

Alternatif penggunaan *wet strength agent* dengan kitosan modifikasi dan *cationic starch* pada kertas *interleave*

Edwin K. Sijabat^{1*}, Tetania Ade Putri R¹, dan Tri Prijadi Basuki¹

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

ABSTRAK

Penggunaan resin polimer jenis *wet strength* di industri pembuatan kertas memiliki beberapa kekurangan yaitu masih mengandung gugus monomer yang toksik, sulit terdegradasi, berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Perlu dilakukan sebuah inovasi mengenai resin kekuatan basah yang lebih *biodegradable*, penggunaan biopolimer menjadi hal yang menarik bagi para peneliti sebagai resin kekuatan basah. Salah satu jenis biopolimer adalah kitosan dimodifikasi dengan anhidrida maleat yang mempunyai karakteristik tidak beracun, dapat terurai secara hayati, anti bakteri, dan tidak berbau menjadikan kitosan modifikasi memiliki potensi digunakan sebagai alternatif resin kekuatan basah. Dengan penambahan *cationic starch*, kitosan modifikasi akan bekerja lebih efektif untuk menghasilkan *strength properties* yang baik pada kertas *interleave*. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh kitosan modifikasi dan *cationic starch* saat diaplikasikan sebagai alternatif *wet strength agent* yang dapat meningkatkan kekuatan basah dan kekuatan kering dengan melakukan variasi terhadap dosis kitosan modifikasi dan *cationic starch*. Nilai tertinggi *strength properties* terjadi pada kitosan modifikasi 0.7% dan *cationic starch* 1%, tetapi hasil % *tensile ratio* didapatkan nilai optimum pada kitosan modifikasi 0.7% dan *cationic starch* 0.5%. Kitosan umumnya digunakan sebagai *surface sizing agent* di industri kertas, pada penelitian ini kitosan modifikasi digunakan sebagai resin kekuatan basah yang diharapkan dapat memberi kontribusi kepada industri kertas untuk menjadi bahan pertimbangan sebagai alternatif *wet strength agent* yang lebih ramah lingkungan dan tetap terjaga kualitas produk kertas *interleave*.

Kata kunci: Anhidrida maleat, biopolimer, *cationic starch*, kekuatan basah, kertas *interleave*, kitosan modifikasi.

ABSTRACT

The use wet strength polymer resins in the paper making industry has several drawbacks, namely it still contain monomer groups which are toxic, difficult to degrade, dangerous to health and the environment. The use of biopolymers became an interesting thing for researchers to do innovation as a more biodegradable wet strength resin. There is a need innovation regarding more biodegradable wet strength resins, the use biopolymers is an interesting thing for researchers as wet strength resins. One type of biopolymer is modified chitosan with the maleic anhydride has the non-toxic characteristic, biodegradable, anti-bacterial, and odorless so that makes the modified chitosan has potential to be used as an alternative to wet strength resin. With the addition of cationic starch, modified chitosan will works more effectively to produce good strength properties on interleave paper. This study aims to determine the effects of the modified chitosan and cationic starch when applied as an alternative wet strength agent that can increase wet strength and dry strength by varying the dosage of modified chitosan and cationic starch. The highest value of strength properties occurred in the 0.7% modified chitosan and 1% cationic starch. However, the results showed that the optimum value for the % tensile ratio was 0.7% modified chitosan and 0.5% cationic starch. Chitosan is generally used as surface sizing agent in the paper industry, in this study the modified chitosan was used as a wet strength resin, that is expected to contribute to the paper industry to be a consideration as an alternative wet strength agent that is more environmentally friendly and maintained the quality of interleave paper products.

Keywords: Maleic Anhydride, biopolymer, *cationic starch*, *wet strength*, *interleave paper*, *chitosan modification*.

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

1. Pendahuluan

Perkembangan dalam bidang industri dan manufaktur mempunyai persaingan yang meningkat pada beberapa tahun belakangan ini. Hal tersebut disebabkan karena sejalan dengan berkembangnya sistem produksi, ilmu pengetahuan, dan teknologi yang semakin canggih untuk dilakukannya sebuah inovasi. Inovasi atau suatu pembaruan juga telah dikembangkan di industri pulp dan kertas pada produk *specialty paper*. *Specialty paper* merupakan kertas yang diproduksi untuk penggunaan tertentu, banyak jenis yang termasuk kedalam *specialty paper* diantaranya *base paper NCR (No Carbon Required)*, *greaseproof paper*, *wrapping paper*, *paper cup*, *interleave paper*, dll. Salah satu jenis *specialty paper* adalah kertas *interleave*. Kertas *interleave* digunakan sebagai kertas pelapis logam atau agar tidak terjadinya gesekan antar tumpukan baja, dapat melindungi baja dari kelembaban udara supaya produk baja tidak cepat korosi, tidak terjadi gesekan antar produk, terhindar dari kontaminan pada saat pengiriman, dan penyimpanan jangka panjang.

PT X merupakan industri yang memproduksi kertas *interleave*. Pada produksi kertas *interleave* terdapat penggunaan bahan kimia aditif yang masih mengandung toksisitas karena dapat merusak lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup. Salah satu bahan kimia aditif yang masih mengandung toksisitas dan digunakan untuk produksi kertas *interleave* adalah *wet strength agent*. *Wet strength agent* merupakan resin kekuatan basah yang digunakan dalam pembuatan kertas tingkat tahan kelembaban dan kekuatan basah. Bahan kimia tambahan ini digunakan pada beberapa jenis kertas tertentu. Serat selulosa disatukan oleh ikatan hidrogen yang sangat sensitif terhadap air, tingkatan ikatan hidrogen ini akan terus menurun seiring dengan meningkatnya kandungan air pada kertas. Karena adanya kebutuhan produk kertas yang dapat mempertahankan kekuatannya saat terkena kelembaban tinggi atau saat direndam dalam air, bahan aditif *wet strength agent* digunakan untuk membentuk ikatan kovalen dengan serat dan dapat memanipulasi ikatan hidrogen serat yang digunakan untuk melindungi serat dan dapat membuat kertas kuat pada kondisi basah. *Wet Strength agent* yang biasanya digunakan pada industri pulp dan kertas adalah PAE (*Poly Aminoaminade Epichlorohydrin*), namun jenis polimer ini mempunyai beberapa kekurangan yaitu masih termasuk kedalam monomer yang toxic, sulit terdegradasi, dan PAE ini terakhir kali terbukti berkontribusi pada emisi halogen organik yang dapat diserap (AOX) seperti gas *chlorine* dari pabrik kertas dan hal tersebut tidak dapat dihindari karena berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan sekitar (Yang *et al*, 2019).

Pada permasalahan kali ini perlu diadakannya suatu inovasi untuk tetap menjaga kualitas produk kertas *interleave* yang optimal, ramah lingkungan, dan penggunaan bahan kimia alternatif yang dapat diaplikasikan sebagai *wet strength agent* dengan memodifikasi kitosan menggunakan anhidrida maleat. Kitosan merupakan polisakarida alami berasal dari cangkang hewan jenis krustasea (biopolimer alami) yang dapat digunakan karena sifat yang ramah lingkungan, tidak beracun, anti bakteri dan mudah teruraikan (Adel *et al*, 2017). Kitosan sering dikenal di industri pembuatan kertas sebagai *surface sizing*, pada kali ini kitosan juga dipercaya mampu diaplikasikan sebagai *wet strength agent*. Gugus amina pada kitosan dapat bereaksi dengan aldehida selulosa dan akan menghasilkan ikatan kovalen baru. Namun, kitosan tidak dapat diaplikasikan secara langsung jika sebagai *wet strength agent*, perlu ditamahnya gugus fungsional karboksil dan anhidrida untuk meningkatkan kinerja *wet strength* nya. Penambahan anhidrida maleat yang mempunyai gugus karboksil dan anhidrida telah diteliti sebagai zat aditif yang ramah lingkungan (Zakaria, 2004).

Berdasarkan uraian di atas, perlu adanya alternatif *wet strength agent* yang ramah lingkungan dengan memodifikasi kitosan menggunakan anhidrida maleat, hal ini dikuatkan oleh penjelasan literatur bahwa kitosan yang dimodifikasi dengan anhidrida maleat dapat digunakan sebagai *wet strength agent* (Chen *et al*, 2013) jika kitosan diaplikasikan sebagai *wet strength agent* diikuti dengan penambahan *cationic starch* pada *stock* akan bekerja lebih efektif untuk menghasilkan kualitas kertas yang baik. Campuran kitosan dengan pati termodifikasi dapat digunakan sebagai zat aditif kertas untuk meningkatkan kekuatan kertas karena interaksi ion nya yang kuat. Karena serat mempunyai muatan negatif, aplikasi zat aditif dalam gugus kationik yang terikat pada rantai utama akan meningkatkan daya tarik antar ikatan molekul (Ashori *et al*, 2013). Dengan melihat potensi kegunaan kitosan modifikasi sebagai *wet strength agent* yang diikuti penambahan *cationic starch* dapat meningkatkan kualitas kertas *interleave*, telah dilakukan penelitian alternatif penggunaan *wet strength agent* dengan kitosan modifikasi dan *cationic starch* pada kertas *interleave*.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan bahan baku LBKP (*Leaf Bleached Kraft Pulp*) 100% dengan derajat giling (*freeness*) 300 CSF dan konsistensi 0.5%. Bahan kimia yang digunakan yaitu kitosan dengan DD (Derajat Deasetilasi) 90%, asam asetat 99.8%, anhidrida maleat, NaOH 99.9%, Aseton 99%, akuades, larutan *cationic starch*, larutan AKD (*Alkil Ketene*

Dimer), larutan CPAM (*Cationic Polyacrylamida*), larutan APAM (*Anionic Polyacrylamida*). Peralatan yang digunakan preparasi bahan baku yaitu *valley beater*, dispermat, *handsheet maker*, dan desikator. Sedangkan peralatan preparasi kitosan modifikasi menggunakan gelas ukur, timbangan digital, *vacuum*, *hot plate*, *magnetic stirer*, cawan, oven, mortar dan alu. Alat pengujian *wet end* dan *dry end* meliputi *freeness tester*, PCD (*Particle Charge Detector*), pH meter, *thermometer*, *tensile tester*, *tearing tester*, *bursting tester*, *cobb tester*, dan indikator pH.

2.1. Pembuatan Kitosan Modifikasi

Pembuatan kitosan modifikasi diawali dengan membuat larutan 1 gram kitosan dengan asam asetat 0.5% 100mL diaduk pada suhu ruang menggunakan dispermat hingga homogen dan saring larutan agar kotoran terpisah, pindahkan larutan ke dalam gelas kimia 250mL dan ditambahkan anhidrida maleat 1.75 gram, lalu dilakukan pengadukan pada suhu 50°C dengan kecepatan sedang menggunakan *magnetic stirer* diatas *hotplate*, larutan disaring dan dicuci menggunakan aseton serta akuades hingga pH ±5, setelah itu residu *gel* dicuci dengan NaOH 1M 10-15mL dan dilakukan pencucian kembali menggunakan akuades hingga pH netral, selanjutnya *gel* dipindahkan kedalam cawan dan dikeringkan dengan suhu 110°C selama ±5 jam. Kemudian padatan dihaluskan menggunakan mortar dan alu hingga menjadi serbuk kitosan modifikasi (kitosan-anhidrida maleat).

2.2. Pembuatan Handsheet dari Pulp LBKP

Pulp LBKP diambil sampel sebanyak 10 gram dan dikeringkan didalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam untuk dicek *moisture*, kemudian potong pulp dengan ukuran ±1.5 cm dan ditimbang hingga 333.33 gram lalu dilakukan disintegrasi menggunakan *valley beater* tanpa beban untuk mengetahui total konsistensi pada buburan kertas, setelah itu dilanjutkan penggilingan serat dengan *valley beater* dengan menggunakan beban hingga didapat nilai derajat giling (*freeness*) sebesar 300 CSF. Kemudian campurkan bahan baku dengan variasi bahan kimia terhadap kitosan modifikasi, *cationic starch*, AKD 0.3%, CPAM 0.08%, dan APAM 0.023%. Dilakukan pengujian *wet end* terhadap *stock* dan pengujian *dry end* terhadap *handsheet*. *Handsheet* dibuat skala laboratorium dengan gramatur 50g/m².

2.3. Analisis Wet End Stock dan Analisis Physical Properties Handsheet

Analisis *wet end* dilakukan terhadap *stock* yang sudah siap dibuat menjadi *handsheet*. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian muatan. Sedangkan analisis *physical properties* dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan kitosan modifikasi dan *cationic starch* terhadap sifat fisik *handsheet* yang dihasilkan.

Tabel 1. Variasi Pengujian dan Pembuatan Handsheet

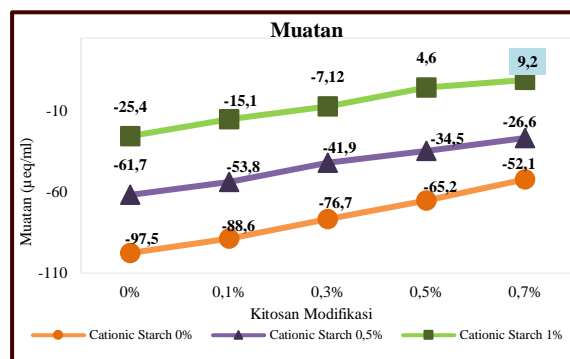
Kode	Variasi Bahan Kimia		Nilai Pengujian Wet End	Nilai Pengujian Physical Properties						
	Kitosan Modifikasi (%)	Cationic Starch (%)	Muatan (µeq/ml)	Wet Tensile Index (N.m/g)	Dry Tensile Index (N.m/g)	Tensile Ratio (%)	Bursting Index (kPa.m ² /g)	Tearing Index (mNm ² /g)	Cobb (g/m ²)	Surface pH
1A	0	0	-97,5	1,96	59,91	3,28	5,30	5,93	20,6	7,4
1B	0.1	0	-88,6	3,66	60,95	6,01	5,53	5,95	19,3	7,4
1D	0.3	0	-76,7	8,89	62,52	14,23	5,81	6,00	18,5	7,2
1C	0.5	0	-65,2	11,12	65,14	17,07	6,07	6,02	17,9	7,2
1E	0.7	0	-52,1	13,60	66,45	20,47	6,11	6,02	17,6	7
2A	0	0.5	-61,7	1,96	65,14	3,01	5,72	6,18	19,2	7,4
2B	0.1	0.5	-53,8	4,19	68,67	6,10	5,97	6,21	18,1	7,2
2C	0.3	0.5	-41,9	10,59	71,42	14,84	6,24	6,23	16,9	7,2
2D	0.5	0.5	-34,5	12,82	74,16	17,28	6,59	6,24	16,5	7
2E	0.7	0.5	-26,6	15,43	74,69	20,67	6,71	6,28	16,0	7
3A	0	1	-25,4	1,96	72,46	2,71	6,31	6,34	18	7,2
3B	0.1	1	-15,1	4,73	77,83	6,08	6,59	6,36	16,7	7,2
3C	0.3	1	-7,12	11,64	81,23	14,33	6,82	6,38	15,6	7
3D	0.5	1	4,6	14,52	84,37	17,21	7,08	6,42	15,3	7
3E	0.7	1	9,2	17,40	84,89	20,49	7,14	6,44	14,9	6,8

Dilakukan pengecekan muatan yang berfungsi untuk mendeteksi nilai *anionic trash* serta karakter *chemical additives*. Pengujian muatan dilakukan menggunakan metode DIN EN 61326. Pengujian sifat fisik lembaran terdiri dari *wet tensile index* menggunakan metode TAPPI T456 om-03, *dry tensile index* menggunakan metode TAPPI T494 om-96, *bursting index* menggunakan metode TAPPI T403 om-97, *tearing index* menggunakan TAPPI T414 om-98, daya serap air (*cobb size*) menggunakan metode TAPPI T441 om-98 dan *surface pH* menggunakan metode Japan TAPPI-6.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Muatan Stock

Pengujian muatan ini bertujuan untuk melihat bagaimana kondisi akhir dari muatan *stock*, dan pengaruh muatan-muatan dari bahan kimia pendukung lainnya terhadap *stock* tersebut. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik Pengujian Muatan

Muatan serat merupakan faktor penting yang memengaruhi proses pembuatan kertas serta sifat kertas. Serat selulosa mengandung berbagai gugus yang dapat terionisasi salah satunya adalah gugus hidroksil, muatan negatif pada serat disebabkan oleh gugus karboksil dan asam sulfonat (Nordell, 2006). Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa semakin ditambahkannya dosis *cationic starch* dan kitosan modifikasi akan menghasilkan muatan *stock* yang semakin positif. Kitosan memiliki gugus amina, dimana gugus tersebut mempunyai muatan positif dan mudah berikatan dengan muatan yang negatif, begitupun dengan *cationic starch* yang juga mempunyai muatan positif. Kitosan modifikasi dan *cationic starch* sama-sama bermuatan positif yang akan menyebabkan muatan anionik pada serat menjadi berkurang, karena gugus hidroksil pada serat telah terjadinya protonasi. Tetapi, ketika semakin tingginya dosis yang ditambahkan pada kitosan modifikasi harus dipertimbangkan karena akan mengubah nilai muatan menjadi lebih tinggi dan berpengaruh kepada keseragaman formasi kertas yang menyebabkan

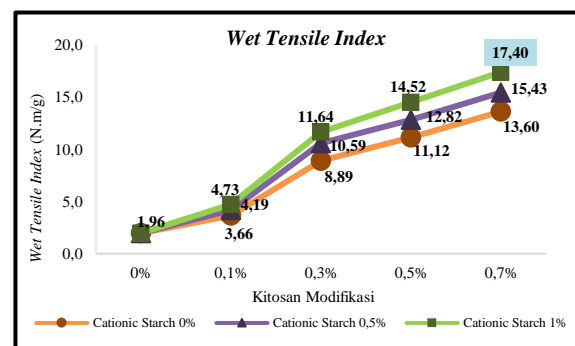
berkurangnya interaksi elektrostatis sehingga penurunan nilai kekuatan pada kertas akan terjadi. Nilai muatan tertinggi berada di angka 9,2 $\mu\text{eq/ml}$ dimana terdapat pada dosis *cationic starch* sebesar 1% dengan kitosan modifikasi sebesar 0,7%.

3.2. Pengujian Handsheet

Pada pengujian *handsheet* dilakukan pengujian pada masing-masing dosis terhadap sifat fisik yang dihasilkan. Pengecekan tersebut meliputi pengecekan indeks kekuatan tarik (*tensile strength*), kekuatan tarik dalam keadaan basah (*wet tensile strength*), perbandingan nilai kekuatan tarik pada saat kering dan pada saat basah (*%Tensile Ratio*), indeks kekuatan retak (*bursting strength*), indeks kekuatan sobek (*tearing strength*), dan *surface pH*.

3.2.1. Wet Tensile Index

Wet tensile index adalah kekuatan tarik kertas pada saat kondisi basah yang dibagi dengan gramatur kertas. Kekuatan tarik diuji setelah sample dibasahi dengan air pada kondisi yang ditentukan. Kondisi yang ditentukan pada pengujian ini yaitu diperlukan untuk menjenhukan sampel menggunakan air suling dengan cara pencelupan. Setelah dalam keadaan saturasi, *wet tensile* akan diuji menggunakan alat uji *tensile strength tester* (T 456 om-03). Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut:



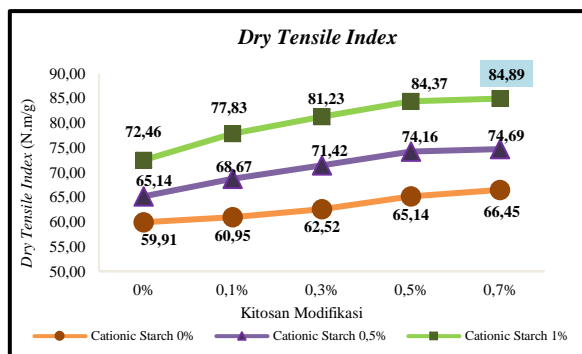
Gambar 2. Grafik Pengujian Wet Tensile Index

Wet Tensile index atau indeks kekuatan tarik basah terjadi peningkatan setelah ditambahkannya kitosan modifikasi terhadap semua dosis *cationic starch*. Tanpa ditambahkannya kitosan modifikasi, indeks kekuatan tarik basahnya adalah 1,96 Nm/g untuk semua dosis *cationic starch*. Hal ini terjadi karena *cationic starch* tidak dapat digunakan sebagai resin *wet strength agent* untuk meningkatkan indeks kekuatan tarik basahnya (Laleg and Pikulik, 1991). Ketika sampel memiliki kekuatan tarik basah yang rendah, sampel akan terendam seutuhnya karena tidak dapat menahan air. Pada dosis *cationic starch* 0% indeks kekuatan tarik basah meningkat dengan nilai tertinggi penambahan kitosan modifikasi 0,7% yaitu sebesar 13,60 Nm/g. Untuk dosis *cationic starch* 0,5% indeks kekuatan tarik basahnya meningkat pada penambahan kitosan modifikasi 0,7% yaitu 15,43 Nm/g. Dan untuk

dosis *cationic starch* 1% indeks kekuatan tarik basah meningkat dengan penambahan kitosan modifikasi 0,7% yaitu sebesar 17,40 Nm/g. Semakin banyak kitosan yang ditambahkan maka semakin banyak ikatan kovalen yang terbentuk sehingga kekuatan tarik basah meningkat. Reaksi kitosan modifikasi ini juga menghasilkan pembentukan ester antara maleat anhidrida-selulosa dan terbentuknya amida antara maleat anhidrida-kitosan, karena ikatan kimia yang baru terbentuk ini kekuatan tarik basah sampel meningkat (Chen, He, Zhang, dan Ni., 2018).

3.2.2. Dry Tensile Index

Tensile atau ketahanan tarik didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk menarik kertas pada ukuran tertentu kertas dapat putus (KN/m). 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. *Dry tensile index* adalah kekuatan tarik kertas pada saat kondisi kering yang dibagi dengan gramatur kertas akan diuji menggunakan alat uji *tensile strength tester* (T494 om-96). Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut:



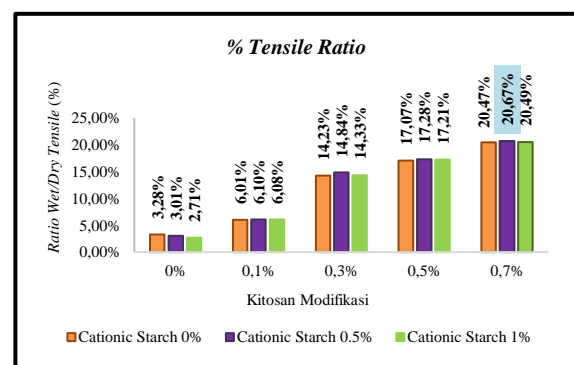
Gambar 3. Grafik Pengujian *Dry Tensile Index*

Dry tensile index atau indeks kekuatan tarik terjadi peningkatan secara signifikan ketika ditambahkan kitosan modifikasi terhadap semua dosis *cationic starch*. Tanpa ditambahkan kitosan modifikasi pada dosis *cationic starch* 0% nilai indeks tariknya adalah 59,91 Nm/g, nilai indeks tarik meningkat sebesar 65,14 Nm/g pada dosis *cationic starch* 0,5% dan 72,46 Nm/g pada dosis *cationic starch* 1%. Hal ini terjadi karena *cationic starch* merupakan zat aditif yang sering digunakan sebagai *dry strength agent* dalam pembuatan kertas untuk meningkatkan *dry strength* pada kertas. Secara keseluruhan, nilai tertinggi terjadi pada dosis *cationic starch* 1% dengan penambahan kitosan modifikasi 0,7% yaitu sebesar 84,89 Nm/g. Semakin bertambahnya dosis *cationic starch* dan kitosan modifikasi akan memberikan nilai yang semakin tinggi, karena bahan polimer pada *cationic starch* dan kitosan modifikasi dapat membantu ikatan yang terjalin antar serat, sehingga membantu serat agar meningkatkan kekuatan tarik

yang lebih optimal. Namun, penambahan pada kitosan modifikasi 0,7% disemua masing-masing dosis *cationic starch* mengalami peningkatan yang cenderung sedikit karena kitosan modifikasi hampir teradsorpsi sempurna pada serat selulosa terutama pada *fines*. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh ikatan kimia dan ikatan hidrogen yang terjadi antara kitosan dan *cationic starch*.

3.2.3. Tensile Ratio

Tensile Ratio diuji untuk mengetahui nilai perbandingan *tensile strength* pada saat kondisi basah dan kering. Pengujian ini dilakukan dalam bentuk presentase perbandingan antara kekuatan tarik basah (*wet tensile*) yang dibagi dengan kekuatan tarik kering (*dry tensile*). Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Pengujian % *Tensile Ratio*

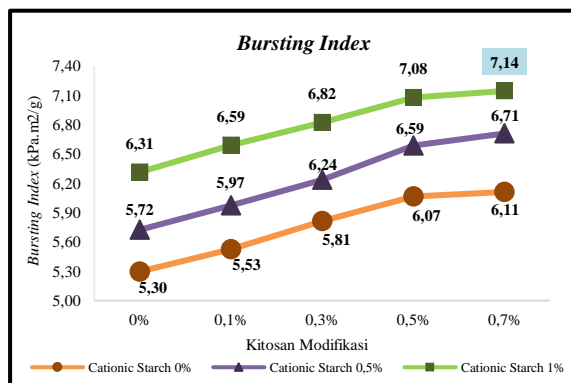
Ratio wet/dry tensile index meningkat seiring bertambahnya dosis *cationic starch* dan penambahan kitosan modifikasi. Nilai rasio tertinggi terdapat pada dosis kitosan modifikasi 0,7% dengan penambahan *cationic starch* 0,5% yaitu sebesar 20,67%. Kekuatan *handsheet* yang dibasahi menjelaskan dua mekanisme utama perkembangan kekuatan basah. Pada mekanisme pertama yaitu mekanisme perlindungan menunjukkan bahwa kitosan modifikasi ini telah didistribusikan kedalam serat melalui *cross-linked* yang membentuk jaringan tak larut disekitar dan melalui daerah kontak antar serat. Jaringan ini juga menghambat pembengkakan dan pemisahan *fines* sehingga mempertahankan kekuatan keringnya. Mekanisme kedua yaitu mekanisme penguatan yang menggambarkan reaksi aditif dengan selulosa untuk membentuk ikatan kovalen yang baru antar serat. Keterikatan ini melengkapi dan memperkuat ikatan hidrogen pada kekuatan basah, ikatan kovalen ini terjadi agar tidak terganggu oleh air dan menambahkan struktur agregatnya.

Terjadinya penurunan nilai rasio ketika semakin ditambahkan dosis *cationic starch* yang semakin tinggi, karena nilai rasio adalah hasil dari perbandingan dari indeks kekuatan basah dan kekuatan keringnya. *Cationic starch* dapat meningkatkan kekuatan kering yang signifikan, tetapi tidak dengan kekuatan basah yang meningkat tidak terlalu signifikan. Hal ini terjadi karena pada kekuatan basah

cationic starch tidak dapat berdiri sendiri dalam meningkatkan indeks kekuatan basahnya, dengan adanya penambahan kitosan modifikasi indeks kekuatan basah dapat meningkat pada semua dosis *cationic starch*. Nilai indeks kekuatan tarik yang lebih besar dibandingkan dengan indeks kekuatan tarik basahnya akan menyebabkan nilai %*tensile ratio* pada dosis kitosan modifikasi 0,7% terjadinya penurunan.

3.2.4. Bursting Index

Ketahanan retak (*bursting strength*) adalah gaya yang diperlukan untuk meretakkan selebar kertas yang dinyatakan dalam kg/cm^2 atau kPa. *Bursting* adalah tekanan hidrostatik dalam kPa atau psi yang dibutuhkan untuk meretakkan suatu bahan saat tekanan ditingkatkan pada kecepatan konstan oleh karet diafragma bundar dengan diameter 30,5 mm. *Bursting strength* dianggap penting untuk jenis kertas yang digunakan untuk menahan beban yang sangat berat. *Bursting index* adalah ketahanan retak pada kertas yang dibagi dengan gramatur kertas yang akan diuji menggunakan alat uji *bursting strength tester* (T403 om-97). Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 5 sebagai berikut:



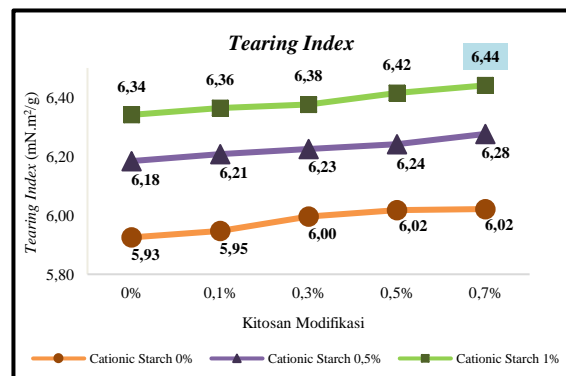
Gambar 5. Grafik Bursting Index

Pengaruh tingkat penambahan kitosan modifikasi pada indeks retak atau *bursting index* dengan variasi dosis *cationic starch* menunjukkan peningkatan yang signifikan. Indeks kekuatan retak ini menunjukkan hasil yang serupa seperti indeks kekuatan tarik dimana nilai tertinggi terjadi pada dosis *cationic starch* 1% dengan penambahan kitosan modifikasi 0,7% yaitu sebesar 7,14 kPa.m^2 . Hal ini terjadi karena *cationic starch* merupakan zat aditif yang sering digunakan sebagai *dry strength agent* dalam pembuatan kertas untuk meningkatkan *dry strength* pada kertas. Semakin bertambahnya dosis *cationic starch* akan memberikan nilai yang semakin tinggi dengan dosis kitosan modifikasi yang bertambah, faktor-faktor peningkatan kekuatan serat dipengaruhi oleh ikatan ion yang terjadi karena adanya penambahan bahan polimer *cationic starch* dan kitosan modifikasi yang bermuatan positif dan serat bermuatan negatif. Hal ini terjadi karena terdapatnya ikatan hidrogen pada serat yang dapat membentuk ikatan antar serat, sehingga membantu serat agar meningkatkan kekuatan retak yang lebih

optimal karena nilai indeks retak berbanding lurus dengan nilai indeks tarik. Nilai *bursting index* digunakan untuk menggambarkan kekuatan ikatan antar serat yang tersebar merata dan sebagai pembandingan nilai kekuatan yang lainnya. Karena dalam pengujiannya menggunakan tekanan yang diberikan dari bawah sampel, sehingga hasil keseragaman kekuatan yang dihasilkan ikatan antar serat lebih akurat (Rizal, 2018).

3.2.5. Tearing Index

Ketahanan sobek (*tearing strength*) adalah gaya dalam gram gaya (gf) atau milinewton (mN) yang diperlukan untuk menyobek kertas pada posisi standar. *Tearing index* adalah ketahanan sobek pada kertas yang dibagi dengan gramatur kertas yang akan diuji menggunakan alat uji *tearing strength tester* (T414 om-98). Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 6 sebagai berikut:

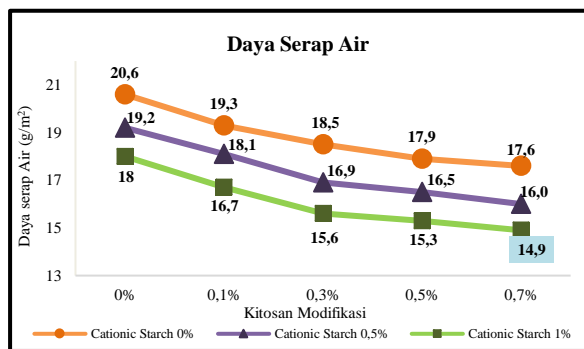


Gambar 6. Grafik Pengujian Tearing Index

Indeks kekuatan sobek dapat dilihat secara keseluruhan mengalami kenaikan berdasarkan hasil pengujian yang terlihat pada gambar 6 bahwa nilai indeks sobek pada *handsheet* menghasilkan nilai yang meningkat dengan meningkatnya juga dosis kitosan modifikasi dan diikuti dengan penambahan *cationic starch*. Peningkatan indeks sobek ini disebabkan karena jumlah selulosa yang terdapat pada bahan baku dan penggunaan polimer. Selulosa dan kitosan merupakan polimer yang berbasah dasar karbohidrat dan memiliki gugus hidroksil yang dapat membentuk ikatan hidrogen antar serat. Namun, reaksi antara kitosan modifikasi dengan *cationic starch* tidak menghasilkan kenaikan yang signifikan dalam peningkatan indeks sobek. Nilai terbaik *tearing index* yaitu pada dosis 0,7% kitosan modifikasi dengan ditmbahkannya *cationic starch* 1% adalah 6,44 mNm^2/g . Hal ini terjadi karena bahan polimer hanya berperan sedikit dalam peningkatan indeks sobek, polimer akan meningkatkan nilai kekuatan yang signifikan terhadap kekuatan tarik dan kekuatan pecah. Kekuatan sobek dipengaruhi signifikan oleh jumlah serat yang berada dalam lembaran, panjang serat, derajat fibrilasi dan jumlah ikatan antar serat. Karena pada penelitian ini dilakukan *beating* yang menyebabkan fibrilasi serat dengan nilai *freeness* yang sama untuk semua dosis yaitu sebesar 300 CSF.

3.2.6. Daya Serap Air

Daya serap air (*cobb*) didefinisikan sebagai jumlah gram air yang diserap oleh 1m² lembaran kertas dalam waktu tertentu yang diukur pada kondisi standar akan diuji menggunakan alat uji *cobb tester* (T441 om-98). Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 7 sebagai berikut:



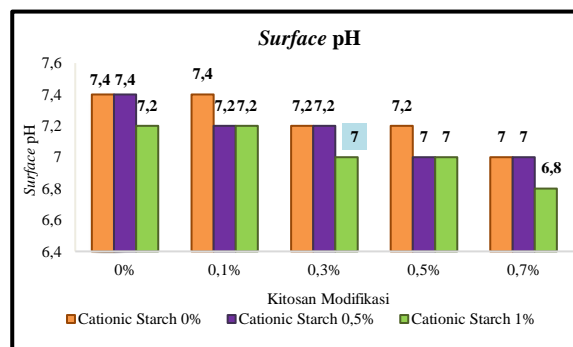
Gambar 7. Grafik Pengujian Daya Serap Air

Daya serap air merupakan kemampuan suatu kertas dalam menyerap air diantara sela-sela seratnya. Umumnya, kertas dapat menyerap air karena sifatnya yang higroskopis. Air dapat berikatan dengan serat selulosa membentuk solvasi sehingga menyebabkan kertas melunak dan rusak. Oleh karena itu, banyaknya air yang dapat diserap oleh kertas sangat tergantung pada ikatan serat pada kertas tersebut. Terjadi peningkatan ikatan kovalen karena meningkatnya konsentrasi kitosan yang ditambahkan pada kertas akan menghalangi air untuk berinteraksi dengan selulosa. Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat secara keseluruhan bahwa nilai *cobb* atau daya serap air pada setiap dosis *cationic starch* dan kitosan modifikasi menurun. Terjadinya penurunan nilai *cobb* pada sampel yang menggunakan kitosan modifikasi dibandingkan tanpa ditambahkan kitosan modifikasi pada masing-masing dosis *cationic starch*. Penurunan nilai daya serap air dipengaruhi dari sifat aditif yang hidrofobik. Bahan aditif ini akan mengubah sifat hidrofilik selulosa menjadi hidrofobik sehingga penyerapan air dapat berkurang (Reswin, 2017).

Pada kertas *interleave* dibutuhkan sifat tahan terhadap air karena kertas tersebut akan melapisi suatu produk lainnya seperti baja, jika kertas ini memiliki nilai daya serap air yang tinggi akan menyebabkan produk baja terkena air dan terjadinya korosi. Nilai optimum *cobb size* terjadi pada dosis kitosan modifikasi 0.7% dengan penambahan *cationic starch* 1% yaitu sebesar 14,9 g/m². Penurunan nilai daya serap air dengan semakin ditambahkan kitosan modifikasi karena larutannya memiliki viskositas yang cukup tinggi dan akan memperlambat laju penetrasi air setelah sampel menjadi basah dan ini dapat terjadi karena pembentukan ikatan hidrogen telah mencapai kesetimbangan, akibatnya penyerapan air dari sampel menjadi berkurang.

3.2.7. Surface pH

Pengujian *surface pH* dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman dari permukaan pada *handsheet*. Karena pada kertas *interleave* yang digunakan sebagai kertas pelapis baja harus mengandung pH yang basa, hal tersebut akan berpengaruh terhadap produk baja yang dibungkus oleh kertas *interleave* (Japan TAPPI-6). Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 8 sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik Pengujian *Surface pH*

Pada gambar 8 terlihat semakin ditambahkan kitosan modifikasi pada semua dosis *cationic starch* terjadinya penurunan yang tidak terlalu signifikan terhadap pH permukaan kertas. Sifat pH pada permukaan kertas ditentukan oleh ketersediaan gugus fungsi, dengan demikian penurunan pada sifat basa di permukaan kertas disebabkan oleh ikatan antara gugus kationik dari *cationic starch* dan sifat basa dari selulosa. Perubahan pH pada permukaan *handsheet* dengan penambahan kitosan memiliki sifat yang netral, tetapi dengan semakin bertambahnya *cationic starch* permukaannya bersifat asam (Ashori, Corderio, Faria, Hamzeh., 2013). Pengecekan *surface pH* merupakan salah satu parameter penting pada produk kertas *interleave*, karena kertas *interleave* ini akan kontak langsung dengan benda logam yang rawan terjadinya korosi pada produk logam tersebut. Dengan hasil yang paling baik terdapat nilai pH tepat pada kondisi netral (pH = 7), pencapaian kondisi netral ini dengan cepat pada dosis *cationic starch* 1% dan penambahan kitosan modifikasi 0,3%. Dengan hasil tersebut maka kitosan modifikasi ini cukup baik untuk diaplikasikan sebagai bahan aditif alternatif.

4. Kesimpulan

Kitosan yang dimodifikasi dengan anhidrida maleat dapat diaplikasikan sebagai alternatif *wet strength agent* dengan adanya kenaikan nilai *wet tensile index* tertinggi pada dosis kitosan modifikasi 0.7% sebesar 17.40 N.m/g. Dilakukannya penambahan *cationic starch* dapat memengaruhi kinerja kitosan modifikasi, hal ini dapat dilihat dari nilai *physical properties* yang dihasilkan terjadi kenaikan pada semua dosis *cationic starch* maupun dosis kitosan modifikasi dan dosis terbaik terjadi pada penggunaan kitosan modifikasi 0.7% dan *cationic starch* 1% untuk menaikkan *strength*

properties kertas *interleave* dengan nilai *wet tensile index* sebesar 17.40 N.m/g, *dry tensile index* sebesar 84.89 N.m/g, *bursting index* sebesar 7.14 kPa.m²/g, *tearing index* sebesar 6.44 mNm²/g dan nilai daya serap air sebesar 14.9 g/m². Sedangkan terjadinya dosis optimum nilai *tensile ratio* terjadi pada penggunaan kitosan modifikasi 0.7% dan *cationic starch* 0.5% sebesar 20.67% serta nilai *surface pH* terbaik pada nilai pH netral (pH=7) terjadi pada dosis kitosan modifikasi 0.3% dan *cationic starch* 1%.

5. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan penambahan variasi pada dosis kitosan modifikasi dan *cationic starch* karena dilihat dari penelitian ini didapatkan hasil *strength properties* yang masih terus terjadinya kenaikan ketika semakin bertambahnya dosis. Dan diharapkan untuk mengetahui penggunaan kitosan modifikasi sebagai aplikasi lainnya pada bidang industri pulp dan kertas maupun pada produk kertas lainnya yang menggunakan bahan aditif *wet strength agent*.

Ucapan terima kasih

Terimakasih kepada dosen pembimbing saya Bapak Dr. Edwin K. Sijabat, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Tri Prijadi Basuki yang telah membimbing saya dalam melaksanakan penelitian ini dari tahap penyusunan laporan Tugas Akhir hingga penulisan jurnal ini. Saya juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak Ribud, Bapak Jamil, Bapak Bima yang telah membimbing dan mengarahkan saya ketika penelitian sedang berlangsung. Ucapan terimakasih kepada Ibu Rachmawati Apriani dan Bapak La Ode Gusti sebagai penguji yang telah memberikan saran, ilmu dan masukan pada penelitian ini. Tak lupa juga saya ucapkan terimakasih kepada orang tua, keluarga dan sahabat saya yang selalu mendukung, memberikan do'a, motivasi, dan semangat kepada saya hingga pada tahap penulisan jurnal saat ini. Ucapan terimakasih juga kepada semua pihak yang telah berkontribusi pada penelitian saya baik secara langsung maupun tidak langsung.

Referensi

- Adel, A.M., Dupont, A.L., Yousef, A.H., El-Gendy, A., Paris, S., and El-Shinawy, N. 2017. "A Study of Wet and Dry Strength Properties of Unaged and Hygrothermally Aged Paper Sheets Reinforced With Biopolymer Composites". *Applied Polymer Science*, Vol. 131, No. 18, 40761-40774.
- Amin, I. C. 2018. Penggunaan Enzim pada Kertas Bekas yang Mengandung *Wet Strength* [Tugas Akhir]. Bekasi: Fakultas Vokasi, Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Institut Teknologi Sains Bandung.
- Andze, et al. 2018. "Effect of Molecular Chitosan on Recovered Paper Properties Described by a Mathematic Model". *Cellulose Chemistry and Technology*, Vol. 52, no. (9-10), 873-881.
- Ardiani, S., Rahmayanti, H. D., and Akmalia, N. 2020. "The Study of Paper Capilarity with a Simple Technique". *Publipreneur Polimedia: Jurnal Ilmiah Jurusan Penerbitan Politeknik Negeri Media Kreatif*, Vol. 8, No. 1.
- Ashori, A., Cordiero, N., Faria, M., and Hamzeh, Y. 2013. "Effect of Chitosan and Cationic Starch on the Surface Chemistry Properties of Bagasse Paper". *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol. 58, 343-348.
- Basu, S., Malik, S., Joshi, G., Gupta, P.K., and Bana, V. 2021. "Utilization of Bio-polymeric additives for a Sustainable Production Strategy in Pulp and Paper Manufacturing : A Comprehensive Review". *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2666-8939.
- Broek, L. A. M. V. D., and Boeriu, C. G. 2020. Chitin and Chitosan: Properties and Application. 1st Edition. Amerika: Willey-Blackwell.
- Chen, Z., He, Z., Zhang, L., and Ni, Y. 2018. "In-situ Grafting of Chitosan Onto Cellulosic Fibers Using Maleic Anhydride for Paper Wet Strength Improvement". *BioResource*, Vol. 13, No. 2, 4018-4028.
- Chen, Z., Zhang, H., Song, Z., and Qian, X. 2013. "Preparation and Application of Maleic Anhydride-Acylated Chitosan for Wet Strength Improvement of Paper". *Bio Resource*, Vol. 8, No.3, 3901-3911.
- Fu, Z., Zhang, L., Ren, M. H., and Bemiller, J. N. 2019. "Developments in Hydroxypropylation of Starch: A review". *Starch-Stärke*, Vol. 71, Article 1800167.
- Habibie, S., Hamzah, M., Anggaravidya, M., and Kalembang, E. 2016. "The Effect of Chitosan on Physical Properties of Paper". *Journal of Chemical Engineering and Materials Science*, Vol. 7, No. 1, 1-10.
- Hamed, I., özogul, F., and Regenstein, J. M. 2016. "Industrial Application of Crustacean by-Products (Chitin, Chitosan, and Chitooligosaccharides): A Review". *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 48, 40-50.
- Hamzeh, Y., Sabbaghi, S., Ashori, A., Abdulkhani, A., and Soltani, F. 2013. "Improving Wet and Dry Strength Properties of Recycled Old Corrugated Crton (OCC) Pulp Using Various Polymers".

- Carbohydrate Polymers*, Vol. 94, No. 1, 577-583.
- Jannah, M. 2017. Peningkatan Sifat Permukaan Kertas *Greaseproof* Melalui Penggunaan *Chitosan* Sebagai *Surface Sizing Agent* [Tugas Akhir]. Bekasi: Fakultas Vokasi, Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Institut Teknologi Sains Bandung.
- Khaleghi, et al. 2018. "Synthesis and Characterization of New Honey Incorporated Double-network Hydrogels Based on Poly(Vinyl Alcohol) and Acylated Chitosan". *Adv. Polymers Technology*, Vol. 37, 3596-3606.
- Knidri, H. E., Belaabed, R., Addaou, A., Laajeb, A., Lahsini, A. 2018. "Extraction, Chemical Modification and Characterization of Chitin and Chitosan". *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol. 120, 1181-1189.
- Laleg, M., and Pikulik, I. I. 1991. "Wet-web Strength Increase by Chitosan". *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, Vol. 6, 99-103.
- Lindström, T., Fellers, C., Ankerfors, M., and Nordmark, G. G. 2016. "On the nature of Joint Strength of Paper - Effect of Dry Strength Agents - Revisiting the Page Equation". *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, Vol. 31, 459-468.
- Long, Z., Wu, M., Peng, H., Dai, L., Zhang, D., and Wang, J. 2015. "Preparation and Oil-Resistant Mechanism of Chitosan/Cationic Starch Oil-Proof Paper". *Bio Resource*, Vol. 10, No. 4, 7907-7920.
- Nordell P. 2006. Wet Strength Development of Paper: Modification of cellulose fibres by adsorption of a natural bipolymer [Tesis]. Luleå: Departement of Applied Physics and Mechanical Engineering, Division of Engineering Materials, Luleå University of Technology.
- Pugazhendhi, et al. 2018. "A Review on Chemical Mechanism of Microalgae Flocculation via Polymers". *Biotechnology Reports*, Vol.20. e00302.
- Reswin, J. 2017. Pemanfaatan *Sludge* sebagai Bahan Campuran Pembuatan *Medium Paper* Menggunakan CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*) [Tugas Akhir]. Bekasi: Fakultas Vokasi, Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Institut Teknologi Sains Bandung.
- Rizal, M. A. 2018. Optimasi Pemakaian *Guar Gum* dalam Mempertahankan *Strength Properties* pada Kertas Tulis Cetak [Tugas Akhir]. Bekasi: Fakultas Vokasi, Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Institut Teknologi Sains Bandung.
- Roberts, J. C. 1996. *Paper Chemistry*. 2nd Edition. London: Blackie Academic & Professional
- Rohi, M., Ramezani, O., Rahmaninia, M., Zabihzadeh, S. M., and Hubbe, M. A. 2016. "Influence of Pulp Suspension pH on the Performance of Chitosan as a Strength Agent for Hardwood CMP Paper". *Cellulose Chemical Technology*, Vol. 50, No. 7-8, 873-878.
- Yang, D., Sotra, A., and Pelton, R. H. 2019. "Switching off PAE Wet Strength". *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, Vol. 34, No.1, 88-95.
- Zakaria, S. 2004. "Development of Wet Strength Paper With Dianhydride and Diacid". *Materials Chemistry and Physics*, Vol. 09, No.35, 239-243.