



## AGROPROSS

National Conference  
Proceedings of Agriculture

### Proceedings:

**Transformasi Pertanian Digital dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan Masa Depan yang Berkelanjutan**

Tempat : Politeknik Negeri Jember

Tanggal : 19 Oktober 2022

### Publisher :

**Agropross, National Conference Proceedings of Agriculture**

DOI : [10.25047/agropross.2022.324](https://doi.org/10.25047/agropross.2022.324)

## **Konsep Ekonomi Sirkular Pada Industri Tekstil Alami : *On Farm – Off Farm* Budidaya Tarum Sebagai Pewarna Alami**

Author(s): Nor Isnaeni Dwi Arista<sup>(1)\*</sup>

<sup>(1)</sup> IPB University

\* Corresponding author: [dewi.arista@apps.ipb.ac.id](mailto:dewi.arista@apps.ipb.ac.id)

### **ABSTRACT**

*The research to a circular economy requires reducing waste because it has urgency for the implementation of the Sustainable Development Goals (SDGs). One sector that has a high potential in implementing a circular economy in Indonesia is the textile industry. The synthetic textile industry has a large number of residual or waste materials that are harmful to humans and the environment. On the one hand, the natural dye textile industry uses main materials from plants that are environmentally friendly. In fact, the natural dye industry still produces waste both during plant cultivation and process fermentation of natural dye plants. This paper explores the circular economy potential in the natural dye textile industry of tarum (*Indigofera tinctoria*) from on farm to off farm. This data presents data collected through a survey, observation, and interview technique. These were analyzed using descriptive methods with observation techniques and literature studies. Results show that a circular economy concept has a potential in implementing sustainable concepts to farmers, industry, producers, and consumers so they can produce zero waste and reuse the natural dye industry by-products in order to support SDGs.*

### **Keywords:**

*Circular Economy;  
Sustainable  
Development Goals;  
Waste;  
Textile Industry;  
Natural Dyes.*

### **Kata Kunci: ABSTRAK**

Ekonomi  
Sirkular;

*Sustainable  
Development  
Goals;*

Limbah;  
Industri Tekstil;  
Pewarna alami

Penelitian mengenai sirkular ekonomi dalam menekan adanya limbah memiliki urgensi dalam mencapai *Sustainable Development Goals* (SDGs). Sektor yang berpotensi tinggi dalam mengimplementasikan ekonomi sirkular di Indonesia salah satunya industri tekstil. Industri tekstil sintetis memiliki bahan sisa atau limbah yang cukup banyak dan berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Berbeda dengan industri tekstil pewarna alami yang menggunakan bahan baku dari tanaman yang ramah lingkungan. Faktanya, industri pewarna alami masih menghasilkan limbah baik pada saat budidaya tanaman maupun pengolahan tanaman pewarna alami. Tujuan penelitian yakni menganalisis potensi ekonomi sirkular pada industri tekstil pewarna alami tarum (*Indigofera tinctoria*) dari *on farm* hingga *off farm*. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian yaitu teknik observasi dan wawancara. Data hasil penelitian dianalisis dengan metode deskriptif dengan teknik suvey, observasi dan studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsep ekonomi sirkular sangat berpotensi memberikan konsep *sustainable* kepada petani, industri, produsen, dan konsumen agar dapat menghasilkan nol limbah dan menggunakan kembali produk sampingan industri pewarna alami sehingga dapat mendukung SDGs.



## PENDAHULUAN

Ekonomi sirkular adalah pendekatan sistem ekonomi dengan memaksimalkan akan bahan mentah, komponen, serta produk, sehingga mampu mereduksi bahan sisa yang tidak digunakan dan dibuang ke tempat pembuangan akhir. Salah satu sektor yang berpotensi tinggi dalam mengimplementasikan ekonomi sirkular di Indonesia yaitu tekstil. Industri tekstil sintetis memiliki bahan sisa atau limbah yang cukup banyak dan berbahaya karena mengandung bahan kimia berbahaya. Berbeda dengan industri tekstil pewarna alami yang menggunakan bahan baku dari alam yang ramah lingkungan, namun dalam produksinya pun menghasilkan limbah yang perlu ditangani dengan tepat.

Limbah dari industri tekstil pewarna alami bersifat ramah lingkungan sehingga tidak merusak lingkungan. Salah satu tanaman yang digunakan pada industri tekstil pewarna alami yakni tarum (*Indigofera tinctoria*) banyak digunakan pada industri tekstil seperti batik karena menghasilkan warna khas yang berbeda dengan pewarna sintetis. Banyak masyarakat Indonesia dan dunia semakin tertarik dengan batik pewarna alami sebagai fashion. Hal ini menyebabkan industri tekstil pewarna alami kian berkembang pesat sebab keberadaan batik dengan pewarna alami termasuk konsep *go green* yang kian menjadi gaya hidup masyarakat (Martuti *et al.* 2019).

Tarum (*I. tinctoria*) dijadikan sebagai sumber pewarna alami karena memiliki pigmen indigo yang menghasilkan warna nila (biru) (Hariri *et al.* 2017). Industri tekstil yang menggunakan pewarna alami berbahan dasar *I. tinctoria* menimbulkan permasalahan berupa limbah yang tidak termanfaatkan berupa limbah padat hasil ekstraksi *I. tinctoria*. Proses ekstraksi *I. tinctoria* hanya menghasilkan 10% warna alami nila, sisanya 90% berupa limbah batang dan daun hasil ekstraksi yang tidak

digunakan (Sihta *et al.* 2018). Limbah yang dihasilkan dari industri pewarna alam dapat ditangani dengan menerapkan konsep ekonomi sirkular, sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan menambah pendapatan petani pewarna alam dan masyarakat sekitar.

Ekonomi sirkular memberikan kontribusi nyata yang sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan Sustainable Development Goals (SDGs) (Fatimah *et al.* 2020). Konsep 3R, *green economy*, *green environment* yang selama ini dikenal menggunakan pendekatan ekonomi linear (*linear economy*), namun semakin meningkatnya partisipasi masyarakat terhadap keberlangsungan lingkungan (*sustainability*), berkembang konsep terbaru yang ditawarkan untuk mencapai target SDGs yaitu ekonomi sirkular (*circular economy*) (Dwiningsih dan Harahap 2022). Konsep ekonomi sirkular menjadi solusi untuk mengurangi dampak dari masalah limbah pertanian hal ini dikarenakan hasil produksi dimanfaatkan dengan maksimal yang diubah menjadi bentuk lain untuk digunakan kembali dan memiliki nilai ekonomi.

Usaha untuk mengatasi permasalahan limbah tarum menjadi bentuk yang bermanfaat dan memiliki nilai ekonomi telah dilaporkan pada penelitian terdahulu yakni pemanfaatan limbah *I. tinctoria* diolah menjadi bioenergi yang mampu menghasilkan daya listrik (Suyitno *et al.* 2019). Salah satu cara pemanfaatan limbah organik lainnya yakni dengan cara pembuatan pupuk organik. Adapun bahan organik dari limbah hasil ekstraksi *I. tinctoria* juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan pupuk organik (Budiastuti *et al.* 2020). Selain itu upaya pengelolaan limbah tarum sejalan dengan nilai-nilai SDGs.

Uraian di atas mengindikasikan bahwa ekonomi sirkular pada industri tekstil pewarna alami dapat dilaksanakan

dengan baik dengan melakukan pengelolaan limbah organik yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut. Oleh karena itu penelitian bertujuan untuk mengetahui lebih detail ekonomi sirkular pada industri tekstil pewarna alami tarum dari *on farm* hingga *off farm*.

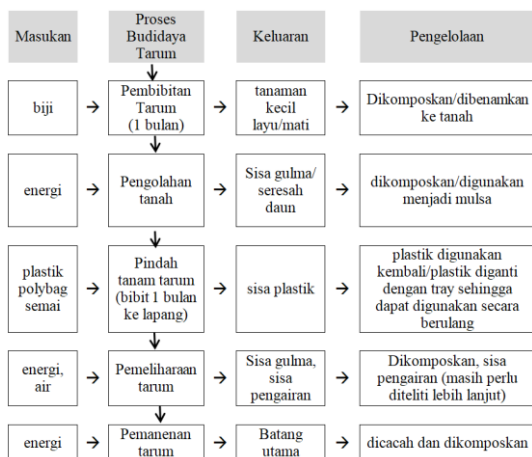
**BAHAN DAN METODE**

Penelitian menggunakan metode metode deskriptif kualitatif yang merupakan hasil dari observasi dan wawancara. Wawancara dilakukan kepada petani terkait kegiatan budidaya tarum dan industri pewarna alam CV. Indigo Biru Baru, Sukoharjo, Jawa Tengah. Data hasil penelitian dianalisis dengan metode deskriptif dengan teknik suvey, observasi dan studi literatur.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

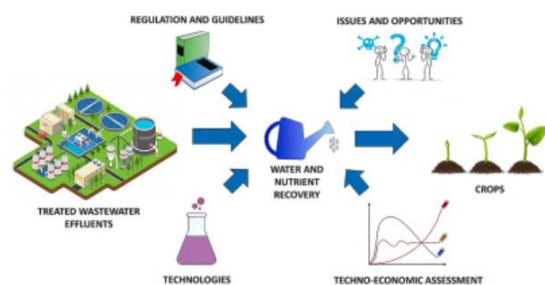
**Pendekatan ekonomi sirkular pada budidaya tanaman pewarna alami tarum**

Konsep ekonomi sirkular dapat dilaksanakan pada berbagai kegiatan, seperti budidaya pertanian. Ekonomi sirkular dapat menjadi jalan penanganan persoalan limbah di lingkup pertanian. Konsep ini bertujuan memaksimalkan penggunaan sumber daya alami yang ada secara sirkular untuk meminimalisir limbah dengan cara memulihkan dan menggunakan kembali produk dan menghasilkan secara ekonomi.



Gambar 1. Diagram alir konsep sirkular ekonomi dalam budidaya pewarna alami tarum

Proses budidaya tarum dilaksanakan dengan penyemaian, pemeliharaan, dan panen yang menghasilkan limbah. Konsep ekonomi sirkular juga dapat melalui pendekatan daur ulang limbah, sehingga limbah yang dihasilkan dalam budidaya tarum diolah atau dimanfaatkan kembali, sehingga petani dapat mengurangi pengeluaran untuk biayapemupukan. Limbah organik budidaya tarum dapat dikomposkan kemudian kompos tersebut dapat digunakan kembali pada budidaya selanjutnya. Namun limbah fertigasi perlu diteliti lebih lanjut lagi. Beberapa penelitian melaporkan bahwa penerapan air limbah yang diolah untuk fertigasi pertanian perlu dilakukan penghematan air, selain itu pendekatan metodologi tekno-ekonomi melalui IPAL (Instalasi Pengelolaan Air Limbah) untuk menggunakan kembali air limbah agar memiliki dampak ekonomi yang lebih besar sebagian karena lebih efisien dan sesuai dengan persektif ekonomi sirkular (Mainardis *et al.* 2022).



Gambar 2. Pengelolaan limbah air pertanian (Mainardis *et al.* 2022)

**Pendekatan ekonomi sirkular pada industri tekstil pewarna alami**

Penerapan model ekonomi sirkular, telah mendapat dukungan dari pemerintah Indonesia. Pemerintah telah mulai mengadopsinya dalam rencana

pembangunan 2020 – 2024, dimana ekonomi sirkular masuk dalam program rencana jangka menengah. Pemerintah menjalin kerjasama dengan United Nations Development Programme (UNDP) dan Pemerintah Denmark yang mengenai model ekonomi sirkular yang difokuskan di dalam lima sektor industri yang ada; masing-masing sektor yang berpotensi tersebut adalah industri makanan dan minuman, tekstil, konstruksi, perdagangan grosir, serta eceran (Bappenas 2021). Sektor tersebut menjadi sumber pencemar dan limbah yang kerap dihasilkan dalam proses ekonominya.

Sektor industri tekstil dalam produksinya pun menghasilkan limbah, termasuk industri tekstil pewarna alami. Namun, dibanding dengan industri tekstil sintetis yang menghasilkan limbah yang mengandung senyawa kimia, industri tekstil pewarna alami menghasilkan lebih banyak menghasilkan limbah organik. Pada konsep ekonomi sirkular, salah satu pihak yang harus ikut bertanggungjawab adalah produsen. Misalnya dengan pengelolaan limbah, upaya pengurangan kemasan sekali pakai, dan menjaga lingkungan sekitar agar terwujud keberlanjutan lingkungan. Adapun penjelasan mengenai upaya-upaya tersebut yakni:

#### a. Perhatian terhadap lingkungan

Lingkungan yang bersih penting untuk kesehatan dan kesejahteraan manusia. Pencemaran, emisi, dan pencemaran limbah sangat membahayakan lingkungan serta manusia. Sistem pengelolaan limbah industri pewarna alami yang baik dan berkelanjutan dapat memberikan solusi untuk mengatasi limbah tersebut. Proses pengumpulan limbah secara *end to end* hingga pengolahan limbah yang didukung oleh berbagai pihak dan teknologi, maka secara signifikan akan mengurangi jumlah permasalahan limbah industri tekstil pewarna alami. Dengan demikian, pengelolaan sistem limbah akan menyediakan lingkungan yang bersih dan sehat

sehingga berkontribusi signifikan bagi lingkungan berkelanjutan.

#### b. Pengurangan kemasan produk tekstil

Penerapan ekonomi sirkular menghadapi berbagai tantangan salah satunya kemungkinan terganggunya kenyamanan konsumen mengenai kemasan. Terutama konsumen yang terbiasa menggunakan kemasan plastik. Kemasan adalah kesan pertama dalam melihat suatu produk. Bahan kemasan meliputi plastik, kertas, kombinasi plastik dan kertas dan lainnya. Faktanya, plastik tidak dapat terlepas dari kemasan suatu produk dan umum untuk digunakan karena murah dan mudah didapatkan. Namun, plastik tidak mudah untuk terurai di alam. Penggunaan plastik dapat diminimalkan dengan mengkombinasikan bersama *paper* (kertas). Penggunaan kemasan kertas secara penuh sangat ramah lingkungan.



Sumber: dokumentasi pribadi  
Gambar 3. Kemasan produk batik pewarna alam

### Pengelolaan limbah ekstraksi pewarna alami

#### a. Pengomposan

Pemupukan adalah salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas tanah. Peningkatan kualitas tanah melalui pupuk organik terbukti lebih aman dan tidak merusak lingkungan. Industri pupuk kimia memiliki beberapa masalah lingkungan, terkait dengan emisi CO<sub>2</sub> dan produksi ammonia, selain itu bahan baku pupuk kimia berasal dari sumber daya alam yang tidak terbarukan (Chojnacka et al. 2020). Pupuk organik menjadi teknologi pemupukan yang bersifat ramah lingkungan sehingga sesuai dengan pertanian berkelanjutan

(Budiastuti *et al.* 2020). Seluruh limbah organik memiliki potensi untuk dikomposkan. Pada dasarnya pengomposan berlangsung apat secara alami. Dalam rangka mempercepat pengomposan maka dapat ditambah EM4, EM4 adalah sejenis bakteri yang dibuat untuk membantu dalam pembusukan bahan organik.

Limbah kering hasil ekstraksi *I. tinctoria* dicacah terlebih dahulu sebanyak 142 kg. Cacahan tersebut dicampur dedak (1:60 yakni 2,37 kg dedak : 142 kg limbah *I. tinctoria*), pupuk kandang (1:10 yakni 14,2 kg pupuk kandang : 142 kg limbah *I. tinctoria*), molase 500 ml, dan EM4 500 ml. Kemudian dicampur merata, setelah itu ditutup dengan terpal, apabila ada yang menggumpal maka diaduk kembali. Suhu harus dipertahankan antara 40-50°C. Pupuk organik siap digunakan setelah matang yaitu 1 bulan. Ciri pupuk organik yang matang dan siap digunakan yaitu berwarna hitam, gembur, tidak panas, dan tidak berbau (Budiastuti *et al.* 2021).

Pupuk organik limbah ekstraksi *I. tinctoria* telah diaplikasikan pada tanaman sayur daun dan buah, tanaman tersebut memberikan respon yang positif terhadap pertumbuhan tanaman (Budiastuti *et al.* 2020). Penelitian pupuk organik limbah ekstraksi *I. tinctoria* dilanjutkan pada aplikasi pemupukan untuk tanaman tarum (*I. tinctoria*) dengan konsep pertanian *zero waste*, limbah tarum dari hasil panen dikembalikan pada pertanaman tarum selanjutnya (Budiastuti *et al.* 2021).

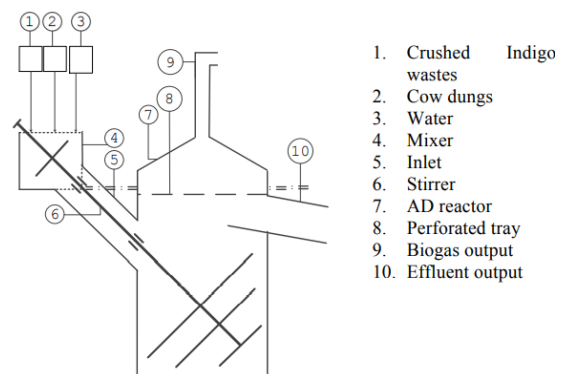


Gambar 2. Perbedaan limbah ekstraksi pewarna alami; (kiri) yang tidak diolah,

(kanan) pupuk organik dari limbah industri pewarna alami tarum yang siap digunakan (Budiastuti *et al.* 2020)

### b. Biogas

Limbah organik padat memiliki potensi besar untuk dikelola lebih lanjut dengan tujuan mengurangi penumpukan di tempat pembuangan sampah atau di tempat lainnya sehingga dapat menekan dampak lingkungan yang disebabkan oleh pembentukan gas dan lindi (Molano *et al.* 2021). Biogas adalah hasil dari mendaur ulang bio-limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik dan energi panas. Limbah utama untuk biogas salah satunya dari proses fermentasi pewarna alam tarum yang menghasilkan limbah padat organik berupa batang dan daun. Bakteri yang digunakan untuk menguraikan limbah tarum adalah EM4 (efektif mikroorganisme). Perbandingan massa limbah Indigofera: kotoran sapi: air adalah 1:1:2. Sebelum dimasukkan ke dalam reaktor, limbah pewarna alami Indigofera dihancurkan secara mekanis untuk menghasilkan potongan-potongan kecil biomassa ± 1 cm. Aktivitas mikroorganisme dari EM4 untuk menguraikan substrat perlu membutuhkan waktu, sehingga mempengaruhi laju produksi biogas (Ridwan *et al.* 2019).



Gambar 4. Reaktor untuk pengelolaan limbah industri pewarna alami tarum (Ridwan *et al.* 2019)

Pemanfaatan limbah *Indigofera tinctoria* diolah menjadi biogas yang

mampu menghasilkan daya listrik tertinggi sebesar 700 W (Ridwan *et al.* 2019). Selanjutnya sisa limbah padat dari biogas dapat dimanfaatkan untuk pupuk organik padat, namun perlu adanya treatment yaitu dikering anginkan terlebih dahulu pada rumah kaca. Pengelolaan limbah menjadi bioenergi juga menjadi meluang ekonomi. 74,3% biodiesel dengan kemurnian 96,9% dihasilkan dari minyak jelantah, rasio energi bersih (APM) ditentukan positif sebesar 1,15, dengan produksi 15 ton per hari, keuntungan penjualan mencapai USD 219.379,96/tahun (Farid *et al.* 2020). Ekonomi sirkular berbasis limbah pertanian menjadi biogas membutuhkan integrasi pengelolaan limbah pertanian, produksi dan pemanfaatan biogas, serta dukungan kebijakan. Limbah pertanian dalam jumlah besar merupakan bahan baku prospektif untuk produksi biogas yang memiliki prinsip bio-ekonomi sirkular berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah biomassa untuk produksi energi dengan tujuan meminimalkan limbah dan mengurangi emisi gas rumah kaca (Kapoor *et al.* 2020).

#### **Sustainable Development Goals (SDGs)**

Implementasi ekonomi sirkular sangat mendukung SDGs (Schroeder *et al.* 2019). Implementasi ekonomi sirkular pada *on farm – off farm* budidaya tarum mendukung SDGs 7 (Energi bersih dan terjangkau), SDGs 8 (Pekerjaan yang Layak dan Pertumbuhan Ekonomi), SDGs 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab), dan SDGs 15 (Ekosistem di Darat)

##### **a. Energi bersih dan terjangkau**

Listrik yang berasal dari tenaga batu bara memiliki nilai investasi yang tinggi dan tidak dapat diperbaharui. Pengelolaan limbah pertanian dalam jumlah banyak dapat digunakan sebagai bioenergi (Farid *et al.* 2020). Limbah hasil ekstraksi pewarna alami tarum memiliki jumlah yang sangat banyak, pemanfaatan limbah tarum

dapat digunakan sebagai bioenergi (Ridwan *et al.* 2019).

##### **b. Pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi**

Budidaya tarum dapat memanfaatkan pekarangan rumah warga, sehingga dapat menambah penghasilan rumah tangga. Selain itu adanya kepastian harga hasil panen tarum dari petani yang dijual ke industri menjamin pertumbuhan ekonomi yang tidak naik turun.

##### **c. Konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab**

Proses produksi dari tanaman tarum menjadi zat pewarna menghasilkan limbah organik padat dan air limbah yang dapat diolah kembali dan dimanfaatkan.

##### **d. Ekosistem darat**

Pengelolaan budidaya tarum menggunakan pupuk organik yang berasal dari lingkungan sekitar, konversi limbah tarum melalui pengomposan, konversi gulma menjadi pestisida untuk mendukung pengelolaan yang berkelanjutan, menekan gas rumah kaca, dan tidak merusak lahan.

#### **Dampak positif ekonomi sirkular industri pewarna alami tarum**

##### **a. Konsep pertanian *zero waste* yakni limbah industri pewarna alami tarum dari hasil panen dapat dikembalikan pada pertanaman tarum selanjutnya melalui pengomposan limbah organik dan pengelolaan menjadi biogas**

b. Mengurangi emisi karbon dengan penggunaan ulang (Kapoor *et al.* 2020), mengurangi dampak negatif pencemaran air baik pada *on farm* dan *off farm* industri pewarna alami tarum

c. Menciptakan pertumbuhan ekonomi dan menyediakan lapangan pekerjaan untuk mengelola limbah industri tekstil pewarna alami

d. Penerapan ekonomi sirkular mempengaruhi psikologis pembeli un-

tuk mendapatkan produk yang prosesnya meminimalkan limbah mengoptimalkan proses produksi menjadi peran kunci dalam meningkatkan ekonomi sirkular (Bag et al. 2020), oleh sebab itu ekonomi sirkular pada industri pewarna alami tarum diyakini akan memberikan kontribusi signifikan bagi pelestarian lingkungan dan juga mereduksi krisis iklim

- e. Selain itu, ekonomi sirkular juga diyakini memberikan keuntungan finansial yang lebih menguntungkan.

### KESIMPULAN

Konsep ekonomi sirkular memberikan konsep kepada petani, industri, produsen, dan konsumen agar dapat menghasilkan nol limbah dan menggunakan kembali produk sampingan dari produksi termasuk pada industri pewarna alami tarum. Berdasarkan tujuan pada paper ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Budidaya tarum dapat menerapkan konsep sirkular ekonomi, untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional karena mengutamakan optimalisasi utilitas sumber daya dan kepeduliannya terhadap pelestarian lingkungan serta dampak positif pada kesehatan
2. Sirkular ekonomi pada industri tekstil pewarna alami tarum dengan memfokuskan pengelolaan limbah menjadi kompos dan biogas, memperhatikan kelestarian lingkungan, dan meminimalkan kemasan plastik dalam produknya.
3. Implementasi ekonomi sirkular pada *on farm – off farm* budidaya tarum mendukung SDGs 7 (Energi bersih dan terjangkau), SDGs 8 (Pekerjaan yang Layak dan Pertumbuhan Ekonomi), SDGs 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab), dan SDGs 15 (Ekosistem di Darat)
4. Dampak positif sirkular ekonomi pada industri pewarna alami tarum meliputi

sosial (menciptakan lapangan pekerjaan), ekonomi (memberikan penghasilan tambahan dan mengurangi pengeluaran), lingkungan (pengelolaan limbah yang baik).

### SARAN

Saran mengenai ekonomi sirkular di Indonesia yakni adanya sinergi dari berbagai pihak sehingga ekonomi sirkular dapat terlaksana dengan baik. Kebijakan dan edukasi dari pemerintah memiliki peran penting dalam mendukung ekonomi sirkular pada berbagai bidang

### DAFTAR PUSTAKA

- Budiastuti, M.T.S., Pujiasmanto, B., Sulisty, T.D., Nurmalasari A.I., & Setyaningrum, D. (2020). Pemanfaatan Limbah Ekstraksi *Indigofera tinctoria* L. sebagai Pupuk Organik pada Usaha Batik Pewarna Alami di Sukoharjo. *PRIMA: J of Community Empowering and Services*, 4(2), 109-119. DOI: 10.20961/prima.v4i2.44013.
- Bappenas. (2021). Manfaat Ekonomi Sirkular. URL: <https://lcdi-indonesia.id/wp-content/uploads/2021/02/Ringkasan-Eksekutif-Manfaat-Ekonomi-Sosial-dan-Lingkungan-dari-Ekonomi-Sirkular-di-Indonesia.pdf>.
- Budiastuti, M.T.S., Supriyono., Manurung, I.R., Setyaningrum, D., Nurmalasari, A.I., & Arista, N.I.D. (2021). The Role of Organic Fertilizer from Natural Dye Waste and Mycorrhizal Inoculation on The Growth of *Indigofera tinctoria* L. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 90, 1-7. DOI:10.1088/1755-1315/905/1/012011.
- Fatimah, Y.A., Govindan, K., Murniningsih, R., & Setiawan, A. 2020. Industry 4.0 Based Sustainable Circular Economy

- Approach for Smart Waste Management System to Achieve Sustainable Development Goals: A Case Study of Indonesia. *J Clean Prod*, 269:1-15. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122263.
- Farid, M.A.A., Roslan, A.M., Hassan, M.A., Hasan, M.Y., Othman, M.R., & Shirai, Y. (2020). Net Energy and Techno-Economic Assessment of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using a Semi-Industrial Plant: a Malaysia Perspective. *Sustain Energy Technol Assess*, 39, 1-11. DOI:10.1016/j.seta.2020.100700
- Hariri, M.F., Chikmawati, T., & Hartana, A. (2017). Genetic Diversity of *Indigofera tinctoria* L. in Java and Madura Islands as Natural Batik Dye Based on Intersimple Sequence Repeat Markers. *J Math Found Science*, 49(2), 105-115. DOI: 10.5614/j.math.fund.sci.2017.49.2.1
- Martuti, N.K., Hidayah, I., & Margunani, M. (2019). Pemanfaatan Indigo Sebagai Pewarna Alami Ramah Lingkungan bagi Pengrajin Batik Zie. *Panrita Abdi-Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*, 3(2), 133-143.
- Molano, J.F.G., Alba, J.D.P., & Guevara, L.A.P. (2021). Characterization of Composted Organic Solid Fertilizer and Fermented Liquid Fertilizer Produced from The Urban Organic Solid Waste in Paipa, Boyacá, Colombia. *Int J Recycl Org Waste Agric*, 10(4), 379-395. DOI: 10.30486/ijrowa.2021.1901014.1083.
- Ridwan, Prasetyo, S.D., Kusuma, A.C., Rahman, R.A., & Suyitno. (2019). Recent Progress of Biogas Produced from The Waste of Natural Indigo Dyes for Electricity Generation. *AIP Conf Proceed*, 2097. DOI: 10.1063/1.5098200
- Sihta, F., Suyitno, Heru, W.A., & Tanding, R. (2018). Enhancing Biogas Quality of *Indigofera* Plant Waste Through Co-Digestion with Cow Dung. In: *MATEC Web of Conferences*, 154, 1-4. DOI: 10.1051/mateconf/201815402001
- Suyitno, Ridwan, Arifin, Z., & Pranolo, S.H. (2019). The Effect of Biogas Pressure in The Performance and Emission of Spark Ignition Engine. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 694: 1-6. DOI: 10.1088/1757-899X/694/1/012022.
- Mainardis, M., Cecconet, D., Moretti, A., Callegari, A., Goi, D., Freguia, S., & Capodaglio, A.G. (2022). Wastewater Fertigation in Agriculture: Issues and Opportunities For Improved Water Management And Circular Economy. *Env Pollution*, 296(1-17). DOI: 10.1016/j.envpol.2021.118755.
- Harahap, L., & Dwiningsih, N. (2022). Pengenalan Ekonomi Sirkular (*Circular Economy*) bagi Masyarakat Umum. *J Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 135-141. DOI : [10.55983/empjcs.v1i2.68](https://doi.org/10.55983/empjcs.v1i2.68)
- Bag, S., Wood, L.C., Mangla, S.K., & Luthra, S. (2020). Procurement 4.0 and Its Implications on Business Process Performance in a *Circular Economy*. *Resources, Conservation and Recycling*, 152, DOI: [10.1016/j.resconrec.2019.104502](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104502)
- Kapoor, R., Ghosh P, Kumar M, Sengupta S, Gupta A, Kumar SS, Vijay V, Kumar V, Vijay VK, & Pant D. (2020). Valorization of agricultural waste for biogas based circular



economy in India: A research outlook. *Bioresource Technology*, 304, ISSN 0960-8524, DOI: [10.1016/j.biortech.2020.123036](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123036)

Schroeder, P., Anggraeni, K., & Weber, U. (2019). The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 77-95, ISSN 1088-1980, DOI: [10.1111/jiec.12732](https://doi.org/10.1111/jiec.12732)

Chojnacka, K., Moustakas, K., & Witek\_krowiak, A. (2020). Bio-Based Fertilizers: A Practical Approach Towards Circular Economy. *Bioresource Technology*, 295, 1-11. DOI: [10.1016/j.biortech.2019.122223](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122223)