

## Potensi Penggunaan Selulosa Kelapa Sawit Sebagai Bahan Sneakers

Sherrine Olivia Tiara Wiguna<sup>1,\*</sup>, Wyna Herdiana<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Desain Manajemen Produk, Fakultas Industri Kreatif, Universitas Surabaya, Indonesia

Email: sherrineoliviaw@gmail.com \*

\*Corresponding author

### ABSTRACT

The solution to the problem of environmental sustainability is increasingly urgent due to the growing number of consumers which is exacerbated by the use of raw materials for the manufacture of products that are not environmentally friendly. Therefore, the demand for environmentally friendly products or bioproducts has recently become increasingly popular and has become a challenge for manufacturers to increase production and innovation, especially in the footwear sector. One of the innovations that can be used to support the bioproduct mission is the use of material fiber derived from plant waste in the form of cellulose from empty palm oil bunches which has characteristics resembling synthetic leather. The research is supported by the results of a literature study that has been carried out as well as observations in the form of experiments testing several upper materials for resistance and moisture to testing cellulose materials in the sneaker product section. The experimental results show that cellulose materials can support the application of several anatomical parts of upper sneakers with supports in the form of a combination of materials such as cowhide, synthetic materials, and corduroy fabrics as supports for cellulose materials. The results of the research are expected to explore opportunities in using sustainable and recyclable materials that can be applied to fashion styles that can compete with non-bioproducts.

**Keywords:** Bioproduct, cellulose, sneakers

### Article history

*Received:*

5 October 2023

*Revised:*

16 November 2023

*Accepted:*

17 November 2023

*Published:*

30 November 2023

**Citation (IEEE Style):** S. O. T. Wiguna, W. Herdiana, "Potensi Penggunaan Selulosa Kelapa Sawit Sebagai Bahan Sneakers," MERAKI: Journal of Creative Industries, vol. 01, no. 1, pp. 01-11, Nov. 2023.

### PENDAHULUAN

Kesadaran manusia terhadap pentingnya kelestarian lingkungan hidup semakin meningkat, menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2021 yang terdiri dari 235 Kabupaten/kota se-Indonesia, didapatkan timbulan sampah sejumlah 29.814.540,43 ton/tahun, sedangkan penanganan sampah hanya 49,5% sejumlah 14.757.575,69 ton/tahun, dimana 64,99% sampah terkelola 19.316.615,77 ton/tahun dan 35,01%, sejumlah 10.437.924,66 ton/tahun sampah tidak terkelola. Distribusi berdasarkan jenis sampah di Indonesia didominasi oleh sisa makanan sejumlah 40,4%, plastik sejumlah 17,2%, kayu, ranting, daun, dan limbah tumbuhan sejumlah 13% [1]

Solusi untuk permasalahan kelestarian lingkungan hidup ini semakin mendesak karena pertumbuhan jumlah konsumen akibat peningkatan populasi manusia yang diperparah salah satunya oleh penggunaan bahan dasar untuk produk yang digunakan manusia yang tidak ramah lingkungan, sebagai contoh, pada bidang fashion, penggunaan kulit sintetis berbahan dasar

*polyurethane (PU)* dan *polyvinyl chloride (PVC)* membutuhkan waktu 50 tahun untuk dapat terurai sempurna [2]. Oleh karena itu permintaan akan produk yang ramah lingkungan atau bioproduk belakangan ini semakin populer, sehingga menjadi tantangan bagi produsen untuk meningkatkan produksi dan inovasi, khususnya di sektor alas kaki [3].

Salah satu inovasi yang dapat digunakan untuk mendukung misi bioproduk adalah penggunaan material yang ramah lingkungan yang mudah didaur ulang dan tidak memberikan dampak buruk terhadap lingkungan [4]. Pemilihan material yang tepat penting untuk membuat produk yang berkualitas, nyaman digunakan, dan mendukung *designer* untuk memberikan sentuhan seni pada produk. Salah satu material ramah lingkungan adalah material serat yang berasal dari limbah tumbuhan. Material serat yang berasal dari tumbuhan mengandung unsur utama berupa selulosa yang dapat ditemukan pada limbah kelapa sawit.

Penggunaan limbah kelapa sawit berupa tandan kosong yang mengandung selulosa sebesar 37.5% - 38.76% dengan kandungan serat mencapai 72.67% [5]. Serat selulosa menjadi komponen penting sebagai *bio-filler* dalam pembuatan kulit sintetis. Penelitian oleh Nam dan Lee pada tahun 2019 mengidentifikasi cara optimal untuk menumbuhkan dan menggabungkan serat selulosa dengan biopolimer yang *renewable* untuk mengurangi kembalinya kelembaban ke dalam bahan dan untuk meningkatkan kekuatan serat selulosa serta mendorong penggunaan bahan ini sebagai alternatif kulit dalam produk alas kaki. Penggunaan selulosa dari tandan kosong kelapa sawit yang dihaluskan memberikan keunggulan dalam kekuatan daya tarik dan ketahanan pada kulit sintetis. Oleh karena itu, penggunaan bahan selulosa pada *upper* akan berpengaruh dalam pertimbangan fleksibilitas *upper* yang dapat mendukung pergerakan kaki dan memiliki daya tahan bahan untuk menjaga kaki saat digunakan [6].

Indonesia merupakan negara produsen alas kaki terbesar keempat di dunia, dibawah Tiongkok, India, dan Vietnam, dengan produksi 1,41 miliar pasang sepatu pada tahun 2018, Indonesia berkontribusi 4,6% terhadap total produksi sepatu dunia. Saat ini jumlah industri alas kaki di Indonesia tercatat sejumlah 18.687 unit yang meliputi 18.091 unit usaha skala kecil, 441 unit skala menengah, dan 155 unit usaha besar, dan total dari keseluruhan tersebut sudah menyerap 795.000 orang tenaga kerja. Industri alas kaki merupakan sektor manufaktur andalan yang menyumbang kontribusi pada perekonomian nasional, industri alas kaki juga merupakan sektor prioritas karena merupakan sektor padat karya yang berbasis ekspor. Dengan keadaan yang menguntungkan ini, merupakan kesempatan yang baik untuk memperkenalkan material bioproduk seperti serat organik kelapa sawit untuk diperkenalkan dan didistribusikan secara nasional maupun internasional [7].

Maka dalam penelitian ini bertujuan untuk mengobservasi penggunaan selulosa yang berasal dari limbah kelapa sawit sebagai material organik dasar untuk pembuatan sneakers. Manfaat teoritis dalam penelitian yakni dapat berkontribusi dalam kemajuan inovasi dalam produk alas kaki bersifat berkelanjutan berupa inovasi penggunaan bioproduk yang berasal dari tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan pembuatan sneakers. Serta manfaat bagi konsumen ialah dapat memperoleh alternatif sneakers dengan penggunaan bahan bioproduk ramah lingkungan yang dapat digunakan untuk aktivitas sehari-hari. Berdasarkan penelitian diatas maka hipotesis yang didapatkan yakni material bioproduk tandan kosong kelapa sawit bahan selulosa dapat diaplikasikan sebagai material pada produk *sneakers*.

## METODE

Metode penelitian menggunakan metode campuran. Metode kualitatif digunakan untuk mendapatkan data dari hasil studi literatur yang telah dilakukan sebelumnya mengenai kandungan tandan kosong kelapa sawit serta metode pengolahan bahan bioproduk yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif kulit untuk industri alas kaki, yang dapat mengurangi dampak negatif terhadap kelestarian lingkungan berupa ekstraksi bahan selulosa yang didapatkan dari hasil pengolahan tandan kosong kelapa sawit. Sedangkan metode kuantitatif yang dilakukan dalam eksperimen yang terdiri dari: uji coba kekuatan beberapa bahan (selulosa, kulit sapi, bahan sintesis, kain corduroy) saat menerima beban yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan beban yang akan berakibat merusak bahan. Uji coba kedua berupa uji coba beberapa bahan terhadap air yang bertujuan untuk mengetahui reaksi bahan, seperti bahan yang akan menyerap air atau bahan akan tahan terhadap air. Uji coba ketiga ialah percobaan bahan selulosa pada produk *sneakers*, uji coba ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian penggunaan bahan pada anatomi *upper sneakers* yang berada diujung jari kaki (*toe cap*) dan uji coba keempat ialah pengujian bahan pada bagian yang lebih datar dan tidak memiliki tekukan seperti punggung kaki (*vamp*) *sneakers*. Hasil eksperimen pengujian akan mempengaruhi penerapan bahan selulosa pada *sneakers*, meliputi pemilihan bahan yang dapat direalisasikan dan mendukung masing-masing anatomi *upper sneakers*.

## HASIL DAN DISKUSI

### 1. Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan oleh industri kelapa sawit yang banyak mengandung serat. Berdasarkan data dari Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI) mencatat produksi minyak sawit di dalam negeri mencapai 51,3 juta ton pada 2021. Setiap pengolahan 1 ton TBS (Tandan Buah Segar) akan dihasilkan TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) sebanyak 20–25% Tandan kosong kelapa sawit atau sebanyak 200–250 kg [8]. Tandan kosong kelapa sawit merupakan hasil kumpulan serat yang tertinggal yang telah disterilkan setelah dilakukan pemisahan buah dari tandan buah segar [9]. Tandan kosong kelapa sawit merupakan bahan yang bernilai terjangkau, bersifat ramah lingkungan, tidak beracun dan mengandung filament yang tebal dan kasar [10]. Tandan kosong kelapa sawit terbagi oleh beberapa zat penting yang dapat dimanfaatkan dan diolah menjadi produk yang bernilai ekonomi. Serat tandan kosong memiliki komponen penyusun berupa selulosa 37,26%, lignin 31,68%, hemiselulosa 14,62% [11].

### 2. Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit

Salah satu metode pengolahan serat TKKS adalah pengolahan yang menghasilkan material kulit dengan melalui metode *non-woven*. Dalam metode *non-woven*, serat tandan kosong kelapa sawit tidak ditenun, melainkan dengan pengikatan selulosa melalui beberapa metode, yaitu metode termal, mekanikal, dan kimiawi guna membuat ikatan antar serat dan selulosa pada kulit TKKS [12].

- a) Metode Kimiawi: Metode ini mengekstraksi serat tandan kosong kelapa sawit yang dilakukan dengan menggunakan campuran bahan kimia alkali dan asam.

- b) Metode Fisiokimia; Metode ini menggunakan bahan kimia dan pengaruh suhu tekanan tinggi untuk menghilangkan unsur lignin dan hemiselulosa pada tandan kosong kelapa sawit.
- c) Metode Biologi; Metode biologi melibatkan mikroba dan enzim selulase, mikroba berfungsi untuk mengurangi diameter partikel dari selulosa dan menghilangkan lignin dan enzim selulase berperan untuk menghidrolisis selulosa menjadi gula.
- d) Metode Mekanik; Metode ini diproses melalui penggilingan serat disertai dengan adanya penambahan bahan kimia serta proses termomekanik.

Dari keempat metode tersebut, metode kimiawi merupakan metode yang paling efektif digunakan dibandingkan metode fisiokimia, biologi maupun mekanik. Berikut merupakan proses yang dilakukan untuk mendapatkan selulosa tandan kosong kelapa sawit menggunakan proses alkalisasi dengan larutan NaOH 12%. Penggunaan PLA dan gliserol akan memberi pengaruh terhadap kekuatan ikatan selulosa dan fleksibilitas hasil bahan selulosa. Berikut merupakan proses ekstraksi bahan selulosa dari tandan kosong kelapa sawit melalui metode kimiawi:



Gambar 1. Proses Ekstraksi Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit

- a) Tandan kosong kelapa sawit yang masih bersifat kaku dan berwarna coklat dicuci dan dipotong-potong untuk mempermudah pencampuran.
- b) Tandan kosong kelapa sawit yang sudah dipotong dicampur dengan larutan soda api (NaOH) 12% selama 3 jam pada suhu 90°, kemudian didinginkan dan disaring. Tandan kosong kelapa sawit yang telah dialkalisasi masih berwarna coklat namun menjadi lebih fleksibel, tidak berminyak dan bertekstur seperti benang.

- c) Larutan kemudian dicampur ke dalam cairan pemutih (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 10% selama 1,5 jam pada suhu 90°. Proses *bleaching* pada Tandan kosong kelapa sawit menyebabkan serat mengalami perubahan warna dari coklat ke putih kekuningan.
- d) Hasil pencampuran dengan cairan pemutih kemudian dicuci hingga air pencuciannya jernih dilanjutkan dengan pengeringan ke dalam oven.
- e) Selulosa yang sudah kering kemudian dipotong-potong dan dihaluskan menggunakan miller hingga terlihat seperti bubuk. Bubuk selulosa kemudian dicampurkan dengan PLA yang telah dilarutkan kedalam diklorometan dan dicetak pada cawan petri kemudian dipress hingga menjadi seperti berikut:



Gambar 2. Hasil Ekstraksi Selulosa

Penggunaan bahan dalam pembuatan alas kaki tidak hanya merupakan bagian dari kinerja dan kenyamanan sepatu yang melekat dan diperlukan, tetapi juga terkait dengan aspek estetika dari desain alas kaki. Bahan tidak hanya membawa daya tarik estetika tetapi juga memiliki sifat fungsional alas kaki [13]. Setiap bahan dapat digunakan untuk menghasilkan jenis dan desain alas kaki yang berbeda, tergantung dari penggunaan dan kinerja alas kaki tersebut [14]. Penggunaan selulosa dari limbah tandan kelapa sawit sebagai satu biomaterial berkelanjutan dan ramah lingkungan pengganti kulit menjadi inovasi yang memiliki banyak potensi di industri alas kaki. Selulosa elastis dari ketebalan yang diinginkan memiliki karakteristik yang mirip dengan hewan kulit yang digunakan dalam industri alas kaki. Bahan selulosa mendukung pengaplikasian pada permukaan *upper sneakers*. Karakteristik selulosa, yaitu kelenturannya dan kelembutan adalah atribut penting dalam produksi alas kaki, dimana kenyamanan menggunakan produk menentukan kepuasan pelanggan [15].

### 3. Hasil Eksperimen Pengaplikasian Bahan Selulosa

Eksperimen dilakukan dengan empat tahap, tahap pertama menguji kekuatan beberapa bahan (selulosa, kulit sapi, bahan sintesis dan kain corduroy) untuk menerima beban. Tahap kedua menguji reaksi beberapa bahan terhadap air. Tahap selanjutnya, menguji bahan selulosa pada bagian yang memiliki tekukan tajam seperti ujung jari *sneakers (toe cap)* dan tahap terakhir menguji bahan pada bagian yang lebih datar seperti punggung kaki (*vamp*). Uji coba yang

dilakukan bertujuan untuk menentukan aspek-aspek yang sesuai untuk diterapkan pada produk *sneakers* berbahan selulosa dengan mempertimbangkan komposisi penggunaan bahan pada *sneakers*, kinerja bahan pada bagian anatomi *sneakers* untuk menentukan kesesuaian bahan untuk pengembangan dan produksi produk.

#### A. Uji Coba Kekuatan Bahan Menerima Beban

Uji coba kekuatan bahan untuk menerima beban dilakukan untuk menentukan kemampuan daya tahan bahan saat menerima beban. Uji coba kekuatan beban dilakukan dengan menarik bahan selulosa, kulit sapi, bahan sintetis dan kain corduroy yang telah dikaitkan dengan timbangan gantung. Hasil yang diperhatikan ialah apakah adanya kerusakan bahan seperti keretakan maupun sobekan pada kekuatan tertentu. Sehingga kekuatan beban dapat diperhitungkan dan menjadi acuan sebelum bahan diuji coba pada produk *sneakers*.



Gambar 3. Uji Coba Beberapa Bahan

Pada uji coba kekuatan menerima beban oleh beberapa bahan seperti bahan selulosa, kulit sapi, bahan sintetis dan kain corduroy. Didapatkan hasil berupa bahan selulosa dapat menahan beban sebesar 1,270 kg sebelum terjadi keretakan pada bahan sedangkan hasil yang didapatkan dari ketahanan bahan kulit sapi, sintetis dan corduroy ialah ketiga bahan mampu menahan beban melebihi 12 kg tanpa mengalami kerusakan.

Tabel 1. Hasil Uji Coba Kekuatan Bahan

Selulosa	Kulit Sapi	Sintetis	Corduroy
1,270 kg	>12kg	>12kg	>12kg

## B. Uji Coba Bahan Terhadap Air (Kelembaban)

Uji ketahanan air dilakukan untuk mengetahui reaksi yang terjadi ketika permukaan bahan selulosa, kulit sapi, sintetis dan corduroy terkena air. Uji coba dilakukan dengan membasahi permukaan bahan selulosa, kulit sapi, bahan sintetis dan kain corduroy. Hasil yang didapatkan ialah bahan kulit sapi dan bahan sintetis dapat menahan permukaan air tanpa menembus bagian dalam. Namun pada permukaan kulit sapi terlihat mengalami reaksi perubahan warna menjadi lebih gelap sedangkan bahan sintetis tidak mengalami perubahan apapun. Sedangkan pada bahan selulosa dan kain corduroy tidak dapat menahan air pada permukaan sehingga menyerap hingga kedalam bahan.



Gambar 4. Uji Coba Beberapa Bahan Terhadap Air (Kelembaban)

## C. Eksperimen Bahan Pada Produk Sneakers 1

Eksperimen uji coba bahan pertama dilakukan dengan mengaplikasikan bahan selulosa menjadi produk sneakers. Uji coba dilakukan pada anatomi sneakers yang memiliki tekukan seperti bagian ujung jari kaki atau *toe cap sneakers*. Pengujian pada permukaan yang menekuk seperti *toe cap* bertujuan untuk mengetahui reaksi bahan selulosa jika diterapkan dibagian yang memiliki tekukan. Dari hasil eksperimen uji coba penggunaan bahan pada produk pada *toe cap*, didapatkan sintesis sebagai berikut:



Gambar 5. Uji coba bahan Pada Produk Sneakers 1

1. Penggunaan bahan selulosa yang dilapisi dengan kain blacu dapat menambah kekuatan bahan sehingga mengurangi terjadinya keretakan pada bahan selulosa.
2. Ketebalan bahan yang melebihi 1 mm kurang dapat memberikan kelenturan yang cocok untuk diaplikasikan pada bagian ujung jari kaki atau *toe cap* produk *sneakers*.
3. Daya tahan bahan selulosa kurang mendukung saat dilakukan *assembling* pada ujung bagian jari kaki atau *toe cap sneakers*.

#### D. Eksperimen Bahan Pada Produk *Sneakers 2*

Setelah melakukan uji coba kedua penggunaan bahan pada produk *sneakers*. Uji coba dilakukan pada anatomi *sneakers* yang memiliki permukaan datar seperti bagian *vamp*. Pengujian pada bagian *vamp* bertujuan untuk mengetahui reaksi bahan selulosa jika diterapkan dibagian yang memiliki permukaan lebih mendatar. Dari hasil eksperimen uji coba pada bagian *vamp* didapatkan hasil sintesis sebagai berikut:



Gambar 6. Uji Coba Bahan Pada Produk *Sneakers 2*

1. Penggunaan bahan selulosa yang dilapisi dengan kain blacu dapat menambah kekuatan bahan sehingga mengurangi terjadinya keretakan pada bahan selulosa.
2. Penyerutan bahan dapat memberikan elastisitas lebih pada bahan sehingga bahan tidak mudah pecah saat dilakukan *assembling*.
3. Penggunaan bahan selulosa mendukung bagian dengan permukaan yang lebih datar seperti bagian *vamp*, *tongue*, *quarter*. Namun, penggunaan bahan selulosa tidak dapat *support* bagian lengkungan, seperti bagian *toe cap*, *heel counter* dan *tongue* sehingga dikombinasi oleh penggunaan bahan kulit sapi dibagian tersebut.
4. Penggunaan lining untuk kenyamanan kaki dan memberikan kekuatan yang lebih kepada bagian dalam *sneakers* sehingga lebih awet.

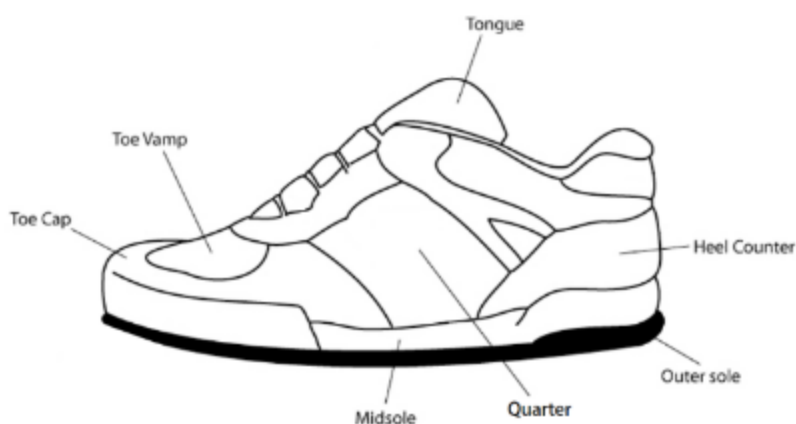
#### KESIMPULAN

Produk *sneakers* terbagi menjadi beberapa *part*, masing-masing *part* memiliki kebutuhan material yang berbeda-beda. Dari hasil studi dan eksperimen, fokus inovasi bahan selulosa yang didapatkan dari hasil pengolahan tandan kosong kelapa sawit hanya bisa diaplikasikan pada beberapa bagian *upper*, seperti bagian *quarter*, *tongue*, *heel counter* (tumit atas) dan *vamp*. Bahan selulosa yang hanya dapat diaplikasikan pada bagian tersebut



dikarenakan bagian *quarter*, *tongue* dan *heel counter* memiliki permukaan yang lebih datar dan terletak dibagian yang tidak banyak menerima beban tarikan ketika proses *assembling* maupun beban yang diakibatkan oleh pergerakan kaki selama penggunaan sehari-hari sehingga bagian ini mendukung ketahanan bahan selulosa saat diaplikasikan.

Kombinasi bahan lain seperti penggunaan bahan kulit sapi, bahan sintetis maupun kain corduroy mendukung pengaplikasian pada permukaan yang memiliki tekukan seperti ujung kaki (*toe cap*) dan tumit (*heel counter*) yang membutuhkan elastisitas dan ketahanan yang lebih besar untuk menerima beban tarikan ketika proses *assembling* dan beban yang diakibatkan oleh pergerakan kaki selama penggunaan sehari-hari, sehingga pengguna dapat bergerak secara bebas dan daya tahan produk *sneakers* menjadi lebih tahan lama. Selain itu, beberapa bahan seperti bahan kulit sapi dan kulit sintetis bisa dijadikan alternatif kombinasi bahan yang mampu bertahan terhadap reaksi air sehingga tidak mengakibatkan kelembaban berlebih di dalam *sneakers* jika permukaan *sneakers* terkena air.



Gambar 7. Anatomi Sneakers

Tabel 2. Penggunaan Kombinasi Material Pada Upper

Anatomi Sneakers	Selulosa	Kulit Sapi	Sintetis	Corduroy
Vamp	√	√	√	√
Quarter	√	√	√	√
Tongue	√	√	√	√
Toe Cap	-	√	√	√
Heel Counter	-	√	√	√

Potensi penggunaan bahan selulosa untuk diaplikasikan menjadi salah satu alternatif bahan *sneakers* menarik untuk dikembangkan. Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahan selulosa memiliki kelenturan yang dapat mendukung penerapan beberapa bagian anatomi *sneakers* seperti *quarter*, *tongue* dan *toe cap*. Namun kekuatan bahan kurang dapat mendukung untuk dapat diterapkan pada bagian yang memiliki tekukan seperti ujung jari kaki (*toe box*) dan ujung tumit (*heel counter*). Namun bahan selulosa masih dapat digunakan sebagai salah satu inovasi penggunaan bahan yang bersifat bioproduk untuk diaplikasikan pada *upper sneakers* yang ramah lingkungan dan bernilai jual lebih untuk dapat bersaing dengan produk non-bioproduk. Selain itu, penggunaan bahan selulosa yang masih memiliki kekuatan yang terbatas untuk dapat realisasikan pada beberapa *part upper sneakers* dapat dikombinasikan dengan material lain seperti kulit sapi, bahan sintetis maupun kain corduroy yang memiliki daya

tahan lebih untuk dapat mendukung bahan selulosa pada bagian *upper* untuk menerima beban tarikan saat proses *assembling*, beban pergerakan kaki selama penggunaan sehari-hari maupun ketahanan permukaan bahan terhadap air. Penggunaan bahan selulosa sebagai alternatif bahan *sneakers* diharapkan dapat menciptakan *awareness* kepada pengguna terhadap penggunaan bahan yang *sustainable* dan dapat didaur ulang yang bisa diterapkan pada *fashion style*. Sehingga kedepannya akan ada pertimbangan untuk membeli *sneakers* dengan bahan yang berasal dari hasil alam.

## REFERENSI

- [1] K. L. H. d. Kehutanan, "Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)," Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021. [Online]. Available: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>. [Accessed 10 Agustus 2022].
- [2] C. Nam, "Multilayered cellulosic material as a leather alternative in the footwear industry," *Clothing and Textiles Research Journal*, vol. 37, no. 1, pp. 20-34, 2019.
- [3] F. A. Ngwabebhoh, "Bio-innovation of new-generation nonwoven natural fibrous materials for the footwear industry: Current state-of-the-art and sustainability panorama Bio-innovation of new-generation nonwoven natural fibrous materials for the footwear industry: Current stat," *Journal of Natural Fibers*, vol. 19, no. 13, pp. 4897-4907, 2021.
- [4] M. Heale, "Corporate social responsibility in the fashion industry," *Eco-Business*, 5 Desember 2013. [Online]. Available: <https://www.eco-business.com/opinion/corporate-social-responsibility-fashion-industry/>. [Accessed 10 Agustus 2022].
- [5] D. P. Dewanti, "Potensi selulosa dari limbah tandan kosong kelapa sawit untuk bahan baku bioplastik ramah lingkungan," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 19, no. 1, pp. 81-88, 2018.
- [6] P. D. Running, "Best Nike Running Shoes for Injury Prevention-Project : Run Fearless," *Pro Direct Running*, 11 Februari 2021. [Online]. Available: <https://www.prodirectsport.com/running/articles/kit-and-gear/reviews/nike-project-run-fearless/>. [Accessed 10 Agustus 2022].
- [7] Kemenperin, "Indonesia Produsen Alas Kaki Terbesar Keempat di Dunia," Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 8 April 2019. [Online]. Available: <https://kemenperin.go.id/artikel/20539/Indonesia-Produsen-Alas-Kaki-Terbesar-Keempat-Di-Dunia>. [Accessed 10 Agustus 2022].
- [8] R. I. Sawit, "Berikut Pemanfaatan Limbah Sawit Untuk Keberlanjutan Lingkungan," *Info Sawit*, 30 Juni 2023. [Online]. Available: <https://www.infosawit.com/2023/06/30/berikut-pemanfaatan-limbah-sawit-untuk-keberlanjutan-lingkungan/>. [Accessed 25 September 2023].
- [9] S. Shinoj, "Oil palm fiber (OPF) and its composites: A review," *Industrial Crops and Products*, vol. 33, no. 3, pp. 7-22, 2011.
- [10] L. A. Alrahman, "Comparison of acoustic characteristics of date palm fibre and oil palm fibre," *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, vol. 7, no. 8, pp. 1656-1661, 2014.
- [11] Y. Sudiyani, "Utilization of biomass waste empty fruit bunch fiber of palm oil for bioethanol production using pilot-scale unit," *Energy Procedia*, vol. 32, pp. 31-38, 2013.
- [12] S. Alimuzzaman, "Nonwoven Flax Fibre Reinforced Pla Biodegradable Composites," The University of Manchester, England, 2013.
- [13] N. Braithwaite, "Materializing fashion: Designers, materials, ideas and the creation of designer shoes," *Critical Studies in Fashion and Beauty*, vol. 5, no. 1, 2014.

- [14] W. Motawi, *How Shoes are made: A behind the scenes look at a real sneaker factory*, Wade Motawi, 2015.
- [15] C. Garcia, "Bacterial cellulose as a potential bioleather substitute for the footwear industry," *Microbial Biotechnology*, vol. 12, no. 4, p. 582–585, 2018.