

Pra Desain Pabrik *Biopackaging* dari *Bagasse* dan *Waste Virgin Paper* dengan Proses *Kraft*

Nisa'ul Afifah Aini, Sashi Agustina, dan Raden Darmawan
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: rdarmawan@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Pabrik *biopackaging* dilakukan melalui proses *kraft*. Pabrik *biopackaging* ini diharapkan dapat menghasilkan *packaging* yang ramah lingkungan untuk mengurangi limbah yang tidak bisa dimanfaatkan kembali. Pabrik ini direncanakan dengan kapasitas sebesar 2.465 pcs/hari untuk tipe 1; 116.722 pcs/hari untuk tipe 2; 218.494 pcs/hari untuk tipe 3 dan 301.730 pcs/hari untuk tipe 4. Bahan baku utama *biopackaging* ini adalah *bagasse* dan *waste virgin paper*. Pendirian pabrik *biopackaging* ini direncanakan dibangun di Malang, Jawa Timur, dengan mempertimbangkan beberapa aspek antara lain ketersediaan bahan baku dan air yang melimpah, sumber energi listrik memadai, jumlah tenaga kerja pada usia kerja memenuhi, dan topologi daerah yang memadai. Proses *kraft* menggunakan NaOH dan Na₂S dilakukan pada suhu 175°C dan tekanan 6,9 atm selama 12 menit. Konversi dalam menghilangkan lignin yang didapat adalah 50% dan untuk proses *recovery unit* dilakukan pengolahan *black liquor* yang berasal dari tahap *washing* pada proses *pulping*. *Black liquor* dipekatkan konsentrasinya dalam *multi-effect evaporator* dan konzentator merupakan titik dimana *black liquor* dapat efektif terbakar dalam *recovery boiler* yang biasanya berupa 65% padatan atau lebih. *Black liquor* disemprotkan ke dalam bagian bawah *recovery boiler* untuk dibakar dengan oksigen sehingga Na₂S terbentuk. Pada *recovery unit* ini, juga dilakukan pengolahan dalam *lime kiln* untuk mendapatkan kembali CaO dan pemisahan lignin. Sumber dana investasi berasal dari modal pinjaman 60% dan modal sendiri 40% dengan bunga 8,5% per tahun. Dari analisa ekonomi, didapatkan penaksiran modal/ *Capital Expenditure* (CAPEX) sebesar Rp663.725.166.768 dan biaya operasional/ *Operational Expenditure* (OPEX) sebesar Rp194.004.201.727. Hasil penjualan produk per tahun sebesar Rp693.476.068.366 dengan *Internal Rate Return* (IRR) 18,33%, waktu pengembalian produk 8,24 tahun dan *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp922.110.902.337. Berdasarkan data analisa kelayakan di atas, maka disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci—*Biopackaging, Black Liquor, Kraft, Pulping, White Liquor.*

I. PENDAHULUAN

BIOPACKAGING sangat penting untuk diperhatikan karena dapat memberikan dampak positif bagi alam dan secara umum dapat meningkatkan kesadaran antar konsumen di seluruh dunia untuk mengurangi produk plastik yang dapat meningkatkan kerusakan pada lingkungan, sumber daya air, dan ekosistem. Sektor terbesar permintaan *biopackaging* adalah industri makanan. Perkembangan industri yang pesat menyebabkan masalah *packaging* yang tidak dapat terurai sehingga membutuhkan waktu, kerja, dan kesabaran untuk kembali ke *biopackaging* [1].

Pada tahun 2020 nilai produksi global *biopackaging* mencapai 81,70 miliar US Dollar dan diperkirakan pada tahun 2023 akan mencapai nilai 113,55 miliar US Dollar,

mencapai 118,85 miliar US Dollar pada tahun 2026 dan dengan *Compound Annual Growth Rate* (CAGR) sebesar 6,35% selama periode 2021-2026. Kapasitas produksi global meningkat dari 2,11 juta ton pada tahun 2019 dan diperkirakan menjadi 2,43 juta ton pada tahun 2024. Pasar *biopackaging* terbesar berada di kawasan Eropa dan pasar dengan pertumbuhan tercepat berada pada Asia Pasifik sehingga perlu didirikannya pabrik *biopackaging* di Indonesia mengingat tingginya permintaan pasar.

Konsumsi *biopackaging* global oleh *Report European Bioplastics* setiap tahun semakin meningkat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Kondisi di Indonesia belum terdapat industri *biopackaging* sehingga dibutuhkan pabrik *biopackaging* untuk menunjang kebutuhan *biopackaging* di Indonesia dimana saat ini masih terus dilakukan impor *biopackaging* dalam jumlah tinggi. Data ekspor dan impor *packaging* di Indonesia, dimana angka impor *packaging* beberapa tahun terakhir masih sangat tinggi jika dibandingkan dengan angka ekspor dapat dilihat pada Tabel 2.

Pabrik *biopackaging* ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan pergantian *packaging* tidak ramah lingkungan dalam negeri khususnya pada *packaging* telur, piring, cup, dll.

II. DATA DASAR PERANCANGAN

A. Ketersediaan dan Kualitas Bahan Baku

Salah satu aspek dasar yang penting dalam pendirian sebuah pabrik adalah ketersediaan bahan baku yang akan digunakan. Bahan baku utama yang digunakan pada pembuatan *biopackaging* yaitu campuran ampas tebu (*bagasse*) dan sampah kertas (*waste virgin paper*) dengan perbandingan 4:1 (4 bagian untuk *bagasse* dan 1 bagian untuk *waste virgin paper*). Ampas tebu atau *bagasse* merupakan produk samping yang dihasilkan dalam proses pengolahan tebu menjadi gula, yang merupakan residu dari proses penggilingan tanaman tebu setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya. Ketersediaan ampas tebu di Indonesia cukup melimpah sejalan dengan banyaknya pabrik gula tebu, baik yang dikelola oleh negara (PT Perkebunan Nusantara/PTPN) maupun swasta. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian, jumlah rata-rata tebu yang digiling pabrik gula di Indonesia pada tahun 2020 adalah 29.737,781 ton atau per satuan luas area adalah 70,72 ton/ha dengan ampas tebu yang dihasilkan sekitar 25-40% dari tebu yang digiling. Sekitar 50% ampas tebu yang dihasilkan di setiap pabrik gula dimanfaatkan sebagai bahan bakar *boiler* dan sisanya ditimbun sebagai buangan yang memiliki nilai ekonomi rendah. Penimbunan ampas tebu

Tabel 1.
Data Konsumsi *Biopackaging* di Indonesia

Tahun	Konsumsi (ton)
2021	1.234.000
2020	1.201.000
2019	1.174.000
2018	1.077.000

Tabel 2.
Data Ekspor dan Impor *Biopackaging* di Indonesia

Tahun	Ekspor (ton/tahun)	Impor (ton/tahun)
2021	187,57	17.311,22
2020	158,98	19.036,62
2019	27,91	26.306,12
2018	9,67	19.616,71
2017	12,28	11.304,26

Tabel 3.
Komposisi Serat *Ampas Tebu (Bagasse)*

Komponen	Komposisi (%)
Selulosa	50
Hemiselulosa	25
Lignin	25
Total	100

dalam waktu tertentu dapat menimbulkan permasalahan, karena bahan ini mudah terbakar, mencemari lingkungan sekitar, dan menyita lahan yang luas untuk penyimpanannya [2].

Ampas tebu (*bagasse*) mengandung 30% *pith cell* dan 70% serat [5-6] dan juga mengandung H₂O berkisar 45% seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 [5].

Bahan baku utama yang lainnya adalah *waste virgin paper* atau sampah kertas. Kertas adalah salah satu sampah yang paling banyak dihasilkan oleh manusia, baik yang dihasilkan oleh rumah tangga maupun sekolah dan perkantoran. Sampah kertas menjadi salah satu masalah yang serius bagi bumi ini. Memang sampah kertas tampak tidak berbahaya karena kertas termasuk limbah organik kering dan kertas merupakan bahan yang dapat terurai oleh tanah. Namun, apabila jumlah sampah kertas tersebut sangat banyak maka dapat memakan ruang yang banyak juga untuk menampungnya, dan perlu adanya pengolahan maupun pemanfaatan sampah kertas supaya mempunyai nilai tambah. Sampah kertas yang dihasilkan dalam skala tahunan pada tahun 2019 dan 2020 ditunjukkan pada Tabel 4.

Kandungan *waste virgin paper* yaitu selulosa yang dibutuhkan dalam pembuatan *biopackaging*. Komposisi dari *waste virgin paper* ditunjukkan pada Tabel 5.

B. Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas produksi memperhatikan kebutuhan *biopackaging*, nilai ekspor dan impor *packaging* di Indonesia, produksi *biopackaging* dan juga sumber bahan baku pada 5 tahun terakhir yang terlampir pada Tabel 1, sehingga dapat ditentukan estimasi produksi, konsumsi, ekspor, dan impor *biopackaging* di Indonesia pada tahun 2026 dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

Tabel 4.
Rekapitulasi Sampah Kertas Tahun 2019 dan 2020

Skala	Uraian	Satuan	Tahun	
			2019	2020
Jawa Timur	Timbulan Sampah Tahunan	Ton	5.495 632,20	5.724 626,42
	% Sampah Kertas/Karton	%	11,50	10,69
	Jumlah Sampah Kertas/Karton	Ton	631 997,19	611 962,56
Nasional	Timbulan Sampah Tahunan	Ton	33,681 980,19	24,511 278,65
	% Sampah Kertas/Karton	%	11,40	12,19
	Jumlah Sampah Kertas/Karton	Ton	3,839 745,74	4,206 924,97

Tabel 5.
Komposisi Kimia *Waste Virgin Paper*

Komponen	Komposisi (%)
Selulosa	69,3
Hemiselulosa	29,5
Lignin	1,2
Total	100

Tabel 6.
Kriteria Aspek dalam Penentuan Lokasi dengan Metode AHP

Aspek	Bobot x Skoring		
	Madiun	Malang	Kediri
Ketersediaan Bahan Baku	1,336	1,561	1,295
Transportasi	0,100	0,199	0,146
Utilitas	0,597	0,814	0,788
Sumber Tenaga Kerja	0,185	0,343	0,472
Hukum dan Peraturan	0,093	0,093	0,093
Iklim dan Topografi	0,313	0,300	0,301
Kesesuaian Tata Ruang	0,173	0,165	0,173

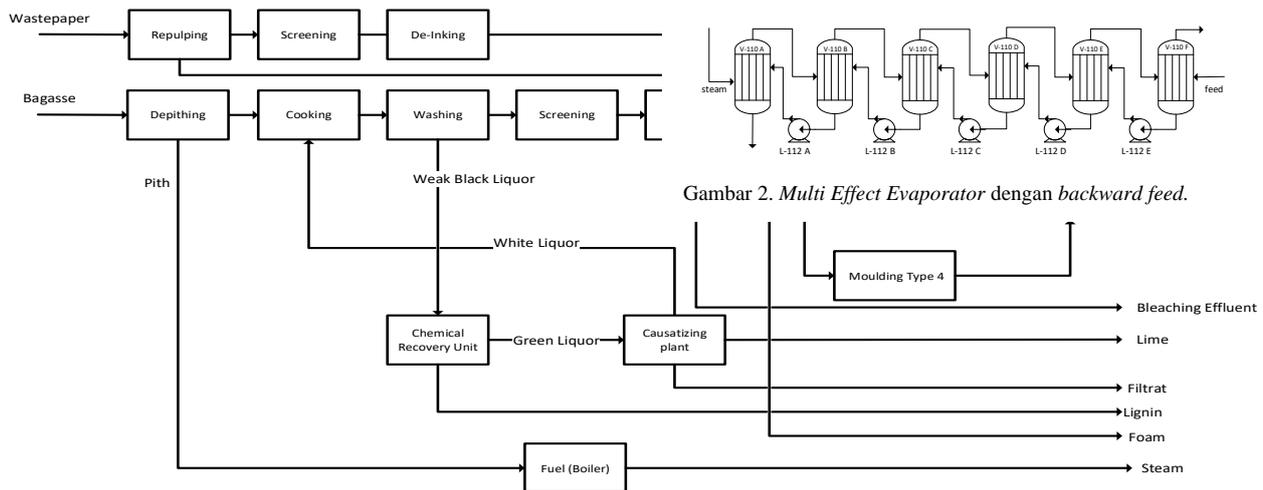
$$P_{2026} = P_{2021} (1+i)^n \quad (1)$$

Selain itu juga dipertimbangkan dengan kapasitas pabrik yang sudah berdiri di luar negeri seperti China dan India, maka ditetapkan kapasitas pabrik yaitu 5.000.000 kg *bagasse*/tahun atau 5.000 ton *bagasse*/tahun.

C. Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik dalam suatu perancangan pabrik merupakan salah satu aspek yang penting karena dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan. Pemilihan lokasi merupakan hal yang sangat penting dalam perancangan suatu pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis dari pabrik yang akan didirikan. Oleh karena itu, lokasi pendirian pabrik ini sangat menentukan kesuksesan sebuah perusahaan baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang, sehingga penentuan lokasi pabrik *biopackaging* akan tetap mengutamakan aspek ramah lingkungan dan tidak menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan sekitar [8].

Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik yaitu ketersediaan bahan baku, lokasi pemasaran, ketersediaan utilitas, sumber tenaga kerja, hukum dan peraturan, iklim dan topografi, dan tata ruang wilayah. Dari parameter-parameter yang telah dijabarkan,



Gambar 2. Multi Effect Evaporator dengan backward feed.

Gambar 1. Diagram blok pembuatan *biopackaging* dari *bagasse* dan *waste virgin paper*.

maka dilakukan penentuan lokasi dengan menggunakan metode *analytical hierachy process* (AHP) menggunakan *software Expert Choice*. Hasil pembobotan dengan metode AHP disajikan pada Tabel 6. Pabrik *biopackaging* akan didirikan di Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur sebagai lokasi pendirian pabrik.

III. URAIAN PROSES

Komponen utama dalam *biopackaging* adalah selulosa yang dapat didapatkan dari serat seperti serat kayu, serat ampas tebu (*bagasse*), dll. Pabrik *biopackaging* dari ampas tebu (*bagasse*) dan *waste virgin paper* diproduksi dengan *close loop system* dan proses *kraft*. Secara garis besar proses pembuatan *biopakaging* dapat dibagi menjadi 4 tahap proses, yaitu *pre-treatment*, *pulping*, *bleaching*, *thermalforming* dan *moulding* dan selanjutnya limbah dari proses tersebut akan diproses pada *chemical recovery unit*. Tahap *pre-treatment* melalui proses *deinking* yang bertujuan untuk menghilangkan sejumlah tinta yang masih menempel pada *waste virgin paper* dan *pulping* melalui proses delignifikasi bertujuan untuk memecah komponen selulosa, hemiselulosa, dan lignin dari *bagasse*. Diagram blok proses pembuatan *biopackaging* dari *bagasse* dan *waste virgin paper* ditunjukkan pada Gambar 1.

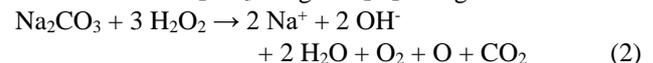
1) Tahap Pre-treatment

Pembuatan *biopackaging* dari *bagasse* dengan kandungan 30% *pith cell* dan 70% serat dengan 50% selulosa, 25% hemiselulosa, 25% lignin [3]-[4] dan juga mengandung air berkisar 45% [5]. Pembuatan *biopackaging* dari *bagasse* membutuhkan *pre-treatment* sebelum masuk ke dalam proses pemasakan. Proses ini mengubah ukuran *bagasse* menjadi *chip* atau serpihan kayu. Bahan baku yang berupa *bagasse* dari produk samping pabrik gula dengan suhu 28 °C dengan syarat bahan baku minimal didiamkan selama 2 bulan untuk menjaga kelembapannya. *Bagasse* ditampung pada area gudang *bagasse* (F-111), kemudian *bagasse* tersebut diangkut menggunakan *belt conveyor* (J-112) untuk selanjutnya dicacah menggunakan *Chipper* (C-110) dengan ukuran ± 30 mm. *Bagasse* memiliki 30% *pith cell* yang harus dihilangkan untuk mendapatkan kualitas *pulp* yang baik. *Chip* yang lolos akan dibawa menuju *hammer mill* (H-120) dengan menggunakan *belt conveyor* (J-113) dan dengan bantuan *elevator* (J-121) untuk dicampurkan dengan air

dengan konsentrasi 2,5% bahan kering dan proses pemisahan dari *pith cell* yang terkandung dalam *bagasse*. Kemudian *chip* yang mengandung banyak air akan diangkut menggunakan *screw conveyor* (J-122) menuju *digester* untuk proses pemasakan. Kemudian *waste virgin paper* melalui proses *pre-treatment*.

Pada proses ini *waste virgin paper* yang mengandung 69,3% selulosa, 29,5% hemiselulosa, dan 1,2% lignin [6] melalui 2 tahapan yaitu pencacahan *waste virgin paper* menjadi bubur *pulp* dengan ditambahkan air pada *shredder* (C-210) dan kandungan impuritis akan dibuang. Selanjutnya bubur kertas akan diangkut dengan *screw conveyor* untuk menuju *reactor deinking* (R-220) dimana akan dihilangkan sejumlah tinta yang menempel pada kertas dengan menggunakan *flotation drinking*. *Waste virigin paper* yang sudah dihaluskan, dimasukkan ke dalam tangki dengan *stock consistency* 1%. Na_2CO_3 yang telah bereaksi dengan H_2O_2 akan membentuk CO_2 diinjeksikan sehingga dapat mengeluarkan partikel-partikel tinta dari serat yang nantinya dapat membantu tinta mengapung ke permukaan suspensi. Molekul O_2 yang terbentuk dapat berfungsi sebagai flotasi tambahan [7]. Untuk menempelkan partikel-partikel tinta pada gelembung udara, partikel tinta harus mempunyai permukaan hidrofobik dan ukuran diameter 10-150 mm. *Flotation deinking* dapat diikuti dengan proses pencucian untuk meningkatkan kecerahan [8]. Untuk mendapatkan stabilitas busa yang memadai, pH harus dijaga di atas 8,5. Konsistensi sel flotasi harus dijaga di bawah 1-2% untuk hasil yang maksimal. Waktu yang diperlukan flotasi yang cukup untuk penghilangan tinta sekitar 8–10 menit dengan suhu 40–45 °C [9].

Reaksi antara Na_2CO_3 dengan H_2O_2 sebagai berikut:



yang selanjutnya bubur kertas akan menuju *mixing tank* (M-511) bersama dengan *bagasse* yang sudah melalui proses *cooking*.

2) Tahap Pulping

Bahan baku dari proses *pre-treatment* dibawa menuju *digester* (R-310) dengan *screw conveyor* (J-122). Bahan baku akan dimasak dengan larutan pemasak yang dipompa dengan menggunakan *centrifugal pump* (L-413) dari *cooking liquor storage tank* (F-311) menuju *digester* (R-310). Perbandingan

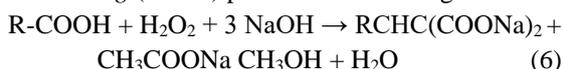
antara larutan pemasak dengan bahan baku kering sebesar 4:1 [10] dengan konsentrasi NaOH dan Na₂S yang ditambahkan pada *cooking liquor* sebesar 12% *Active alkali* (AA) dan 17% *Sulfidity* [11] dengan menggunakan suhu pemasakan 175°C, tekanan operasi 6,9 atm, waktu pemasakan 12 menit, berikut adalah reaksi yang terjadi:



Setelah pemasakan selesai, *pulp* yang dihasilkan akan dialirkan dengan menggunakan *screw conveyor* (J-312) menuju *blow tank* (V-313) untuk mengurangi sejumlah kandungan air dalam bubur *pulp*. Setelah proses pemasakan, bubur *pulp* diangkut menggunakan *screw conveyor* (J-411) menuju ke *rotary vacuum filter* (H-410) untuk proses pencucian sehingga *black liquor* dari hasil pemasakan akan dipisahkan dari bubur *pulp* dengan menggunakan 3 alat seri. Proses *washing* ini menggunakan proses *counter current*. Setelah proses pencucian, bubur *pulp* akan dibawa ke *mixing tank* (M-511) dengan menggunakan *screw conveyor* (J-412).

3) Tahap Bleaching

Bubur *pulp* dari proses pencucian akan dimasukkan ke dalam *mixing tank* (M-511) yang selanjutnya akan dicampurkan dengan bubur kertas dari proses *pretreatment waste virgin paper* dan dicampurkan dengan *chemical* H₂O₂ dan NaOH. Tahapan dalam *bleaching* menggunakan *hydrogen peroksida bleaching*. Hidrogen peroksida termasuk zat oksidator yang dapat memutihkan *pulp* yang ramah lingkungan dan *pulp* yang diputihkan mempunyai ketahanan yang tinggi serta penurunan kekuatan serat sangat kecil. Massa H₂O₂ yang dibutuhkan untuk *bleaching* sebesar 5% dari berat kering *pulp* [12] yang berasal dari H₂O₂ *storage tank* (F-515) dan NaOH yang berasal dari NaOH *storage tank* (F-514) dengan bantuan pompa (L-516) dan pompa (L-517). Selanjutnya setelah tercampur, bubur *pulp* akan dimasukkan ke reaktor *bleaching* (R-510) pada suhu 80°C dengan reaksi:



Setelah proses reaksi di reaktor *bleaching* (R-510) kemudian bubur *pulp* akan dipisahkan dari *bleaching effluent* dengan *rotary vacuum filter* (H-510) dengan perbandingan air pencuci dengan bahan masuk sebesar 2,5:1. Bubur *pulp* selanjutnya dialirkan ke *pulp storage tank* (F-522) dengan bantuan *screw conveyor* (J-521).

4) Tahap Moulding dan Thermalforming

Setelah tahap *bleaching*, bubur *pulp* akan siap dicetak dengan menggunakan *moulding* dan *thermalforming* (B-610) dengan 4 tipe produk dan masing-masing produk setelah proses pencetakan akan dikeringkan lebih untuk menjadikan produk dengan kualitas baik dengan *continous tunnel dryer* (B-620). Produk jadi memiliki kadar air sekitar 4% hingga 8%, kira-kira sesuai dengan kelembaban keseimbangan isi kertas di bawah kondisi kelembaban di mana produk akan disimpan atau digunakan [13].

5) Tahap Chemical Recovery Unit

Dalam penguapan *black liquor* yang berasal dari proses *washing*, *weak black liquor* diuapkan dalam *Multi Effect*

Evaporator (V-110) yang berjumlah 6 efek dan berjalan secara *backward* yaitu *feed* masuk pada efek ke-6 serta didapatkan *strong black liquor* dengan konsentrasi padatan 70%. Alasan untuk memisahkan air karena untuk meningkatkan *heating value* dari *black liquor*. *Weak black liquor* dari pencucian *pulp* memiliki kandungan *solid* 15-20%.

Dengan kandungan air yang dimiliki, panas laten dari material organik tidak cukup untuk menguapkan seluruh air di dalam *black liquor* dan *heating value* yang efektif adalah negatif. Maka, tidak mungkin untuk membakar *black liquor* dengan kandungan air sebanyak itu. Setelah penguapan, kandungan *solid* dari *black liquor* sebesar 70–80% dan nilai *heating value* dari *black liquor* lumayan besar. Sebagian besar penguapan dilakukan dalam *multiple effect evaporator* (MEE) (V-110). Sebuah *evaporation plant modern* terdiri dari 6 atau 7 *evaporator* [14]. Prinsip dari unit penguapan, dari alat penukar panas dan peralatan untuk memisahkan *vapor* yang terbentuk dari sisa *liquor*. *Steam* yang terbentuk di efek pertama (V-110 A) digunakan sebagai *heating steam* pada efek kedua. *Steam* yang terbentuk pada efek kedua (V-110 B) digunakan sebagai *heating steam* di efek ketiga (V-110 C) dan seterusnya. Ini artinya bahwa energi kondensasi yang dihasilkan dari kondensasi dari *live steam* yang digunakan pada efek pertama digunakan kembali di efek berikutnya lainnya. Hal ini merupakan kunci dari efisiensi energi pada unit penguapan: "*the more units there are the greater the energy efficient*" [14]. *Multiple effect evaporators* (MEE) selalu digunakan dalam menguapkan *black liquor*.

Istilah beberapa efek yang berasal dari beberapa penggunaan energi yang efektif untuk melakukan tugas penguapan. Pembangkitan uap di pabrik *kraft* merupakan biaya operasi yang signifikan dan setiap upaya harus dilakukan untuk menghemat penggunaannya. Pabrik penguapan sejauh ini merupakan konsumen utama dari *steam* tersebut untuk menghilangkan air dari *weak black liquor*. Oleh karena itu, operasi ekonomis dari *evaporator* didasarkan pada penggunaan efektif ganda dari panas yang tersedia dari *steam* dan oleh karena itu pada jumlah efek dalam MEE. Jika kandungan panas dari *live steam* digunakan sekali, 100.000 lb *steam* hanya akan menguapkan 100.000 lb air dari *liquor*. Dengan menggunakan Kembali kandungan panas dari *steam* yang dihasilkan, 100.000 lb *live steam* dalam MEE 6 efek secara teori dapat menguapkan

600.000 lb air dari *liquor* [15]. Pabrik *pulp* Suzano Tres Lagoas, yang berlokasi di Mato Grosso do Sul State, Brazil Barat, merupakan salah satu pabrik *pulp* terbesar di dunia dengan kapasitas 3,3 juta ton. Unit evaporasinya memiliki 6 efek evaporator dan kapasitas *recovery boiler*nya sebesar 6000 tds/d seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 [16].

Black liquor yang keluar dari efek pertama dengan kandungan padatan 70% masuk ke *separation tank* (H-211) untuk memisahkan *black liquor* menuju *recovery boiler* sebanyak 70% dan menuju tangki pengenceran (M-413) sebanyak 30%. *Concentrated black liquor* disemprotkan ke

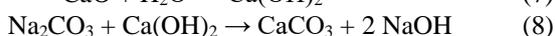
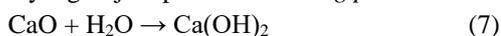
Tabel 7.
Komposisi *Green Liquor*

Parameter	Kuantitas (g/kg dry matter)
Sodium (Na)	90,8
K	14,5
S _{tot}	24,1
Cl _{tot}	1,9
S ²⁻	19,1
NaOH	188
Na ₂ S	42,7
Na ₂ CO ₃	134,9
Na ₂ SO ₃	1,41
Na ₂ S ₂ O ₃	7,08
Na ₂ SO ₄	8,7

Tabel 8.
Komposisi *White Liquor*

Parameter	Kuantitas (g/kg dry matter)
Sodium (Na)	78,0
K	14,1
S _{tot}	22,4
Cl _{tot}	1,7
S ²⁻	18,0
NaOH	88,2
Na ₂ S	41,8
Na ₂ CO ₃	40,3
Na ₂ SO ₃	0,1
Na ₂ S ₂ O ₃	8,99
Na ₂ SO ₄	0,5

dalam bagian bawah *recovery boiler* untuk dibakar dengan oksigen sehingga Na₂S terbentuk. Tingkat pembentukan sulfida diukur dengan efisiensi reduksi umumnya 90%. Natrium anorganik dan belerang diperoleh kembali sebagai *molten smelt* yang sebagian besar terdiri dari Na₂S dan sodium karbonat (Na₂CO₃). *Molten smelt* masuk ke *dissolving tank* (M-213) yang terdapat air di dalamnya untuk membentuk *green liquor* yang selanjutnya dialirkan ke *causticizing plant* yaitu *lime slaker* (R-220) untuk mereaksikan dengan *lime* (CaO) untuk menjadi Ca(OH)₂. Selanjutnya *green liquor* masuk ke *causticizer* (R-310) untuk mengubah Na₂CO₃ menjadi NaOH dan CaCO₃. Konversi yang terjadi diukur dengan efisiensi kausatik umumnya 80–83%. Na₂S yang ikut dalam *causticizing process* tidak bereaksi. Reaksi yang terjadi pada *causticizing plant*:



White liquor yang mengandung NaOH dan Na₂S dialirkan kembali menuju *pulping process* untuk digunakan kembali. Endapan CaCO₃ (*lime mud*) dari reaksi kaustik masuk *rotary vacuum filter* (H-331) untuk mencuci dan memekatkan *lime mud* sebelum memasuki *rotary kiln* (B-330). Pada *rotary kiln* terjadi dekomposisi CaCO₃ untuk mendapatkan kembali CaO. Komposisi *green liquor* ditunjukkan pada Tabel 7, dan

komposisi *white liquor* ditunjukkan pada Tabel 8. Sebanyak 30% *black liquor* yang berasal dari *evaporator* efek pertama (V-110 A) menuju unit pemisahan lignin. *Black liquor* diencerkan konsentrasinya menjadi 30% padatan pada (M-413). Lalu masuk ke tangki presipitasi (H-410) untuk mengendapkan *solid black liquor* dengan menggunakan CO₂. Selanjutnya *black liquor* menuju *rotary vacuum filter* (H-414) untuk dipekatkan konsentrasinya dan memisahkan *cake*. Lalu *black liquor* masuk ke *reslurry tank* (R-420) dikontakkan dengan H₂SO₄ untuk memisahkan lignin dan menuju *rotary vacuum filter* (H-421) untuk memisahkan antara lignin dengan *liquornya*.

IV. NERACA MASSA DAN ENERGI

Berdasarkan hasil dari perhitungan neraca massa, dengan kondisi waktu operasi 300 hari/tahun, 24 jam/hari, dan basis yang digunakan adalah kg/hari, dibutuhkan bahan baku ampas tebu (*bagasse*) sebanyak 16.666,67 kg/hari dan *waste virgin paper* sebanyak 11.111,11 kg/hari yang akan menghasilkan produk *biopackaging* sebanyak 2.465 pcs *biopackaging* tipe 1; 116.772 pcs *biopackaging* tipe 2; 218.494 pcs *biopackaging* tipe 3; 301.730 pcs *biopackaging* tipe 4.

V. ANALISA EKONOMI DAN ANALISA DAMPAK TERHADAP LINGKUNGAN

A. Analisa Ekonomi

Dalam analisa ekonomi ini, digunakan asumsi–asumsi berupa modal sendiri 40% dan modal pinjaman bank 60%, masa konstruksi berlangsung selama 3 tahun. Umur pabrik diperkirakan selama 15 tahun dengan depresiasi sebesar 10%/tahun. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh CAPEX sebesar Rp663.725.166.768, OPEX sebesar Rp194.004.201.727, dan NPV sebesar Rp922.110.902.337. Hal ini menunjukkan bahwa proyeksi pendapatan dan investasi lebih besar dari proyeksi biaya yang dikeluarkan sehingga pabrik layak untuk didirikan dengan tingkat bunga (IRR) 18,33%, waktu pengembalian modal selama 8,24 tahun dan analisa titik impas (BEP) sebesar 17,62%.

B. Analisa Sosial dan Lingkungan

Pabrik *biopackaging* memiliki banyak karyawan dengan tugas dan tanggung jawab masing-masing demi mencapai tujuan berdirinya pabrik. Agar dapat menjalankan tugas dan tanggung jawab tersebut secara efektif dan efisien, diperlukan suatu struktur organisasi agar setiap karyawan memiliki koordinasi dengan karyawan lain dalam melakukan aktivitas sesuai dengan bagiannya. Secara fisik, struktur organisasi suatu perusahaan dapat dinyatakan dalam gambaran grafik atau bagan yang memperlihatkan hubungan unit-unit organisasi dan garis wewenang yang ada.

Pabrik *biopackaging* dari *bagasse* dan *waste virgin paper* memiliki dampak positif dan negatif terhadap lingkungan. Dampak positifnya adalah memanfaatkan produk samping pabrik gula yaitu *bagasse* yang masih belum dimanfaatkan secara maksimal serta produk yang dihasilkan yaitu *biopackaging* yang dapat dimanfaatkan untuk *packaging* guna mengurangi *packaging* yang tidak dapat diperbarukan dan dapat mengurangi limbah yang tidak bisa terurai.

Dampak negatifnya adalah operasi pabrik dapat mencemari lingkungan dengan adanya limbah yang dihasilkan, tetapi di pabrik terdapat unit pengolahan limbah yang bertujuan untuk menjadikan pabrik *biopackaging* yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan kembali beberapa limbah yang masih bernilai ekonomi.

VI. KESIMPULAN

Pabrik direncanakan beroperasi dengan proses *kraft*, 24 jam/hari, selama 300 hari/tahun yang akan beroperasi pada tahun 2026 dengan umur pabrik selama 15 tahun. Kapasitas pabrik *biopackaging* dari *bagasse* dan *waste virgin paper* ini sebesar 5.000 ton *bagasse*/tahun. Untuk segi ekonomi dapat diambil kesimpulan bahwa biaya produksi total Rp194.004.201.727, hasil penjualan *biopackaging*: Rp693.476.068.366, laju pengembalian modal (IRR) yaitu 18,33%, waktu pengembalian modal (POT) yaitu 8,24 tahun, *break-even point* (BEP) yaitu 17,62%. Pabrik *biopackaging* dari *bagasse* dan *waste virgin paper* dengan proses *kraft* layak didirikan dengan memenuhi syarat-syarat didirikannya sebuah pabrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Platt, *Biodegradable Polymers Market Report*. Shawnbry, UK: Rapa Technology Ltd, 2006.
- [2] B. P. Lavarack, G. J. Griffin, and D. Rodman, "The acid hydrolysis of sugarcane bagasse hemicellulose to produce xylose, arabinose, glucose, and other products," *Biomass and Bioenergy*, pp. 367–380, 2002.
- [3] Y. Huang, Z.; Wang, N.; Zhang, Y.; Hu, H.; Luo, "Effect of mechanical activation pretreatment on the properties of sugarcane bagasse/poly(vinyl chloride) composites.," *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, vol. 43, no. 1, pp. 114–120, 2012.
- [4] Y. Xu, Q. Wu, Y. Lei, and F. Yao, "Creep behaviour of bagasse fibre reinforced polymer composites.," *Bioresour. Technol.*, vol. 41, no. 3, pp. 245-262..
- [5] Solikin., Batutah, and M. Arif., "Metode pengeringan ampas tebu (bagasse) dengan pemanfaatan kembali panas gas buang boiler di PG. Pradjekan Bondowoso.," *J. Res. Technol.*, vol. 5, no. 1, 2019.
- [6] V. Ruseimy, "Konversi Limbah Kertas Menjadi Ethanol Dengan Menggunakan Enzim Selulase Melalui Sakarifikasi Dan Fermentasi Serentak.," Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok, 2009.
- [7] H. El-Shall, B. M. Moudgil, and A. El-Midany, "Separation of ink particles from waste paper by fine-bubbles," *KONA Powder Part. J.*, vol. 23, no. March, pp. 122–128, 2005, doi: 10.14356/kona.2005015.
- [8] R. W. J. McKinney, *Technology of Paper Recycling First Edition*. London: Blackie Academic and Professional, 1995.
- [9] P. Bajpai, *Recycling and Deinking of Recovered Paper*. India: Elsevier, 2013.
- [10] C. J. Biermann, *Handbook of Pulping and Papermaking*. London: Academic Press Limited, 1996.
- [11] R. Hunter, *Developments in Pulp and Paper Production from Sugarcane Bagasse*. Brisbane: Queensland University of Technology, 2007.
- [12] Y. B. Seo, Y. W. Lee, C. H. Lee, and H. . You, "Red algae and their use in papermaking.," *Bioresour. Technol.*, vol. 101, pp. 2549–2553, 2010.
- [13] Q. Wang, S. Xiao, S. Q. Shi, and L. Cai, "Effect of Light-Delignification on Mechanical, Hydrophobic, and Thermal Properties of High-Strength Molded Fiber Materials.," Harbin, China, and Denton, Texas: Northeast Forestry University and University of North Texas, 2018.
- [14] M. Ek and G. Gellerstedt, G. Henriksson, *Pulping Chemistry and Technology*. Stockholm: KTH - Royal Institute of Technology, 2009.
- [15] C. P. Jean, *Black Liquor Evaporations: Design and Operations*. Naperville: AH Lundberg Associates Inc, 2005.
- [16] V. B. Sierra, M. d. Silveira, R. C. Onofre, and D. N. Lidorikiotis, *Evaporation Plant and Recovery Boiler Optimization Utilizing Model Predictive Control Technology - A Case Study At Suzano Tres Lagoas Mill*. USA: Tappi Press, 2019.