

BAB IV

HASL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Dari Pembahasan Penyisiran Serat

4.1.1 Karakteristik Serat Setelah Dilakukan Penyisiran



Gambar 4.1 (a) Serat sebelum disisir, (b) Serat sesudah disisir

Hasil serat setelah melewati proses perlakuan penyisiran dapat dilihat dari gambar 4.1 (b) dan diperoleh karakteristik sebagai berikut.

1. Tampilan serat didominasi oleh warna krem atau putih kecoklatan yang merata. Hal ini menandakan bahwa kotoran dan getah yang menggumpal telah berhasil dibersihkan dari permukaannya, dapat dipastikan oleh adanya

kilau alami yang cerah. Secara visual, serat terlihat lebih halus dan terurai dibandingkan serat mentah sebelum perlakuan.

2. Bundel-bundel serat nanas yang semula kaku dan lengket kini telah terpisah menjadi helai-helai yang lebih individual.
3. Serat nanas berbentuk seperti rambut yang panjang dan fleksibel, tidak lagi kaku seperti kondisi awal. Terlihat lebih bervolume dan ringan.

4.1.2 Analisa Hasil Perlakuan Penyisiran

Perubahan karakteristik visual dan fisik pada serat terjadi akibat adanya perlakuan mekanis. Proses penyisiran dengan sikat baja secara efektif memberikan gaya gesek dan tarikan pada bundel serat nanas. Gaya ini menyebabkan hasil pemisahan bundel serat nanas yang diikat oleh matriks lemah seperti pektin dan sisa lignin dapat diurai menjadi serat-serat individual. Hal ini yang membuat serat hasil akhir terasa lebih halus dan bervolume, seperti yang terlihat pada gambar 4.1. Pembersihan permukaan gesekan dari sikat baja juga membersihkan permukaan serat dari kotoran dan lapisan non-serat lainnya. Inilah yang menyebabkan warna serat menjadi lebih cerah dan berkilau.

4.2 Hasil Dan Pembahasan Perlakuan Alkali

4.2.1 Karakteristik Serat Setelah Perlakuan Alkali



Gambar 4.2 (a) Serat yang sedang direndam larutan NaOH, (b) Serat yang sudah direndam dan sedang dijemur

Perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH selama 6 jam pada serat nanas yang sebelumnya telah melalui proses penyisiran mekanis. Karakteristik serat nanas setelah dilakukan perlakuan NaOH sebagai berikut:

1. Terjadi perubahan warna yang jelas, dari yang semula krem cerah menjadi putih kecoklatan yang lebih cerah.
2. Serat nanas menjadi terasa lebih kaku saat kering. Ikatan antar serat tampak lebih longgar, namun helai-helai individualnya terasa lebih kasar dibandingkan sebelum perlakuan.
3. Secara keseluruhan, serat kehilangan sifat "mengembang" atau bervolume

yang didapat setelah penyisiran. Kini serat cenderung lurus dan lebih kaku.

4. Berdasarkan penimbangan massa kering serat sebelum dan sesudah perlakuan, adanya penurunan berat dari 24 gr menjadi 19-20 gr yaitu sekitar 16-20%.

4.2.2 Analisa Perlakuan Hasil Alkali

Penurunan berat yang terjadi merupakan bukti kuantitatif utama bahwa proses pemurnian berhasil. Massa yang hilang tersebut sebagian besar adalah komponen matriks pengikat seperti lignin, hemiselulosa, pektin, dan lilin yang larut dalam larutan alkali.

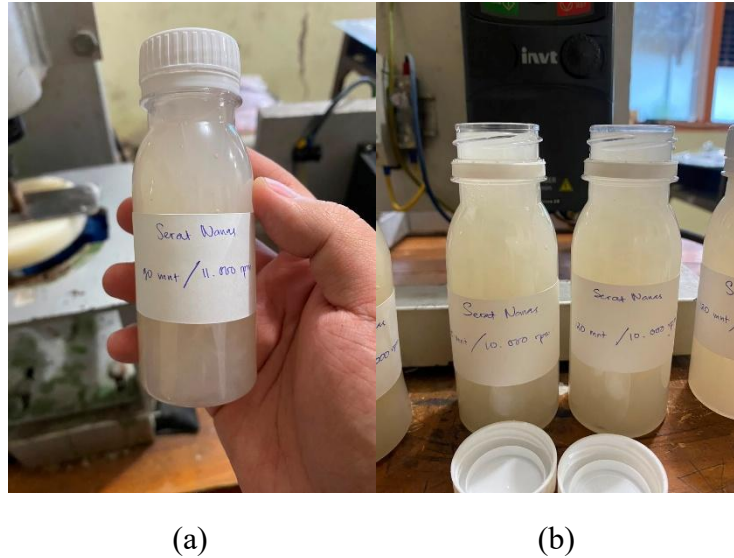
Perubahan warna menjadi lebih cerah merupakan hasil proses alkalisasi serat. Hal ini disebabkan oleh pelarutan lignin yang merupakan polimer kompleks berwarna gelap. Tekstur yang menjadi lebih kaku juga dapat dijelaskan oleh hilangnya hemiselulosa dan pektin. Komponen-komponen ini berfungsi sebagai "lem" yang memberikan fleksibilitas pada bundel serat. Ketika komponen ini hilang, yang tersisa didominasi oleh rantai selulosa yang lebih kaku dan kristalin.

Pemilihan waktu perendaman selama 6 jam merupakan durasi yang cukup panjang, yang bertujuan untuk memaksimalkan efektivitas pelarutan lignin dan meningkatkan kemurnian selulosa secara optimal. Waktu yang lebih lama memungkinkan larutan basa untuk ber-penetrasi lebih dalam ke struktur serat.

4.3 Hasil Dan Pembahasan Perlakuan *High Speed Stirring*

Pada sub bab ini dipaparkan hasil akhir dari keseluruhan proses menjadikan serat berukuran makro menjadi serat berukuran nano, yang mencakup perlakuan alkali,

putaran tinggi dan ledakan uap. Pembahasan akan difokuskan pada analisis mekanisme terbentuknya struktur nano dan perbandingan hasil dari dua variasi tekanan ledakan.



Gambar 4.3 Spesimen hasil high speed stirring, (a) 11.000 rpm, 90 menit, (b) 10.000 rpm, 120 menit

Secara visual, hasil high speed stirring selama 90 menit pada kecepatan 11.000 rpm pada gambar 4.3 (a) menunjukkan warna putih keruh dengan distribusi partikel yang cukup homogen tetapi tidak terdispersi secara optimal. Masih terlihat adanya sedikit perbedaan tingkat kekeruhan antara bagian atas dan bagian bawah suspensi. Endapan yang terbentuk pada dasar botol relatif tipis sehingga menunjukkan bahwa sebagian besar serat masih tersuspensi di dalam media. Sebaliknya, pada perlakuan 120 menit dengan kecepatan 10.000 rpm pada gambar 4.3 (b) suspensi terlihat memiliki warna putih keruh yang lebih seragam pada seluruh volume botol. Hal ini mengindikasikan bahwa waktu pengadukan yang lebih lama memberikan kesempatan lebih besar bagi

gaya geser (shear force) untuk mendispersikan serat secara lebih merata.

4.3.1 Karakterisasi Visual Setelah Perlakuan *High Speed Stirring*

Setelah proses pengadukan berkecepatan tinggi, serat yang semula berbentuk serat terurai berbentuk padat berhasil diurai dan terdispersi dalam medium cair, membentuk larutan yang keruh.

1. Kedua sampel menunjukkan wujud larutan berwarna putih. Tidak ada lagi serat panjang yang terlihat secara kasat mata hanya serat yang halus dan terlihat sama.
2. Secara visual, pada gambar 4.3 serat nanas dengan perlakuan (b) 10.000 rpm, 120 menit terlihat sedikit lebih homogen dan keruh merata. Sebaliknya, dari serat nanas perlakuan (a) 11.000 rpm, 90 menit, meskipun sudah baik.
3. Semua sampel dari serat menunjukkan laju pengendapan yang lebih lambat. Lapisan bening di bagian atas terbentuk lebih lambat.

4.3.2 Hasil Proses Penyaringan



(a)

(b)

Gambar 4.4 (a) Serat yang baru disaring, (b) Serat yang sudah hampir terpisah dari fasa cairnya

Hasil spesimen serat nanas disaring menggunakan kertas saring standar untuk memisahkan fasa padat dan fasa cairnya. Setelah proses fibrilasi selesai dilakukan, suspensi serat daun nanas selanjutnya dipisahkan dari media cair melalui proses penyaringan menggunakan kertas filter. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh serat hasil fibrilasi sekaligus mengurangi kadar air yang masih terkandung dalam suspensi. Selama proses penyaringan, air akan melewati pori-pori media penyaring, sedangkan serat tertahan di permukaan filter dan membentuk lapisan (fiber mat).

Berdasarkan hasil pengamatan visual, serat hasil fibrilasi berhasil tertahan pada permukaan media penyaring dan membentuk endapan yang relatif merata. Lapisan serat yang terbentuk menunjukkan bahwa proses penyaringan mampu memisahkan sebagian besar serat dari suspensi. Selain itu, permukaan serat tampak masih berada dalam kondisi basah dengan kandungan air yang cukup tinggi sehingga diperlukan proses pengeringan pada tahap selanjutnya.

Proses penyaringan juga memperlihatkan bahwa serat memiliki kemampuan membentuk jaringan antarserat selama proses filtrasi. Jaringan tersebut menyebabkan serat saling bertaut sehingga membentuk lapisan yang cukup kompak di atas media penyaring. Kondisi ini menunjukkan bahwa ukuran serat hasil fibrilasi cukup kecil sehingga mudah tertahan oleh media filter dan tidak seluruhnya terbawa bersama filtrat. Pada beberapa bagian permukaan lapisan serat masih terlihat adanya perbedaan ketebalan endapan. Fenomena ini dapat dipengaruhi oleh distribusi serat dalam suspensi yang belum sepenuhnya homogen, proses penuangan suspensi ke media penyaring, maupun laju aliran filtrasi selama proses penyaringan. Meskipun demikian,

secara keseluruhan proses penyaringan berlangsung dengan baik karena serat berhasil dipisahkan dari media cair tanpa kehilangan serat dalam jumlah yang signifikan.

Hasil penyaringan ini menjadi tahapan penting sebelum proses pengeringan dan karakterisasi lebih lanjut. Kualitas hasil filtrasi akan memengaruhi kadar air yang tersisa pada serat, efisiensi proses pengeringan, serta kemudahan penanganan sampel pada tahapan penelitian berikutnya.

Gambar 4.4 menunjukkan hasil proses penyaringan suspensi serat daun nanas menggunakan media penyaring setelah proses fibrilasi.

4.4 Hasil Dan Pembahasan Perlakuan Steam Explosion

Perlakuan ini dilakukan sebagai tahap akhir dan sebagai metode pengujian utama pada penelitian ini. Setelah serat melalui proses penyisiran mekanis, perlakuan alkali dan putaran tinggi. Variasi tekanan yang diterapkan adalah 4 bar dengan perlakuan 25x ledakan dengan waktu setiap ledakan selama 120 detik.

Steam explosion berfungsi sebagai perlakuan termomekanik untuk membantu membuka struktur serat lignoselulosa melalui kombinasi tekanan uap, temperatur, dan pelepasan tekanan secara cepat. Pelepasan tekanan yang cepat menghasilkan gaya mekanis pada dinding dan ikatan antarberkas serat sehingga struktur serat menjadi lebih terbuka dan komponen penyusun non-selulosa seperti hemiselulosa dan sebagian lignin dapat mengalami perubahan atau pelepasan. Kondisi tersebut meningkatkan aksesibilitas terhadap struktur selulosa dan membantu proses pemisahan fibril.

Dalam penelitian ini, steam explosion digunakan sebagai tahap lanjutan setelah perlakuan alkali dan high-speed stirring. Perlakuan alkali berfungsi membantu

mengurangi komponen non-selulosa, sedangkan high-speed stirring memberikan gaya geser untuk membantu menguraikan struktur serat. Steam explosion selanjutnya memberikan efek termomekanik melalui tekanan uap dan pelepasan tekanan secara cepat sehingga membantu proses pemisahan struktur serat yang telah mengalami perlakuan sebelumnya.



Gambar 4.5 Serat nanas setelah perlakuan ledakan uap

4.4.1 Karakterisasi Visual Setelah Perlakuan *Steam Explosion*

Hasil pengamatan visual terhadap spesimen serat nanas menunjukkan adanya perubahan morfologi permukaan serat yang signifikan dibandingkan kondisi awal. Serat mengalami pemendekan panjang fibril, peningkatan derajat fibrilasi, serta terbentuknya struktur permukaan yang lebih terfragmentasi. Indikasi tersebut mengarah pada peningkatan luas permukaan spesifik, yang berpotensi memperbaiki *interfacial bonding* antara serat dengan matriks polimer pada aplikasi komposit.

Distribusi warna dan tekstur pada hasil pengeringan serat menunjukkan homogenitas

yang lebih baik, mengindikasikan keberhasilan proses penetrasi uap ke dalam struktur serat secara merata bahwa perlakuan *steam explosion* dengan tekanan 4 bar dengan pelepasan uap secara cepat 25x (kali) mampu menghasilkan derajat modifikasi morfologi serat yang signifikan, tanpa menyebabkan degradasi termal yang berlebihan.

4.4.2 Pengaruh Perlakuan Awal (Kimiawi) Terhadap Dispersi Akhir

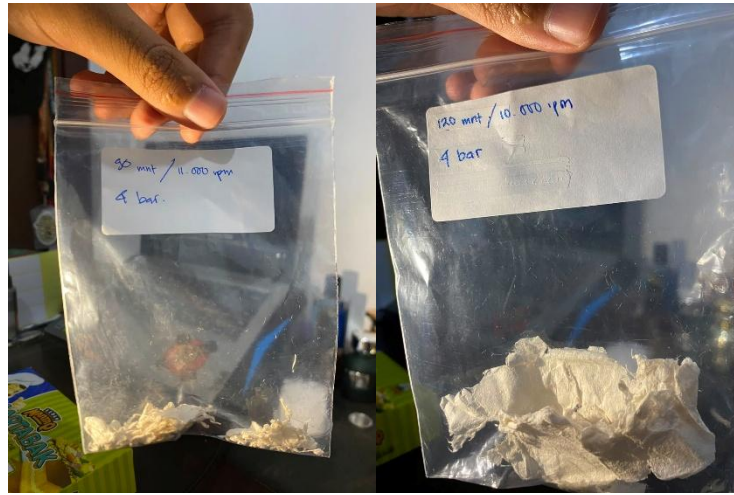
Perbedaan hasil homogenitas dan stabilitas antara kedua sampel secara langsung disebabkan oleh kondisi serat sebelum dimasukkan ke dalam mesin ledakan uap.

1. Serat yang diperlakukan dengan proses alkali sebelumnya memiliki tekstur yang menjadi lebih kaku juga dapat dijelaskan oleh hilangnya hemiselulosa dan pektin. Struktur yang lebih lunak ini membuat serat lebih mudah dihancurkan hasilnya adalah partikel yang lebih kecil dan seragam, yang mampu bertahan dalam untuk waktu yang lebih lama.
2. Serat dari perlakuan putaran 11.000 RPM selama 90 menit dengan variasi tekanan 4 bar, mungkin masih memiliki sisa ikatan antar serat. Akibatnya, dalam proses ledakan uap, dispersinya tidak sehomogen dengan sampel putaran 10.000 RPM selama 120 menit dengan variasi tekanan 4 bar.

4.4.3 Pengamatan Hasil Akhir *Steam Explosion* Dan Ukuran Partikel

Hasil pengamatan akhir ini menunjukkan fenomena yang sangat penting dan menjadi kunci analisis. Perlakuan yang lebih intensif (10.000 RPM, waktu 120 menit variasi tekanan 4 bar) justru menghasilkan hasil akhir yang jauh lebih baik. Hasil ledakan uap menunjukkan bahwa perlakuan putaran 11.000 RPM, waktu 90 menit variasi tekanan 4 bar menghasilkan berukuran mendekati nano akan tetapi lebih berpotensi pada serat

yang diberi perlakuan putaran putaran 10.000 RPM, waktu 120 menit.



(a)

(b)

Gambar 4.6 Serat nanas setelah perlakuan high speed stirring dan steam explosion

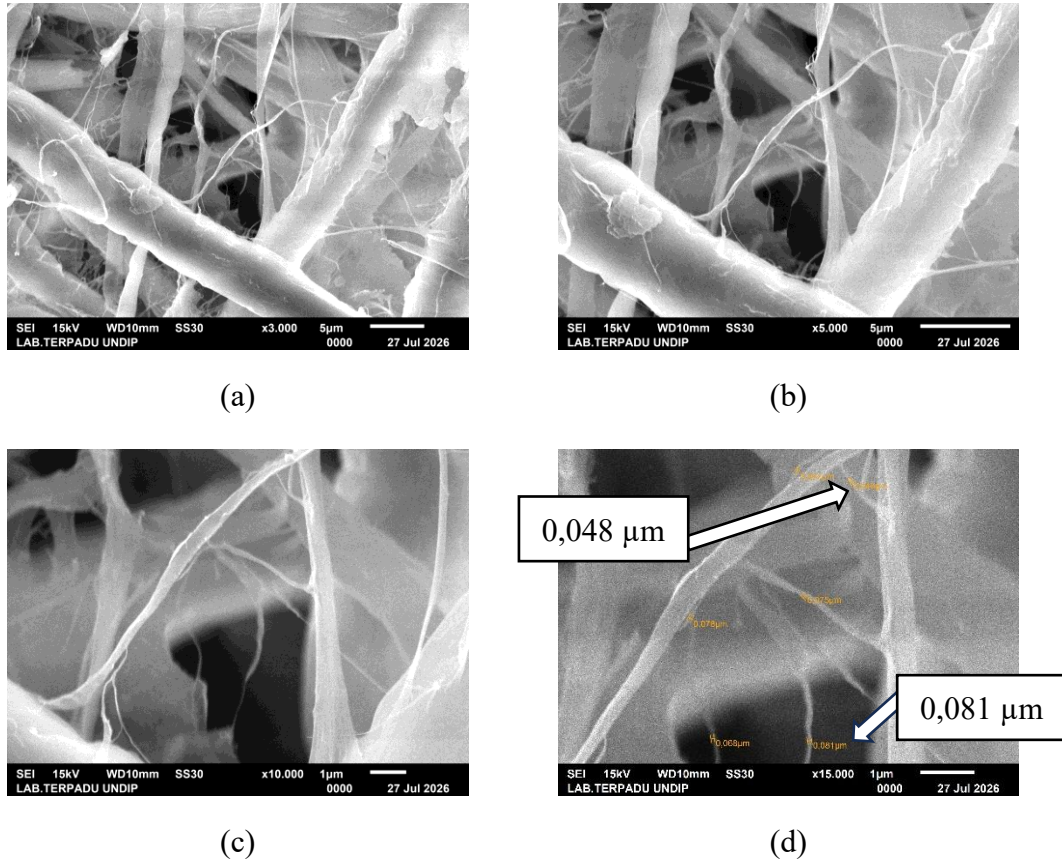
Serat yang sudah dikeringkan dipisahkan dari kertas saring berdasarkan pengamatan SEM. Pada pengamatan SEM serat yang dipilih serat yang halus dalam artian serat yang tersisa di kertas kemudian di gesekan agar serat yang halus jatuh ke plastik klip, kemudian sampel dikelompokkan berdasarkan kecepatan putar, waktu dan tekanan.

Terbentuknya padatan yang menyerupai film tipis saat kering adalah karakteristik dari partikel selulosa berukuran mikro atau nano yang saling terikat. Ini menunjukkan bahwa proses akhir (*Steam Explosion*) telah berhasil menghancurkan struktur asli serat menjadi partikel-partikel individual.

4.5 Analisa *Scanning Electron Microscope* (SEM)

4.5.1 Hasil Analisa SEM Perlakuan Putaran 11.000 Rpm Selama 90 Menit

Dengan Tekanan 4 Bar



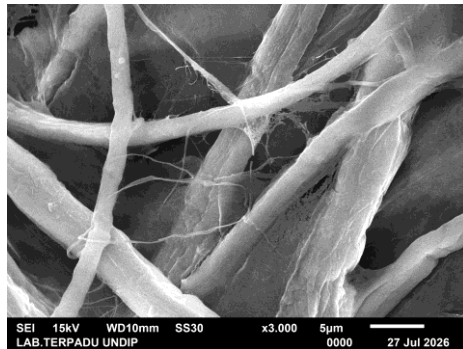
Gambar 4.7 Hasil pengamatan SEM serat nanas dengan variasi 11.000 rpm 90 menit 4 bar perbesaran (a) 3000x ; (b) 5000x ; (c) 10.000x (d) 15.000x

Hasil pengamatan SEM secara jelas menunjukkan adanya perbedaan morfologi permukaan pada serat dengan perbedaan perlakuan pada tekanan 4 bar dengan pelepasan uap secara cepat 25x(kali) putaran 11.000 rpm dengan waktu 90 menit variasi tekanan 4 bar. seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7. Pembesaran 15000x putaran 11.000 rpm dengan waktu 90 menit menunjukkan bahwa serat berukuran nano

ini memiliki diameter yang berkisar antara 0,048 - 0,081 μm atau 48 - 81 nanometer.

4.5.2 Hasil Analisa SEM Perlakuan Putaran 10.000 Rpm Selama 120 Menit

Dengan Tekanan 4 Bar



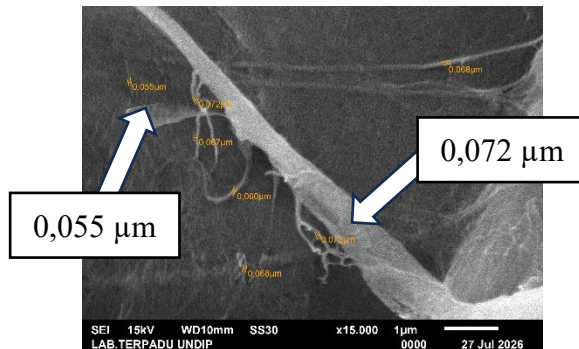
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.8 Hasil pengamatan SEM serat nanas dengan variasi 10.000 rpm 120 menit 4 bar perbesaran (a) 3000x ; (b) 5000x ; (c) 10.000x ; (d) 15.000x

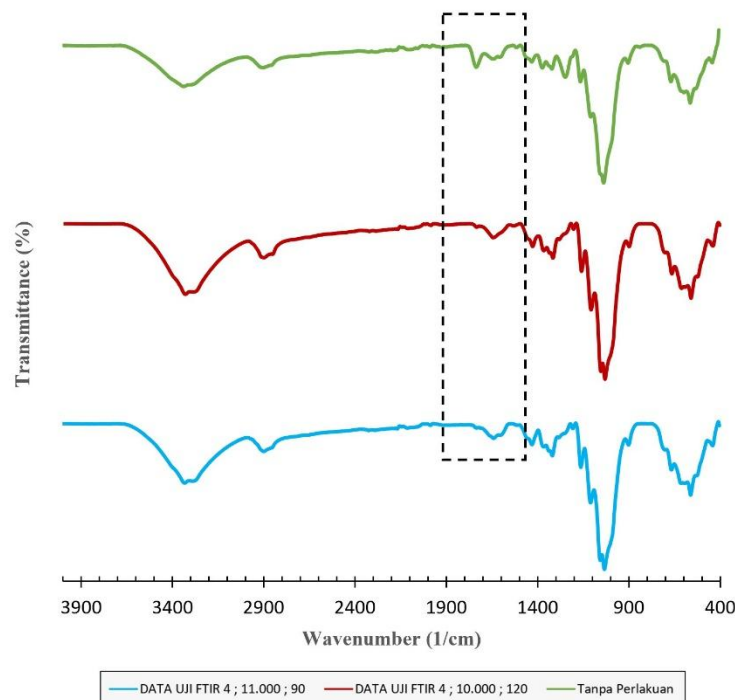
Hasil pengamatan SEM secara jelas menunjukkan adanya perbedaan morfologi permukaan pada serat dengan perbedaan perlakuan pada tekanan 4 bar dengan pelepasan uap secara cepat 25x(kali) putaran 10.000 rpm dengan waktu 120 menit variasi tekanan 4 bar. seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.8. Pembesaran 15000x

putaran 10.000 rpm dengan waktu 120 menit menunjukkan bahwa serat berukuran nano ini memiliki diameter yang berkisar antara 0,055 - 0,072 μm atau 55 - 72 nanometer.

4.6 Hasil Uji FTIR

Pengujian Fourier Transform Infrared (FTIR) dilakukan untuk mengidentifikasi perubahan gugus fungsi yang terdapat pada serat daun nanas setelah diberikan perlakuan fibrilasi menggunakan kombinasi *high speed stirring* dan *steam explosion*. Pengujian dilakukan terhadap tiga kondisi spesimen, yaitu serat tanpa perlakuan, serat dengan perlakuan 11.000 rpm selama 90 menit pada tekanan 4 bar, serta serat dengan perlakuan 10.000 rpm selama 120 menit pada tekanan 4 bar. FTIR digunakan untuk mengetahui karakteristik ikatan kimia pada serat berdasarkan pola serapan pada bilangan gelombang tertentu. Hal tersebut sesuai dengan tujuan pengujian FTIR dalam penelitian ini, yaitu menganalisis pengaruh variasi perlakuan terhadap serat daun nanas.

Berdasarkan hasil spektrum FTIR, ketiga spesimen menunjukkan pola serapan yang relatif serupa, tetapi terdapat perbedaan pada intensitas serapan dan beberapa posisi puncak. Kesamaan pola tersebut menunjukkan bahwa perlakuan fibrilasi tidak mengubah struktur kimia utama serat secara keseluruhan. Hal ini sesuai dengan karakteristik serat daun nanas yang tersusun terutama atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin.



Gambar 4.9 Spektran hasil uji FTIR

Hasil spektrum menunjukkan bahwa ketiga sampel memiliki pola serapan yang relatif serupa. Pada daerah sekitar $3330\text{--}3340\text{ cm}^{-1}$ terdapat pita O–H yang berkaitan dengan struktur selulosa. Intensitas serapan meningkat setelah perlakuan, ditunjukkan oleh penurunan nilai transmittance dari 94,84% pada sampel tanpa perlakuan menjadi 86,97% pada perlakuan 11.000 rpm selama 90 menit dan 82,92% pada perlakuan 10.000 rpm selama 120 menit.

Pita serapan pada daerah 2900 cm^{-1} berkaitan dengan vibrasi C–H, sedangkan daerah $1030\text{--}1055\text{ cm}^{-1}$ berkaitan dengan vibrasi C–O pada struktur polisakarida, terutama selulosa. Pada daerah $1030\text{--}1053\text{ cm}^{-1}$, sampel 10.000 rpm selama 120 menit menunjukkan intensitas serapan lebih tinggi dibandingkan sampel 11.000 rpm selama 90 menit dan tanpa perlakuan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai transmittance terendah

sebesar 65,64% pada sekitar 1030 cm^{-1} .

Selain itu, pita pada sekitar 1730 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$), sedangkan pita sekitar $895\text{--}900\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan karakteristik struktur selulosa. Posisi pita yang relatif sama pada ketiga sampel menunjukkan bahwa struktur kimia utama selulosa masih dipertahankan setelah perlakuan.

Secara keseluruhan, hasil FTIR menunjukkan bahwa proses *high speed stirring* dan *steam explosion* menyebabkan perubahan intensitas serapan tanpa mengubah struktur kimia utama serat secara signifikan. Perlakuan 10.000 rpm selama 120 menit pada tekanan 4 bar menunjukkan intensitas serapan yang lebih kuat pada beberapa pita utama dibandingkan perlakuan 11.000 rpm selama 90 menit. Hasil ini sejalan dengan pengamatan sebelumnya yang menunjukkan bahwa sampel 10.000 rpm selama 120 menit memiliki dispersi serat yang lebih homogen.

Efektivitas perlakuan alkali pada penelitian ini ditunjukkan oleh adanya pengurangan massa serat dari 24 gram menjadi sekitar 19–20 gram, atau sekitar 16,67–20,83%, yang mengindikasikan adanya pelepasan sebagian material non-selulosa. Hasil FTIR juga menunjukkan perubahan pada daerah sekitar 1730 cm^{-1} dan 1244 cm^{-1} yang berkaitan dengan komponen hemiselulosa dan lignin, sementara pita sekitar 1030 cm^{-1} yang berkaitan dengan struktur selulosa masih tetap terlihat. Jadi, perlakuan NaOH dapat dikatakan efektif sebagai pretreatment untuk membantu menghilangkan sebagian komponen non-selulosa tanpa menghilangkan struktur utama selulosa.

4.7 Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Penelitian Sebelumnya

Perbandingan dilakukan dengan penelitian Arya Setya Surya Saputra mengenai fibrilasi serat rami menggunakan kombinasi high speed stirring dan steam explosion. Kedua penelitian memiliki konsep proses yang serupa, yaitu perlakuan awal serat, pengadukan berkecepatan tinggi, dan steam explosion. Perbedaan utama terletak pada jenis serat, lama perlakuan alkali, serta kombinasi putaran dan waktu pengadukan. Penelitian sebelumnya menggunakan karakterisasi SEM, sedangkan penelitian ini menambahkan FTIR sehingga perubahan morfologi dan struktur kimia dapat diamati.

4.7.1 Perbandingan Parameter Proses

Parameter utama kedua penelitian disajikan pada Tabel 4.1. Secara umum, kedua penelitian menggunakan massa awal serat dan konsentrasi NaOH yang sama, yaitu 24 g dan 1,96%. Perbedaannya terdapat pada lama perendaman alkali dan kombinasi putaran terhadap waktu pengadukan.

Tabel 4.1 Parameter utama kedua penelitian

Parameter	Penelitian Sebelumnya	Penelitian Sekarang
Jenis serat	Serat rami	Serat daun nanas
Massa awal serat	24 g	24 g
Perlakuan awal	Penyisiran + alkalisasi	Penyisiran + alkalisasi
Konsentrasi NaOH	1,96%	1,96%
Waktu perlakuan alkali	4 jam	6 jam

Kecepatan high speed stirring	10.000 & 11.000 rpm	10.000 & 11.000 rpm
Variasi proses	10.000 rpm–90 menit dan 11.000 rpm–120 menit	11.000 rpm–90 menit dan 10.000 rpm–120 menit
Tekanan steam explosion	4 bar	4 bar
Jumlah siklus	25 kali	25 kali
Waktu setiap siklus	120 detik	120 detik
Karakterisasi utama	SEM	SEM & FTIR

Kesamaan parameter steam explosion menunjukkan bahwa perbedaan hasil terutama berkaitan dengan karakteristik awal serat, jenis serat, perlakuan alkali, serta kombinasi kecepatan dan waktu high speed stirring.

4.7.2 Perbandingan Morfologi dan Ukuran Serat Berdasarkan SEM

Hasil SEM menunjukkan bahwa kedua penelitian berhasil menghasilkan serat pada skala nanometer. Pada penelitian sebelumnya, serat rami berukuran 0,057–0,078 μm pada 10.000 rpm selama 90 menit dan 0,038–0,085 μm pada 11.000 rpm selama 120 menit. Pada penelitian ini, PALF berukuran 0,048–0,081 μm pada 11.000 rpm selama 90 menit dan 0,055–0,072 μm pada 10.000 rpm selama 120 menit.

Tabel 4.2 Perbandingan ukuran hasil uji SEM

Variasi Perlakuan	Penelitian Sebelumnya	Penelitian Sekarang
10.000 rpm – 90 menit – 4 bar	0,057–0,078 μm (57–78 nm)	-
11.000 rpm – 120 menit – 4 bar	0,038–0,085 μm (38–85 nm)	-
11.000 rpm – 90 menit – 4 bar	-	0,048–0,081 μm (48–81 nm)
10.000 rpm – 120 menit – 4 bar	-	0,055–0,072 μm (55–72 nm)

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi high speed stirring dan steam explosion mampu menghasilkan fibril berukuran nanometer pada kedua jenis serat. Perbedaan rentang ukuran tidak dapat digunakan untuk menentukan hasil yang lebih baik karena jenis serat dan karakteristik awal material berbeda. Pada penelitian ini, perlakuan 10.000 rpm selama 120 menit juga menunjukkan dispersi yang lebih homogen secara visual, yang menunjukkan bahwa waktu pengadukan yang lebih lama memberikan kesempatan lebih besar untuk proses pemisahan dan pendispersian serat.

4.7.3 Pembahasan Keseluruhan Hasil Penelitian

Secara keseluruhan, penelitian ini memiliki metode dasar yang serupa dengan penelitian sebelumnya, tetapi menggunakan PALF sebagai material dan menambahkan karakterisasi FTIR. Kedua penelitian menunjukkan bahwa kombinasi high speed

stirring dan steam explosion mampu menghasilkan serat berukuran nanometer.

Perbedaan ukuran akhir serat dipengaruhi oleh jenis serat, kondisi awal material, perlakuan alkali, serta kombinasi kecepatan dan waktu pengadukan. Pada penelitian ini, kedua variasi perlakuan menghasilkan ukuran 48–81 nm dan 55–72 nm. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa proses kombinasi mekanis dan steam explosion dapat digunakan untuk menghasilkan fibril berukuran nanometer pada PALF.

Penambahan FTIR memberikan informasi tambahan mengenai perubahan struktur kimia yang tidak dapat diperoleh hanya melalui SEM. Dengan demikian, SEM dan FTIR secara bersama-sama memberikan gambaran mengenai perubahan morfologi dan struktur kimia serat setelah rangkaian perlakuan.

4.8 Perhitungan Pada Mesin *High Speed Stirring*

4.8.1 Perhitungan Torsi

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui berapa torsi yang dihasilkan jika variasi putaran 10.000 RPM dan 11.000 RPM

Dporos : Diameter poros = 10 mm = 0,01 m

ℓ : Panjang poros = 114 mm = 0,114 m

t : Tinggi Tabung = 163 mm = 16,3 cm

ρ : Massa jenis = 0.62 kg/m³ (JIS SUS440C)

Np : Putaran per menit = 24.000 Rpm (Putaran maximal)

P : Daya = 1500 watt = 1.5 Kw

1. Volume Silinder

r = Jari-jari = 6 cm

$$\begin{aligned}
 V &= \pi \times r^2 \times t \\
 &= 3.14 \times (6)^2 \times 16,3 \\
 &= 1.843 \text{ cm}^3 \\
 &= 1,8 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

2. Volume Poros

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times l \\
 &= \frac{3,14}{4} \times (0,01)^2 \times 0,0114 \\
 &= 8.95 \times 10^{-7} m^3
 \end{aligned}$$

3. Momen Inersia Poros

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi}{64} \times d^4 \\
 &= \frac{3,14}{64} \times (0,01)^4 \\
 &= 4,91 \times 10^{-11} m^2
 \end{aligned}$$

4. Kecepatan Sudut

Disini penulis menggunakan 2 variasi putaran yaitu putaran 10.000 RPM dan 11.000 RPM.

a. Putaran 10.000 RPM

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{2\pi n}{60} \\
 &= \frac{2\pi (10.000)}{60} \\
 &= 1047,2 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

b. Putaran 11.000 RPM

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{2\pi n}{60} \\
 &= \frac{2\pi (11.000)}{60} \\
 &= 1151,9 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

5. Perhitungan Torsi Yang Dihasilkan Mata Pisau (T)

a. Putaran 10.000 RPM

b. Putaran 11.000 RPM

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$= \frac{1.500}{1047,2}$$

$$= 1,43 \text{ Nm}$$

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$= \frac{1.500}{1151,9}$$

$$= 1,30 \text{ Nm}$$

4.8.2 Tekanan Yang Dihasilkan Mata Pisau 8 Sudu

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui berapa tekanan yang dihasilkan saat mata pisau berputar dengan kecepatan 10.000 RPM dan 11.000 RPM.

1. Luas Penampang Pisau (A_c)

$$D = 70 \text{ mm} \rightarrow r = 0,035 \text{ m}$$

$$A_c = \pi \times r^2$$

$$= 3.14 \times (0,035)^2$$

$$= 0,00385 \text{ m}^2$$

2. Kecepatan Linier Pisau (v)

- a. Putaran 10.000 RPM

$$v = \omega \times r$$

$$= 1046,2 \times 0,035$$

$$= 36,65 \text{ m/s}$$

- b. Putaran 11.000 RPM

$$v = \omega \times r$$

$$= 1151,9 \times 0,035$$

$$= 40,32 \text{ m/s}$$

3. Tekanan Dinamis Saat Proses Pengadukan (p)

$$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

- a. Putaran 10.000 RPM

- b. Putaran 11.000 RPM

$$p = \frac{\tau}{2} \times \rho \times v^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1000 \times 36,65^2$$

$$= 671.000 \text{ Pa}$$

$$= 671 \text{ kPa}$$

$$p = \frac{\tau}{2} \times \rho \times v^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1000 \times 40,32^2$$

$$= 813.000 \text{ Pa}$$

$$= 813 \text{ kPa}$$