

Rancang Bangun Digester Untuk Proses *Pulping* dari Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pelepeh Pisang dengan Pelarut NaOH

Nyayu Fia Atindu^{*1}, Muhammad Yerizam², Erwana Dewi³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

Email: ¹nyayufia14@gmail.com, ²yerizam@polsri.ac.id, ³erwanadewi@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan *pulp* dan kertas di dunia semakin meningkat. Menurut Asosiasi *Pulp* dan Kertas Indonesia (APKI) permintaan global maupun domestik masih terus meningkat setiap tahunnya sebesar 2 %. Hal ini mengakibatkan ketersediaan bahan baku industri kertas menipis. Maka dari itu bahan baku lain yang dapat dijadikan suatu alternatif dari dampak tersebut yaitu tandan kosong kelapa sawit dan pelepeh pisang. Digester merupakan suatu bejana pemasak yang digunakan sebagai suatu tempat proses delignifikasi bahan baku pada pembuatan *pulp*. Pada perancangan alat digester ini mempunyai dimensi meliputi : diameter tangki : 15 cm, tinggi tangki : 30 cm, tebal plate : 0,3 mm, tinggi impeler : 33 cm, kecepatan pengaduk : 95 rpm dan kapasitas 5,5 liter. Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun dan eksperimen. Metode rancang bangun dilakukan untuk perancangan dan pembuatan digester Metode eksperimen dilakukan dengan tujuan yaitu mengetahui kinerja *digester* agar mendapatkan kondisi optimum alat *digester* dalam *pulping* dari campuran tandan kosong kelapa sawit dan pelepeh pisang. Tahapan proses *pulping* ini yaitu : (1) tandan kosong kelapa sawit dan pelepeh pisang di potong-potong lalu di cuci dengan air kemudian dikeringkan, (2) pemasakan di dalam *digester* , (3) *pulp* disaring, (4) *pulp* di analisa. Parameter yang diukur yaitu temperatur pemasakan dengan variasi 90, 100, 110, 120 °C, Parameter yang terjaga konstan yaitu konsentrasi larutan, waktu pemasakan, dan putaran pengaduk. Pada hasil pengamatan dan analisis didapatkan kondisi optimum pada temperature 110°C dengan hasil yang di dapat yaitu kadar air 15,50 %, kadar lignin 10,07 % , kadar hemiselulosa 16,03 % dan kadar selulosa 58,41 %.

Kata kunci: *delignifikasi, digester, pelepeh pisang, pulp, TKKS.*

Design of a Digester for Pulping Process from a Mixture of Empty Oil Palm Fruit Bunches and Banana Midribs with NaOH Solvent

Abstract

The demand for pulp and paper in the world is increasing. According to the Indonesian Pulp and Paper Association (IPPA), global and domestic demand continues to increase annually by 2%. This resulted in the availability of raw materials for the paper industry to run low. Therefore, other raw materials that can be used as an alternative to this impact are oil palm empty fruit bunches and banana midribs. Digester is a cooking vessel that is used as a place for the delignification process of raw materials in the manufacture of pulp. In the design of this digester, the dimensions include: tank diameter: 15 cm, tank height: 30 cm, plate thickness: 0.3 mm, impeller height: 33 cm, stirrer speed: 95 rpm and 5.5 liter capacity. This study uses design and experimental methods. The design and construction method was carried out for the design and manufacture of the digester. The experimental method was carried out with the aim of knowing the performance of the digester so that the optimum condition of the digester equipment in pulping from a mixture of oil palm empty fruit bunches and banana midribs. The stages of this pulping process are: (1) empty fruit bunches of oil palm and banana midrib cut into pieces and then washed with water and then dried, (2) cooking in the digester, (3) filtered pulp, (4) pulp analysis. The parameters measured were the cooking temperature with variations of 90, 100, 110, 120 oC, the parameters that were kept constant were the concentration of the solution, cooking time, and stirring speed. In the results of observations and analysis, the optimum conditions were obtained at a temperature of 110oC with the results obtained, namely water content of 15.50%, lignin content of 10.07%, hemicellulose content of 16.03% and cellulose content of 58.41%.

Keywords: *banana midrib, delignification, digester, EFB, pulp.*

1. PENDAHULUAN

Pada era industri 4.0 saat ini, kebutuhan pulp dan kertas di dunia semakin meningkat. Menurut Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia (APKI) permintaan global maupun domestik masih terus meningkat setiap tahunnya sebesar 2 %. Hal ini mengakibatkan ketersediaan bahan baku industri kertas menipis. Isu pemanasan global dan penebangan hutan secara liar menyebabkan bahan baku pembuatan pulp dan kertas semakin menipis. Maka dari itu bahan baku lain yang dapat dijadikan suatu alternatif dari dampak tersebut yaitu tandan kosong kelapa sawit dan pelepah pisang.

Pada dasarnya pulp dan kertas di buat dari bahan-bahan yang mengandung selulosa yang tinggi. Pada perindustrian tandan kosong kelapa sawit dan pelepah pisang dikategorikan sebagai suatu limbah padat industri dan pertanian, dimana bahan tersebut berpotensi sebagai bahan baku pembuatan pulp untuk industri kertas dan pemanfaatannya belum optimal padahal mengandung selulosa yang tinggi. Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia berdasarkan laporan dari United State Department of Agriculture 2019. Pada 2019, Indonesia memproduksi minyak sawit sebanyak 42,50 per juta metrik ton dengan 58% penyumbang produksi minyak kelapa sawit di dunia. [1]

Komposisi kimia dari TKKS yaitu selulosa 45,95 %, Hemiselulosa 22,84 %, lignin 16,49 %, kadar abu 1,23 % dan kadar air 3,74 %. Kandungan selulosa pada limbah TKKS ini yang berpotensi tinggi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pulp dan kertas. Kebutuhan pulp di Indonesia saat ini juga masih dikuasai oleh impor. Jadi, salah satu solusinya adalah dengan memanfaatkan TKKS tersebut sebagai alternatif bahan baku pembuatan pulp kertas. [2]

Salah satu campuran pulp dari tandan kosong kelapa sawit adalah pelepah pisang. Pelepah pisang merupakan limbah dari tanaman pisang yang telah di tebang untuk diambil buahnya dan merupakan limbah pertanian yang mempunyai potensi tinggi sebagai bahan campuran dalam pulp sebagai pembuatan kertas yang belum banyak dimanfaatkan. Oleh sebab itu, beberapa peneliti melakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah pelepah pisang tersebut. Pelepah pisang mengandung selulosa sebesar 63-64 %, Hemiselulosa 20 %, Lignin 5 % dengan panjang serat 30,92 cm. [3]

Perbandingan kualitas produk pulp dari pelepah nipah yang dihasilkan pada skala laboratorium dengan skala ganda yaitu menggunakan reaktor berpengaduk yang mampu menampung bahan sebanyak 50 liter dengan kecepatan putaran 25 rpm, bahan baku sebanyak 15 kg, waktu pemasakan 1 jam dan temperatur pemasakan 110°C [4]. Prinsip kerja dari reaktor berpengaduk ini menggunakan sistem *double jacket*, tabung pengaduk terdiri dari dua lapisan, lapisan dalam dan luar. Lapisan dalam bersentuhan langsung dengan produk, sedangkan lapisan luar berhubungan langsung dengan sumber panas (Kompom LPG) [4]. Pada penelitian [5] dibuat tangki berpengaduk yang digerakan menggunakan motor dengan kecepatan putaran sebesar 1420 rpm, sedangkan putaran baling-baling sebesar 600 rpm. Motor pengaduk berasal dari kompor yang menggunakan bahan bakar LPG, pemasakan pulp menggunakan waktu pemasakan 4,75 jam dan temperatur 90°C.

Berdasarkan penelitian [6] dibuat tangki berpengaduk berbahan panci *stainless steel*. Dalam tangki berpengaduk ini terdapat pengaduk yang digerakan oleh motor dengan kecepatan putaran motor sebesar 50 rpm, motor pengaduk digerakan menggunakan sumber energi dari arus listrik PLN. Sumber pemanas berasal dari kompor listrik. Pemasakan pulp menggunakan waktu pemasakan 1 jam dan pada temperatur bervariasi dengan bahan baku yang digunakan yaitu pelepah pisang klutuk dan larutan pemasak natrium hidroksida.

Pada perancangan alat ini, akan digunakan pembuatan pulp dengan menggunakan digester berpengaduk yang bersifat vakum (bertekanan) dan temperatur masakan menggunakan heater pada tabung digester yang telah ditambahkan glasswool sebagai jacket heater. Rancangan digester ini di buat dalam skala laboratorium yang lebih mudah dalam pengoperasiannya. Digester pulp ini akan di buat dengan kapasitas batch sebesar 5,5 liter, dengan kecepatan pengaduk mencapai 95 rpm, alat yang bersifat vakum dan temperatur heater mencapai 400 °C. Tujuan dari rancang bangun alat ini agar dapat menghasilkan alat digester untuk proses pembuatan pulp, menentukan temperatur pemasakan optimal dan menghasilkan pulp keluaran digester dengan bahan baku tandan kelapa sawit dan pelepah pisang dimaksudkan agar dapat menghasilkan pulp yang berkualitas.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun dan eksperimen. Metode rancang bangun dilakukan untuk perancangan serta pembuatan alat pembuat pulp. Metode eksperimen dilakukan untuk proses pulping dari campuran tandan kosong kelapa sawit dan pelepah pisang dengan proses delignifikasi menggunakan natrium hidroksida.

2.1. Pendekatan Desain Fungsional

Pada pendekatan ini rancang bangun Digester terdiri dari beberapa komponen dengan fungsinya masing-masing, yakni: Digester, digunakan sebagai tempat pemasakan bahan baku. Heater, digunakan untuk menghasilkan panas. Pengaduk, digunakan untuk mengaduk selama proses pemasakan. Termokopel, berfungsi untuk mengukur temperatur proses. Thermocontrol atau kontrol suhu adalah proses dimana perubahan suhu ruang dapat diukur atau terdeteksi dan bagian dari energi panas yang ke dalam atau keluar dari ruang disesuaikan untuk mencapai suhu rata-rata yang diinginkan. Pressure gauge, berfungsi untuk mengukur tekanan proses. Tacometer, digunakan untuk control putaran.

2.2. Pendekatan Desain Struktural

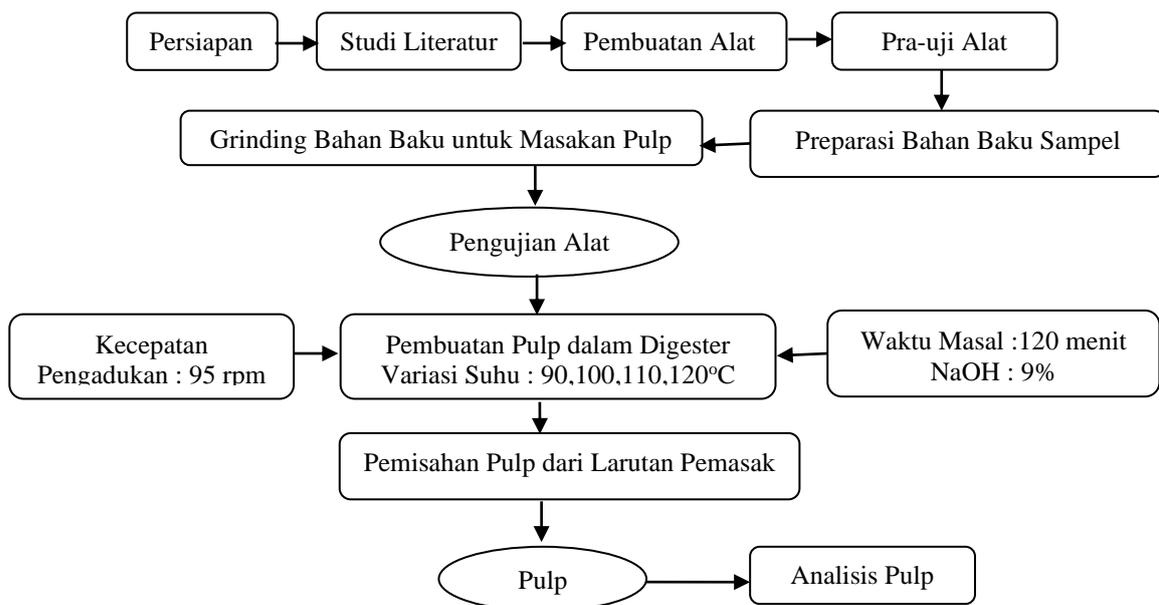
Pendekatan Desain Struktural Secara desain Digester pulp ini dibuat berdasarkan proses pembuatan pulp secara umum dan terdiri dari peralatan yang pada umumnya digunakan dalam proses pembuatan pulp. Pada Gambar 1 menyajikan rancangan alat pembuatan pulp.



Gambar 1. Rancangan Alat Pembuatan Pulp

2.3. Rancangan Penelitian

Dalam pembuatan alat digester ini, penulis membuat beberapa tahap perancangan, mulai dari studi literatur, pembuatan alat sampai dengan proses pengujian alat sehingga dapat menghasilkan pulp. Dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Rancangan Penelitian

2.4. Pertimbangan Percobaan

1. Waktu dan Tempat

Proses pembuatan digester pulp dilaksanakan dalam dua tahapan yaitu tahap rancang bangun dan pengujian alat. Dimana jangka waktu rancang bangun alat selama 2 bulan dari tanggal 2 Mei 2021 sampai tanggal 3 Juli 2021 di laboratorium teknik kimia, politeknik negeri sriwijaya. Pengujian alat digester pulp dilakukan selama 10 hari yaitu pada tanggal 6 Juli 2021 sampai tanggal 16 Juli 2021 di laboratorium pilot plant dan satuan proses teknik kimia

2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada proses pembuatan digester pulp yaitu : heater/ pemanas 1 buah, termokopel 1 buah, pipa stainless steel 1 buah kerangka besi: 4 meter, glasswool 30 cm, thermocontrol 1 buah, pressure gauge 1 buah, thermostat 1 buah, dempul besi 1 kg, control panel 1 set, solid-state relay (ssr) 1 buah, batang impeller 50 cm, tacometer: 1 buah, cat 1 kg, tinner 500 ml, kawat las 1 pack, paku 3 buah, ring / baut penutup 14 buah, stop kontak 1 buah. Alat untuk membuat digester pulp yaitu gerinda 1 buah, gergaji besi 1 buah, mesin las 1 buah, gunting dan pisau 1 buah, bor 1 buah, kuas cat 1 buah, batu granda potong 1 buah, kunci ring 3 buah. Bahan untuk membuat pulp yaitu pelepah pisang kepok 2 kg, tandan kosong kelapa sawit 2 kg, natrium hidroksida 2 kg, asam sulfat 72% 120 ml, asam sulfat 1 N 1000 ml, aquades 45 liter. Alat untuk membuat pulp yaitu ; digester pulp 1 buah, nampan stainless steel 1 buah, timbangan 1 buah, crusibel 5 buah, desikator 1 buah, kertas saring 16 buah, pengaduk 1 buah, corong 1 buah, spatula 1 buah, gelas kimia 5 buah, oven 1 buah, aluminium foil 1 buah, erlenmeyer 4 buah, labu takar 1 buah, pipet ukur dan bola karet 1 buah, pipet tetes 1 buah, cawan 2 buah, pompa vakum 1 buah.

3. Perlakuan dan Analisis Statistik Sederhana Variabel Penelitian

Variabel perlakuan pada penelitian ini adalah temperatur pemasakan 90°C, 100°C, 110°C, dan 120°C. Parameter yang konstan pada penelitian ini adalah konsentrasi larutan pemasak 9 %, Campuran TKKS, pelepah pisang 342 gram, kecepatan pengadukan 95 rpm, waktu pemasakan 2 jam, tekanan vakum.

2.5. Prosedur Rancang Bangun dan Pengujian Alat

1. Pembuatan Alat

Alat digester dibuat sedemikian rupa sama dengan desainnya, dibuat seperangkat dengan dryer untuk proses selanjutnya dari digester. Pembuatan ini dilakukan selama 2 bulan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.

2. Pengujian Alat

Larutan NaOH 9 % dilarutkan dalam 3759 ml aquadest. Bahan baku campuran TKKS dan pelepah pisang ditimbang sebanyak 342 gram. Bahan baku dan larutan dimasukkan ke dalam Digester kemudian tutup rapat Digester. Jek kontak kontrol panel dihubungkan ke sumber listrik. Kontrol panel dihidupkan dan temperatur pemasakan diset pada kontrol temperatur manual. Kecepatan pengaduk yang optimal ditentukan, pembacaan temperatur dan putaran pengaduk digital pada kontrol panel dihidupkan dan alat dijalankan

3. Analisis Hasil

3.1. Kadar Rendemen

Analisis rendemen produk dilakukan dengan menimbang hasil produk pulp kering. Persentase rendemen produk dapat dihitung dengan persamaan (1) berikut : % Rendemen = $\frac{\text{berat pulp akhir (gr)}}{\text{berat bahan awal (gr)}} \times 100\%$ [7]

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{berat pulp akhir (gr)}}{\text{berat bahan awal (gr)}} \times 100\% \quad (1)$$

3.2. Kadar Air (SNI 0441-2009) [8]

Sampel ditimbang sebanyak 2 gram dalam cawan yang telah dipanaskan dan telah diketahui berat keringnya. Sampel dalam cawan dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C 30 selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai bobotnya tetap. Persentase kadar air dihitung pada persamaan (2), dengan rumus sebagai berikut : [8]

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{\text{berat sampel awal} - \text{berat sampel akhir (gr)}}{\text{berat sampel awal (gr)}} \times 100\% \quad (2)$$

3.3. Kadar Hemiselulosa (Chesson-Data) [9]

Sebanyak 1 gram pulp kering hasil delignifikasi (berat konstan) dimasukkan dalam Erlenmeyer 250 ml dan ditambah aquades 150 ml. Panaskan selama 2 jam di dalam penangas pada suhu 100°C. dilakukan penyaringan

dan pencucian dengan aquades sampai volume filtrate 300 ml. Residu dikeringkan pada oven bersuhu 105°C hingga diperoleh berat konstan (a). Residu kering (a) dimasukkan kedalam Erlenmeyer 250 ml ditambah 150 ml H₂SO₄ 1 N, kemudian dipanaskan pada penangas air pada suhu 100°C selama 1 jam. Dilakukan penyaringan dan residu di cuci dengan aquades sampai volume filtrate 300 ml. residu yang diperoleh dikeringkan hingga beratnya konstan dan ditimbang (b). Persentase kadar hemiselulosa dapat dilihat pada persamaan (3) dengan rumus sebagai berikut : [9]

$$\% \text{ Kadar Hemiselulosa} = \frac{(a-b) \text{ gr}}{\text{berat sampel awal (gr)}} \times 100 \% \quad (3)$$

3.4. Kadar Selulosa (SNI 0444-2009) [10]

Kertas saring dipanaskan dalam oven pada temperatur 105°C kemudian ditimbang hingga beratnya tetap. Sampel ditimbang hingga 3 gram, kemudian dipindahkan ke gelas kimia 250 ml. Sampel dibasahkan dengan 15 ml NaOH 17,5% dan diaduk dengan pegaduk selama 1 menit, lalu ditambahkan lagi 10 ml NaOH 17,5% dan diaduk 15 detik, dibiarkan selama 3 menit. Kemudian ditambahkan kembali 10 ml NaOH 17,5% (3x) setiap 2,5, dan 7 menit. Dibiarkan selama 30 menit, kemudian ditambahkan 100 ml aquadest dan dibiarkan selama 30 menit. Campuran dituangkan dalam corong yang dilengkapi kertas saring. Endapan dicuci dengan 50 ml aquadest (5x). Kertas saring yang berisi endapan dipindahkan ke gelas kimia yang lain dan endapan dicuci lagi dengan 400 ml aquadest, ditambahkan asam asetat 2N dan diaduk selama 15 menit. Endapan dikeringkan dalam oven 105 °C, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga berat tetap. Persentase kadar selulosa dapat dilihat pada persamaan (4) dengan rumus sebagai berikut : [10]

$$\% \text{ Kadar Selulosa} = \frac{\text{berat endapan selulosa (gr)}}{\text{berat sampel awal (gr)}} \times 100 \% \quad (4)$$

3.5. Kadar Lignin (SNI 0445-2009) [11]

Sampel kering ditimbang sebanyak 2 gram. Kemudian dimasukkan kedalam gelas kimia dan ditambahkan sedikit demi sedikit asam sulfat 72% sambil diaduk sampai contoh terendam. Gelas kimia ditutupi dan dijaga temperaturnya pada suhu 20°C selama 2jam kemudian ditambahkan 40 ml aquades kedalam gelas kimia. Kemudian larutan dididihkan selama 4 jam dalam gelas kimia. Campuran didiamkan sampai endapan lignin mengendap kemudiandisaring untuk mendapatkan lignin. Mencuci lignin dengan air panas lalu dikeringkan de dalam oven pada 105°C, kemudian ditimbang sampai beratnya tetap. Persentase kadar lignin dapat dilihat pada persamaan (5) dengan rumus sebagai berikut : [11]

$$\% \text{ Kadar Lignin} = \frac{\text{berat endapan lignin (gr)}}{\text{berat sampel awal (gr)}} \times 100 \% \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisis Bahan Baku dan Produk Pulp

Berdasarkan analisis terhadap bahan baku berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan pelepah pisang yang telah dikeringkan diperoleh data hasil pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Bahan Baku TKKS

No	Jenis Analisis	Persentase (%)
1.	Kadar air	9,90
2.	Kadar Hemiselulosa	19,14
3.	Kadar Selulosa	45,87
4.	Kadar Lignin	25,09

Tabel 2. Hasil Analisis Bahan Baku Pelepah Pisang

No	Jenis Analisis	Persentase (%)
1.	Kadar air	8,85
2.	Kadar Hemiselulosa	17,71

3.	Kadar Selulosa	63,26
4.	Kadar Lignin	10,18

Hasil analisis *pulp* menggunakan konsentrasi NaOH 9 %, rasio TKKS dan pelepah pisang 2 :1, kecepatan pengadukan 95 rpm dan waktu pemasakan 120 menit dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Analisis Produk *Pulp*

No	Temperatur Pemasakan (°C)	Analisis Kualitas <i>Pulp</i>					SNI (%)
		Rendemen <i>Pulp</i> (%)	Kadar Air (%)	Kadar Hemiselulosa (%)	Kadar Selulosa (%)	Kadar Lignin (%)	
1.	90	74,76	19,00	11,41	48,66	20,94	< 7
2.	100	66,47	18,00	15,69	50,69	15,62	< 15
3.	110	61,00	15,50	16,03	58,41	10,07	> 40
4.	120	52,56	14,00	18,67	55,74	13,56	< 16

3.2. Pembahasan

Pada alat *Digester* yang di buat untuk proses pemasakan *pulp* yang digunakan dengan proses delignifikasi yaitu penghilangan atau pemutusan ikatan antara makromolekul (selulosa, lignin, hemiselulosa) sehingga kadar lignin yang dihasilkan menurun terhadap hasil *pulping* dengan bahan baku campuran tandan kosong kelapa sawit dan pelepah pisang. Pada pemasakan *pulp* di dalam *Digester* ini menggunakan proses soda dengan pelarutnya NaOH.

3.2.1 Spesifikasi Alat *Digester*



Gambar 3. Seperangkat alat pembuat *Pulp*

Pada alat *Digester* yang dirancang ini menghasilkan spesifikasi alat dengan diameter dalam sebesar 15 cm dengan ketebalan dinding shell sebesar 3 mm sehingga menghasilkan diameter luar sebesar 15,3 cm, tinggi *Digester* sebesar 30 cm dengan panjang pengaduk sebesar 33 cm, *Digester* ini juga memiliki alat pengontrol putaran kecepatan pengaduk yaitu *tacometer* serta temperatur dapat di setting dengan *thermocontrol* yang terdapat pada kontrol panel sehingga *Digester* tersebut dapat diatur kecepatan pengaduk dan temperatur nya, *Digester* ini juga memiliki selimut atau jaket dengan luas nya sebesar 731,657 cm² pada *Digester* tersebut. *Digester* ini juga memiliki kapasitas maksimal sebesar 5,5 liter dengan kapasitas material sebesar 4,125 liter dan alatnya dibuat vakum.

3.2.2 Analisis Bahan Baku

Analisis bahan baku yang dilakukan sehingga dapat mengetahui bahwa bahan baku yang digunakan memiliki kandungan yang tepat sebagai bahan pembuat *pulp* sesuai standar nasional Indonesia. Hasil analisis pada bahan baku pembuatan *pulp* berupa campuran tandan kosong kelapa sawit dan pelepah pisang, maka data yang didapatkan seperti Tabel 1 dan 2. Pada hasil analisis bahan baku tandan kosong kelapa sawit didapatkan kadar selulosa sebesar 45,87 % dan kadar lignin sebesar 25,09 %. Bahan baku pelepah pisang didapatkan kadar

selulosa sebesar 63,26 % dan kadar lignin sebesar 10,18 %. Komposisi kimia lain yang diamati pada bahan baku tersebut yaitu kadar air 9,9 % dan 8,85 % dan kadar hemiselulosa sebesar 19,14 % dan 17,71 %.

Berdasarkan standar nasional Indonesia nomor 7274 bahwa syarat bahan alam non kayu yang dapat diolah menjadi bahan baku pembuatan pup adalah kadar selulosa lebih dari 40 %, sehingga dari hasil analisis bahan baku yang diperoleh memenuhi syarat sehingga dikatakan layak untuk menjadi campuran bahan baku pembuatan *pulp* [12]

3.2.3 Uji Kinerja Digester Berdasarkan Parameter yang di Uji

Pada hal ini, dilakukannya pengujian kadar hasil dari proses delignifikasi di dalam digester, untuk mengetahui apakah alat digester ini dapat bekerja dengan efektif dan menghasilkan produk yang diinginkan dengan parameter uji yaitu temperatur.

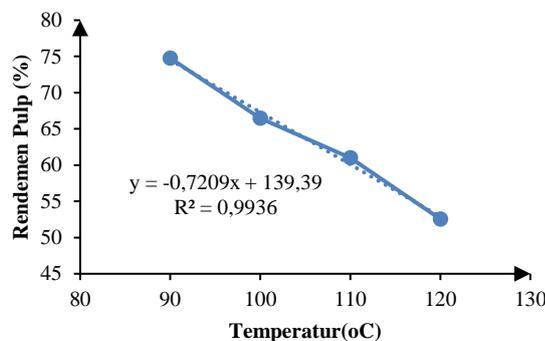
1. Temperatur Pemasakan terhadap Rendemen *Pulp*

Pada rendemen *pulp* menerangkan bahwa jumlah *pulp* yang dihasilkan dari setiap pemasakan campuran tandan kosong kelapa sawit dan pelepah pisang dengan pelarut NaOH, waktu pemasakan selama 2 jam, kecepatan pengaduk sebesar 95 rpm dan variasi temperatur pada *Digester pulp* 90°C, 100°C, 110°C, dan 120°C. Hasil penelitian didapatkan pengaruh temperatur pemasakan *pulp* terhadap rendemen *pulp* dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan gambar yang dialurkan dari Tabel 3, bahwa semakin tinggi temperatur pemasakan, maka rendemen *pulp* yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini terjadi akibat dari tingginya temperatur pemasakan yang digunakan maka semakin banyak senyawa makromolekul (selulosa, hemiselulosa, dan lignin) yang terlarut dalam larutan pemasak. Pada kondisi ini juga menyebabkan viskositas menurun karena terjadi pemutusan rantai selulosa yang mengakibatkan rendahnya rendemen dan kekuatan *pulp*. [6]

Rendemen tertinggi diperoleh pada temperatur pemasakan 90°C yaitu sebesar 74,76 %, sedangkan rendemen terendah didapat pada temperatur pemasakan 120°C yaitu sebesar 52,56 %, sehingga dapat disimpulkan bahwa *Digesterpulp* yang dibuat mampu menghasilkan rendemen *pulp* di *Digesterpulp* yaitu pada temperatur pemasakan 90°C.

Pulp yang didapatkan akan turun akibat derajat delignifikasi yang tinggi dan juga terjadi penurunan hemiselulosa dari sebagian selulosa, tetapi diharapkan pada hasil penelitian untuk dapat meningkatkan derajat delignifikasi maka kandungan selulosa di dalam *pulp* juga akan meningkat. [13]



Gambar 4. Pengaruh Temperatur Masakan terhadap Rendemen *Pulp*

2. Pengaruh Temperatur Pemasakan terhadap Kadar Air

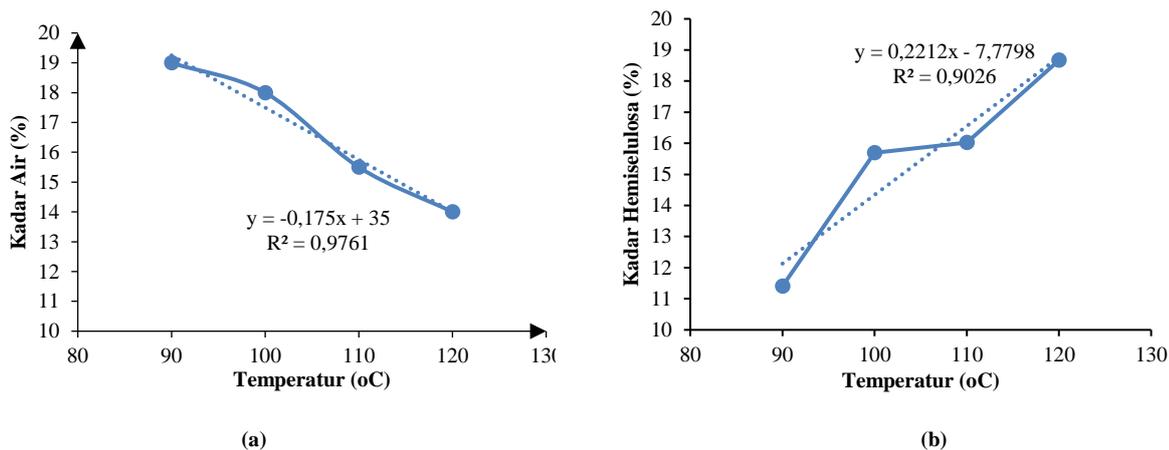
Kadar air yang tinggi dapat mempengaruhi viskositas *pulp* dan menyebabkan kualitas *pulp* menurun dan bila *pulp* yang mempunyai kadar air yang diperoleh data yang menunjukkan pengaruh temperatur pemasakan terhadap kadar air *pulp* yang dapat dilihat pada Gambar 5.(a) Berdasarkan Gambar 5.(a) yang dialurkan dari Tabel 3, bahwa semakin tinggi temperatur pemasakan, maka kadar air cenderung menurun. Kadar air tertinggi diperoleh pada temperatur pemasakan 90°C yaitu sebesar 19 %, sedangkan kadar air terendah didapat pada temperatur pemasakan 120°C yaitu sebesar 14 %.

Perbandingan kadar air yang dihasilkan oleh *Digester* dengan karakteristik *pulp* menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7274 : 2008 bahwa *pulp* yang dihasilkan memiliki kadar air maksimal 7 %, sehingga dapat disimpulkan bahwa *pulp* yang dihasilkan dari *Digester* pada variasi temperatur 90°C, 100°C, 110°C, dan 120°C yang menghasilkan kadar air diantara 14 % - 19 %, hal ini menunjukkan bahwa kadar air tidak sesuai dengan range Standar Nasional Indonesia (SNI). Menurut Aritonang,dkk (2019), kadar air yang tinggi tidak baik

untuk *pulp* karena dapat mempengaruhi kualitas *pulp* menurun, sementara itu jika kadar air rendah maka akan meningkatkan kualitas kertas yang dihasilkan. [14]

3. Pengaruh Temperatur Pemasakan terhadap Kadar Hemiselulosa

Hemiselulosa mengikat lembaran serat selulosa membentuk mikrofibril yang meningkatkan stabilitas dinding sel. Pada analisis yang telah dilakukan, kadar hemiselulosa rata-rata diantara 11 % - 18 %.. Hasil penelitian didapatkan pengaruh temperatur pemasakan *pulp* terhadap rendemen *pulp* dapat dilihat pada Gambar 5.(b) diketahui bahwa semakin tinggi temperatur kadar hemiselulosa yang dihasilkan akan semakin meningkat, hal ini dikarenakan Tingginya temperatur pemasakan yang digunakan maka semakin banyak senyawa makromolekul (selulosa, hemiselulosa, dan lignin) yang terlarut dalam larutan pemasak.



Gambar 5. (a) Pengaruh Temperatur Masakan terhadap Kadar Air
(b) Pengaruh Temperatur Masakan terhadap Kadar Hemiselulosa

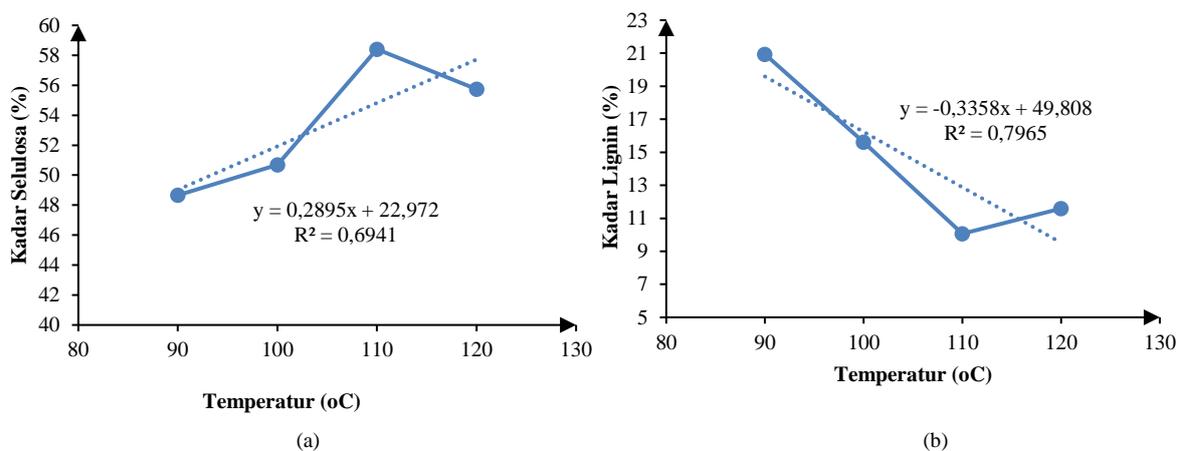
4. Pengaruh Temperatur Pemasakan terhadap Kadar Selulosa

Berdasarkan data hasil penelitian ini diperoleh hasil dari pengaruh temperature masakan terhadap kadar selulosa yang disajikan pada Gambar 6 (a) bahwa semakin tinggi suhu maka kadar selulosa yang dihasilkan akan semakin meningkat, hal ini terlihat jelas bahwa temperatur pemasakan sangat mempengaruhi kadar selulosa yang didapat. Pada proses pemasakan dengan temperatur 110°C memiliki titik optimum kadar selulosa yaitu 58,41 %. Pada saat temperatur meningkat menjadi 120°C, kada selulosa menurun hal ini disebabkan temperatur yang telah melewati batas maksimal mengakibatkan selulosa yang terkandung didalam masakan tergedasi dan tercampur ke dalam larutan pemasak.

5. Pengaruh Temperatur Pemasakan terhadap Kadar Lignin

Kandungan lignin yang tinggi pada suatu bahan akan mempengaruhi proses *pulping* dan pemutihan. Jika bahan baku *pulp* dari kayu atau non kayu memiliki kandungan lignin tinggi sehingga sulit diputihkan dan saat akan diolah menjadi *pulp* menghasilkan kekuatan yang rendah karena lignin bersifat kaku, rapuh dan hidrofobik. Kandungan lignin TKKS dan Pelepah pisang masing-masing yaitu 25 % dan 10 %, sehingga kandungan lignin *pulp* campuran pada penelitian ini didapatkan 10 % pada temperatur optimum 110°C, hasil tersebut tidak melebihi batas maksimum untuk syarat *pulp*. Hasil penelitian didapatkan pengaruh temperatur pemasakan *pulp* terhadap rendemen *pulp* dapat dilihat pada Gambar 6 (b) diketahui bahwa semakin tinggi temperatur menyebabkan kandungan lignin pada *pulp* semakin rendah. Pada suhu 110°C memiliki titik maksimum kadar lignin yaitu 10,07 %, tetapi saat temperatur ditingkatkan menjadi 120°C kandungan lignin meningkat kembali, hal ini diakibatkan karena lignin yang telah terdegradasi kembali tercampur ke dalam *pulp* yang dihasilkan.

Kinerja alat digester ini dapat menurunkan lignin sebesar 60 %, karena proses delignifikasi dalam digester tersebut mengalami penurunan kadar ligninnya yaitu kadar awal sebesar 25 % dan setelah proses delignifikasi di dalam digester yaitu kadar pada temperatur optimum sebesar 10 %, sehingga selulosa yang dihasilkan dalam kadar produk *pulp* mengalami peningkatan, hal tersebut sesuai dengan standar nasional Indonesia 7274:2008. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemasakan *pulp* pada digester yaitu pengadukan, temperatur pemasakan, lama waktu pemasakan, konsentrasi larutan pemasakan, pencampuran bahan, perbandingan larutan pemasak dan bahan baku, serta ukuran bahan.



Gambar 6.(a) Pengaruh Temperatur Masakan terhadap Kadar Selulosa
(b) Pengaruh Temperatur Masakan terhadap Kadar Lignin

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa satu unit alat *Digester* berpengaduk tipe batch yang dibuat vakum dan didapatkan spesifikasi yaitu diameter sebesar 15 cm, tinggi *Digester* 30 cm, luas jacket 731,657 cm², dengan kapasitas *Digester* 5,5 liter, kapasitas umpan masukan 4,125 liter dan mampu menghasilkan pulp pada kondisi optimum. Alat yang dirancang dapat dioperasikan dengan baik dan kinerja alat dapat menurunkan lignin sebesar 60 % pada temperatur optimum berada pada temperatur 110°C dengan menghasilkan kadar hemiselulosa, lignin dan selulosa sebesar 16%, 10 % dan 58,4 %, Tetapi kadar air tidak memenuhi SNI dengan maksimal 7 % sedangkan yang dihasilkan 15,5 %. Pulp yang dihasilkan pada *Digester* dengan temperatur optimum memenuhi standar SNI balai besar pulp.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak PT Daya Semesta Agro Perasada dan Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah membantu selama proses penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. E. Christy. "Indonesia Merupakan Negara Penghasil Minyak Kelapa Sawit Terbanyak", 2020 Oktober [Online]. Available: <https://data.tempo.co/data/1000/indonesia-merupakan-negara-penghasil-minyak-kelapa-sawit-terbanyak>
- [2] N. Nopriatna and Astuti, "Pengaruh Ketebalan Serat Pelelah Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca*) terhadap Sifat Mekanik Material Komposit Poliester-Serat Alami.," Universitas Andalas, Padang, 2013.
- [3] F. S. Afifah, "Uji Kinerja Alat *Digester* pada Proses Pulping dari Kulit Jagung dengan Proses Soda menggunakan Natrium Hidroksida," Universitas Diponegoro, Semarang, 2016.
- [4] A. F. Mulyadi, S. Wijana, and Y. A. N. Pratama, "Penggandaan Skala pada Pembuatan Pulp dari Pelelah Nipah (*Nypa Fruticans*)," in *The 2014 International Conference on Agro-industry (ICoA)*, Yogyakarta, 2014.
- [5] M. G. Heryadi, S. Wijana, and N. L. Rahmah, "Penggandaan Skala Pulp dari Serabut Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*)," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 17, no. 3, 2013.
- [6] A. Azalia, "Rancang Bangun Reaktor Pulp (Pengaruh Temperatur Masakan Terhadap Hasil Produk)," Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Laporan Akhir 2016.
- [7] A. S. Zuidar, S. Hidayati, and R. J. A. Pulungan, "Kajian Delignifikasi Pulp Formacel dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Hidrogen Peroksida (H₂O₂) dalam Media Asam Asetat," *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, vol. 19, no. 2, Juli 2014.
- [8] Badan Standar Nasional, "Cara Uji Kadar Air Pulp dan Kayu Dengan Metode Pemanasan Dalam Oven,"

SNI 0441-2009, 2009.

- [9] N. Kanani, E. Y. Wardono, A. M. Hafidz, and H. R. Octavani, "Pengaruh Konsentrasi Pelarut Terhadap Proses Delignifikasi dengan Metode Pre-Treatment Kimia," *Jurnal Teknik*, vol. Vol.14, pp. 87-96, Juni 2018.
- [10] Dewan Standarisasi Nasional, "Cara Uji Kadar Selulosa Kayu, Pulp, Kertas, dan Karton," SNI 0444-2009, 2009.
- [11] Dewan Standarisasi Nasional, "Cara Uji Kadar Lignin Kayu, Pulp, Kertas dan Karton , " SNI 0445-2009, 2009.
- [12] Dewan Standarisasi Nasional, "Baku Mutu Kertas," SNI 7274, 2008.
- [13] S. Bahri, "Pembuatan Pulp dari Batang Pisang," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 4, no. 2, pp. 36-50, 2015.
- [14] R. B. Aritonang, A. H, and E. M. Sinaga, "Pemanfaatan Limbah Kulit Nanas dan Ampas Tebu sebagai Bahan Dasar dalam Pembuatan Kertas Menggunakan Bahan Pengikat Pati Limbah Kulit Pisang Kepok.," *Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan*, vol. 3, no. 2, pp. 64-75, 2019.