

Penggunaan Kitosan Modifikasi dan Pati Kationik sebagai Resin Penguat Basah pada Kertas *Interleave*

Edwin K. Sijabat*, Tetania Ade Putri R, Tri Prijadi Basuki

Institut Teknologi Sains Bandung, Jl. Ganesha Boulevard No.1, Kabupaten Bekasi, Indonesia

Diterima : 18 Mei. 2022 Revisi akhir : 20 Mei 2022 Disetujui terbit : 30 Juni 2022

Use of Modified Chitosan and Cationic Starch as Wet Strength Agents on Interleave Paper

Abstract

Wet strength resins commonly used in the paper industry to date are formaldehyde-derived resins, epichlorohydrin polyamide resins, and epoxide resins. These conventional resins have weaknesses such as containing monomer groups that are toxic, difficult to degrade and harmful to health and the environment. Therefore, it is necessary to innovate to overcome these weaknesses, one of which is the development of biopolymer resins. One type of biopolymer is chitosan modified with maleic anhydride so that it has the characteristics of being non-toxic, biodegradable, anti-bacterial, and odorless. With the addition of cationic starch, modified chitosan will work more effectively to produce good strength properties on interleave paper. This laboratory scale study aims to determine the effect of the addition of modified chitosan and cationic starch on the wet and dry strength properties of paper. The test results showed that the addition of 0.7% modified chitosan and 1% cationic starch gave the highest strength properties. The addition of modified chitosan and cationic starch affects the physical properties of the paper such as wet and dry tensile strength index, tearing strength index, bursting strength index, water absorption, and surface pH.

Keywords: maleic anhydride, cationic starch, wet strength, interleave paper, modified chitosan

Abstrak

Resin-resin penguat basah yang umum digunakan di industri kertas hingga saat ini adalah resin turunan formaldehid, resin poliamida epiklorohidrin, dan resin epoksida. Resin-resin konvensional ini memiliki kelemahan diantaranya mengandung gugus monomer yang toksik, sulit terdegradasi, berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Oleh karenanya perlu dilakukan inovasi untuk mengatasi kelemahan tersebut, salah satunya adalah pengembangan resin biopolimer. Salah satu jenis biopolimer adalah kitosan dimodifikasi dengan anhidrida maleat sehingga memiliki karakteristik tidak beracun, dapat terurai secara hayati, anti bakteri, dan tidak berbau. Dengan penambahan pati kationik, kitosan modifikasi akan bekerja lebih efektif untuk menghasilkan sifat kekuatan yang baik pada kertas *interleave*. Penelitian skala laboratorium ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kitosan yang dimodifikasi dan pati kationik terhadap sifat kekuatan basah dan kering kertas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan 0,7% kitosan yang dimodifikasi dan pati kationik 1% memberikan sifat kekuatan paling tinggi. Penambahan kitosan modifikasi dan pati kationik berpengaruh pada sifat fisik kertas seperti indeks tarik basah dan kering, indeks sobek, indeks retak, daya serap air dan pH pada permukaan.

Kata Kunci: anhidrida maleat, pati kationik, kekuatan basah, kertas *interleave*, kitosan modifikasi

Pendahuluan

Resin penguat basah merupakan bahan kimia tambahan yang digunakan untuk menaikkan kekuatan kertas dalam kondisi basah dan tahan kelembapan. Resin penguat basah digunakan pada beberapa jenis kertas tertentu seperti kertas tisu, kertas kemasan, kertas khusus, dan kertas *interleave* (Liang *et al.*, 2020). Suatu industri manufaktur yang berlokasi di Jawa Timur merupakan industri yang memproduksi kertas *interleave*. Kertas *interleave* adalah kertas yang digunakan sebagai kertas pelapis untuk mengemas dan melindungi produk baja agar tidak terjadi gesekan antar tumpukan baja, dapat melindungi baja dari kelembapan udara supaya produk baja tidak cepat korosi, tidak terjadi gesekan antar produk, terhindar dari kontaminan pada saat pengiriman, dan penyimpanan jangka panjang. Parameter penting yang harus diperhatikan pada pembuatan kertas *interleave* yaitu kekuatan sifat fisik (*strength properties*), tahan terhadap kelembapan dan cairan, serta pH permukaan kertas.

Pada proses pembuatan kertas *interleave* menggunakan bahan aditif resin penguat basah terutama jenis PAE (*Polyamideamine-epichlorohydrin*). PAE dapat teradsorpsi dari larutan ke serat selulosa pada konsentrasi mulai dari 0,2% hingga 1% dari berat kering serat. PAE memiliki gugus amina kationik untuk retensi pada serat selulosa dan gugus azetidinium untuk ikatan kovalen dengan gugus karboksil pada serat (Huang *et al.*, 2017). Saat ini, resin PAE paling banyak digunakan untuk semua jenis kertas selulosa karena PAE dapat membuat dua ikatan silang yaitu ikatan silang sendiri (*self-crosslinking*) dan ikatan silang bersama (*co-crosslinking*). PAE juga dapat mengubah pengaruh kelembapan kertas (Zhang *et al.*, 2018). Namun jenis polimer ini mempunyai beberapa kekurangan seperti mengandung monomer yang toksik, sulit terdegradasi, dan PAE terakhir kali terbukti berkontribusi pada emisi halogen organik yang dapat diserap (AOX) seperti gas klorin dari pabrik kertas dan hal tersebut tidak dapat dihindari akan merusak lingkungan sekitar dan berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup (Yang *et al.*, 2019).

Upaya yang dapat dilakukan pada penggunaan resin penguat basah dengan suatu inovasi dan pengembangan untuk tetap menjaga kualitas produk kertas *interleave* yang optimal, dan

ramah lingkungan, yaitu dengan menggunakan biopolimer alami. Penggunaan biopolimer harus memenuhi beberapa persyaratan diantaranya memiliki ikatan seperti selulosa, ketersediaan dan kemampuan untuk digunakan dalam berbagai bentuk (bubuk, larutan, dan gel), struktur kimia yang linier tetapi sebagai gantinya gugus hidroksil terdapat gugus reaktif lainnya, tidak beracun, biokompatibilitas dengan selulosa sehingga tidak mengganggu ikatan hidrogen dan dapat membentuk ikatan baru, dengan demikian biopolimer ini sangat efisien dalam menetralkan serat yang bermuatan negatif (Hamed *et al.*, 2016). Salah satu biopolimer yang dapat digunakan dalam industri pulp dan kertas dan memiliki persyaratan tersebut adalah kitosan. Kitosan merupakan polisakarida alami yang berasal dari cangkang hewan jenis krustasea yang dapat digunakan karena sifat yang ramah lingkungan, tidak beracun, anti bakteri, tidak berbau dan mudah teruraikan (Adel *et al.*, 2014). Gugus amina pada kitosan dapat bereaksi dengan aldehida selulosa dan akan menghasilkan ikatan kovalen baru. Namun, kitosan tidak dapat diaplikasikan secara langsung jika sebagai resin penguat basah, perlu ditambahkan gugus fungsional karboksil dan anhidrida untuk meningkatkan kinerja kekuatannya. Penambahan anhidrida maleat yang mempunyai gugus karboksil dan anhidrida telah diteliti sebagai zat aditif yang ramah lingkungan (Chen *et al.*, 2013). Banyaknya keunggulan dari penggunaan kitosan modifikasi ini, tetapi terdapat juga kelemahannya yaitu pada harga yang masih relatif mahal di Indonesia dan belum adanya industri kimia membuat kitosan yang telah dimodifikasi dengan anhidrida maleat dalam skala industri sehingga dapat digunakan sebagai resin penguat basah.

Kitosan dikenal di industri pembuatan kertas sebagai *surface sizing*, sedangkan pada penelitian ini kitosan dapat diaplikasikan sebagai resin penguat basah. Inovasi dilakukan pada resin penguat basah yang ramah lingkungan dengan memodifikasi kitosan menggunakan anhidrida maleat. Ketika kitosan modifikasi diaplikasikan sebagai resin penguat basah dan diikuti dengan penambahan pati kationik pada buburan akan bekerja lebih efektif untuk menghasilkan kualitas kertas yang baik. Campuran kitosan modifikasi dengan pati kationik dapat digunakan sebagai zat aditif kertas untuk meningkatkan kekuatan kertas karena interaksi ionnya yang kuat (Ashori *et al.*, 2013). Berdasarkan uraian tersebut terdapat

potensi kegunaan kitosan yang dimodifikasi dengan anhidrida maleat sebagai resin penguat basah dengan penambahan pati kationik yang dapat meningkatkan kualitas kertas *interleave*.

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 Polyacrylamide*), larutan APAM (*Anionic Polyacrylamide*). Peralatan yang digunakan pada 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 stirrer*, 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.

Pembuatan Kitosan Modifikasi

Dibuat larutan 1 gram kitosan dengan asam asetat 0,5% 100mL, diaduk pada suhu ruang hingga homogen lalu disaring. Kemudian tambahkan anhidrida maleat 1,75 gram, lalu dilakukan pengadukan pada suhu 50°C, selanjutnya larutan disaring dan dicuci menggunakan aseton serta akuades hingga pH ±5, setelah itu residu *gel* dicuci dengan NaOH 1M 10-15 mL dan dilakukan pencucian kembali menggunakan akuades hingga pH netral. *Gel* dipindahkan kedalam cawan dan dikeringkan dengan suhu 110°C selama ±5 jam. Padatan dihaluskan menggunakan mortar dan alu hingga menjadi serbuk kitosan modifikasi (kitosan-anhidrida maleat).

Pembuatan Handsheet dari Pulp LBKP

Pulp LBKP yang telah diketahui kadar airnya, ditimbang 333,33 g (berat kering) dipotong-potong kemudian dilakukan proses penggilingan pada *valley beater* dengan konsistensi 1,5% hingga mencapai derajat giling (*freeness*) 300 mL CSF. Proses pencampuran bahan kimia

dilakukan secara berurutan dengan variasi penambahan kitosan yang dimodifikasi dan pati kationik ditampilkan pada **Tabel 1**. Serta dosis tetap masing-masing CPAM 0,08%, APAM 0,023%, dan AKD 0,3%. Pembuatan *handsheet* dilakukan untuk gramatur 50 g/m² dengan metode pengeringan pada suhu 90°C.

Metode Analisis Data

Analisis *wet end* dilakukan terhadap buburan yang sudah siap dibuat menjadi *handsheet*. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian muatan. Selanjutnya dilakukan analisis menggunakan uji statistik untuk mengetahui pengaruh penambahan kitosan modifikasi dan pati kationik terhadap sifat fisik *handsheet* yang dihasilkan. Variasi dosis penelitian kitosan modifikasi dan pati kationik disajikan pada **Tabel 1**.



Gambar 1. Serbuk Kitosan Modifikasi

Tabel 1. Variasi Dosis Bahan Kimia

Kode	Variasi Bahan Kimia	
	Kitosan Modifikasi (%)	Pati Kationik (%)
1A	0	0
1B	0,1	0
1C	0,3	0
1D	0,5	0
1E	0,7	0
2A	0	0,5
2B	0,1	0,5
2C	0,3	0,5
2D	0,5	0,5
2E	0,7	0,5
3A	0	1
3B	0,1	1
3C	0,3	1
3D	0,5	1
3E	0,7	1

Selanjutnya, dilakukan pengecekan muatan yang berfungsi untuk mendeteksi nilai *anionic trash* serta karakter bahan kimia. Pengujian muatan dilakukan menggunakan metode DIN EN 61326. Pengujian sifat fisik lembaran terdiri dari indeks tarik basah menggunakan metode TAPPI T456 om-03, indeks tarik kering menggunakan metode TAPPI T494 om-96, indeks retak menggunakan metode TAPPI T403 om-97, indeks sobek menggunakan TAPPI T414 om-98, daya serap air (*Cobb*) menggunakan metode TAPPI T441 om-98 dan pH pada permukaan menggunakan metode Japan TAPPI-6. Hasil pengujian *wet end* dan *dry end* dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Hasil dan Pembahasan

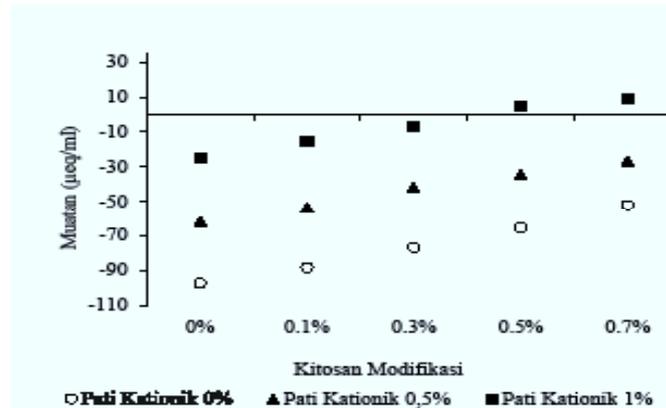
Pengujian Muatan Buburan

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 2**.

Muatan serat merupakan faktor penting yang memengaruhi proses pembuatan kertas serta sifat kertas. Parameter uji muatan dalam proses pembuatan kertas berfungsi untuk mengetahui *level anionic trash* yang terkandung dalam buburan stok termasuk bahan kimia, maupun muatan dalam bahan baku yang di gunakan. Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa semakin ditambahkannya dosis pati kationik dan kitosan modifikasi akan menghasilkan muatan buburan yang semakin positif. Karena kitosan memiliki gugus amina, dimana gugus tersebut mempunyai muatan positif dan mudah berikatan dengan serat yang memiliki muatan negatif, begitupun dengan pati kationik yang juga mempunyai muatan positif. Hal ini akan menyebabkan muatan anionik pada serat menjadi berkurang, karena gugus hidroksil pada serat telah terjadinya protonasi. Muatan buburan yang lebih negatif harus ditambahkan bahan kimia yang bermuatan positif, sehingga dapat menepel pada serat. Nilai muatan yang baik dan target di industri ketika muatan mempunyai nilai yang mendekati dengan netral (0 $\mu\text{eq/mL}$) sebelum buburan stok dibentuk lembaran (Nurfardiza,

Tabel 2. Hasil Pengujian *Wet end* dan *Dry end*

Kode	Nilai Pengujian <i>Wet End</i>		Nilai Pengujian Sifat Fisik					
	Muatan ($\mu\text{eq/ml}$)	Indeks Tarik Basah (N.m/g)	Indeks Tarik Kering (N.m/g)	Rasio Kekuatan Tarik (%)	Indeks Retak (kPa. m^2/g)	Indeks Sobek (mNm^2/g)	Daya Serap Air (<i>Cobb size</i>) (g/m^2)	pH Permukaan
1A	-97,5	1,96	59,91	3,28	5,30	5,93	20,6	7,4
1B	-88,6	3,66	60,95	6,01	5,53	5,95	19,3	7,4
1C	-76,7	8,89	62,52	14,23	5,81	6,00	18,5	7,2
1D	-65,2	11,12	65,14	17,07	6,07	6,02	17,9	7,2
1E	-52,1	13,60	66,45	20,47	6,11	6,02	17,6	7
2A	-61,7	1,96	65,14	3,01	5,72	6,18	19,2	7,4
2B	-53,8	4,19	68,67	6,10	5,97	6,21	18,1	7,2
2C	-41,9	10,59	71,42	14,84	6,24	6,23	16,9	7,2
2D	-34,5	12,82	74,16	17,28	6,59	6,24	16,5	7
2E	-26,6	15,43	74,69	20,67	6,71	6,28	16,0	7
3A	-25,4	1,96	72,46	2,71	6,31	6,34	18	7,2
3B	-15,1	4,73	77,83	6,08	6,59	6,36	16,7	7,2
3C	-7,12	11,64	81,23	14,33	6,82	6,38	15,6	7
3D	4,6	14,52	84,37	17,21	7,08	6,42	15,3	7
3E	9,2	17,40	84,89	20,49	7,14	6,44	14,9	6,8



Gambar 2. Pengujian Muatan

2020). Ketika semakin tinggi dosis yang ditambahkan pada kitosan modifikasi harus dipertimbangkan karena akan mengubah nilai muatan menjadi lebih tinggi atau lebih positif dan berpengaruh kepada keseragaman formasi kertas yang menyebabkan berkurangnya interaksi elektrostatis sehingga penurunan nilai kekuatan pada kertas akan terjadi. Nilai optimum terjadi di angka $4,6 \mu\text{eq/mL}$ dimana terdapat pada dosis pati kationik sebesar 1% dengan kitosan modifikasi sebesar 0,5%.

Pengujian Handsheet

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

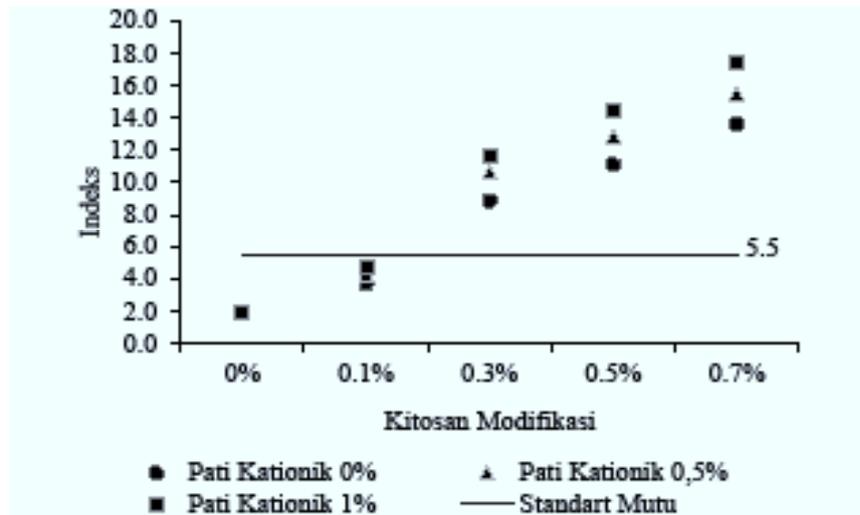
Indeks Tarik Basah

Hasil pengujian indeks tarik basah dapat dilihat pada **Gambar 3**. Indeks tarik basah terjadi peningkatan setelah ditambahkan kitosan modifikasi terhadap semua dosis pati termodifikasi. Tanpa ditambahkan kitosan modifikasi, indeks tarik basahnya adalah $1,96 \text{ Nm/g}$ untuk semua dosis pati kationik. Hal ini terjadi karena pati kationik tidak dapat digunakan sebagai resin penguat basah untuk meningkatkan indeks tarik basahnya (Laleg and Pikulik, 1991).

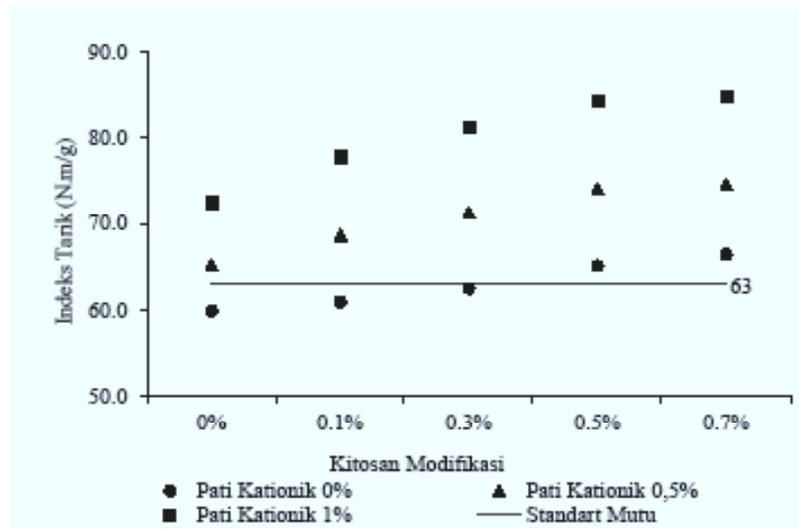
Ketika sampel memiliki kekuatan tarik basah yang rendah, sampel akan terendam seutuhnya karena tidak dapat menahan air. Pada indeks tarik basah mempunyai nilai standar mutu sebesar $5,5 \text{ Nm/g}$ dapat dilihat pada **Gambar 3** nilai yang berada di atas standar mutu berada mulai dari dosis kitosan modifikasi 0,3% dan pati kationik 0%. Hasil terbaik terjadi pada dosis pati kationik 1% dengan penambahan kitosan modifikasi 0,7% yaitu sebesar $17,40 \text{ Nm/g}$. Semakin banyak kitosan yang ditambahkan maka semakin banyak ikatan kovalen yang terbentuk sehingga kekuatan tarik basahnya 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 *et al.*, 2018).

Indeks Tarik Kering

Hasil pengujian indeks tarik kering dapat dilihat pada **Gambar 4**. Indeks tarik kering terjadi peningkatan secara signifikan ketika ditambahkan kitosan modifikasi terhadap semua dosis pati kationik. Tanpa ditambahkan kitosan modifikasi pada dosis pati kationik 0% nilai indeks tariknya adalah $59,91 \text{ Nm/g}$, nilai indeks tarik meningkat sebesar $65,14 \text{ Nm/g}$ pada dosis pati kationik 0,5% dan $72,46 \text{ Nm/g}$ pada dosis pati kationik 1%. Hal ini terjadi karena pati kationik merupakan zat aditif yang sering digunakan sebagai bahan aditif kekuatan kering dalam pembuatan kertas untuk meningkatkan kekuatan tarik pada kertas. Pada indeks tarik kering mempunyai nilai standar mutu sebesar 63 Nm/g dapat dilihat pada **Gambar 4** nilai yang berada di atas standar mutu berada mulai dari



Gambar 3. Indeks Tarik Basah



Gambar 4. Indeks Tarik Kering

dosis kitosan modifikasi 0,3% dan pati kationik 0,5%. Secara keseluruhan, nilai tertinggi terjadi pada dosis pati kationik 1% dengan penambahan kitosan modifikasi 0,7% yaitu sebesar 84,89 Nm/g. Semakin bertambahnya dosis pati kationik dan kitosan modifikasi akan memberikan nilai yang semakin tinggi, karena bahan polimer pada pati kationik dan kitosan modifikasi dapat membantu ikatan yang terjalin antar serat, sehingga membantu serat agar meningkatkan kekuatan tarik yang lebih optimal (Basu *et al.*, 2021). Namun, penambahan pada kitosan modifikasi 0,7% disemua masing-masing dosis pati kationik mengalami peningkatan yang cenderung sedikit karena kitosan modifikasi hampir teradsorpsi sempurna pada serat selulosa terutama pada *finer*. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh ikatan kimia

dan ikatan hidrogen yang terjadi antara kitosan dan pati kationik.

Rasio Kekuatan Tarik

Rasio kekuatan tarik diuji untuk mengetahui nilai perbandingan kekuatan tarik pada saat kondisi basah dan kering. Pengujian ini dilakukan dalam bentuk persentase perbandingan antara indeks tarik basah yang dibagi dengan indeks tarik kering. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Gambar 5**.

Rasio kekuatan tarik meningkat seiring bertambahnya dosis pati kationik dan kitosan modifikasi (**Gambar 5**). Nilai yang berada di atas standar mutu berada mulai dari dosis kitosan modifikasi 0,3% dan pati kationik 0%. Nilai rasio

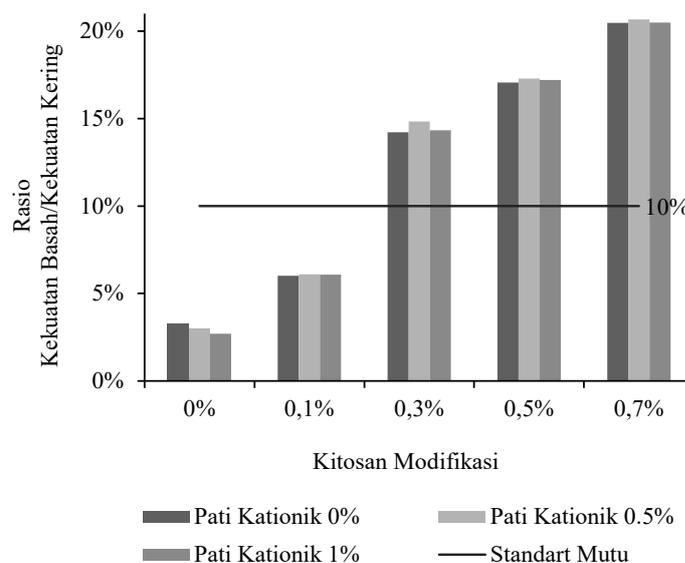
optimum terdapat pada dosis kitosan modifikasi 0,7% dengan penambahan pati kationik 0,5% sebesar 20,67%. Kekuatan *handsheet* yang dibasahi menjelaskan dua mekanisme utama pengembangan kekuatan basah. Mekanisme pertama yaitu mekanisme perlindungan menunjukkan bahwa kitosan modifikasi ini telah didistribusikan ke dalam serat melalui ikatan silang 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.

Penurunan nilai rasio terjadi ketika dosis pati kationik semakin ditambah. Pati kationik dapat meningkatkan kekuatan kering yang signifikan, tetapi kekuatan basah meningkat tidak terlalu signifikan. Hal ini terjadi karena pada kekuatan basah pati kationik tidak dapat berdiri sendiri dalam meningkatkan indeks basahnya (Andze *et al.*, 2018). Penambahan kitosan modifikasi meningkatkan indeks basah pada semua dosis pati kationik. Nilai indeks tarik kering yang lebih besar dibandingkan dengan indeks tarik basahnya

akan menyebabkan nilai % rasio kekuatan tarik pada dosis kitosan modifikasi 0,7% terjadinya penurunan.

Indeks Retak

Hasil pengujian indeks retak dapat dilihat pada **Gambar 6**. Pengaruh tingkat penambahan kitosan modifikasi pada indeks retak atau *bursting index* dengan variasi dosis pati kationik menunjukkan peningkatan yang signifikan. Pada indeks retak mempunyai nilai standar mutu sebesar 6 kPa.m²/g dapat dilihat pada **Gambar 6** nilai yang berada diatas standar mutu berada mulai dari dosis kitosan modifikasi 0,5% dan pati kationik 0%. Indeks retak ini menunjukkan hasil yang serupa seperti indeks tarik dimana nilai tertinggi terjadi pada dosis pati kationik 1% dengan penambahan kitosan modifikasi 0,7% yaitu sebesar 7,14 kPa.m²/g. Hal ini terjadi karena pati kationik merupakan zat aditif yang sering digunakan sebagai aditif kekuatan kering dalam pembuatan kertas untuk meningkatkan kekuatan kering pada kertas. Semakin bertambahnya dosis pati kationik 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 pati kationik dan kitosan modifikasi yang bermuatan positif dan serat bermuatan negatif. Hal ini

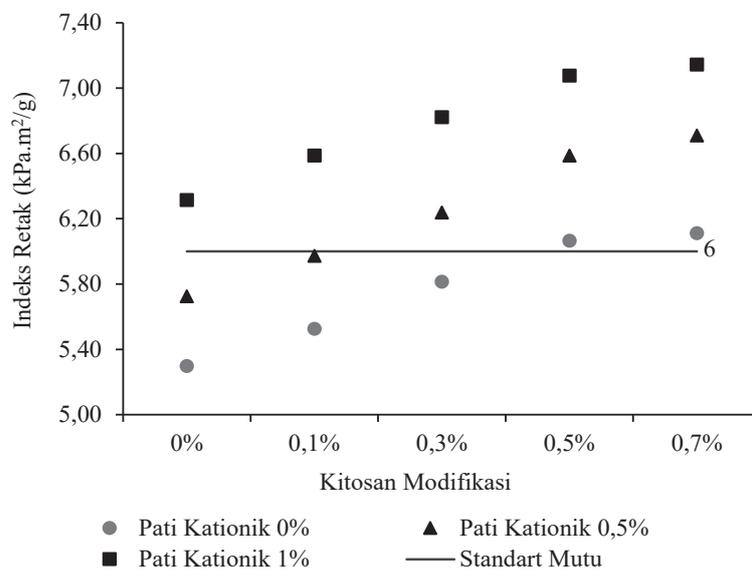


Gambar 5. Grafik Pengujian Rasio Kekuatan Tarik

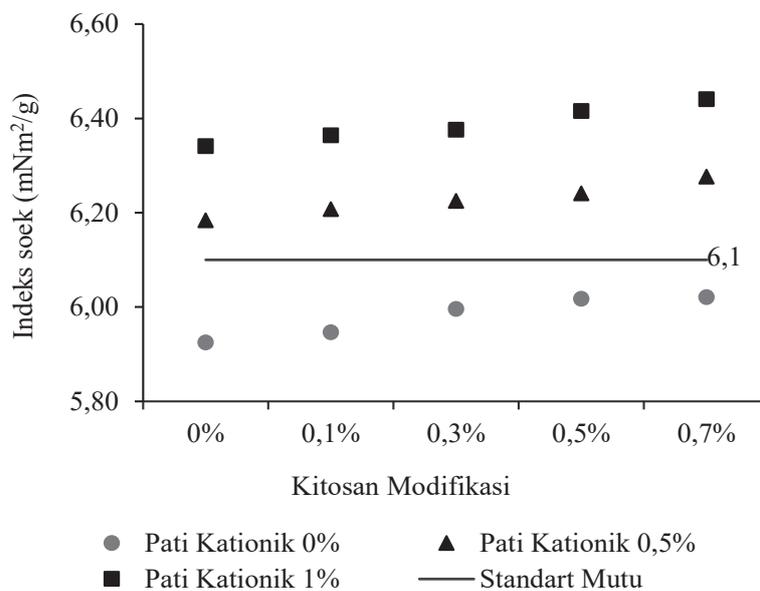
terjadi karena terdapatnya ikatan hidrogen pada serat yang dapat membentuk ikatan antar serat, sehingga membantu serat agar meningkatkan kekuatan retak yang lebih optimal karena nilai indeks retak berbanding lurus dengan nilai indeks tarik. Nilai indeks retak digunakan untuk menggambarkan kekuatan ikatan 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).

Indeks Sobek

Hasil pengujian indeks sobek dapat dilihat pada **Gambar 7**. Indeks sobek dapat dilihat secara keseluruhan mengalami kenaikan berdasarkan hasil pengujian bahwa nilai indeks sobek pada *handsheet* menghasilkan nilai yang meningkat dengan meningkatnya juga dosis kitosan modifikasi dan diikuti dengan penambahan pati kationik. Peningkatan indeks sobek ini disebabkan karena jumlah selulosa yang terdapat pada bahan baku dan penggunaan polimer. Selulosa dan kitosan merupakan polimer yang berbahan dasar



Gambar 6. Indeks Retak



Gambar 7. Indeks Sobek

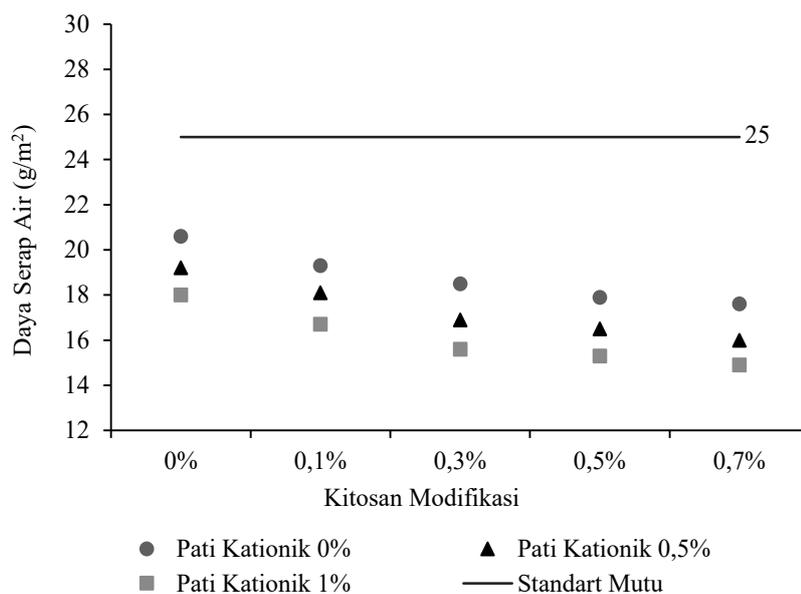
karbohidrat dan memiliki gugus hidroksil yang dapat membentuk ikatan hidrogen antar serat. Namun, reaksi antara kitosan modifikasi dengan pati kationik tidak menghasilkan kenaikan yang signifikan dalam peningkatan indeks sobek. Pada indeks sobek mempunyai nilai standar mutu sebesar $6,1 \text{ mNm}^2/\text{g}$ dapat dilihat pada **Gambar 7** nilai yang berada diatas standar mutu berada mulai dari dosis kitosan modifikasi 0% dan pati kationik 1%. Nilai terbaik indeks sobek yaitu pada dosis 0,7% kitosan modifikasi dengan ditmbahkannya pati kationik 1% adalah $6,44 \text{ mNm}^2/\text{g}$. Hal ini terjadi karena bahan polimer hanya berperan sedikit dalam peningkatan indeks sobek, polimer akan meningkatkan nilai kekuatan yang signifikan terhadap kekuatan tarik dan kekutan 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* atau penggilingan serat yang menyebabkan fibrilasi serat dengan nilai *freeness* yang sama untuk semua dosis yaitu sebesar 300 mL CSF.

Daya Serap Air (*Cobb*)

Hasil pengujian daya serap air dapat dilihat pada **Gambar 8**. Daya serap air merupakan kemampuan suatu kertas dalam menyerap air diantara sela-sela seratnya. 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. 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 pati kationik dan kitosan modifikasi menurun. 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. Pada daya serap air mempunyai nilai standar mutu kurang dari 25 g/m^2 dapat dilihat pada **Gambar 8** nilai yang dihasilkan pada semua dosis berada di bawah nilai standar mutu. Hal ini dikarenakan pengaruh terbesar pada hasil daya serap air berasal dari bahan kimia *sizing*, dimana bahan kimia yang *sizing* yang digunakan pada penelitian adalah AKD. Nilai optimum daya serap air terjadi pada dosis kitosan modifikasi 0,7% dengan penambahan pati kationik 1% yaitu sebesar $14,9 \text{ g/m}^2$. Penurunan nilai daya serap air dengan semakin ditambahkan kitosan modifikasi



Gambar 8. Daya Serap Air

juga dapat berpengaruh 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 (Habibie *et al.*, 2016).

pH Permukaan (Surface pH)

Hasil pengujian pH pada permukaan dapat dilihat pada **Gambar 9**. Pada **Gambar 9** terlihat semakin ditambahkannya kitosan modifikasi pada semua dosis pati kationik 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 pati kationik dan sifat basa dari selulosa. Perubahan pH pada permukaan *handsheet* dengan penambahan kitosan memiliki sifat yang netral, tetapi dengan semakin bertambahnya pati kationik permukaannya bersifat asam (Ashori, dkk. 2013). Pengecekan pH permukaan 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 pati kationik 1% dan penambahan kitosan modifikasi 0,3%. Dengan hasil tersebut maka kitosan modifikasi ini cukup baik untuk diaplikasikan sebagai bahan aditif alternatif.

Kesimpulan

Kitosan yang dimodifikasi dengan anhidrida maleat dapat diaplikasikan sebagai resin penguat basah dengan adanya kenaikan nilai indeks tarik basah tertinggi pada dosis kitosan modifikasi 0,7% sebesar 17,40 N.m/g. Dilakukannya penambahan pati kationik dapat memengaruhi kinerja kitosan modifikasi, hal ini dapat dilihat dari nilai sifat fisik yang dihasilkan terjadi kenaikan pada semua dosis pati kationik maupun dosis kitosan modifikasi dan secara keseluruhan dosis terbaik terjadi pada penggunaan kitosan modifikasi 0,7% dan pati kationik 1%. Pada penelitian lanjutan diharapkan untuk melakukan pengujian FPR

(*First Pass Retention*) untuk mengetahui retensi pada serat dan bahan kimia yang digunakan serta melihat efektifitas muatannya.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada seluruh pihak yang telah berperan dalam penelitian ini baik pada saat melakukan riset, penelaahan naskah dan penyedia dana. Sehingga penelitian ini dapat dituangkan dalam bentuk tulisan dan diinformasikan kepada masyarakat, peneliti, maupun industri pulp dan kertas di Indonesia.

Daftar Pustaka

- Adel, A. M., Dupont, A.-L., Abou-Yousef, H., El-Gendy, A., Paris, S. and El-Shinnawy, N. (2014) 'A study of wet and dry strength properties of unaged and hygrothermally aged paper sheets reinforced with biopolymer composites', *Journal of Applied Polymer Science*, 131(18), pp. 1–13. doi: 10.1002/app.40761.
- Andze, L., Zoldners, J., Rozenberga, L., Šāble, I., Skute, M., Laka, M., Vecbiškēna, L. and Andžs, M. (2018) 'Effect of molecular chitosan on recovered paper properties described by a mathematic model', *Cellulose Chemistry and Technology*, 52(9–10), pp. 873–881.
- Ashori, A., Cordeiro, 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*, 58, pp. 343–348. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2013.04.056.
- Basu, S., Malik, S., Joshi, G., Gupta, P. K. and Rana, V. (2021) 'Utilization of biopolymeric additives for a sustainable production strategy in pulp and paper manufacturing: A comprehensive review', *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, p. 100050. doi: 10.1016/j.carpta.2021.100050.
- Chen, Z., Zhang, H., Song, Z. and Qian, X. (2013) 'Preparation and application of maleic anhydride-acylated chitosan for wet strength improvement of paper', *BioResources*, 8(3), pp. 3901–3911.
- 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', *BioResources*, 13(2), pp. 4018–4028.

- Habibie, S., Hamzah, M., Anggaravidya, M. and Kalembang, E. (2016) 'The effect of chitosan on physical and mechanical properties of paper', *Journal of Chemical Engineering and Materials Science*, 7(1), pp. 1–10. doi: 10.5897/JCEMS2015.0235.
- Hamed, I., Özogul, F. and Regenstein, J. M. (2016) 'Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review', *Trends in Food Science & Technology*, 48, pp. 40–50. doi: 10.1016/j.tifs.2015.11.007.
- Huang, Z., Gengenbach, T., Tian, J., Shen, W. and Garnier, G. (2017) 'The role of polyaminoamide-epichlorohydrin (PAE) on antibody longevity in bioactive paper', *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 158, pp. 197–202. doi: 10.1016/J.COLSURFB.2017.07.005.
- Laleg, M. and Pikulik, I. I. (1991) 'Wet-web strength increase by chitosan', *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 6(3), pp. 99–103. doi: 10.3183/npprj-1991-06-03-p099-103.
- Liang, S.-B., Ning, X., Fu, Q.-J., Liu, Q. and Yao, C.-L. (2020) 'The use of a PAE /bentonite binary system to improve the wet strength of paper', *BioResources*, 15(4), pp. 8449–8458. doi: 10.15376/biores.15.4.8449-8458.
- Nurfariidza, R. (2020) *Aplikasi bacterial-cellulose dari limbah kulit pisang untuk mengurangi penggunaan NBKP sebagai bahan baku base paper baking paper*. Fakultas Vokasi, Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Institut Teknologi Sains Bandung.
- Reswin, J. (2017) *Pemanfaatan sludge sebagai bahan campuran pembuatan medium paper menggunakan CMC (Carboxyl Methyl Cellulose)*. 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*. Fakultas Vokasi, Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Institut Teknologi Sains Bandung.
- Yang, D., Sotra, A. and Pelton, R. H. (2019) 'Switching off PAE wet strength', *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 34(1), pp. 88–95. doi: 10.1515/npprj-2018-0074.
- Zhang, S. F., Zhao, D. Y. and Hou, C. (2018) 'Strengthening of polyacrylonitrile (PAN) fiber networks with polyamide epichlorohydrin (PAE) resin', *Polymer Bulletin 2018 75:12*, 75(12), pp. 5373–5386. doi: 10.1007/S00289-018-2334-X.

Halaman ini sengaja dikosongkan