

PENENTUAN KAPASITAS PRODUKSI DAN SELEKSI PROSES PRARANCANGAN PABRIK PEMBUATAN PULP DARI PELEPAH PISANG KAPASITAS 69.000 TON/TAHUN

Valan Athaariq dan Hardjono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

Valan.athaariq@gmail.com; [hardjono@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Pulp adalah serat selulosa dari kayu atau non-kayu yang diproses dengan cara melarutkan lignin sebanyak mungkin. Pelepah pisang merupakan alternatif bahan pembuatan pulp non-kayu. Bahan baku pembuatan pulp memiliki syarat berserat, kadar alpha selulosa lebih dari 40%, kadar lignin kurang dari 25%, dan kadar air maksimal 10%. Tujuan dari studi literatur ini adalah mengidentifikasi kapasitas produksi pulp dari pelepah pisang dan seleksi proses yang dapat digunakan dalam prarancangan pabrik pembuatan pulp dari pelepah pisang. Dalam menentukan kapasitas produksi pulp dari pelepah pisang digunakanlah metode pertumbuhan rata-rata per tahun. Metode penilaian berdasarkan kelebihan dan kekurangan proses digunakan untuk seleksi proses. Pulp diproduksi menggunakan proses acetosolv. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pabrik pulp yang akan didirikan pada tahun 2026 memiliki kapasitas 69.000 ton/tahun dan menggunakan proses acetosolv dengan sistem kontinyu yang menghasilkan *yield* sebesar 80% – 85%.

Kata kunci: *pulp, pelepah pisang, kapasitas produksi, seleksi proses*

ABSTRACT

Pulp is cellulose fiber from wood or non-wood which is processed by dissolving as much lignin as possible. Banana stems are an alternative non-wood pulp making material. The raw material for making pulp has fibrous requirements, an alpha cellulose content of more than 40%, a lignin content of less than 25%, and a maximum water content of 10%. The aim of this literature study is to identify the production capacity of pulp from banana stems and select processes that can be used in it pre-planned factory for making pulp from banana stems. In determining the production capacity of pulp from banana stems, the average annual growth method is used. Pulp manufactured using the acetosolv process. The research results show that the pulp mill established in 2026 has a capacity of 69,000 tonnes/year and uses the acetosolv process with a continuous system which produces a yield of 80% -- 85%.

Keywords: *pulp, banana midrib, production capacity, process selection*

1. PENDAHULUAN

Pulp adalah serat selulosa dari kayu atau non-kayu yang diproses dengan cara melarutkan lignin sebanyak mungkin [1]. Di Indonesia, industri pulp dan kertas menempati peringkat delapan dunia dengan kapasitas produksi 11,83 juta ton/tahun dan industri kertas dengan kapasitas produksi 17,94 juta ton/tahun, menempati peringkat enam, dengan konsumsi kertas sekitar 32,6 ton/kapita [2]. Industri pulp dan kertas umumnya menggunakan kayu sebagai bahan baku produksinya. Meningkatnya kapasitas produksi dan pembangunan

Corresponding author: Hardjono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: hardjono@polinema.ac.id



pabrik baru untuk memenuhi kebutuhan konsumen akan berdampak terhadap ketersediaan kayu. Eksploitasi hutan yang terus menerus dilakukan dapat mengakibatkan permasalahan global seperti rentan terjadi bencana alam, kepunahan kekayaan alam, hilangnya habitat binatang, dan lain-lain. Penanaman kembali atau reboisasi yang dilakukan pada hutan yang gundul saja tidak akan cukup untuk memberikanantisipasi akan kekurangan bahan baku kayu oleh industri pulp dan kertas [3]. Alternatif bahan baku dalam pembuatan pulp dan kertas sangat diperlukan untuk mencegah terjadinya permasalahan tersebut.

Untuk pembuatan pulp, selulosa dalam bentuk serat adalah bahan baku utama. Hampir semua tumbuhan yang mengandung selulosa dapat digunakan sebagai bahan baku. Kayu jarum maupun kayu daun merupakan bahan baku yang dapat digunakan. Jenis kayu jarum adalah bambu, pinus, dan kayu turi, sementara jenis kayu daun adalah jerami, merang, batang pisang, dan rumput-rumputan.

Pelepah pisang merupakan suatu bagian dari tumbuhan pisang yang pemanfaatannya kurang dikembangkan oleh masyarakat [4]. Pelepah pisang seringkali dianggap remeh oleh kebanyakan orang sebagai limbah pohon pisang, padahal memiliki kandungan serat yang tinggi yang dapat diubah menjadi pulp. Jumlah dari produksi pisang setiap tahunnya mengalami peningkatan. Menurut data terbaru Badan Pusat Statistik, nilai produksi untuk pulp di wilayah Demak Jawa Tengah sebesar 97.375 ton [5]. Hampir semua tumbuhan yang mengandung selulosa dapat digunakan untuk membuat pulp [6].

Komponen terbesar dari tumbuhan terdiri dari lignin, hemiselulosa, dan selulosa. Lignin selulosa dari limbah pertanian terdiri dari 35 – 50 % selulosa, 20 – 35 % hemiselulosa, dan 10 – 25 % lignin [7]. Dalam sel tumbuhan, struktur selulosa, hemiselulosa, dan lignin sangat kompleks. Hemiselulosa dan lignin mengikat dan menyatukan serat selulosa. Bentuk lignin yang tiga dimensi membuat struktur sel tumbuhan menjadi pasif dan kaku. Proses pemisahan komponen komponen ini sangat sulit karena susunannya yang kompleks. Syarat bahan baku yang digunakan pada pulp adalah berserat, kadar *alpha* selulosa lebih dari 40%, kadar lignin kurang dari 25%, dan kadar air maksimal 10% [8].

Tujuan dari studi literatur ini adalah mengidentifikasi kapasitas produksi pulp dari pelepah pisang dan seleksi proses yang dapat digunakan dalam prarancangan pabrik pembuatan pulp dari pelepah pisang.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Penentuan Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi dapat diukur dengan metode prediksi data seperti interpolasi linear dan pertumbuhan rata-rata per tahun [9]. Terdapat empat tahapan untuk menghitung kapasitas produksi yaitu perhitungan prediksi data, pengumpulan data pendukung, perhitungan peluang kapasitas, dan penentuan kapasitas produksi [10]. Kapasitas produksi pabrik pulp yang akan didirikan tahun 2026 dihitung dengan metode pertumbuhan rata-rata pertahun dengan rumus sebagai berikut:

1. Pertumbuhan rata-rata per tahun

$$i = \frac{\Sigma \%P}{n} \quad (1)$$

2. Prediksi data ekspor dan impor

$$m_{\text{tahun yang dicari}} = m_{\text{tahun data terakhir}} \times (1 + i)^a \quad (2)$$

3. Peluang kapasitas produksi

$$m_{2026} = (m_{k2026} + m_{e2026}) - (m_{p2026} + m_{i2026}) \quad (3)$$

4. Kapasitas produksi

Terdapat pabrik serupa dalam negeri, maka:

$$\text{Kapasitas produksi} = 0,6 * m_{2026} \quad (4)$$

Belum terdapat pabrik serupa dalam negeri, maka:

$$\text{Kapasitas produksi} = 1,5 * m_{2026} \quad (5)$$

Dimana:

- i : pertumbuhan rata-rata per tahun
- %P : persen pertumbuhan per tahun
- n : jumlah data %P
- a : selisih tahun
- m : peluang kapasitas
- m_p : prediksi data produksi
- m_k : prediksi data konsumsi
- m_e : prediksi data ekspor
- m_i : prediksi data impor

Data produk pulp digunakan sebagai pendukung untuk menghitung kapasitas produksi. Data pendukung produk pulp dari pelepah pisang tidak ditemukan karena industri pulp pelepah pisang masih belum tersedia. Oleh karena itu, untuk menghitung kapasitas produksi, data pendukung dari pulp kertas digunakan. Berikut merupakan data jumlah ekspor dan impor pulp di Indonesia, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data jumlah ekspor dan impor pulp di Indonesia

Tahun	Jumlah (kg/tahun)	
	Ekspor	Impor
2018	4.310.140.308	3.897.346.960
2019	5.313.470.482	3.001.864.927
2020	5.836.955.999	3.439.069.090
2021	6.332.466.961	3.707.066.577
2022	5.913.756.084	4.699.291.069

(Sumber : Badan Pusat Statistik Indonesia)

2.2. Seleksi Proses

Seleksi proses dilakukan dengan mempelajari literatur dari penelitian sebelumnya. Pada tahap ini akan dipilih tiga aspek pemilihan proses dan jenis proses yang digunakan. Metode penilaian digunakan pada seleksi proses. Seleksi proses dipilih dengan membandingkan kelebihan dan kekurangan proses tersebut.

a. Aspek Teknis

Aspek teknis terdiri dari kondisi proses dan kondisi operasi. Karena kandungan lignin pelepah pisang sebesar 9,61%, pelepah pisang dipilih sebagai bahan baku pembuatan pulp [11]. Nilai kandungan selulosa pelepah pisang lebih dari 80% memungkinkannya digunakan sebagai pengganti untuk pembuatan pulp. Kondisi operasi pada proses pembuatan pulp dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kondisi operasi pada pembuatan pulp [12]

Kondisi Operasi	Jenis Operasi				
	Mekanis	Semi Kimia	Kimia		
			Soda	Sulfat	Sulfit
Yield (%)	90 – 98	40 – 60	50 – 70	45 – 55	43 – 48
Suhu (°C)	105 – 130	160 – 185	165 – 171	171 – 179	129 – 149
Waktu Operasi (jam)	-	0,25 – 1	6 – 8	2 – 5	7 – 12
pH	-	7 – 10	13 – 14	13 – 14	1 – 2

b. Aspek Ekonomis

Aspek ekonomis pada seleksi proses meliputi biaya investasi, *Rate of Return* (ROR), dan *Pay Out Time* (POT). ROR merupakan laju pengembalian modal per tahun dan POT menunjukkan lama waktu pengembalian dengan membandingkan total investasi dengan laba bersih per tahun (ROR berbanding lurus dengan POT). Karena proses pengeringan dan pemanasan membutuhkan alat pengering dan pemanas, biaya yang dikeluarkan lebih tinggi dan pengembalian modal lebih lama.

c. Aspek Dampak Terhadap Lingkungan

Aspek dampak terhadap lingkungan pada seleksi proses menunjukkan dampak yang mungkin terjadi akibat adanya pendirian pabrik terhadap lingkungan sekitarnya. Dampak tersebut antara lain polutan yang berasal dari pabrik tersebut. Polutan tersebut dapat mencemari air, udara, dan tanah. Akan tetapi, produk samping yang dihasilkan pada produksi pulp pelepah pisang ini tidak membahayakan lingkungan karena menggunakan bahan kimia organik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kapasitas Produksi

Dari data jumlah ekspor dan impor produk pulp di Indonesia yang tertera pada Tabel 1, nilai pertumbuhan rata-rata pertahun dapat dihitung sesuai dengan Rumus (1), tertera pada Tabel 3.

Kapasitas pabrik pada tahun 2026 dapat dihitung menggunakan Rumus (3) dari prediksi data ekspor dan konsumsi. Hasilnya 180.256.104 kg/tahun. Penentuan kapasitas pabrik pulp yang akan didirikan pada tahun 2026 menggunakan Rumus (4), dikarenakan sudah terdapat pabrik yang sama di dalam negeri.

Tabel 3. Pertumbuhan ekspor dan impor pulp di Indonesia

Tahun	Jumlah (kg/tahun)		%P	
	Ekspor	Impor	Ekspor	Impor
2018	4.310.140.308	3.897.346.960	-	-
2019	5.313.470.482	3.001.864.927	23,3	-23,0
2020	5.836.955.999	3.439.069.090	9,9	14,6
2021	6.332.466.961	3.707.066.577	8,5	7,8
2022	5.913.756.084	4.699.291.069	-6,6	26,8
	i		8,75	6,54

Nilai prediksi data ekspor dan impor pada tahun 2026 dapat dicari dari data pertumbuhan rata-rata pertahun menggunakan Rumus (2), tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Prediksi data ekspor dan konsumsi

Jumlah (kg/tahun)	
m_{k2026}	5.666.248.547
m_{e2026}	8.114.007.556

Dalam penentuan kapasitas produksi, belum ditemukan data pendukung mengenai produk berupa pulp dari pelepah pisang. Oleh karena itu, data pendukung produk pulp kayu dari Badan Pusat Statistik digunakan sebagai acuan perhitungan. Kapasitas produksi pulp tersebut diperkirakan sebesar 180.256.104 kg/tahun. Karena sudah ada pabrik serupa di dalam negeri, perhitungan kapasitas produksi adalah 0,6 dari peluang kapasitas. Sehingga, kapasitas produksi didapat sebesar 108.154 ton/tahun. Namun data tersebut perlu dikonversi dari ketersediaan bahan baku yang ada di Indonesia yaitu pelepah pisang. Kapasitas produksi pabrik pulp dari pelepah pisang yang didapat setelah konversi sebesar 69.000 ton/tahun. Dengan kapasitas tersebut diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pulp yang dibutuhkan.

3.2. Seleksi Proses

Tabel 5. Keuntungan dan kerugian proses pembuatan pulp [13]

Jenis Proses	Keuntungan	Kekurangan
Mekanis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Daya cetak kertas baik 2. Ramah lingkungan 3. Didapatkan serat yang banyak 	Kekuatan pulp rendah
Semi Kimia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rendemen tinggi 2. Persyaratan mengenai kualitas dan spesies kayu rendah 3. Penggunaan bahan kimia relatif rendah 	Tidak cocok untuk non kayu
Kimia		
Soda	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proses sederhana 2. Mengolah bahan baku non kayu 3. Sedikit bahan kimia 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proses delignifikasi kurang sempurna 2. Biaya produksi tinggi 3. Rendemen pemasakan yang rendah

Jenis Proses	Keuntungan	Kekurangan
Sulfat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dapat digunakan untuk semua jenis kayu dan kualitas kayu 2. Waktu pemasakan pendek 3. Sifat kekuatan pulp baik 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rendemen yang lebih rendah daripada pembuatan pulp sulfit 2. Warna gelap jika tidak dikelantang
Sulfit	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rendemen yang lebih tinggi pada bilangan kappa tertentu yang mengakibatkan kebutuhan kayu lebih rendah 2. Derajat pulp yang tidak dikelantang lebih tinggi daripada proses sulfat 3. Biaya instalasi lebih rendah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Harga kekuatan dari pulp lebih rendah daripada proses sulfat 2. Keterbatasan sistem pemulihan bahan kimia 3. Persoalan kerak
Organosolv (Acetosolv)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Daur ulang lindi hitam mudah dilakukan karena tanpa unsur sulfur 2. Bahan mudah didegradasi 3. H₂O₂ rendemen pulp yang dihasilkan tinggi 4. Tidak menyebabkan timbulnya pencemaran gas berbau 5. Proses dapat dilakukan pada temperatur dan tekanan rendah 6. Biaya operasi rendah 7. Ramah lingkungan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pencucian pulp tidak dapat menggunakan air 2. Bahan kimia yang bersifat mudah menguap akan mudah terbakar 3. Tidak cocok untuk proses pulping dengan campuran dari beberapa jenis kayu

Dapat dilihat pada Tabel 5, masing-masing jenis proses memiliki kelebihan serta kekurangan. Masing-masing jenis proses memiliki kelebihan yang cukup banyak dibandingkan kekurangan. Kelebihan paling banyak terdapat pada proses organosolv, kelebihan tersebut cukup menguntungkan dibandingkan dengan jenis proses yang lain. Begitu juga dengan kekurangannya yang tidak merugikan karena kekurangan pada proses organosolv hanya berada pada bahan kimia.

Tabel 6. Kondisi operasi proses organosolv pada pembuatan pulp [14]

Kondisi Operasi	Jenis Operasi	
	Alkali	Acetosolv
Yield (%)	40 – 45	75 – 85
Suhu (°C)	105	70 – 100
Waktu Operasi (jam)	1 – 1,5	1 – 1,5
pH	-	-

Kondisi operasi proses organosolv pada pembuatan pulp dapat dilihat di Tabel 6, jenis operasi pada proses organosolv ada dua yaitu Alkali dan Acetosolv. Perbedaan yang paling besar diantara kedua proses tersebut terletak pada nilai yield, jenis operasi acetosolv memiliki yield yang lebih besar dibandingkan jenis operasi alkali yaitu sebesar 75% – 85%. Proses produksi pulp dari pelepah pisang dilakukan secara kontinyu. Dengan menggunakan proses acetosolv dapat menekan biaya produksi yang cukup tinggi, karena proses tersebut dapat berlangsung dengan suhu dan tekanan yang rendah. Selain itu, bahan baku juga tidak

terlalu mahal. Hasil dari proses acetosolv menggunakan asam asetat cukup efektif jika dibandingkan dengan proses yang lain, dapat dilihat pada Tabel 4

Berdasarkan seleksi proses yang tercantum pada Tabel 2 – 6, hasil seleksi proses yang akan digunakan untuk proses produksi pulp dari pelepah pisang adalah organosolv (acetosolv). Hasil proses acetosolv pada referensi lain juga menunjukkan kualitas yang baik dengan rendemen sebesar 85,586%, selulosa 83,534%, hemiselulosa 4,193%, dan lignin sebesar 9,842% [15]. Bahan baku pada proses acetosolv adalah asam asetat. Proses acetosolv memiliki kelebihan selama proses berlangsung yaitu bahan baku asam asetat yang digunakan dapat digunakan kembali dengan dilakukannya pemisahan asam asetat dengan *black liquor*.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pabrik pulp dari pelepah pisang yang akan didirikan pada tahun 2026, memiliki kapasitas produksi sebesar 69.000 ton/tahun. Sistem kontinyu digunakan pada pabrik ini, dengan nilai yield sebesar 80% – 85%. Dalam pembuatannya, terdapat beberapa proses pembuatan pulp dari pelepah pisang seperti proses mekanis, semi kimia, dan kimia. Berdasarkan keuntungan serta kerugian pada tiap proses, proses yang digunakan adalah proses acetosolv. Penilaian tersebut dilihat dari beberapa aspek seperti kondisi operasi, aspek ekonomi, aspek lingkungan, dan hasil dari produk. Hasil dari perhitungan kapasitas produksi menunjukkan bahwa pembuatan pulp dari pelepah pisang perlu dikembangkan lebih lanjut. Mengingat bahwa ketersediaan bahan baku pelepah pisang yang masih banyak karena dapat dijadikan berbagai olahan lainnya.

Penelitian mengenai pembuatan pulp dari pelepah pisang ini masih perlu dilakukannya pengembangan lebih lanjut dalam produksi. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapasitas ini mengambil keseluruhan dari ketersediaan bahan baku yang ada di Demak dengan kapasitas produksi sebesar 69.000 ton/tahun. Tentu ini masih menjadi permulaan dalam pemanfaatan limbah pelepah pisang yang jarang dimanfaatkan. Mengingat ketersediaan dari pelepah pisang yang masih sangat mencukupi dapat dimanfaatkan kembali dengan berbagai pengolahan lainnya. Penelitian dengan penggunaan pelepah pisang secara penerapannya perlu dilakukan. Dengan adanya pengembangan dalam produksi ini, diharapkan nantinya akan muncul pabrik pulp dari pelepah pisang dengan kapasitas yang lebih besar.

REFERENSI

- [1] B. Syamsul, "Pembuatan Serbuk Pulp dari Daun Jagung," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 4, no. 1, hal. 46–59, 2015.
- [2] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, "Mungkinkah Peran Industri Bersandar pada Industri Pulp dan Paper."
- [3] M. N. Salim, *Mereka yang dikalahkan: perampasan tanah dan resistensi masyarakat Pulau Padang*. STPN Press, 2020.
- [4] Miati, R. Jemi, dan E. Cipta, "Kajian Pulping Soda Bahan Baku Pelepah Pisang (Musa paradisiaca)," *Jurnal Hutan Tropika*, vol. 10, no. 2, hal. 24–30, 2015.
- [5] Badan Pusat Statistik, "Produksi Buah-Buahan Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Tanaman di Provinsi Jawa Tengah, 2019 dan 2020."

- [6] D. Fengel, *Kayu, Kimia Ultrastruktur Reaksi-reaksi*. UGM Press: Yogyakarta, 1995.
- [7] T. Anindyawati, "Potensi Selulase Dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian Untuk Pupuk Organik," *Jurnal Selulosa*, vol. 45, no. 2, hal. 70–77, 2010.
- [8] Ridwan, F. Ariani, dan Hensi, "Pembuatan Bahan Baku Pulp Dari Pelepah Pisang," *Saintis*, vol. 3, no. 2, hal. 28–36, 2022.
- [9] B. T. Arta, P. H. Suharti, A. F. Afnan, A. Arianto, dan V. F. Tasyakuranti, "Penentuan Kapasitas Produksi Dan Seleksi Proses Pakan Ikan Lele Berbahan Dasar Maggot Kapasitas 5.000 Ton/Tahun," *DISTILAT Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 9, no. 3, hal. 215–224, 2023.
- [10] A. Choirunnisa dan A. Mustain, "Penentuan Kapasitas Produksi Dan Seleksi Proses Pra Rancangan Pabrik Kimia Bioetanol Gel Kapasitas 5000 Ton/Tahun," *DISTILAT Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 1, hal. 86–93, 2022.
- [11] M. A. Rahman, "Karakterisasi Lignin dari Pelepah Pisang Cavendish (*Musa Acuminata Colla*) dari Daerah Sukabumi yang Diperoleh dengan Metode Klason," vol. 5, no. 2, hal. 686–690, 2019.
- [12] S. Bahri, "Pembuatan Pulp dari Batang Pisang," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 4, no. 2, hal. 36–50, 2017.
- [13] R. Fitriyanti, "Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Pulp Dan Kertas," *Jurnal Redoks*, vol. 1, no. 2, hal. 16–25, 2016.
- [14] N. Masitah, "Pembuatan Pulp Dari Serabut Gambas Tua Kering Dengan Proses Alkali Dengan Alkohol," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 9, no. 1, hal. 34–35, 2014.
- [15] A. S. Zuidar, S. Hidayati, dan Jamhuri, "Kajian Penggunaan Katalisator Asam Sulfat Dan Lama Pemasakan Pada Proses Produksi Pulp Acetosolve Dari Ampas Tebu Dan Bambu Betung," *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*, vol. 18, no. 2, hal. 123–131, 2013.