

**MODIFIKASI *CATIONIC STARCH* DENGAN NANOSILIKA  
SEBAGAI *AGENT* RETENSI DAN DRAINASE PADA  
PEMBUATAN *LINER MEDIUM***

**JURNAL TUGAS AKHIR**

**AJENG NIRMATUL HIDAYAH  
012.17.038**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGOLAHAN PULP DAN KERTAS  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG  
KOTA DELTAMAS  
JULI 2021**

**MODIFIKASI *CATIONIC STARCH* DENGAN NANOSILIKA  
SEBAGAI *AGENT* RETENSI DAN DRAINASE PADA  
PEMBUATAN *LINER MEDIUM***

**JURNAL TUGAS AKHIR**

**AJENG NIRMATUL HIDAYAH  
012.17.038**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Terapan  
Pada Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGOLAHAN PULP DAN KERTAS  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG  
KOTA DELTAMAS  
JULI 2021**

**MODIFIKASI *CATIONIC STARCH* DENGAN NANOSILIKA  
SEBAGAI *AGENT* RETESI DAN DRAINASE PADA  
PEMBUATAN *LINER MEDIUM***

**JURNAL TUGAS AKHIR**

**AJENG NI'MATUL HIDAYAH  
012.17.038**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Terapan  
Pada Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas

Menyetujui,

Kota Deltamas, 10 Juli 2021

Dosen Pembimbing



**Dr. Edwin Kristianto Sijabat, S.T., M.T.**  
**NIDN 0403127309**

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas



**Ni Njoman Manik S., S.T., M.T.**  
**NIDN 0408096804**

# Modifikasi *Cationic Starch* Dengan Nanosilika Sebagai Agent Retensi dan Drainase Pada Pembuatan *Liner Medium*

Ajeng Nimatul Hidayah<sup>1,1\*</sup>, Edwin Kristianto Sijabat<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Nanoteknologi telah menarik banyak ilmuwan karena potensi penggunaan partikel dalam skala 1-100 nanometer (Stone et al. 2010). Silika adalah unsur dengan kegunaan tinggi dalam berbagai macam ruang lingkup seperti bioteknologi (Galliker, 2010; Cheng, 2012). Nanopartikel silika merupakan silika yang dibuat dalam skala nano yang penggunaannya semakin meningkat. Nanosilika banyak digunakan pada industri sebagai alat bantu retensi dan drainase, biasanya berhubungan dengan polielektrolit kationik seperti *cationic starch*. Penggunaan nanosilika pada proses pembuatan kertas bertujuan untuk meningkatkan proses *dewatering* dan retensi partikel halus seperti *fines*. Retensi adalah salah satu parameter penting pada tahap *wet-end* karena mempengaruhi kemampuan aditif tertahan pada serat hingga pada sistem pengolahan limbah. Tetapi retensi memiliki dampak negatif pada laju penghilangan air (*dewatering*) hingga sifat fisik kertas yang dihasilkan, sehingga pada industri sering diabaikan karena menurunkan *runability* pada sistem pembuatan kertas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh modifikasi *cationic starch* dengan nanosilika terhadap retensi, laju drainase serta *properties* kertas. Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanosilika dengan metode sol gel, hasil dari sintesis menunjukkan adanya gugus fungsi nanosilika serta ukuran nanosilika sebesar 46-86 nm. Disamping itu modifikasi *cationic starch* dengan nanosilika dengan variasi *cationic starch* 0,5% dan 1% serta nanosilika 0,5%; 1% dan 1,5%. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya dosis optimum penggunaan nanosilika terhadap masing-masing dosis *cationic starch* dapat meningkatkan retensi dan drainase yaitu pada 0,5% *cationic starch* optimum penggunaan nanosilika sebesar 1% dengan nilai retensi 90% dan drainase sebesar 445 ml, untuk 1% *cationic starch* optimum penggunaan nanosilika sebesar 0,5% dengan nilai retensi sebesar 89,8% dengan nilai drainase optimum pada 0% nanosilika dengan nilai drainase 440 ml. disamping pengujian *wet-end* terdapat juga pengujian *properties* lembaran untuk mengetahui pengaruh retensi akibat modifikasi *cationic starch* dengan nanosilika terhadap sifat fisik lembaran, hasil pengujian menunjukkan penambahan nanosilika pada sistem *wet-end* memiliki dampak positif terhadap *properties* lembaran.

**Kata Kunci :** retensi, nanoteknologi , *cationic starch* , nanosilika

## ABSTRACT

*Nanotechnology has attracted many scientists because of the potential use of particles on a scale of 1-100 nanometers (Stone et al. 2010). Silica is an element with high uses in various fields such as biotechnology (Galliker, 2010; Cheng, 2012). Silica nanoparticles are silica made on a nanoscale whose use is increasing. Nano silica is widely used in industry as a retention and drainage aid, usually in association with cationic polyelectrolytes such as cationic starch. The use of nano silica in the paper-making process aims to improve the dewatering process and retention of fine particles such as fines. Retention is one of the important parameters at the wet-end stage because it affects the ability of the additive to be retained on the fiber to the sewage treatment system. However, retention has a negative impact on the rate of dewatering and the physical properties of the paper produced, so that it is often neglected in the industry because it reduces runability of the papermaking system. This research was conducted to determine the effect of modified cationic starch with nano silica on retention, drainage rate, and paper properties. In this study, nano silica was synthesized using the sol-gel method, the results of the synthesis showed the presence of a nano silica functional group and a nano silica size of 46-86 nm. In addition, modification of cationic starch with nano silica with variations of 0.5% and 1% cationic starch and 0.5% nano silica; 1% and 1.5%. The results obtained indicate that the optimum dose of nano silica for each dose of cationic starch can increase retention and drainage, namely, at 0.5% cationic starch, the optimum use of nano silica is 1% with a retention value of 90% and drainage of 445 ml, for 1% cationic starch optimum starch use of nano silica is 0.5% with a retention value of 89.8% with an optimum drainage value of 0% nano silica with a drainage value of 440 ml. In addition to wet-end testing, there is also sheet property testing to determine the effect of retention due to modification of cationic starch with nano silica on the physical properties of the sheet, the test results show that the addition of nano silica to the wet-end system has a positive impact on sheet properties.*

**Keywords:** retention, nanotechnology, *cationic starch*, nanosilika

## PENDAHULUAN

Kertas bekas adalah salah satu jenis serat sekunder yang paling mudah ditemukan. Dalam inudstri kertas, kardus yang dikenal dengan kertas karton gelombang

(KKG) merupakan salah satu kertas bekas yang sering diolah kembali menjadi kertas baru. Penggunaan kertas daur ulang sebagai bahan baku kertas memiliki

kelemahan yaitu laju penghilangan air yang rendah sehingga pada tahap pengeringan memerlukan energi yang tinggi dan menurunkan produktivitas proses pembuatan kertas. Hal ini disebabkan karena adanya retensi *finer* pada ruang antar serat. Tetapi disisi lain, retensi adalah salah satu parameter penting pada proses *wet-end* karena mempengaruhi *runability* mesin, kemampuan menahan aditif pada serat hingga proses pengolahan limbah serta efisiensi proses pembuatan kertas.

Pada tahap *wet-end* banyak fenomena fisika-kimia terjadi antara serat, *finer*, *filler* dan aditif yang terkait dengan karakteristik kertas yang diinginkan (Blanco *et al.*, 1995 ; Fardim 2002). Flokulasi adalah fenomena terpenting dari tahap *wet-end* karena mempengaruhi efisiensi proses seperti retensi, drainase dan *runability*. selain itu juga mempengaruhi kualitas produk akhir seperti formasi, kekuatan dan *properties* (Eklund dan Lindstrom 1991 ; Unbehend 1992). Karena *furnish* pada proses pembuatan kertas memiliki banyak permukaan bermuatan negatif seperti serat, *finer* dan *filler*, ada potensi permukaan negatif tinggi dari sistem yang menghasilkan afinitas adsorpsi yang tinggi untuk aditif kationik yang dapat menyebabkan destabilisasi sistem (Norell *et al.* 1999). Perbaikan retensi *finer* dan *filler* pada proses *wet-end* mesin kertas dengan demikian dapat dicapai melalui penggunaan sistem bantu retensi yang bekerja sebagai mekanisme flokulasi. Dalam proses pembuatan kertas, mekanisme flokulasi juga dapat disebut sebagai mekanisme retensi.

Flokulasi juga mempengaruhi kinerja drainase dengan retensi partikel *finer* dan partikel koloid pada permukaan serat dan dengan meningkatkan volume untuk menghilangkan air. Namun, tingkat flokulasi yang tinggi, menghasilkan flok yang besar, mengurangi drainase karena itu sulit untuk menghilangkan air interstisial dari flok yang sangat besar. Dalam proses pembuatan kertas, pemilihan sistem alat bantu retensi harus dibuat secara hati-hati karena harus meningkatkan retensi terhadap bahan baku dan menurunkan waktu drainase tanpa merusak formasi lembaran.

Perkembangan teknologi sangat diperlukan seiring meningkatnya persaingan dibidang industri. Salah satu teknologi yang banyak diminati oleh berbagai industri adalah nanoteknologi. Hal ini berkaitan dengan model, sintesis, karakterisasi dan pengaplikasian material dan peralatan dalam skala nanometer. Nanoteknologi ini sudah dikenal pada industri bidang pangan, kosmetik, tekstil, kesehatan, kemasan pangan dan beberapa produk lain (Wardana 2014). Nanoteknologi telah menarik banyak ilmuwan karena potensi penggunaan partikel dalam skala 1-100 nanometer (Stone *et al.*, 2010). Salah satu material yang banyak disintesis dalam skala nanopartikel adalah silika (SiO<sub>2</sub>). Silika adalah mineral golongan oksida yang memiliki banyak manfaat dalam berbagai aplikasi. Nanopartikel adalah material berpori yang memiliki luas permukaan besar, memiliki stabilitas fisiokimia dan termal tinggi serta elastisitas rendah (Kalapathy *et al.*, 2000).

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan terhadap kertas karton gelombang (KKG) bekas lokal dan import dengan variasi 50% LOCC (*Local Old Corrugated Container*), 30% EOCC (*Europe Old Corrugated Container*) dan 20% NZOCC (*Newzeland Old Corrugated Container*) dengan derajat giling 340 CSF dan konsistensi 1,064%. Bahan kimia yang digunakan yaitu PAC (*Poly Aluminium Chloride*), *cationic starch* dan nanosilika.

### Metode Sintesis Nanosilika

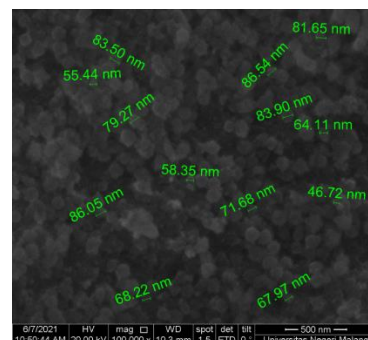
Sintesis nanosilika menggunakan metode sol-gel yang terdiri dari tahap hidrolisis, kondensasi, pematangan dan pengeringan. Diawali pembuatan larutan NH<sub>3</sub> 4ml, etanol 200 ml dan aquades 20 ml. kemudian dimasukkan TEOS 8 ml. setelah dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer, larutan silika dimasukkan kedalam cawan dan dimasukkan oven dengan suhu 100°C. setelah proses pengeringan maka didapatkan padatan nanosilika dan dihaluskan hingga didapatkan serbuk nanosilika. Kemudian dikalsinasi dengan suhu 700°C dan dikarakterisasi menggunakan SEM dan FTIR.

### Pembuatan Buburan dari Pulp KKG Bekas

KKG bekas dipotong dengan ukuran 1,5 cm, kemudian dilakukan penggilingan hingga mencapai derajat giling 340 CSF. Kemudian dilakukan variasi penambahan PAC, *cationic starch* dan nanosilika. Kemudian dilakukan pengujian *wet-end* dan *dry-end* terhadap buburan maupun *handsheet* yang telah dibuat. *Handsheets* dibuat secara laboratorium dengan gramatur 200 g/m<sup>2</sup>.

### Analisis SEM dan FTIR nanosilika

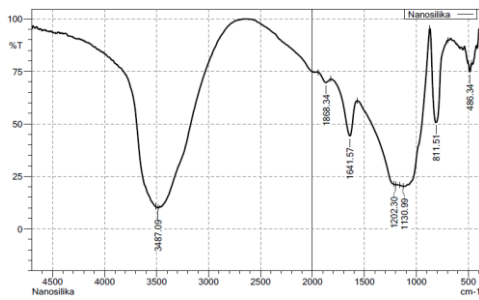
Hasil sintesis nanosilika didapatkan 2,7 gram serbuk nanosilika. Karakterisasi dilakukan menggunakan SEM FEI *Inspect-S50* dan FTIR *IRSpirit-T*.



**Gambar 1** Karakterisasi SEM nanosilika perbesaran 1000x

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa partikel nanosilika berhasil disintesis dengan bentuk morfologi bulat dan memiliki ukuran partikel berkisar 46 nm sampai 86 nm. Karakterisasi gugus fungsi nanosilika menggunakan FTIR *IRSpirit-T*. Karakterisasi ini dilakukan untuk menganalisis gugus fungsi yang dimiliki oleh nanosilika yang telah disintesis. Gugus-gugus fungsi yang dimiliki oleh suatu sampel dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui material

yang terkandung didalam suatu sampel uji (Sijabat 2021).



**Gambar 2** Karakterisasi FTIR nanosilika

Berdasarkan spektrum inframerah nanosilika diatas, terlihat adanya puncak-puncak vibrasi dengan rincian sebagai berikut :

**Tabel 1** Bilangan gelombang dan gugus fungsi nanosilika

Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	literatur	Interpretasi
486,34	500-400	Vibrasi tekuk gugus Si-O-Si

811,51	680-850	Vibrasi ulur simetris Si-O-Si
1130.99	1200-1000	Vibrasi ulur asimetris Si-O-Si
1202.30	1200-1000	Vibrasi ulur asimetris Si-O-Si
1641,57	1800-1600	Vibrasi tekuk O-H dari Si-OH
1868,34	1800-1600	Vibrasi tekuk O-H dari Si-OH
3487,09	3700-2500	Vibrasi ulur O-H dari Si-OH

Dari tabel diatas dijelaskan terdapat vibrasi gugus fungsi pada bilangan gelombang (cm<sup>-1</sup>) serta literatur sebagai acuan interpretasi bilangan gelombang oleh Yudia (2018).

#### Analisis *wet-end* buburan dan analisis sifat fisik lembaran

Analisis *wet-end* dilakukan untuk mengetahui kemampuan retensi buburan akibat penambahan *cationic starch* dan nanosilika. Analisis sifat fisik lembaran dilakukan untuk mengetahui pengaruh retensi yang terjadi akibat penambahan *cationic starch* dan nanosilika terhadap *properties* lembaran yang dihasilkan.

**Tabel 2.** Variasi Pengujian dan Pembuatan Lembaran

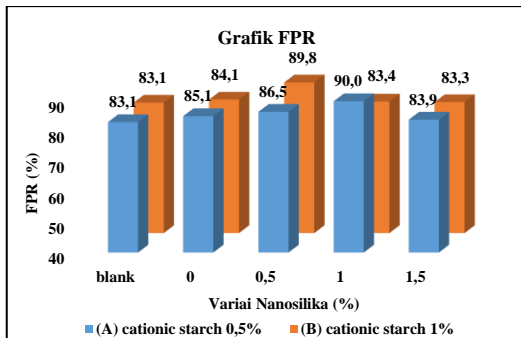
Kode	Variasi bahan kimia			Nilai pengujian <i>wet-end</i>		Nilai pengujian sifat fisik lembaran			
	PAC (%)	<i>Cationic starch</i> (%)	Nanosilika (%)	FPR (%)	Drainase (ml)	<i>Tensile strength</i> (N.m/g)	<i>Ringcrush</i> (Nm.g)	<i>Bursting strength</i> (kPa.m <sup>2</sup> /g)	<i>Thickness</i> (mm)
Blank	0	0	0	83,1	400	27,19	17,13	1,86	0,31
1A	0,05	0,5	0	85,1	430	29,32	17,23	1,99	0,30
2A	0,05	0,5	0,5	86,5	440	30,91	17,64	1,94	0,31
3A	0,05	0,5	1	90,0	445	33,25	17,79	1,90	0,32
4A	0,05	0,5	1,5	83,9	440	30,85	16,86	1,81	0,33
1B	0,05	1	0	84,1	440	30,39	17,61	2,05	0,30
2B	0,05	1	0,5	89,9	425	31,26	17,98	2,00	0,32
3B	0,05	1	1	83,4	425	32,19	17,95	1,92	0,34
4B	0,05	1	1,5	83,3	400	27,35	17,08	1,88	0,34

Dilakukan analisis FPR (*First Pass Retention*) terhadap buburan untuk mengetahui kemampuan retensi serat terhadap wire pada proses pembuatan kertas. Metode ini menggunakan metode *settling gravity* dengan melakukan pengecekan *consistency* terhadap buburan dan *filtrat (Tray water)* buburan dan dilakukan perhitungan FPR. Pengujian drainase menggunakan metode TAPPI T 211. Pengujian sifat fisik lembaran terdiri dari *Tensile strength* menggunakan metode TAPPI T 494 om-96, pengujian *Ringcrush* menggunakan metode TAPPI T 818, pengujian *Bursting strength* menggunakan metode TAPPI T 403 dan pengujian *Thickness* menggunakan metode TAPPI T 411.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh penambahan *cationic starch* dan nanosilika terhadap kemampuan retensi pada serat

Retensi merupakan kemampuan serat dan partikel selain serat seperti *finer*, *filler* dan aditif tertahan pada serat sehingga membentuk lembaran pada *wire*. Retensi merupakan salah satu parameter penting dalam proses *forming section* karena efisiensi proses bergantung pada banyaknya partikel yang tertahan pada serat. Semakin tinggi kemampuan retensi menunjukkan semakin banyak bahan serat dan nonserat seperti bahan kimia yang ditambahkan tertahan pada serat. Sehingga efektifitas bahan kimia juga meningkat. Semakin tinggi nilai retensi menunjukkan semakin efisien proses tersebut.



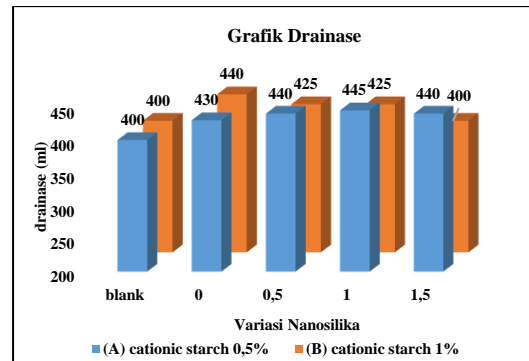
**Gambar 3** Grafik Pengujian FPR

Pada variasi *cationic starch* 0,5% optimum penggunaan nanosilika pada dosis 1%. Pada variasi *cationic starch* 1% optimum penggunaan nanosilika pada dosis 0,5%. Pada 0,5% *cationic starch* dengan 1% nanosilika memiliki nilai retensi tertinggi sebesar 90,0% hal ini menunjukkan seiring penambahan nanosilika terjadi peningkatan nilai retensi yang mengindikasikan adanya *fines* yang tertahan pada serat. *Fines* membentuk jaringan karena adanya ion positif dari *cationic starch* dan terjadi adsorpsi rantai makromolekul *cationic starch* pada *fines* sehingga membentuk aglomerasi flok-flok *fines* yang tertahan pada proses *forming*.

Menurut teori Deryaguin Landau Verweg dan Overbeek (DLVO 1954) koagulasi partikel dapat dicapai dengan meningkatkan gaya Tarik menarik atau mengurangi gaya tolak menolak. Gaya tolak menolak antara partikel koloid dapat dikurangi dengan menurunkan muatan pada lapisan *electrical double layer* partikel dengan memasukkan bahan yang bermuatan berlawanan. Sehingga peran nanosilika disini sebagai bahan yang menurunkan gaya tolak menolak dengan cara mengompersi *electrical double layer* partikel *cationic starch* karena menurut Moberg 1993 silika koloid secara fisik cukup kecil untuk memasuki struktur *amorf cationic starch* dalam larutan.

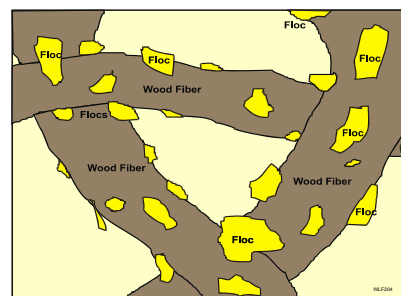
#### **Pengaruh penambahan *cationic starch* dan nanosilika terhadap laju drainase**

Evaluasi flokulasi sangat penting untuk mengontrol tahap *wet-end* karena kinerja retensi dan drainase serta kualitas akhir produk tergantung pada derajat flokulasi dan karakteristik flok (Blanco 1994 ; Blanco et al., 2005 ; Cadotte et al., 2007). Tingkat flokulasi yang tinggi, menghasilkan flok yang besar sehingga menurunkan laju drainase karena sulit untuk menghilangkan air interstitial dari flok yang sangat besar.



**Gambar 4** Grafik Pengujian Drainase

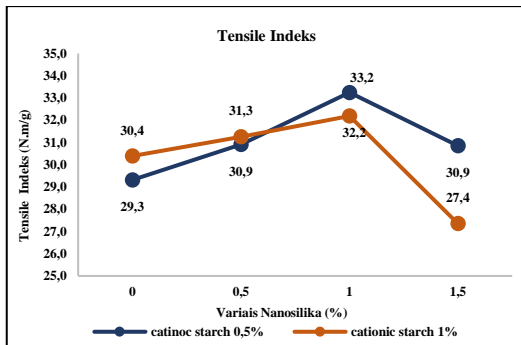
Pada 0,5% *cationic starch* optimum penggunaan nanosilika pada dosis 1% , sedangkan pada 1% *cationic starch* optimum penggunaan nanosilika pada 0% atau dapat dikatakan tanpa penambahan nanosilika. Pada 0,5% *cationic starch* dengan 1% nanosilika didapatkan nilai drainase tertinggi sebesar 445 ml. Peningkatan ini dikarenakan retensi yang terjadi akibat penambahan *cationic starch* dengan nanosilika membentuk aglomerasi *fines* dalam ukuran mikro. Sehingga pada saat flok *fines* yang terbentuk sampai pada *wire* akan teretain pada sisi serat atau membentuk flok disepanjang serat dan tidak menghalangi laju pengeluaran air seperti pada gambar 5. Disamping itu penurunan *electrical double layer* partikel *cationic starch* oleh nanosilika menyebabkan flok yang terbentuk terpecah dan membentuk mikroflok dan berat flok yang terbentuk akan lebih kecil dari sebelumnya. Sehingga air memiliki kemampuan untuk jatuh terlebih dahulu seiring penurunan mikroflok yang tertahan pada sisi serat.



**Gambar 5** Skema Mikroflokulasi Fines  
Sumber : Kemira (Retention & Drainage)

#### **Pengaruh penambahan *cationic starch* dan nanosilika terhadap sifat fisik lembaran**

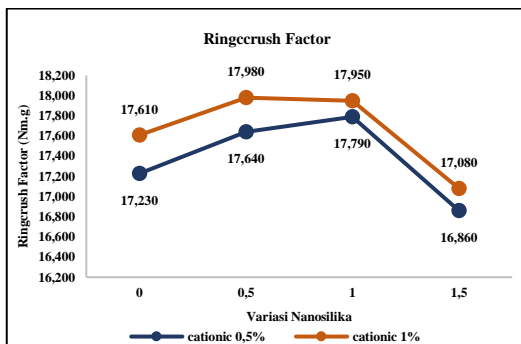
*Tensile* atau ketahanan Tarik didefinisikan sebagai daya tahan lembaran terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua ujungnya. Ketahanan tarik merupakan ketahanan suatu bahan terhadap deformasi plastis, yang memiliki ukuran ketahanan kertas terhadap tarikan langsung dan dihitung dari beban yang diperlukan untuk menarik hingga terputus sebuah jalur kertas dengan dimensi tertentu (TAPPI 2001).



Gambar 6 Grafik Pengujian Tensile Indeks

Pada variasi *cationic starch* 0,5% optimum penggunaan nanosilika pada 1% yaitu dengan nilai *tensile indeks* sebesar 33,2 N.m/g. pada variasi *cationic starch* 1% optimum penggunaan nanosilika pada 1% yaitu dengan nilai *tensile indeks* sebesar 32,2 N.m/g. Nilai *tensile indeks* yang mengalami peningkatan menunjukkan bahwa adanya retensi *fines* pada serat tidak mempengaruhi ikatan antar serat. *Tensile indeks* dipengaruhi oleh ikatan antar serat dan panjang serat. Peningkatan nilai *tensile indeks* terjadi karena adanya ikatan antar serat dan pembentukan mikrofluk *fines*. Pembentukan mikrofluk menyediakan saluran air yang lebih terbuka untuk meningkatkan proses *dewatering*.

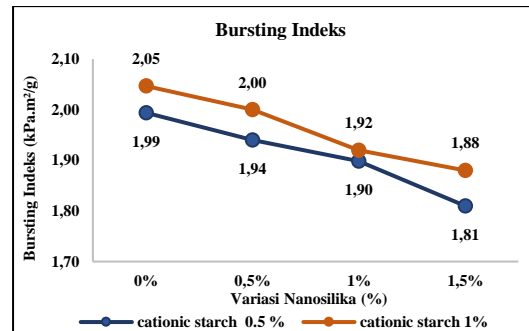
*Ring crush* adalah ketahanan tekan lingkaran kertas secara vertikal. *Properties* kertas ini sangat berpengaruh dalam produksi kertas coklat, terutama *liner medium*.



Gambar 7 Hasil Pengujian Ringcrush

Optimum penggunaan nanosilika sebesar 1% dengan nilai *ringcrush* yaitu 17,790 Nm/g dan 17,950 Nm/g. peningkatan nilai *ring crush* ini karena adanya *fines* yang teretain mengakibatkan komposisi *furnish* meningkat. Adanya *fines* pada sisi serat meningkatkan densitas serat sehingga pada saat pengujian tepi lingkaran, kemampuan menahan tekanan lebih tinggi, sehingga nilai *ring crush* meningkat.

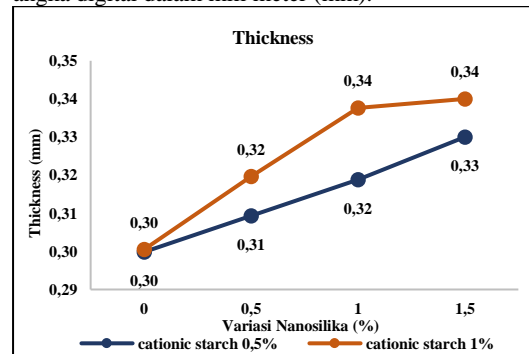
*Bursting strength* atau ketahanan retak adalah gaya yang diperlukan untuk meretakkan selembar kertas yang dinyatakan dalam kg/cm<sup>2</sup> atau kPa. *bursting strength* dianggap penting untuk jenis kertas yang digunakan untuk menahan beban yang sangat berat seperti kardus atau kertas kemasan.



Gambar 8 Hasil Pengujian Bursting Indeks

Nilai *bursting indeks* optimum pada 0% nanosilika pada masing-masing variasi *cationic starch* yaitu 1,99 kPa.m<sup>2</sup>/g dan 2,05 kPa.m<sup>2</sup>/g. Komposisi *furnish* yang 50% LOCC mengandung banyak serat pendek dan *fines* menyebabkan nilai *bursting* rendah. Penurunan nilai *bursting indeks* ini dikarenakan adanya *fines* yang teretain dan menempel sepanjang sisi serat. *Fines* yang teretain ini mengakibatkan formasi kertas tidak rata. Formasi kertas yang tidak rata mengakibatkan nilai *bursting* menurun. Semakin tinggi penggunaan nanosilika mengakibatkan semakin tinggi *fines* membentuk mikrofluk dan mengalami retensi sehingga *bursting strength* semakin menurun. Penambahan nanosilika ini tidak mempengaruhi fungsi *cationic starch* sebagai bahan kimia *dry strength*, hal ini ditunjukkan bahwa nilai *bursting indeks* dengan variasi *cationic starch* 1% lebih tinggi dibandingkan 0,5%.

*Thickness* (ketebalan) adalah tebal kertas atau karton yang dapat diartikan sebagai jarak tegak lurus antara kedua permukaan kertas yang diukur menggunakan alat uji yang biasa disebut “*Caliper*” dalam pembacaan angka digital dalam mili meter (mm).



Gambar 9 Hasil Pengujian Thickness

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa pada sampel *blank* memiliki nilai *thickness* sebesar 0,30 mm pada masing-masing variasi *cationic starch*. Kemudian dijelaskan mengalami peningkatan seiring peningkatan penambahan nanosilika. Peningkatan nilai *thickness* ini mengindikasikan adanya *fines* yang teretain pada serat, sehingga densitas serat meningkat dan meningkatkan nilai *thickness*. Nilai optimum penggunaan nanosilika terhadap variasi *cationic starch* terdapat pada 1,5% nanosilika. Pada 0,5% *cationic starch* dengan 1,5% nanosilika, nilai *thickness* sebesar 0,33 mm. pada 1% *cationic starch* dengan 1,5% nanosilika, nilai *thickness* sebesar 0,34 mm.



peningkatan nilai *thickness* ini karena adanya nanosilika yang tidak berinteraksi dengan *cationic starch* sehingga berperan sebagai *filler*. Menurut Dominic et al 2013 silika berpotensi sebagai *filler* dan pada umumnya silika memiliki sifat hidrofilik. Pada dosis *cationic starch* 1,5 menunjukkan nilai *thickness* lebih tinggi dibandingkan 0,5% *cationic starch*, hal ini dikarenakan semakin banyak partikel *finer* maupun nanosilika sebagai *filler* yang teretain sehingga membentuk mikroflok dan tertahan pada serat. *Filler* terletak diantara serat dan membuat kertas lebih tebal dan berpori (Krogerus 1999).

Dari nilai pengujian properties diatas didapatkan bahwa modifikasi *cationic starch* dengan nanosilika dapat meningkatkan nilai *ringcrush*, *tensile* dan *thickness*, tetapi memiliki dampak negatif pada nilai *bursting* karena nanosilika diklaim berpotensi menurunkan formasi kertas.

## KESIMPULAN

Penggunaan nanosilika meningkatkan efisiensi *cationic starch* sebagai *agent* retensi dan drainase karena kemampuannya memasuki struktur *amorf cationic starch* dan meruntuhkan lapisan *electrical double layer*, sehingga flok yang dihasilkan lebih kecil atau disebut mikroflok. Dibandingkan penambahan *cationic starch* tanpa nanosilika yang menghasilkan flok besar dan berpotensi menurunkan *drainage speed* dan *properties* kertas. Modifikasi *cationic starch* dengan nanosilika memiliki dampak positif terhadap proses retensi. Didapatkan optimum dosis penggunaan nanosilika pada masing-masing variasi *cationic starch*. Pada variasi *cationic starch* 0,5% optimum penggunaan nanosilika sebagai *agent* retensi sebesar 1% dengan nilai FPR 90%. Pada variasi *cationic starch* 1% optimum penggunaan nanosilika sebagai *agent* retensi sebesar 0,5% dengan nilai FPR 89,8%. Modifikasi *cationic starch* dengan nanosilika memiliki pengaruh positif terhadap *properties liner medium*. Dengan nilai *ringcrush* secara berurutan optimum pada variasi nanosilika 1% yaitu 17,790 Nm.g dan 17,950 Nm.g. Nilai *Tensile indeks* secara berurutan optimum pada variasi 1% nanosilika yaitu 33,25 N.m/g dan 32,2 N.m/g. Nilai *thickness* secara berurutan optimum pada variasi nanosilika 1,5% yaitu 0,33mm dan 0,34 mm. tetapi memiliki dampak negatif pada nilai *bursting* dengan nilai optimum pada 0% nanosilika yaitu 1,99 kPa.m<sup>2</sup>/g dan 2,05 kPa.m<sup>2</sup>/g.

## DAFTAR PUSTAKA

Blanco, A., "Estudio de la floculación en la fabricación de papel", PhD. Thesis, Universidad Complutense, Madrid, Spain, 1994.

Blanco, A., Tijero, J., Hooimeijer, A., "Study of flocculation process in papermaking", Papermakers Conference, TAPPI Proceedings, 455-463, 1995.

Cadotte, M., Tellier, M.E., Blanco, A., Fuente, E., van de Ven, T.G.M., Paris, J., "Flocculation, retention and drainage in papermaking: a comparative study of polymeric additives", *Can. J. Chem. Eng.* 85, 240-248, 2007.

cheng E, et al. (2012) Genome rearrangements caused by depletion of essential DNA replication proteins in *Saccharomyces cerevisiae*. *Genetics* 192(1):147-60

Dipowardani, B. T., Snatun, & Taslinah (2008). Sintesis Silika Kristalin Menggunakan Surfaktan Cetiltrimetilamonium Bromida (CTAB) dan Trimetilamonium Klorida (TMACl) sebagai Pencetak Pori. *Jurnal Sains dan Aplikasi*. 11(1):20-28

Eklund, D., Lindström, T., "Paper Chemistry: an introduction", DT Paper Science Publications, Finland, 1991.

Fardim, P., "Papel e Química de Superfície – Parte I – A superfície da fibra e a química da parte Úmida", *O Papel*, 97-102, Abril 2002.

Galliker, P., Hommes, G., Schlosser, D., Corvini, P. F. X., Shahgaldian, P. 2010. *Laccase-Modified Silica Nanoparticles Efficiently Catalyze The Transformation Of Phenolic Compounds*: Artikel, ELSEVIER, 349, 1-8.

Kalapathy., Proctor, A., Shultz, J., 2000, A Simple Method For Production of Pure Silica From Rice Hull Ash, *Bioresource Technology*. Vol.73, hal.257-262.

Krogerus, B. (1999). *Fillers and Pigments*, Book 4, Chapter 6 in Gullichsen, J., ang Paulapuro, H. (eds.), Papermaking Science and Thecnology Series, FAPET Oy, Helsinki, Finland.

Moberg, K. (1993). "A visual perspective on microparticles," TAPPI Papermakers Conf.Proc., 115-121

Ningrum Yudia "Sintesis Karakterisasi Nanopartikel Silika (SiO<sub>2</sub>) dari Limbah Geothermal Sebagai Fluorescent Fingerprint Powder" 2018

Norell, M., Johansson, K., Persson, M., "Retention and Drainage", Book 4: Papermaking Chemistry, Papermaking Science and Technology, TAPPI PRESS, Finland, 1999.

Sijabat, Edwin Kristianto. 2021. Pengembangan Membran Katalik Berbasis *Bacterial Nanocellulose* Dari Limbah Kulit Pisang, Selulosa dan Nanosilika Untuk Aplikasi Desalinasi. Institut Teknologi Bandung.

Stone V., B. Nowack, A. Baun, N.V.D. Brink, F.V.D. Kammer, M. Dusinska, R. Handy, S. Hankin, M. Hasselov, E. Joner and T.F. Fernandes. 2010. Nanomaterials for environmental studies: Classification, reference material issues, and strategies for physico-chemical characterization. *Science of the Total Environment* 408: 1745-1754.

Unbehend, J.E., "Wet end chemistry of retention, drainage and formation aids", Pulp and Paper Manufacture, Vol. 6, R.V. Hagemeyer, Ed., 3rd ed., TAPPI PRESS, Atlanta, 1992.

Wardana AA. 2014 Jun 17. Mengenal nanoteknologi & aplikasinya untuk nilai tambah komoditas hortikultura Indonesia [Internet]. Jakarta (ID): Masyarakat Nano Indonesia; Tersedia dari [aplikasinya-untuk-nilai-tambah-komoditas-hortikultura-indonesia](#)