



e-ISSN Number
2655 2967

Available online at <https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JCPE/index>

Journal of Chemical Process Engineering

Volume 6 Nomor 2 (2021)



SINTA Accreditation
Number 28/E/KPT/2019

Artikel Review: Pembuatan Bioetanol dari Limbah Popok Bayi Melalui Proses Hidrolisis dan Fermentasi

*(The Manufacture of Bioethanol from Baby Diaper Waste
Through Hydrolysis and Fermentation Processes – A Review)*

Rachmat^{1,2}, Syamsuddin Yani², Andi Artiningsih², Nurfika Ramdani^{3*}

¹PT Consolidated Electric Power Asia, Jl. PLTGU Sengkang, Desa Patila, Kec. Pammana, Kab. Wajo, 90971,
Sulawesi Selatan, Indonesia

²Magister Teknik Kimia PPs UMI, Jl. Urip Sumoharjo No.225, Makassar 90232, Indonesia

³Program Studi Kimia FT UTS, Jln. Talasalapang No.51A, Makassar 90222, Indonesia

Inti Sari

Penggunaan popok bayi sekali pakai di Indonesia mencapai 85% dari angka kelahiran bayi setiap tahunnya akan menjadi permasalahan di bidang lingkungan, sehingga limbah tersebut dapat dimanfaatkan dalam pembuatan bioetanol. Penelitian ini bertujuan melakukan penelusuran pustaka untuk kondisi optimum proses hidrolisis dan fermentasi dalam pembuatan bioetanol, serta menentukan analisa kelayakan pembuatan bioetanol dari limbah popok bayi. Metode penelitian ini melalui proses hidrolisis menggunakan larutan asam sulfat dan proses fermentasi menggunakan bakteri *saccaromyces cereviceae*. Hasil studi literatur dari penelusuran pustaka menunjukkan bahwa popok bayi memiliki serat selulosa sebanyak 40% yang dapat menghasilkan glukosa menjadi bahan baku bioetanol. Kondisi optimum proses hidrolisis dan fermentasi pembuatan bioetanol adalah konsentrasi asam 0,05M pada suhu 121°C selama 150 menit dengan perbandingan ragi:NPK = 3:4 gram selama 5 hari memberikan kadar etanol yang tinggi. Analisa kelayakan ekonomi untuk skala *home industry* berbasis bahan baku 6.875 kg/bulan menunjukkan layak untuk diaplikasikan dengan BEP: 15,70%, ROI: 16,72% dan POT: 9,42 bulan.

Kata Kunci ; Popok bayi;
bioethanol; hidrolisis;
fermentasi

Key Words ; Baby diaper;
bioethanol; hydrolysis;
fermentation

Abstract

*The use of disposable baby diapers in Indonesia reaching 85% of the baby's birth rate every year will be an environmental problem, so that the waste can be utilized in manufacture of bioethanol. This study aims to trace the optimum conditions for hydrolysis and fermentation processes in the manufacture of bioethanol, and determine the feasibility analysis of bioethanol production from baby diaper waste. The research method is through the hydrolysis process using sulfuric acid solution and the fermentation process using the *saccaromyces cereviceae* bacteria. The results of literature studies from library research show that baby diaper have 40% cellulose fiber which can produce glucose into bioethanol feedstock. The optimum conditions for hydrolysis and fermentation processes in the manufacture of bioethanol are 0.05M acid*

Published by

Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Phone Number

+62 852 5560 3559
+62 852 4220 3009

Corresponding Author

ikhanurfikaramdani@gmail.com



Journal History

Paper received : 26 Oktober 2020
Received in revised : 05 Agustus 2021
Accepted : 28 Agustus 2021

concentration at 121°C for 150 minutes with a yeast ratio: NPK = 3: 4 grams for 5 days giving high ethanol levels. Economic feasibility analysis for home industry scale based on raw material 6,875 kg/month shows it is feasible to be applied with BEP: 15.70%, ROI: 16.72% and POT: 9.42 months.

PENDAHULUAN

Setiap tahunnya di Indonesia, kelahiran bayi mencapai angka 4,8 juta [1]. Salah satu kebutuhan yang akan terus meningkat seiring naiknya angka kelahiran bayi yaitu popok bayi (*disposable diapers*). Saat ini penggunaan popok bayi sekali pakai sebanyak 85 %. Besarnya angka penggunaan popok bayi akan menyebabkan permasalahan pada lingkungan sekitar karena akan mengganggu estetika lingkungan. Permasalahan lingkungan tersebut akan muncul jika tidak diimbangi dengan sistem pengelolaan atau pemanfaatan limbah popok bayi tersebut. Kandungan terbesar pada isi bagian dalam popok adalah kapas. Kapas yang mengandung senyawa polimer selulosa [2]. Selulosa tersebut dapat dijadikan sumber karbon bagi mikroba penghasil selulase.

Produksi popok menyumbang lebih dari 40% dari total keluaran serat selulosa yang dapat menghasilkan glukosa [3]. Glukosa tersebut merupakan bahan baku untuk memproduksi bioetanol [4].

Bioetanol adalah cairan biokimia yang dapat dihasilkan dari kandungan glukosa, selulosa, dan pati atau karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme. Pembuatan bioetanol dari selulosa umumnya melalui tahapan proses hidrolisis, fermentasi dan destilasi [5].

Proses hidrolisis bertujuan memecah ikatan lignin, menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kital dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan. Rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemiselulosa turut terurai menjadi senyawa gula sederhana: glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, xilosa dan arabinosa. Selanjutnya senyawa-senyawa gula sederhana tersebut yang akan difermentasi oleh mikroorganisme menghasilkan etanol. Proses ini dapat dilakukan dengan bantuan zat kimia seperti HCl maupun H₂SO₄ [6].

Mikroorganisme banyak dimanfaatkan pada dunia industri yaitu dalam proses fermentasi [7]. Dalam proses ini, mikroorganisme yang biasa digunakan untuk memproduksi bioetanol adalah

saccaromyces cereviceae. Bakteri jenis ini mempunyai sifat yang tahan terhadap alkohol dari hasil fermentasi yang cukup tinggi (12-18% v/v), tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi dengan dipengaruhi oleh faktor suhu fermentasi dan lama waktu fermentasi [8].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian yang merujuk pada teknologi biofuel dan energi terbarukan pada konsentrasi teknologi proses pembakaran dan sumber energi. Pemanfaatan limbah merupakan salah satu cara untuk mengurangi masalah lingkungan. Peneliti ingin membuat bioetanol dari limbah popok bayi melalui proses hidrolisis dan fermentasi. Dengan demikian limbah popok bayi dapat mengurangi masalah lingkungan.

Penelitian ini dilakukan dengan cara studi literatur melalui penelusuran pustaka penelitian terdahulu tentang popok dan bioetanol untuk mengkaji metode proses hidrolisis dan fermentasi terhadap jumlah kadar bioetanol yang dihasilkan, sehingga dapat digunakan kondisi optimal proses hidrolisis dan fermentasi untuk pembuatan bioetanol dari limbah popok bayi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan Hasil Penelitian

Pemanfaatan selulosa sebagai bahan baku pembuatan alkohol telah banyak dikaji oleh beberapa peneliti terdahulu. Menurut Dahlena [4] yang melakukan penelitian pemanfaatan selulosa popok bayi sebagai substrat untuk produksi enzim selulase oleh isolat bakteri S-16 dan S-20 yang menunjukkan aktivitas ekstrak kadar enzim selulase tertinggi S-16 dan S-20 pada waktu fermentasi hari ke 20. Adapun data hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Menurut penelitian Sukowati [9] produksi bioetanol dari kulit pisang melalui hidrolisis asam sulfat, menunjukkan bahwa kulit pisang kepok mengandung komponen lignin, selulosa dan

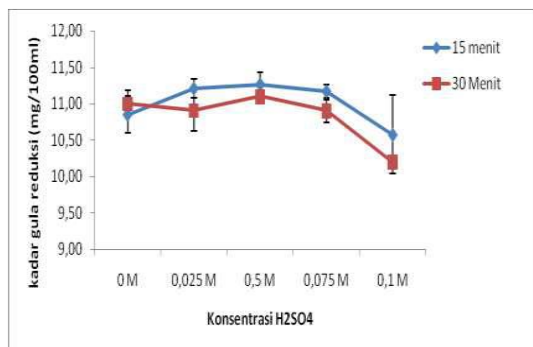
hemiselulosa berturut-turut sebesar 21,29%, 14,56% dan 23,20%.

Tabel 1. Hasil Aktivitas Ekstrak Kadar Enzim Selulase

Waktu Fermentasi (Hari)	Rata-rata Aktivitas Ekstrak Kasar Enzim Selulase ($\times 10^3$ U/ml)	
	Isolat S-16	Isolat S-20
10	1,716 \pm 0,11	12,469 \pm 3,64
20	2,654 \pm 0,53	13,704 \pm 4,91
30	1,296 \pm 0,65	5,988 \pm 1,87

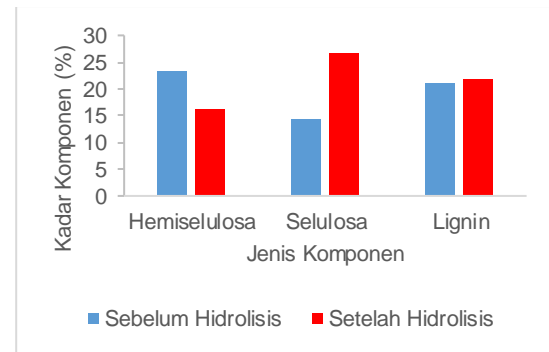
Sumber [4]

Hasil penelitian menunjukkan perlakuan optimal untuk hidrolisis adalah larutan H_2SO_4 0,05 M pada suhu 121°C selama 15 menit menghasilkan gula reduksi dengan konsentrasi 11,26 mg/100 ml, dimana kadar selulosa kulit pisang setelah dihidrolisis mengalami kenaikan dari kandungan selulosa bahan baku sebesar 14,56% menjadi 26,54%. Adapun pengaruh konsentrasi H_2SO_4 terhadap kadar gula reduksi yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2 dan pengaruh sebelum dan setelah hidrolisis terhadap kadar komponen ligniselulosa kulit pisang kepek dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini:

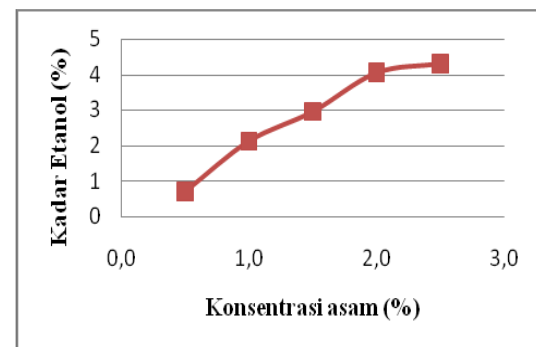


Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 Terhadap Kadar Gula Reduksi Kulit Pisang Kepok Setelah Hidrolisis [9]

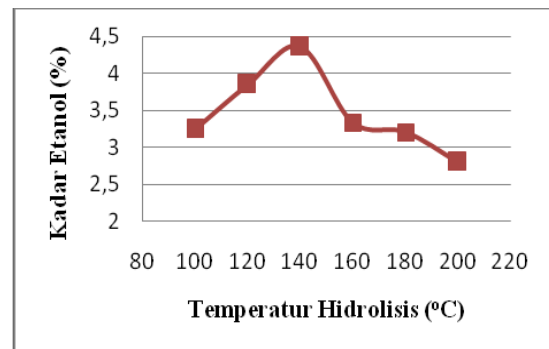
Sedangkan menurut penelitian Osvaldo [6], hasil penelitian untuk pengaruh konsentrasi asam dan waktu pada proses hidrolisis dan fermentasi pembuatan bioetanol dari alang-alang menunjukkan bahwa kondisi optimum pada konsentrasi asam 2,0%, temperatur 140°C, waktu hidrolisis 150 menit dan menggunakan ragi tape hari ke tiga memberikan kadar alkohol tertinggi sebesar 5,0675%. Adapun pengaruh kondisi optimum terhadap kadar etanol yang dihasilkan pada gambar 4 sampai dengan 7



Gambar 3. Pengaruh Sebelum dan Setelah Hidrolisis Terhadap Kadar Komponen Ligniselulosa Kulit Pisang Kepok [9]



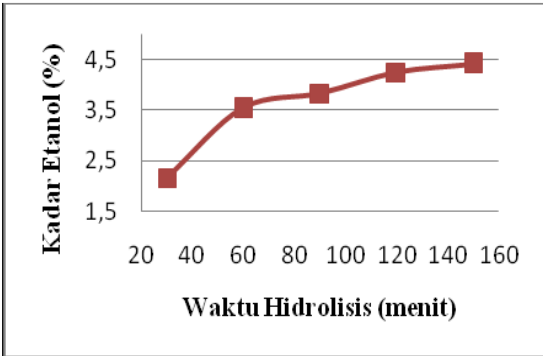
Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Asam Terhadap Kadar Etanol [6]



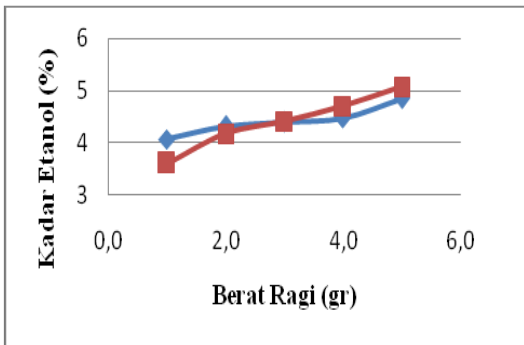
Gambar 5. Pengaruh Temperatur Hidrolisis Terhadap Kadar Etanol [6]

Untuk menentukan kondisi optimum untuk massa ragi dan waktu fermentasi yang akan digunakan dalam pembuatan bioetanol, Putra [10] menghasilkan alkohol tertinggi di dalam penelitiannya dengan perbandingan ragi: NPK = 3 : 4 sebesar 8,95%, kemudian menurun di hari ke dua dan ke tiga, lalu kadarnya kembali naik di hari ke empat. Adapun pengaruh perbandingan ragi : NPK terhadap

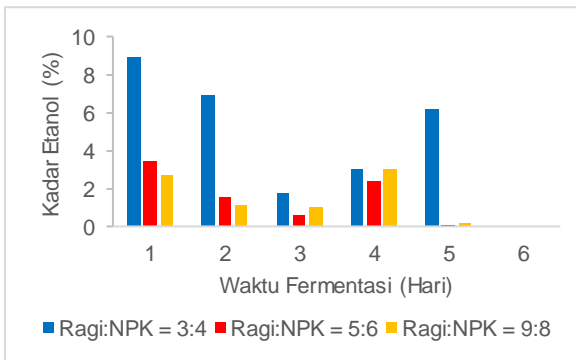
kadar etanol yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 8



Gambar 6. Pengaruh Waktu Hidrolisis Terhadap Kadar Etanol [6]



Gambar 7. Pengaruh Berat Ragi Terhadap Kadar Etanol [6]



Gambar 8. Pengaruh Perbandingan Ragi : NPK Terhadap Kadar Etanol [10]

Tinjauan Kelayakan Ekonomi

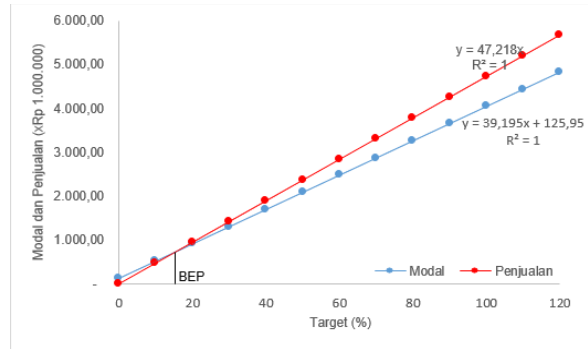
Menurut Anwar [12], 1 kg limbah popok bayi dapat menghasilkan bioetanol sebanyak 700 ml dengan kadar 12,5%. Untuk mengetahui kelayakan ekonomi dari limbah popok bayi maka peneliti melakukan analisa ekonomi dengan basis 275 kg

bahan baku. Hasil perhitungan analisa ekonomi tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

Dari hasil perhitungan tersebut kemudian ditentukan BEP, ROI dan POT dari *home industry* pembuatan bioetanol tersebut dengan hasil sebagai berikut:

1. Break Event Point (BEP)

Break event point merupakan kondisi dimana pabrik beroperasi pada kapasitas tidak untung dan tidak rugi atau disebut titik impas. Dalam penelitian ini, BEP dihitung dengan melihat laju perbandingan antara pencapaian target produksi dengan laba yang diperoleh dalam 5 tahun dapat dilihat pada gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Grafik BEP *Home Industry* Pembuatan Bioetanol

Jadi, BEP *home industry* pembuatan bioetanol ini dalam 5 tahun berada pada kapasitas 15,70% dari 6.875 kg/bulan yaitu 1.079 kg/bulan.

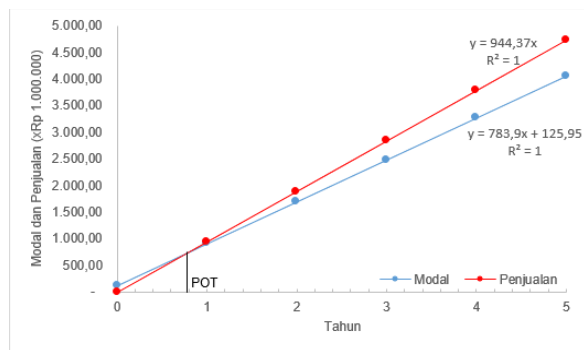
2. Return on Investment (ROI)

Return on investment atau laju pengembalian modal adalah perbandingan antara total laba yang diperoleh setiap tahun terhadap total investasi. ROI dihitung dengan melihat laju laba berbanding modal dalam 5 tahun.

Syarat ROI adalah minimum 11% untuk industri kimia [13]. Jadi, ROI *home industry* pembuatan bioetanol ini dalam 5 tahun sebesar 16,72% telah memenuhi syarat kelayakan ekonomi.

3. Pay Out Time (POT)

Pay Out Time atau waktu kembali modal adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal usaha (kembali modal) yang diperoleh dalam 5 tahun dapat dilihat pada gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10. Grafik POT *Home Industry* Pembuatan Bioetanol

Syarat POT maksimum adalah 5 tahun untuk industri kimia [13]. Jadi, POT *home industry* pembuatan bioetanol yang dicapai setelah 9,42 bulan ini dinyatakan memenuhi syarat kelayakan ekonomi.

Tinjauan Kelayakan Lingkungan

Untuk mengetahui layak tidaknya suatu usaha untuk dikembangkan maka perlu dilakukan evaluasi kelayakan lingkungan. Studi literatur yang penulis gunakan pada pembahasan artikel yaitu pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA). LCA adalah suatu pendekatan yang digunakan untuk menganalisa dampak suatu produk terhadap lingkungan selama siklus hidup produk [14].

Penilaian aspek lingkungan yang mencakup siklus hidup popok bayi dibagi menjadi empat sub sistem:

1. Bahan baku popok bayi
2. Pembuatan popok bayi
3. Pengemasan dan distribusi
4. Pembuangan produk (End of Life)

Penilaian Siklus Hidup (LCA) adalah satu-satunya kerangka kerja holistik yang ada saat ini untuk membantu mempelajari banyak cara di mana suatu produk atau layanan dapat berdampak pada lingkungan, karena LCA melakukan pemeriksaan rasional terhadap banyak indikator di seluruh bahan dan pembuatan produk, penggunaan, dan akhir kehidupan (EOL).

KESIMPULAN

Dari beberapa hasil studi literatur melalui penelusuran pustaka tentang popok bayi dan pembuatan bioetanol melalui proses hidrolisis dan fermentasi, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Komposisi popok bayi mengandung 40% serat selulosa dalam produksi popok.
2. Kondisi optimum proses hidrolisis yang akan digunakan dalam pembuatan bioetanol yaitu konsentrasi asam 0,05 M pada suhu 121 °C selama 150 menit.
3. Kondisi optimum proses fermentasi yang akan digunakan dalam pembuatan bioetanol yaitu perbandingan massa ragi: NPK = 3:4 gram dengan waktu fermentasi selama 5 hari.
4. Secara kelayakan ekonomi untuk skala *home industry* berbasis bahan baku 12.500 kg/bulan, telah layak untuk diaplikasikan dengan BEP: 14,18%, ROI: 18,84% dan POT: 8,5 bulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Indonesia, *Statistik Indonesia 2017*. Badan Pusat Statistik, 2017.
- [2] M. A. Cowd, *Kimia Polimer*. Bandung: ITB, 1991.
- [3] G. Kakonke, T. Tesfaye, B. Sithole, and M. Ntunka, "Review on the Manufacturing and Properties of Nonwoven Superabsorbent Core Fabrics Used in Disposable Diapers," *Int. J. Chem. Sci.*, vol. 17, no. 1, p. 302, 2019, doi:10.21767/0972-768X.1000302
- [4] M. Dahlena, A. Dahliaty, and S. Devi Sy, "Pemanfaatan Selulosa Popok Bayi Sebagai Substrat Untuk Produksi Enzim Selulase Oleh Isolat Bakteri S-16 dan S-22 Strain Lokal Riau," *JOM FMIPA*, vol. 1 (2), no. Oktober 2014, pp. 313–318, 2014.
- [5] Z. F. Khaira, E. Yenie, and S. R. Muria, "Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Tongkol Jagung Menggunakan Proses Simultaneous Sacharification and Fermentation (SSF) Dengan Variasi Konsentrasi Enzim dan Waktu Fermentasi," *JOM FTEKNIK*, vol. 2 (2), no. Oktober 2015, pp. 1–8, 2015.
- [6] Z. S. Osvaldo, S. Panca Putra, and M. Faizal, "Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Biotenaol dari Alang-alang," *J. Tek. Kim.*, 2012.
- [7] A. M. Jannah and T. Aziz, "Pemanfaatan Sabut Kelapa Menjadi Bioetanol Dengan Proses Delignifikasi Acid-Pretreatment," *J. Tek. Kim.*, 2017.

- [8] A. R. Fachry, P. Astuti, and T. G. Puspitasari, "Pembuatan Bioetanol dari Limbah Tongkol Jagung dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida dan Waktu Fermentasi," *J. Tek. Kim.*, 2013.
- [9] A. Sukowati, Sutikno, and S. Rizal, "Produksi Bioetanol dari Kulit Pisang Melalui Hidrolisis Asam Sulfat," *J. Teknol. dan Ind. Has. Pertan.*, vol. 19, no. 3, pp. 274–288, 2014.
- [10] H. P. Putra, G. N. Fitri, and A. Nurmiyanto, "Optimalisasi Waktu Fermentasi dan Penggunaan Ragi Dalam Pembuatan Bioethanol Dari Kulit Singkong," *ISBN 978-979-98438-8-3*, no. August 2018, 2013.
- [11] W. Wusnah, S. Bahri, and D. Hartono, "Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok (Musa acuminata B.C) secara Fermentasi," *J. Teknol. Kim. Unimal*, 2019.
- [12] T. Anwar, "Pemanfaatan Limbah Popok Bayi Sebagai Bioethanol Solusi Alternatif Penyelesaian Masalah Sampah Kain," 2015. [Online]. Available: <https://www.thoharianwarphd.com/2015/03/pemanfaatan-limbah-popok-bayi-sebagai.html>.
- [13] R. . Aries and R. . Newton, *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: Mc.Graw Hill Book Co, 1945.
- [14] C. Mauro, et al. (2015). Evolution of disposable baby diapers in Europe : life cycle assessment of environmental impacts and identification of key areas of improvement. *Journal of Cleaner Production*, 95, 322–331.