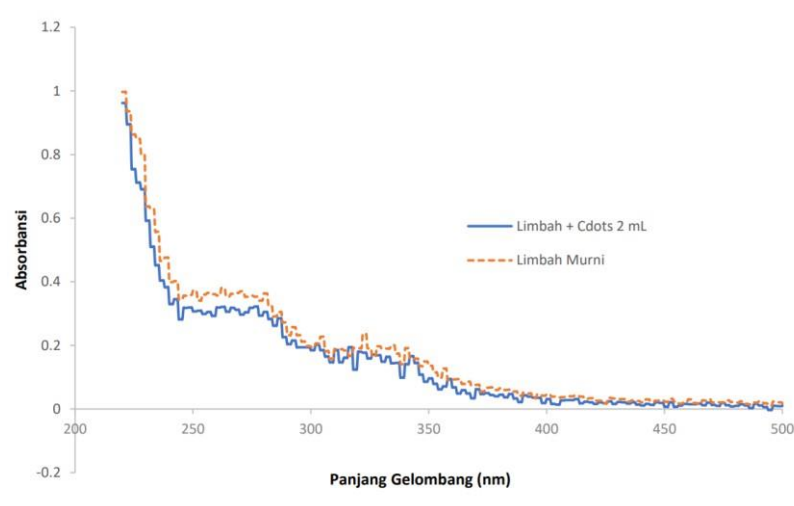
Pada grafik hasil, semakin rendah nilai absorbansinya, semakin banyak material di dalam limbah yang terdegradasi oleh C-dots. Kurva absorbansi sampel 1, 2, dan 3 lebih rendah dari sampel 4. Hal ini mengungkap bahwa C-dots berhasil mendegradasi material yang terdapat pada limbah.



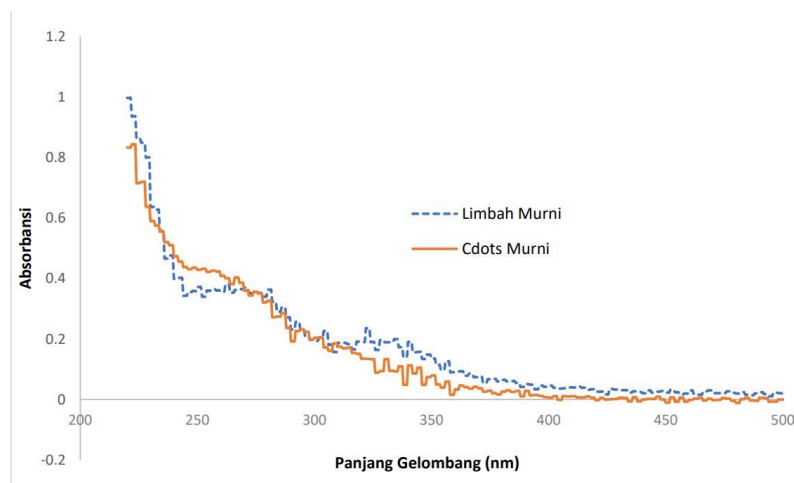
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4. Grafik Hasil Uji Spektroskopi UV-Vis; (a) Perbandingan antara sampel 1 dan 4, (b) Perbandingan antara sampel 2 dan 4, (c) Perbandingan anatara sampel 3 dan 4, (d) Perbandingan antara sampel 4 dan C-dots murni.

Grafik 1 (Gambar 4a) menunjukkan pada panjang gelombang antara 250-300 nm dan antara 350-400 nm terukur penurunan absorbansi yang berarti bahwa C-dots 1 mL dengan penyinaran lampu UV berhasil mendegradasi material dalam limbah. Grafik 2 (Gambar 4b) menunjukkan tidak terjadi penurunan tingkat absorbansi yang berarti bahwa C-dots 1 mL tanpa penyinaran belum mampu mendegradasi material dalam limbah. Grafik 3 (Gambar 4c) menunjukkan pada Panjang gelombang 225-400 terukur penurunan absorbansi yang berarti bahwa meskipun tanpa penyinaran, konsentrasi C-dots yang lebih tinggi mampu mendegradasi material dalam limbah. Grafik 4 (Gambar 4d) menunjukkan

bahwa terjadinya perbedaan absorbansi pada cairan limbah tahu murni dengan yang sudah dibuat C-dots. UV-Vis untuk C-dots murni telah sesuai dengan penelitian oleh Joseph dan Anappara (2016).

4) Manfaat C-dots Berbahan Dasar Limbah Cair Tahu

melalui proses uji, dapat dibuktikan bahwa C-dots berbahan dasar limbah cair tahu memiliki manfaat untuk menjernihkan limbah cair tahu karena kandungan karbon aktif yang terdapat didalam C-dots mampu berfungsi sebagai absorban yang menyerap material-material berbahaya yang terkandung didalam limbah cair tahu. Sehingga, penelitian ini dapat memanfaatkan potensi lokal dari industri tahu rumahan untuk membuat sendiri sistem penjernihan limbah yang dihasilkan.

Kesimpulan

Penelitian ini memberikan kesimpulan bahwa proses preparasi C-dots berbahan dasar limbah cair tahu dibagi dalam dua tahap yaitu pengambilan prekursor dan pembuatan C-dots. Berdasarkan hasil uji intensitas cahaya dan uji spektroskopi UV-Vis, C-dots berbahan dasar limbah cair tahu dapat digunakan untuk penjernihan limbah cair tahu dengan karakteristik bahwa semakin meningkat konsentrasi C-dots pada limbah yang akan dijernihkan maka akan semakin meningkat tingkat kejernihannya. Selanjutnya, C-dots berbahan dasar limbah cair tahu dapat dimanfaatkan sebagai fotokatalis penjernihan limbah cair tahu dimana C-dots dapat membantu proses degradasi limbah cair tahu.

Daftar Pustaka

- Bahri, S. (2006). Pemanfaatan Tumbuhan Air (*Azolla*) untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu di Desa Bandarjaya Kecamatan Terbanggi Besar Lampung Tengah. *UNILA Jurnal*.
- Faisal, M., Gani, A., Mulana, F., & Daimon, H. (2016). *Treatment and Utilization of Industrial Tofu Waste in Indonesia*. *Asian Journal of Chemistry*, 28(3), 501.
- Harmayani, E., Santoso, U., & Gardjito, M. (2019). *Makanan Tradisional Indonesia Seri 1: Kelompok Makanan Fermentasi dan Makanan yang Populer di Masyarakat (Vol. 1)*. Yogyakarta: UGM PRESS.
- Hu, Y., Chen, W., Lei, T., Zhou, B., Jiao, Y., Yan, Y., ... & Xiong, J. (2019). Carbon quantum dots–modified interfacial interactions and ion conductivity for enhanced

- high current density performance in lithium–sulfur batteries. *Advanced Energy Materials*, 9(7), 1802955.
- Jogja.antaranews. (2017). *Krapyak sentra industri tahu Sleman*. Tersedia: <https://jogja.antaranews.com/berita/348373/krapyak-sentra-industri-tahu-sleman-pada-22-April-2021>.
- Joseph, J. & Anappara, A. A., (2016). White light emission of carbon dots by creating different emissive traps. *Journal of Luminescence*, 178, 128-133.
- Karthik, V., Saravanan, K., Bharathi, P., Dharanya, V., & Meiaraj, C. (2014). An overview of treatments for the removal of textile dyes. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 7(4), 301-307.
- Laman Resmi Badan Pusat Statistik. (2019). Direktori Industri Manufaktur 2019. Tersedia: <https://www.bps.go.id/publication/2019/12/06/2ba370d9a9db7ac3b751919d/direktori-industri-manufaktur-2019.html> pada 22 April 2021.
- Shafafi, S., Habibi-Yangjeh, A., Feizpoor, S., Ghosh, S., & Maiyalagan, T. (2020). Carbon dots and Bi₄O₅Br₂ adhered on TiO₂ nanoparticles: Impressively boosted photocatalytic efficiency for removal of pollutants under visible light. *Separation and Purification Technology*, 250, 117179.