



PAPER – OPEN ACCESS

Biodegradasi Produk Rubber Dam Berpengisi Selulosa Mikrokrystal dari Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogea* L.) dengan Penambahan Pewarna Organik dari Daun Suji (*Pleomele angustifolia*)

Author : Hamidah Harahap dan Jose
DOI : 10.32734/ee.v4i1.1278
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 4 Issue 1 – 2021 TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Biodegradasi Produk *Rubber Dam* Berpengisi Selulosa Mikrokrystal dari Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogea* L.) dengan Penambahan Pewarna Organik dari Daun Suji (*Pleomele angustifolia*)

Hamidah Harahap^a, Jose^a

^aUniversitas Sumatera Utara, Jl. Dr. T. Mansur No.9, Medan 20222, Indonesia

hamidah.usu@gmail.com, lie.jose@gmail.com

Abstrak

Rubber dam adalah produk tipis yang digunakan untuk memfasilitasi operasi gigi. Biasanya, *rubber dam* terbuat dari lateks karet alam, yang sulit terurai karena ikatan silang belerang. Oleh karena itu, dibuat pengisi mikrokrystalin selulosa dari kulit kacang tanah dengan penambahan pewarna organik dari daun suji untuk membuat produk *rubber dam* untuk memudahkan biodegradasi. Penelitian ini mengkaji pengaruh *Microcrystalline Cellulose Filler* (MCC) sebagai bahan pengisi organik dan pewarna organik dari daun suji pada karet dan produk lateks karet alam terhadap biodegradabilitas akibat penanaman pada tanah yang dipupuk, tidak dipupuk dan disuspensikan. Pembuatan *rubber dam* dari lateks karet alam melalui proses pencetakan. Penelitian ini diawali dengan vulkanisasi awal lateks karet alam pada suhu 70 °C dan dilanjutkan dengan vulkanisasi pada suhu 120 °C selama 10 menit, setelah itu ditaburi CaCO₃ dan proses selanjutnya adalah proses klorinasi produk karet. dan lateks karet alam. Hasil persentase susut bobot menunjukkan bahwa semakin tinggi pembebanan MCC maka semakin tinggi biodegradabilitasnya, dengan persentase susut bobot tertinggi pada tanaman yang menggunakan pupuk 25,78% dan 24,39% dengan menggunakan pewarna organik dan tanpa pewarna. Untuk penanaman tanpa pupuk dan tanaman gantung masing-masing sebesar 20,55%; 19,53% dan 9,59%; 8,85% untuk pewarna organik dan pewarna bebas. Hasil uji mekanik yang dikuatkan dengan analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa kerusakan permukaan akibat penanaman pupuk lebih besar dibandingkan kedua metode lainnya. Berdasarkan hasil analisis Fourier Transform Infrared (FTIR), puncak serapan mengalami penurunan intensitas setelah tanam dibandingkan sebelum tanam.

Kata Kunci: Biodegradasi; Penanaman; Penggantungan; Pupuk; *Rubber Dam*

Abstract

Rubber dams are thin products used to facilitate dental surgery. Usually, *rubber dams* are made of natural rubber latex, which is difficult to decompose due to sulfur cross-links. Therefore, microcrystalline cellulose fillers were made from peanut shells with the addition of organic dyes from suji leaves to make *rubber dam* products to facilitate biodegradation. This study examines the effect of *Microcrystalline Cellulose Filler* (MCC) as an organic filler and organic dye from suji leaves on rubber and natural rubber latex products on biodegradability due to planting in fertilized, unfertilized and suspended soil. Making *rubber dams* from natural rubber latex through the molding process. This research begins with the initial vulcanization of natural rubber latex at a temperature of 70 °C and continued with vulcanization at a temperature of 120° C for 10 minutes, then sprinkled with CaCO₃ and the next process is the process of chlorination of rubber products. and natural rubber latex. The percentage of weight loss showed that the higher the loading of PKS, the higher the biodegradability, with the highest percentage of weight loss in plants using fertilizers of 25.78% and 24.39% using organic dyes and without dyes. For planting without fertilizer and hanging plants it is 20.55% each; 19.53% and 9.59%; 8.85% for organic dyes and free dyes. The results of the mechanical test confirmed by *Scanning Electron Microscopy* (SEM) analysis showed that the surface damage due to fertilizer planting was greater than the other two methods. Based on the results of the Fourier Transform Infrared (FTIR) analysis, the absorption peak experienced a decrease in intensity after planting compared to before planting.

Keywords: Biodegradation; planting; Hanging; Fertilizer; *Rubber Dam*

1. Pendahuluan

Rubber dam adalah lembaran karet tipis yang selama proses perawatan gigi ditempatkan di atas gigi. Konsep *rubber dam* adalah memisahkan satu atau lebih gigi melalui lembaran karet sehingga pekerjaan khusus pada gigi tersebut dapat dilakukan oleh dokter gigi [1]. Sebagai komponen utama, sebagian besar *rubber dam* terbuat dari lateks karet alam [2]. Kekuatan tinggi, kelenturan dan elastisitas yang kuat terdapat pada lateks karet alam [3].

Sekitar 20-30% limbah lateks padat dibuang di tempat pembuangan sampah, menurut Forrest [4]. Karena bahan kuratif seperti belerang, antioksidan dan lain-lain, limbah film atau barang-barang lateks karet alam seperti sarung tangan, *rubber* dam, dll sulit terdegradasi [5]. Konsekuensi dari masa degradasi yang lama menimbulkan bau tidak nyaman dan kerusakan pada tanah [6]. Dengan memanfaatkan fungsi mikroorganisme, biodegradasi merupakan solusi untuk pengelolaan limbah biologis dan mampu mendegradasi sampah organik ke senyawa organik lebih sederhana adalah mikroorganisme yang digunakan sebagai agen biodegradasi [7]. Bakteri sebagai dasar adanya karbon dan energi untuk pertumbuhan, bakteri yang terdegradasi mengkonsumsi lateks karet alam dalam proses biodegradasinya [8].

Secara umum, bahan pengisi yang berkelanjutan dan mudah terdegradasi seperti bahan pengisi organik (lignin, pati dan selulosa) diupayakan [9]. Limbah dari kulit kacang tanah adalah sumber daya yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi organik. Limbah yang cukup besar yaitu kulit kacang tanah dihasilkan dari pembuatan kacang tersebut [10]. Selulosa sebesar 35,7%, hemiselulosa sebesar 18,7 %, lignin sebesar 30,2% dan kadar abu sebesar 5,9% merupakan bagian dari komposisi kulit kacang tanah.

Perlunya memberi warna pada produk lateks karet alam, selain sebagai bahan pengisi, merupakan komoditas yang dapat menarik minat konsumen untuk memilihnya. Pewarna alami adalah pewarna yang tidak beracun, terbarukan, mudah terdegradasi, dan aman bagi lingkungan. Suji merupakan tumbuhan yang dapat menghasilkan warna yang alami. Daun suji (*Pleomele angustifolia*) merupakan tumbuhan yang mempunyai pigmen klorofil yang dapat menciptakan warna hijau Kadar air dasar basah dari daun suji adalah 73,25 %, terdapat klorofil 3773,9 ppm yaitu dari klorofil a sebanyak 2524,6 ppm dan klorofil b sebanyak.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan selulosa mikrokristal kulit kacang tanah adalah kulit kacang tanah dari pasar tradisional di Medan, Asam Nitrat (Merck kemurnian 65%), Natrium Hidroksida (Merck), Sodium Hypochlorite (6-14% klorin aktif Merck), Sodium Nitrit (Merck), Sodium Sulphite (Merck), Asam Sulfat (98% kemurnian Merck). Bahan dalam pembuatan kompon lateks karet alam adalah High Amonia Latex dengan kandungan karet kering 60% dan bahan kuratif lateks dari perusahaan bahan kimia di Medan, mikrokristal selulosa dari Kulit Kacang Tanah, Polyvinyl Pyrrolidone (PVP) (Merck), Asam Klorida (37% kemurnian Merck), Pewarna Organik Daun Suji.

Adapun peralatan pada penelitian ini adalah timbangan analitik, *oven*, *mixer*, *hotplate*, *beaker glass*, gelas ukur, termometer, ayakan 50 *mesh*, *magnetic stirrer*. Peralatan dalam pembuatan kompon lateks karet alam adalah labu bejana, cangkir penguap, pengaduk, penangas air, pelat seng.

2.2. Prosedur

2.2.1. Pembuatan mikrokristal selulosa

Untuk mendapatkan selulosa yang terdiri dari beberapa tahap, kulit kacang tanah diekstraksi. Untuk melemahkan ikatan lignin, langkah pertama yang dilakukan adalah delignifikasi kulit kacang tanah. Kulit kacang tanah dicampur dengan 1 L 3,5% HNO₃ dan NaNO₂ selama pra-perlakuan. Proses delignifikasi dengan NaOH dan Na₂SO₃. Proses pemisahan alfa-selulosa yang dicampur dengan NaOH 17,5%. Pemutihan dengan NaOCl 1,75%. Setelah diperoleh alfa-selulosa, digunakan asam sulfat 45% untuk hidrolisis, kemudian mikrokristal selulosa dikeringkan dalam desikator.

2.2.2. Pembuatan film lateks karet alam

Dalam ball mill 10% mikrokristal selulosa, 1% PVP dan air disiapkan dengan proses dispersi. Bahan pengisi kemudian dicampur dalam proses pra-vulkanisasi dengan kompon lateks karet alam. Prosedur pra-vulkanisasi dilakukan pada suhu 70°C dengan formulasi seperti pada Tabel 1. Proses vulkanisasi dilakukan selama 10 menit pada suhu 120°C.

Table 1. Formulasi lateks karet alam dan bahan kuratif.

No.	Bahan	Komposisi (gram)
-----	-------	------------------

1	High Ammonia Lateks 60% karet kering	166,7
2	Dispersi Sulfur 50%	1,2
3	Dispersi ZDEC 50%	1
4	Dispersi ZnO 30%	0,83
5	Dispersi Antioksidan 50%	4
6	Dispersi KOH 10%	2
7	10% Dispersi Selulosa Mikrokrystal dari Kulit Kacang Tanah dan PVP	0; 2; 4; 6; 8
8	Pewarna Organik Daun Suji	0; 0,5

2.2.3. Biodegradasi film lateks karet alam

Produk Lateks karet alam dipotong menjadi benda uji berukuran 4x4 cm, ditimbang dan ditimbun dalam tanah selama 5 minggu, dengan pengamatan setiap 1 minggu sekali, dengan dan tanpa pupuk. Untuk mengekstrak pengotor, sampel kemudian dipisahkan dari tanah dan dicuci dengan air destilasi. Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 50oC sampai beratnya konstan. Dengan menggunakan Mikroskop Elektron *scanning* (MIKROSKOP ELEKTRON) dan dikarakterisasi dengan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), sampel kemudian diperiksa morfologinya. Setelah biodegradasi, persentase penurunan berat badan ditentukan dengan menggunakan persamaan (1).

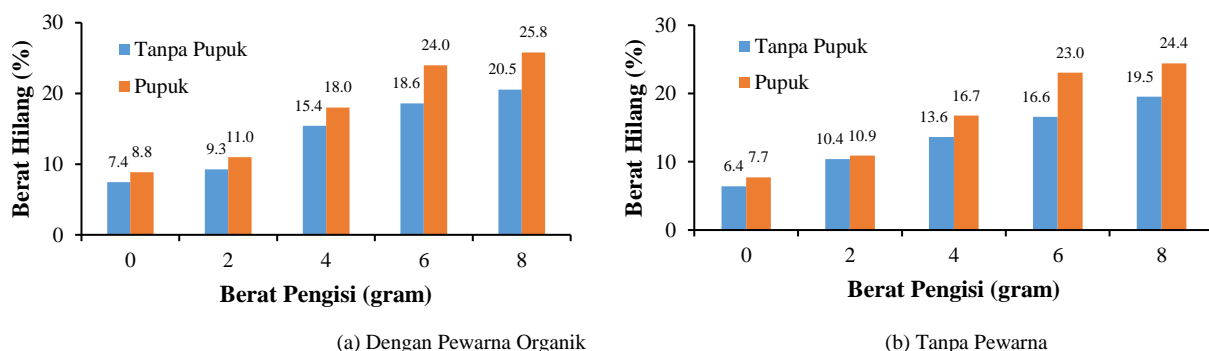
$$\text{berat hilang} = \frac{W_0 - W(t)}{W_0} \quad (1)$$

Dimana massa awal adalah W_0 dan massa yang tersisa adalah $W(t)$ pada waktu tertentu, t .

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Berat Hilang

Gambar 1. menunjukkan pengaruh penurunan berat (%) metode biodegradasi produk *rubber* dam dengan variasi pembebanan pengisi mikrokrystalin selulosa dan penambahan pewarna organik daun suji. Dapat ditemukan bahwa Mikroskop Elektronakin besar kandungan filler, Mikroskop Elektronakin tinggi persentase penurunan berat badan. Selain itu, dengan penambahan pewarna organik daun suji, persentase susut bobotnya lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan pewarna organik. Nilai susut bobot tertinggi terlihat pada metode biodegradasi penguburan tanah dengan pupuk dan penggunaan zat warna organik untuk bahan pengisi 8 gram sebesar 25,78% dan tanpa pupuk untuk bahan pengisi 8 gram sebesar 20,55%. Sedangkan nilai susut bobot terendah terlihat pada metode biodegradasi penguburan tanah tanpa pupuk dan tanpa penggunaan pewarna organik untuk 0 gram bahan pengisi sebesar 6,40%.



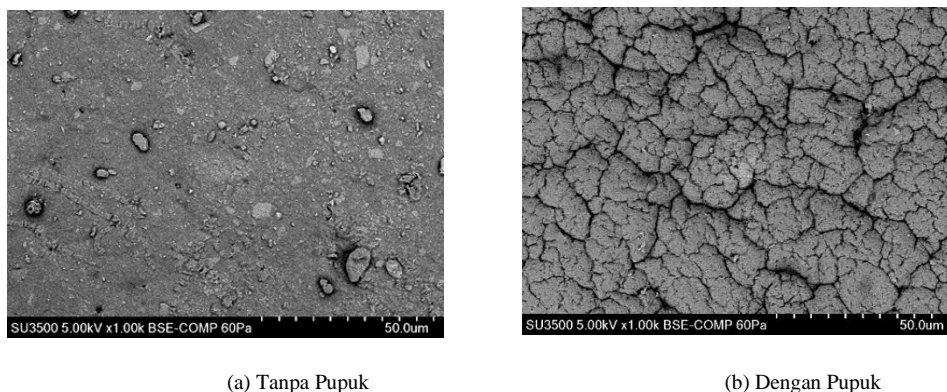
Gambar 1. Perbandingan Berat Hilang Biodegradasi Produk *Rubber* Dam Lateks Karet Alam Berpengisi Selulosa Mikrokrystal

Penambahan mikrokrystal selulosa yang didapata dari kulit kacang tanah serta pemberi warna organik daun suji di lateks karet alam akan meningkatkan laju biodegradasi. Bahan organik, seperti bahan yang berasal dari tumbuhan atau bahan lain yang berasal dari organisme hidup, biasanya merupakan bahan yang dapat mengalami biodegradasi lebih cepat sehingga mikroorganisme dapat memanfaatkannya. Hal ini dikarenakan mikroorganisme lebih cepat mengkonsumsi selulosa dalam film dibandingkan lateks karet

alam, sehingga meningkatkan porositas, pembentukan rongga, dan merusak komposisi matriks lateks karet alam. Akibatnya, pembentukan dipecah menjadi partikel yang lebih sederhana dan proses biodegradasi difasilitasi [15]. Pengaruh penambahan bahan pengisi organik yaitu kulit kacang tanah terhadap sifat biodegradasi komposit karet alam di dalam tanah telah dilaporkan oleh Sareena, et al [16]. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa menambahkan lebih banyak bahan pengisi organik akan meningkatkan persentase kehilangan berat dari produk yang terbuat dari karet alam ini. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan bahan pengisi organik meningkatkan laju biodegradasi.

Laju biodegradasi terbaik diperoleh dengan menggunakan pupuk melalui metode biodegradasi penguburan tanah. Aktivitas degradasi mikroba sangat dipengaruhi oleh unsur hara yang terdapat di tanah, adalah nitrogen, fosfor serta kalium [17]. Nutrisi merupakan faktor penting dalam proses biodegradasi suatu bahan. Penambahan unsur hara seperti pupuk akan meningkatkan laju biodegradasi dengan meningkatkan kandungan karbon dan unsur hara sebagai sumber energi bagi mikroorganisme di dalam tanah dibandingkan dengan tidak adanya unsur hara. Dampak penambahan dan tanpa penambahan pupuk NPK terhadap degradasi aspal diamati oleh Agarry dan Kigho [19]. Temuan menunjukkan bahwa, relatif terhadap tanah yang tidak dipupuk, penambahan NPK meningkatkan laju pertumbuhan dan populasi mikroorganisme, sehingga meningkatkan kemampuan mikroba untuk mendegradasi.

3.2. Morfologi



Gambar 2. Hasil Mikroskop Elektron pada biodegradasi Mikroskop Elektron results in biodegradation of natural *rubber* latex with a filler load of 8 grams and organic dyes with a magnification of 1000x

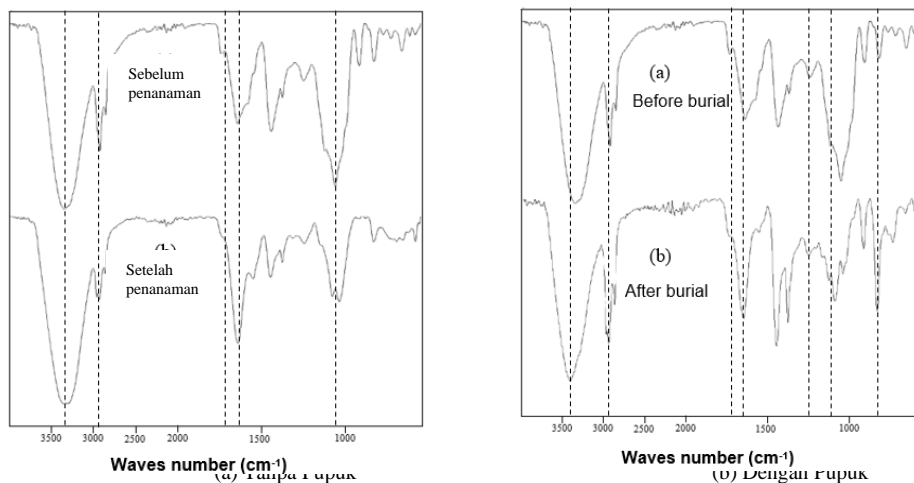
Gambar 2 menunjukkan hasil permukaan lateks karet alam dengan *Scanning Electron Microscope* atau mikroskop elektron yang ditanam dengan 8 gram selulosa yang memuat mikrokristal. Permukaan mikroskop elektron untuk penanaman dalam tanah tanpa pupuk dan dengan pupuk seri pada perbesaran 1000x ditunjukkan pada Gambar 2 (a) dan (b).

Gambar 2(a) menunjukkan bahwa selama fase penanaman di dalam tanah tanpa menggunakan pupuk, produk mengalami perubahan seperti yang ditunjukkan oleh permukaan produk yang tidak rata. Ada banyak bintik kuning dan sedikit jamur setelah sampel dikeluarkan dari tanah dan dibersihkan. Gambar 2(b) menunjukkan bahwa, seperti yang ditunjukkan oleh permukaan produk yang mulai membusuk, retak dan terkikis selama proses penanaman dalam tanah, produk mengalami perubahan dengan menggunakan pupuk. Terdapat bercak kuning dan coklat kehitaman yang disebabkan oleh mikroorganisme yang menyerang sampel untuk mengambil sumber karbon yang dibutuhkan setelah dikeluarkan dari tanah dan dicuci.

Ada serangan mikroba pada permukaan sampel, yang diikuti dengan hilangnya oligomer secara besar-besaran, yang mengakibatkan permukaan terkikis. Pengamatan ini ditunjukkan dengan peningkatan kekasaran permukaan dan erosi, yang dapat dideteksi dengan meningkatnya beban pengisi pada lateks karet alam. Terdapat retakan dan rongga pada permukaan yang disebabkan oleh degradasi oksidatif yang disebabkan oleh oligomer pendek. Mikroorganisme kemudian memetabolisme oligomer dan menyebabkan permukaan yang kosong dan terkikis berkembang [20].

Proses biodegradasi lateks karet alam dalam tanah dengan dan tanpa penambahan bakteri didefinisikan oleh Ikram et al [21] dimana kerusakan permukaan lebih besar pada penguburan pupuk, yang ditunjukkan dengan hasil MIKROSKOP ELEKTRON yang mengandung retakan, lubang dan banyak erosi.

3.3. Fourier Transform Infra-Red (FTIR)



Gambar 3. Hasil Spektrum FT-IR Produk *Rubber* Dam Lateks Karet Alam Berpengisi 8 gram dan Menggunakan Pewarna Organik.

Gambar 3 mendemonstrasikan spektrum lateks karet alam FTIR dengan berpengisi mikro Kristal selulosa 8 gram dan pemebri warna yang organik daun suji untuk a dan b, tanpa pupuk, dengan pupuk. Spektrum FTIR adalah metode untuk menentukan apakah gugus fungsi baru terbentuk atau hilang dan untuk menentukan biodegradabilitas suatu bahan.

Sebelum penanaman dalam tanah, terjadi serapan pada $3352,35\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan peregangan OH. Terdapat puncak pada daerah $1737,63\text{ cm}^{-1}$ dengan $1642,39\text{ cm}^{-1}$ yang bersesuaian dengan ikatan C=O dan ikatan C=C. Puncak-puncak pada daerah $2922,23\text{ cm}^{-1}$ merupakan gugus regangan C-H diikuti regangan C-O pada $1061,43\text{ cm}^{-1}$.

Setelah penanaman dalam tanah dengan dan tanpa pupuk, intensitas ikatan menurun. Gugus ulur OH menurun dengan serapan pada kisaran $3250 - 3420\text{ cm}^{-1}$ masing-masing dengan dan tanpa pupuk. Puncak-puncak pada daerah $1643,34\text{ cm}^{-1}$ dan $1638,84\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan kelompok C=C masing-masing dengan dan tanpa pupuk juga mengalami penurunan intensitas. Puncak pada $2925,77\text{ cm}^{-1}$ dan $2925,25\text{ cm}^{-1}$ adalah gugus CH yang dikaitkan dengan gugus CO masing-masing pada $1244,40\text{ cm}^{-1}$ dan $1037,38\text{ cm}^{-1}$ dengan dan tanpa pupuk juga mengalami penurunan akibat serangan mikroba di dalam tanah. tanah selama proses biodegradasi. Proses biodegradasi lateks karet alam dengan pengisi inti sawit telah diidentifikasi oleh Daud et al [22]. Setelah fase penanaman di dalam tanah, terjadi pergeseran serapan pada spektrum FT-IR yang menurunkan kekuatan FT-IR. Penurunan intensitas proses penanaman menggunakan pupuk lebih signifikan dibandingkan tanpa pupuk. Intensitas yang melemah menunjukkan bahwa selama penanaman di dalam tanah, lateks karet alam dengan pemuatan pengisi 8 gram dan pewarna organik telah terdegradasi.

4. Kesimpulan

Penggunaan dari mikrokrystal selulosa yang diperoleh dari kulit kacang tanah dan pemeberian lebih dari pewarna yang organik daun suji akan meningkatkan biodegradabilitas produk lateks karet alam di dalam tanah. Dibandingkan dengan varian lain yang dapat ditunjukkan dengan persentase penurunan berat baik dengan dan tanpa pupuk, 8 gram pengisian pengisi dengan penambahan pewarna organik menawarkan kecepatan biodegradasi terbaik. Dengan penambahan pupuk, proses biodegradasi tanah memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan tanpa pupuk. Pewarna organik daun suji juga memiliki proses biodegradasi yang lebih baik dibandingkan tanpa menggunakan pewarna organik. Uji dengan mikroskop elektron dan spektrofotometer infra red dispersi mendukung hal ini.

Referensi

- [1] Filippini, Massimo, and Lester C. Hunt. (2011) "Energy demand and energy efficiency in the OECD countries: a stochastic demand frontier approach." *Energy Journal* **32** (2): 59–80.
- [2] Filippini, Massimo, and Lester C. Hunt. (2012) "US residential energy demand and energy efficiency: A stochastic demand frontier approach." *Energy Economics* **34** (5): 1484–1491.
- [3] Weyman-Jones, Thomas, Jlia Mendona Boucinha, and Catarina Feteira Incio. (2015) "Measuring electric energy efficiency in Portuguese households: a tool for energy policy." *Management of Environmental Quality: An International Journal* **26** (3): 407–422.
- [4] Saunders, Harry (2009) "Theoretical Foundations of the Rebound Effect", in Joanne Evans and Lester Hunt (eds) *International Handbook on the Economics of Energy*, Cheltenham, Edward Elgar
- [5] Sorrell, Steve (2009) "The Rebound Effect: definition and estimation", in Joanne Evans and Lester Hunt (eds) *International Handbook on the Economics of Energy*, Cheltenham, Edward Elgar

- [6] Begum and Sharif Samina. (2004) "Knowledge, Attitude and Utilization of Rubber Dam Among Dental Practitioners in Nairobi Kenya". University of Nairobi, Kenya.
- [7] Yanpiset K., Tresukosol P., Santhawachart R., Jantarat J., Sutimuntanakul S., Harnirattisai C., Suddhasthira T., and Chaisuriyathepkul A. (2017). "Allergic Contact Dermatitis of Styrenic Thermoplastic Elastomers and Latex Sheets in Humans." *M Dent J* **37**: 47-53.
- [8] Roslim, R., M.Y. Amir Hashim, and P.T. Augurio. (2012) "Natural Latex Foam." *Journal of Engineering Science* **8**: 15-27.
- [9] Forrest, Martin John. (2014) "Recycling and Re-use of Waste Rubber", Smithers Rapra, UK.
- [10] Misman, M. A. and A. R. Azura. (2014) "Overview on the Potential of Biodegradable Natural Rubber Latex Gloves for Commercialization." *Advanced Materials Research* **844**: 486-489.
- [11] Hasibuan, Ismail Fahmi., Edward Tandy and Hamidah Harahap. (2012) "Pemanfaatan Limbah Lateks Karet Alam dengan Pengisi Bubuk Pelepah Pisang sebagai Adsorben Minyak." *Jurnal Teknik Kimia USU* **1** (2).
- [12] Turista, Dora Dayu Rahma. (2017) "Biodegradasi Limbah Cair Organik Menggunakan Konsorsium Bakteri sebagai Bahan Penyusunan Buku Ajar Matakuliah Pencemaran Lingkungan." *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia* **3** (2): 95-102.
- [13] Adzami, Nuraiffa Syazwi, Azura A. Rashid, and Husnul Azan Tajarudin. (2018) "Biodegradation of Natural Rubber Latex Film Added with Metroxylan Sagu pith Form by Bacillus cereus ATCC 14579" *Malaysian Journal of Microbiology* **14** (2): 102-107.
- [14] Vanova, Petra., Ivan Hudec, and Alena Knazeova. (2013) "Influence of Corn Starch on Properties of Rubber Compounds", Slovak University of Bratislava, Slovakia.
- [15] Zaaba, Nor Fasiah., Hanafi Ismail, and Mariatti Jaafar. (2014) "The Effects of Modifying Peanut Shell Powder with Polyvinyl Alcohol on the Properties of Recycled Polypropylene and Peanut Shell Powder Composites." *BioResources* **9** (2): 2128-2142.
- [16] Punnadiyil, Rani Krishnan., Sreejith M.P., and E. Purushothaman. (2016) "Isolation of Microcrystalline and Nano Cellulose from Prunus Shells." *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences* **1**: 12-16.
- [17] Anditasari, Deasy K.H, Sri Kumalaningsih, and Arie Febrianto Mulyadi. (2014) "Potensi Daun Suji (Pleomele angustifolia) sebagai Serbuk Pewarna Alami (Kajian Konsentrasi Dekstrin dan Putih Telur Terhadap Karakteristik Serbuk)." *Prosiding Mikroskop Elektronar Nasional BKS PTN Barat* 1195-1202.
- [18] Aryanti, Nita, Ainun Nafiu, and Fathia Mutiara Willis. (2016) "Ekstraksi dan Karakterisasi Klorofil dari Daun Suji (Pleomele angustifolia) sebagai Pewarna Pangan Alami." *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* **5** (4).
- [19] Joutey, Nezha Tahri., W. Bahafid, H. Sayel, and N. El Ghachtouli. (2013) "Biodegradation: Involved Microorganisms and Genetically Engineered Microorganisms", Sidi Mohammed Ben Abdellah University, Morocco.
- [20] Bras J, M L Hassan, C Bruzesse, E A Hassan, N A El-Wakil, and A Dufresne. (2010) "Mechanical, Barrier, and Biodegradability Properties of Bagasse Cellulose Whiskers Reinforced Natural Rubber Nanocomposites." *Industrial Crops and Products* **32**: 627-633.
- [21] Sareena, C., MP Sreejith, MT Ramesan, and E Purushothaman. (2014) "Biodegradation Behaviour of Natural Rubber Composites Reinforced with Natural Resource Fillers-Monitoring by Soil Burial Test." *Journal of Reinforced Plastics and Composites* **33** (5) 412-429.
- [22] Vyas T. K. and B. P. Dave. (2010) "Effect of Addition of Nitrogen, Phosphorus And Potassium Fertilizers on Biodegradation of Crude Oil by Marine Bacteria." *Indian Journal of Marine Sciences* **39**: 143-150.
- [23] Sati S. M., A. A. Shah, T. L. Marsh, and R. Auras. (2018) "Biodegradation of poly (lactic acid) in soil microcosms at ambient temperature: evaluation of natural attenuation, bio-augmentation and bio-stimulation." *Journal of Polymers and the Environment* **26** (9): 3848-3857
- [24] Agarry, Samuel E. and Kigho M. Oghenejoboh. (2014) "Biodegradation of Bitumen in Soil and Its Enhancement by Inorganic Fertilizer and Oxygen Release Compound: Experimental Analysis and Kinetic Modelling" *Journal of Microbial & Biochemical Technology* **84**.
- [25] Muniandy K., H. Ismail, and N. Othman. (2012) "Biodegradation, morphological, and fir study of rattan powder-filled natural rubber composites as a function of filler loading and a silane coupling agent." *BioResources* **7**(1): 957-971.
- [26] Ikram, A., Amir-Hashim M.Y, Fauzi M.S, and Shamsul Bahri A.R. (2005) "Comparing the Environmental Degradation of a Synthetic Polybutadiene Copolymer and NR Latex Examination Gloves." *J. Rubb. Res* **8** (1): 50-66.
- [27] Daud, Shuhairiah., Hanafi Ismail, and Azhar Abu Bakar. (2016) "Soil Burial Study of Palm Kernel Shell-Filled Natural Rubber Composites: The Effect of Filler Loading and Presence of Silane Coupling Agent." *BioResources* **11** (4): 8686-8702.