

MODIFIKASI *CATIONIC STARCH* DENGAN NANOSILIKA SEBAGAI *RETENTION AND DRAINAGE AGENT* PADA PEMBUATAN KERTAS *LINER MEDIUM*

Edwin K Sijabat^{1*}, Ajeng Nimatul Hidayah¹, Marjanu Priambodo¹

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

ABSTRAK

Nanoteknologi menarik minat banyak ilmuwan karena perubahan sifat fisik pada ukuran 1-100 nm berupa luas permukaan yang sangat besar, kekuatan mekanik dan porositas yang tinggi. 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 *finer*. Retensi adalah salah satu parameter penting pada tahap *wet-end* karena mempengaruhi kemampuan aditif tertahan pada serat pada sistem pengolahan limbah. Retensi memiliki dampak negatif pada proses drainase sehingga mempengaruhi sifat fisik kertas yang dihasilkan, sehingga 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, sintesis menunjukkan adanya gugus fungsi nanosilika serta ukuran nanosilika 46-86 nm. 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 pada 0,5% *cationic starch* nanosilika sebesar 1% dengan nilai retensi 90% dan drainase sebesar 445 ml, untuk 1% *cationic starch*, nanosilika 0,5% nilai retensi 89,8% pada 0% nanosilika 440 ml. Pengujian *wet-end 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 interest of many scientists because physical properties occurred at 1-100 nm in the form of huge surface area, high mechanical strength and porosity. Nanosilica is widely used in industry as a retention and drainage aid, usually associated with cationic polyelectrolytes such as cationic starch. The use of nanosilica in the paper-making process aims to improve dewatering and retention of fine particles such as fines. Retention is one of important parameters in wet-end because it affects the ability of additive to be retained on fiber to sewage treatment system. Retention has negative impact on dewatering rate and physical properties of paper produced, thus often neglected in industry because it reduces runability in paper-making system. In this study, nanosilica was synthesized using the sol gel method, the synthesis showed the presence of nanosilica functional groups and the nanosilica size was 46-86 nm. Modification of cationic starch with nanosilica with variations of 0.5% and 1% cationic starch and 0.5% nanosilica; 1% and 1.5%. The results obtained showed that the optimum dose of 0.5% cationic starch nanosilica was 1% with a retention value of 90% and drainage of 445 ml, for 1% cationic starch, 0.5% nanosilica the retention value was 89.8% at 0% nanosilica 440 ml. Wet-end properties of sheets were tested to determine the effect of retention due to modification of cationic starch with nanosilica on the physical properties of sheets, the test results showed that the addition of nanosilica to wet-end system had a positive impact on sheet properties.

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

PENDAHULUAN

Kertas bekas adalah salah satu jenis serat sekunder yang paling mudah ditemukan. Dalam industri kertas,

kardus yang dikenal dengan kertas karton gelombang (KKG) merupakan salah satu kertas bekas yang sering

^{1*} Corresponding author: edwinsijabat@hotmail.com; edwinsijabat@itsb.ac.id

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 *fines* pada ruang antar serat. 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, *fines*, *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 seperti formasi, kekuatan dan sifat fisik kertas (Eklund dan Lindstrom 1991 ; Unbehend 1992). Karena *stock* pada proses pembuatan kertas memiliki banyak permukaan bermuatan negatif seperti serat, *fines* dan *filler*, sehingga memiliki afinitas adsorpsi yang tinggi untuk aditif kationik yang dapat menyebabkan destabilisasi sistem (Norell *et al* 1999). Perbaikan retensi *fines* dan *filler* pada proses *wet-end* dapat dicapai melalui sistem bantu retensi yang bekerja sebagai mekanisme flokulasi. Dalam proses pembuatan kertas, mekanisme flokulasi juga disebut sebagai mekanisme retensi.

Flokulasi juga mempengaruhi kinerja drainase dengan retensi partikel *fines* dan partikel koloid pada permukaan serat dan dengan meningkatkan volume untuk menghilangkan air. Namun, tingkat flokulasi yang tinggi, menghasilkan flok yang besar dan mengurangi drainase karena sulit untuk menghilangkan air interstitial dari flok yang sangat besar. 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 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 serta peralatan dalam skala nanometer. Nanoteknologi sudah dikenal pada industri bidang pangan, kosmetik, tekstil, kesehatan, kemasan pangan dan beberapa produk lain (Wardana 2014). Nanoteknologi 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 (SiO₂). 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).

Amir Khosravani dan Mehdi Rahmaninia, pada penelitiannya mengenai "The potential of Nanosilica-Cationic Starch Wet End System for Applying Higher

Filler Content in Fine Paper" (2013). Mengusulkan bahwa penggunaan nanosilika memiliki pengaruh penting terhadap proses flokulasi. Kemampuan nanosilika memasuki struktur *amorf cationic starch* dapat meningkatkan efisiensi penggunaan *cationic starch* sebagai bahan retensi dengan menghasilkan *microflock* atau flok yang lebih halus. Pada penelitian ini, penulis memanfaatkan sistem modifikasi nanosilika dengan *cationic starch* sebagai bahan retensi pada *liner medium*. *Liner medium* adalah salah satu jenis kertas coklat yang terbuat dari bahan baku *recycle paper*. sehingga mengandung banyak *fines* dan partikel lain selain serat.

Dengan melihat potensi dari kegunaan nanosilika sebagai alat bantu retensi, telah dilakukan penelitian penggunaan nanosilika dengan *cationic starch* sebagai alat bantu retensi dan drainase pada pembuatan *liner medium*.

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. Sementara itu peralatan yang digunakan meliputi alat preparasi bahan baku antara lain disintegrator, *beater*, *handsheet maker*, *dryer*. Alat sintesis nanosilika antara lain *magnetic stirrer*, *furnace*, mortar dan alu. Alat pengujian *wet-end* dan *dry-end* antara lain *CSF tester*, *tensile tester*, *bursting tester*, *ringcrush tester*, *thickness tester*, FTIR, SEM, *vacuum* dan oven.

Metode Sintesis Nanosilika

Sintesis nanosilika menggunakan metode sol-gel yang terdiri dari tahap hidrolisis, kondensasi, pematangan dan pengeringan. Diawali pembuatan larutan NH₃ (Amonia) 25% 4 ml, etanol 97% 200 ml dan aquades 20 ml. kemudian dimasukkan TEOS (*Tetra Ethyl Ortho Silicate*) 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.

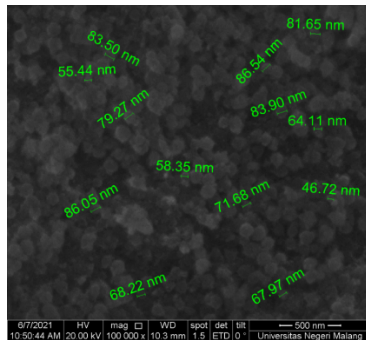
Pembuatan Buburan dari Pulp KKG Bekas

KKG bekas dipotong dengan ukuran 1,5 cm, kemudian digiling 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/m².

Research Paper Vol 4, No 1, Tahun 2022

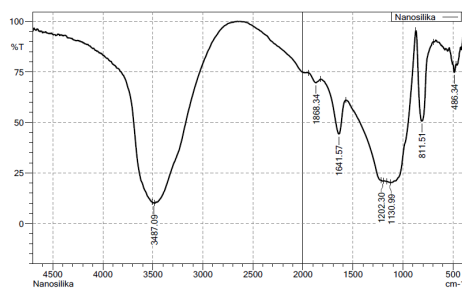
Analisis SEM dan FTIR nanosilika

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 ⁻¹)	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⁻¹) 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 sifat fisik 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 ² /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

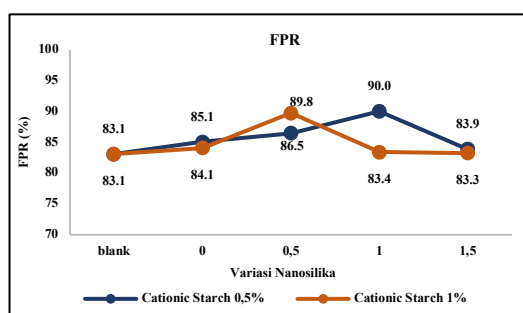
3B	0,05	1	1	83,4	425	32,19	17,95	1,92	0,34
4B	0,05	1	1,5	83,3	400	27,35	17,08	1,88	0,34

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*) kemudian 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 pada masing-masing variasi *cationic starch* memiliki titik optimum penggunaan nanosilika. Saat telah mencapai titik optimum, maka nilai retensi kembali menurun, hal ini disebabkan karena nanosilika berperan sebagai filler dan ikut terbuang bersama *tray water* pada saat pengujian. Seiring penambahan nanosilika terjadi peningkatan nilai retensi yang mengindikasikan

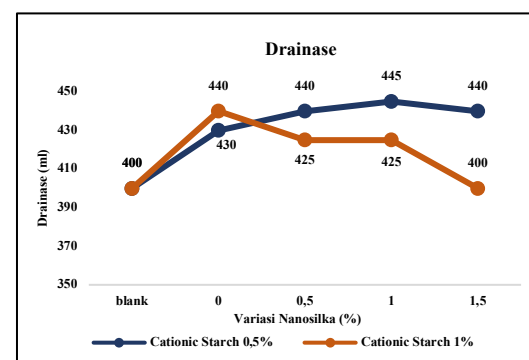
adanya *finer* yang tertahan pada serat. *Finer* membentuk jaringan karena adanya ion positif dari *cationic starch* dan terjadi adsorpsi rantai makromolekul *cationic starch* pada *finer* sehingga membentuk aglomerasi flok-flok *finer* yang tertahan pada proses *forming*.

Menurut teori Deryaguin Landau Verweg dan Overbeek (DLVO 1954) koagulasi partikel dapat dicapai dengan meningkatkan gaya 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 mengkonversi rendah

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 interstisial dari flok yang sangat besar.

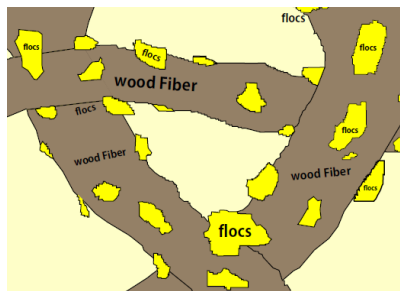


Gambar 4 Grafik Pengujian Drainase

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 *finer* dalam ukuran mikro. Sehingga pada saat flok *finer* yang terbentuk

Research Paper Vol 4, No 1, Tahun 2022

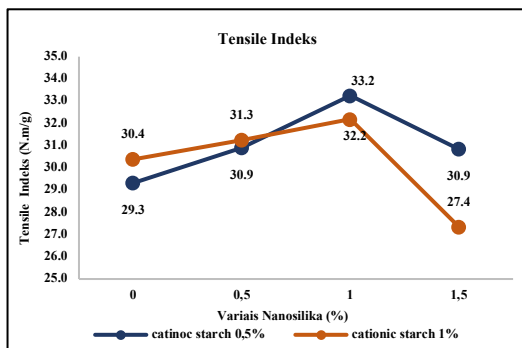
sampai pada *wire* akan teretain pada sisi serat atau membentuk flok disepanjang serat dan tidak menghalangi laju pengeluaran air seperti pada gambar 5. Disamping itu penurunan *electrical double layer* partikel *cationic starch* oleh nanosilika menyebabkan flok yang terbentuk terpecah dan membentuk mikroflokk dan berat flok yang terbentuk akan lebih kecil dari sebelumnya. Sehingga air memiliki kemampuan untuk jatuh terlebih dahulu seiring penurunan mikroflokk yang teretain pada sisi serat.



Gambar 5 Skema Mikroflokkulasi 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).

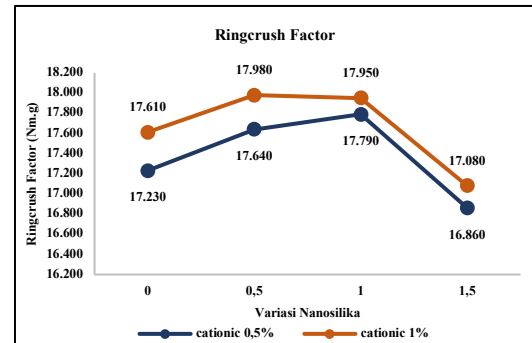


Gambar 6 Grafik Pengujian *Tensile Indeks*

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 mikroflokk *fines*. Pembentukan mikroflokk menyediakan saluran air yang lebih terbuka untuk meningkatkan proses *dewatering*.

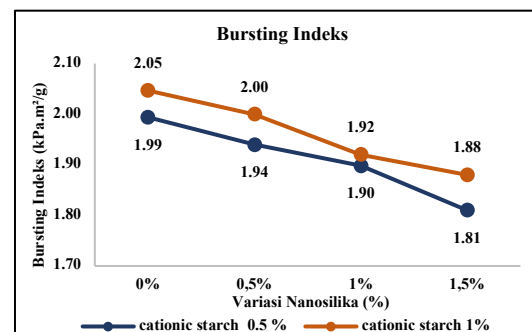
Ring crush adalah ketahanan tekan lingkaran kertas secara vertikal. *Properties* kertas ini sangat berpengaruh dalam produksi kertas coklat, terutama *liner medium*.



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 *ringcrush* ini karena adanya *fines* teretain dengan baik mengakibatkan komposisi *furnish* meningkat. *Fines* terikat pada sisi serat sehingga tidak mempengaruhi ikatan antar serat dan pada saat pengujian tepi lingkaran, kemampuan menahan tekanan lebih tinggi, dan nilai *ringcrush* meningkat.

Bursting strength atau ketahanan retak adalah gaya yang diperlukan untuk meretakkan selembar kertas yang dinyatakan dalam kg/cm² atau kPa. *bursting strength* dianggap penting untuk jenis kertas yang digunakan untuk menahan beban yang sangat berat seperti kardus atau kertas kemasan.

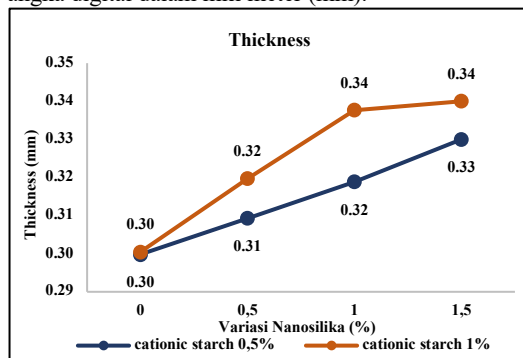


Gambar 8 Hasil Pengujian *Bursting Indeks*

Nilai *bursting indeks* optimum pada 0% nanosilika pada masing-masing variasi *cationic starch* yaitu 1,99 kPa.m²/g dan 2,05 kPa.m²/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 *finer* membentuk mikroflokk 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 *finer* yang teretain baik pada serat, sehingga komposisi 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 mikroflokk 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 flokk yang dihasilkan lebih kecil atau disebut mikroflokk. Dibandingkan penambahan *cationic starch* tanpa nanosilika yang menghasilkan flokk 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.m²/g dan 2,05 kPa.m²/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.

Research Paper Vol 4, No 1, Tahun 2022

- 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 (SiO₂) 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