

PERBANDINGAN PENGARUH KINERJA DRY STRENGTH (GUARGUM, POLYACRYLAMIDE, DAN CATIONIC STARCH) TERHADAP PENINGKATAN SIFAT FISIK PADA KERTAS LINER

Edwin K Sijabat^{1*}, Kevin Anugrah¹

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

ABSTRAK

Serat (cellulose) memiliki kekuatan individu untuk saling berikatan karena distribusi individu serat pada lembaran kertas dan ikatan hidrogen yang terbentuk akibat proses penggilingan. Industri kertas coklat menggunakan bahan baku recycled paper yang telah melewati lebih dari satu kali daur ulang sehingga banyak terjadi swelling pada serat dan berdampak pada turunnya nilai strength properties. Oleh karena itu, perlunya ditambahkan chemical additive salah satunya dry strength agent meliputi guar gum, polyacrylamide, dan cationic starch untuk membantu meningkatkan kekuatan fisik kertas. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dry strength agent terhadap peningkatan nilai sifat fisik pada kertas liner. Dry Strength tersebut dilakukan perbandingan variasi tanpa perlakuan (blank) dan variasi dosis guar gum, polyacrylamide, dan cationic starch masing-masing sebesar 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, dan 0.6%. Pada penelitian ini didapat nilai bursting indeks (kPa) pada dosis 0.1% untuk guar gum sebesar 1.47 (kPa), polyacrylamide sebesar 1.34 (kPa), dan cationic starch sebesar 1.39 (kPa). Berdasarkan hasil dan analisis, diperoleh bahwa dosis 0.1% guar gum menghasilkan sifat fisik yang sebanding atau lebih baik dari polyacrylamide dengan dosis 0.5% dan cationic starch dengan dosis 0.3% pada nilai bursting strength dan tensile strength. Sehingga diperoleh biaya untuk guar gum dosis 1% membutuhkan 3.3 US dollar, untuk polyacrylamide 0.5% membutuhkan 3.8 US dollar, dan cationic starch dosis 0.3% membutuhkan 2.6 US dollar. Untuk cationic starch diperlukan plant khusus untuk pemasakan sehingga membutuhkan lebih banyak energy consumption.

Kata Kunci : *Dry strength agent, Guar gum, Liner paper*

ABSTRACT

The fibers (cellulose) have individual strength to bond with each other due to the individual distribution of the fibers on the paper sheet and the hydrogen bonds formed as a result of the milling process. The brown paper industry uses recycled paper as raw material which has been recycled more than once so that there is a lot of swelling in the fiber and this has an impact on the value of strength properties. Therefore, it is necessary to add chemical additives, one of which is dry strength agents including guar gum, polyacrylamide, and cationic starch to help increase the physical strength of the paper. This research was conducted with the aim of knowing the effect of dry strength agent on increasing the value of the physical properties of liner paper. Dry Strength was compared with variations without treatment (blank) and variations in doses of guar gum, polyacrylamide, and cationic starch, respectively 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, and 0.6%. In this study, the bursting index (kPa) at a dose of 0.1% for guar gum was 1.47 (kPa), polyacrylamide was 1.34 (kPa), and cationic starch was 1.39 (kPa). Based on the results and analysis, it was found that a dose of 0.1% guar gum produced comparable or better physical properties than polyacrylamide at a dose of 0.5% and cationic starch at a dose of 0.3% in bursting strength and tensile strength values. So that the cost for guar gum dose of 1% requires 3.3 US dollars, for polyacrylamide 0.5% requires 3.8 US dollars, and cationic starch doses of 0.3% requires 2.6 US dollars. For cationic starch, a special plant is needed for cooking, so it requires more energy consumption.

Keywords : *Dry strength agent, Guar gum, Liner paper*

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

PENDAHULUAN

Kertas merupakan bahan yang tipis yang berasal dari pemanfaatan selulosa dan hemiselulosa sebagai bahan bakunya. Kertas digunakan secara meluas dalam bidang pendidikan, perkantoran, dan pengemasan. Menurut data dari Kementerian Perindustrian Republik Indonesia konsumsi kertas di dunia pada tahun 2016 adalah sejumlah 394 juta ton. Pada industri recycled paper, penggunaan limbah kertas di dunia mencapai 140 ton pada tahun 2010. Terdapat beberapa jenis limbah kertas diantaranya yaitu Old Corrugated Container (OCC), Sorted White Ledger (SWL), Sorted Office Waste Paper (SOP), Old News Paper (ONP), Old Magazine (OMG), dan Mixed Waste (MW).

Pada beberapa tahun terakhir, kebutuhan kertas untuk packaging terus semakin tinggi. Produk dari industri recycled paper salah satunya adalah corrugated board yang terdiri dari dua bahan utama penyusunnya, yaitu medium paper sebagai komponen tengah, dan liner paper sebagai pelapis luar. Nantinya kedua kelompok bahan penyusun tersebut direkatkan satu sama lain. Medium paper merupakan kertas yang dibuat bergelombang (flutting) yang kemudian sisi dalam dan sisi luar dilapisi oleh liner paper sebagai lapisan corrugated board. Oleh karena itu, liner paper membutuhkan sifat kekuatan kertas dan daya tahan terhadap air yang baik. Berikut beberapa parameter utama pada liner paper yaitu ketahanan jebol (bursting), ketahanan tarik (tensile strength), ketahanan terhadap penetrasi air (cobb size), dan internal bonding (Holik, Herbert, 2006).

Pada dasarnya serat (cellulose) sendiri memiliki kekuatan individu untuk saling berikatan, kekuatan tersebut tergantung pada distribusi individu serat pada lembaran kertas dan ikatan hidrogen yang terbentuk akibat proses penggilingan. Berbeda dengan industri kertas putih yang masih menggunakan bahan baku 100% virgin pulp, pada industri kertas bekas ini menggunakan bahan baku recycled paper yang telah melewati lebih dari satu kali daur ulang sehingga kandungan serat panjangnya lebih sedikit dan banyak terjadi swelling pada serat sehingga berdampak pada turunnya nilai strength properties.

Gum adalah polimer yang sangat hidrofilik dan memiliki struktur kimia yang serupa dengan selulosa sehingga memungkinkan gum untuk memiliki ikatan hidrogen dengan permukaan serat (Herbert Holik, 2006). Selain itu, menurut Maier et al (1993) Guargum yang memiliki berat molekul tinggi dan struktur kimia yang sama dengan hemiselulosa, maka akan dengan mudah menyerap ke dalam serat selulosa disebabkan oleh ikatan hidrogen. Ada beberapa jenis gum di dunia, namun guargum jenis polimer alami yang banyak digunakan dalam industri kertas.

Polimer kationik banyak digunakan dalam pembuatan kertas. Agar efektif, polimer ini perlu diserap pada serat, fines dan filler. Perilaku adsorpsi polimer kationik sebagian besar ditentukan oleh interaksi muatan dengan permukaan serat anionik dan adsorpsi polimer ke serat meningkat dengan luas permukaan hidrodinamik (Lindström, et al. 1974). Polyacrylamides (PAMs) adalah polimer yang relatif murah yang mudah diformulasikan untuk high berat molekul pada urutan beberapa juta

g/mol. PAM anionik biasanya mengandung sekitar 5% gugus asam poliakrilat yang

dibentuk oleh kopolimerisasi akrilamida dan asam akrilat monomer atau dengan hidrolisis homopolimer PAM dalam kondisi untuk mengubah beberapa amida gugus menjadi garam karboksilat. PAM sebanyak 50% asam akrilik digunakan. PAM kationik dibuat dengan kopolimerisasi monomer akrilamida dengan monomer kationik.

Starch atau pati adalah salah satu perekat tertua dan masih paling umum digunakan saat ini diterapkan untuk memperkuat ikatan serat di kertas (J. C. Robert, 1996). Starch merupakan polimer alami yang terdiri dari 2 jenis molekul yaitu amylopectin yang memiliki bentuk panjang dan bercabang serta amilose yang berbentuk pendek dan lurus. Native starch merupakan starch yang tidak memiliki muatan, Native starch umumnya diaplikasikan pada surface sizing. Wet-end retention yang diperoleh dari native starch unmodified jet-cooked (anionic) cukup rendah (< 40%) pada mesin modern dengan kecepatan tinggi. Untuk meningkatkan retensinya, upaya besar dilakukan di 1960-an untuk menggunakan pati mutiara alami dalam campuran fisik dengan agen cationic atau untuk menggunakan dia bersama dengan kationik pati sebagai sebuah lebih sedikit mahal pemanjang (J. C. Roberts, 1996).

Oleh karena itu, perlunya ditambahkan bahan kimia additive salah satunya yaitu dry strength agent untuk meningkatkan kekuatan fisik kertas, bahan kimia yang dapat dimanfaatkan sebagai dry strength adalah modified starch, cationic polyacrylamide, dan guargum. Namun penggunaan bahan kimia dry strength agent pada brown paper harus dengan tepat agar tidak menyebabkan production cost yang tinggi, karena brown paper merupakan kertas yang tergolong murah.

Dari latar belakang yang telah dipaparkan diatas, maka penulis melakukan percobaan penelitian mengenai topik "Perbandingan Pengaruh Kinerja Dry Strength (Guargum, Polyacrylamide dan Cationic Starch) Terhadap Peningkatan Sifat Fisik pada Liner Paper". Pada percobaan penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh penambahan bahan kimia dengan dosis yang optimal terhadap nilai physical properties untuk liner paper dengan melakukan percobaan dan membandingkan data hasil penelitian sehingga didapat bahan kimia dengan optimasi dosis yang diharapkan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan bahan baku stock yang diambil dari mixing chest yang terdiri dari LOCC (local old corrugated container, OCC A5 yang berasal dari negara eropa, dan sludge. Bahan kimia yang digunakan yaitu dry strength agent meliputi guargum, polyacrylamide, cationic starch, serta bahan kimia retention aid. Komposisi stock mixing chest meliputi short fiber 45%, long fiber 25%, broke 20%, dan sludge 10%. Alat penelitian yang digunakan yaitu gelas beaker, thermo meter, hot plate, stopwatch, neraca analitik, dispermat, dan handsheet maker. Kemudian alat pengujian yang digunakan adalah tensile tester, bursting tester, cobb tester, ring crush and concora tester, ply

bonding tester, particle charge detector, dan furnace. Penelitian ini dilakukan dengan membuat sampel handsheet 125 gsm yang kemudian dilakukan pengujian sifat fisik pada handsheet.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mempersiapkan alat dan bahan, bahan disini terbagi menjadi dua yaitu bahan serat dan bahan kimia. Bahan serat meliputi stock dari mixing chest dan bahan kimia meliputi guar gum, polyacrylamide, cationic starch dengan masing-masing dosis 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, dan 0.6%, Dan retention aid 300 ppm. Kemudian buburan dilakukan penambahan bahan kimia dry strength sesuai variasi dosis yang ditentukan lalu dilakukan pengecekan wet-end propertiesnya. Setelah itu buburan dibuat handsheet dengan gramatur 125 gsm menggunakan alat handsheet maker. Kemudian hasil handsheet diuji sifat fisiknya meliputi bursting strength, tensile strength, ring crush, internal bonding, dan daya tahan terhadap air (cobb test). Lalu data hasil pengujian dicatat dan dilakukan analisis data serta dilakukan perhitungan cost untuk masing-masing bahan kimia yang digunakan.

Pengecekan Wet-end Properties

Pengecekan parameter wet-end bertujuan menjaga kualitas produk dan keberlangsungan proses produksi pada saat tahap wet end agar proses produksi dapat terkontrol dan berjalan dengan baik. Parameter Wet-end diantaranya yaitu pengecekan particle charge density (PCD), dan pengecekan drainase menggunakan metode TAPPI T211.

Tabel 1 Wet-end Properties

Sampel	PCD (mEq/mL)	Drainage sec/500ml
Sampel Blank	0.66	67.5
Guargum 0.1%	0.65	72.7
Guargum 0.2%	0.65	79.7
Guargum 0.3%	0.63	83.1
Guargum 0.5%	0.60	84.3
Guargum 0.6%	0.60	85.2
PAM 0.1%	0.64	68.5
PAM 0.2%	0.63	72.7
PAM 0.3%	0.60	79.7
PAM 0.5%	0.55	83.1
PAM 0.6%	0.54	83.3
Cat. Starch 0.1%	0.63	69.3
Cat. Starch 0.2%	0.59	72.4
Cat. Starch 0.3%	0.57	74.4
Cat. Starch 0.5%	0.52	77.9
Cat. Starch 0.6%	0.50	80.3

Pengecekan sifat fisik lembaran

Pengujian sifat fisik pada lembaran (physical properties) dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan kimia dry strength guar gum, polyacrylamide, dan cationic starch terhadap sifat fisik lembaran yang dihasilkan. Pengujian sifat fisik lembaran diantaranya meliputi ketahanan tarik (tensile strength) menggunakan metode TAPPI T494, ketahanan jebol (bursting strength) menggunakan metode ISO 2758-1983 (E), ketahanan tekan tepi lingkaran (ring crush) menggunakan metode

TAPPI T818, internal bonding menggunakan metode TAPPI T569, dan daya serap air (cobb test) menggunakan metode TAPPI T441.

Tabel 2 Dry-end Properties

Sampel	Bursting Strength (kPa)	Tensile strength (Nm/g)	Internal bonding (J/m ²)	Ring crush (KgF)	Cobb test (g/m ²)
Sampel Blank	1.24	27.90	183.3	6.84	220.3
Guargum 0.1%	1.47	30.22	186.1	7.04	244.2
Guargum 0.2%	1.53	30.36	188.9	7.25	251.3
Guargum 0.3%	1.57	31.20	193.6	7.45	262.5
Guargum 0.5%	1.67	31.74	196.5	7.59	269.7
Guargum 0.6%	1.72	31.95	199.2	8.00	269.2
PAM 0.1%	1.34	28.01	184.3	6.94	234.3
PAM 0.2%	1.36	28.38	188.2	7.12	252.8
PAM 0.3%	1.38	28.54	190.4	7.20	255.6
PAM 0.5%	1.39	28.80	193.4	7.25	260.1
PAM 0.6%	1.41	29.25	195.6	7.50	259.8
Cat. Starch 0.1%	1.39	28.30	185.2	6.91	236.2
Cat. Starch 0.2%	1.47	28.60	188.7	7.10	244.1
Cat. Starch 0.3%	1.51	28.82	190.0	7.26	246.7
Cat. Starch 0.5%	1.55	29.29	193.0	7.46	253.5
Cat. Starch 0.6%	1.59	30.25	197.4	7.81	255.6

Perhitungan Cost Bahan Kimia Dry Strength

Perbandingan perhitungan cost dilakukan untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan masing-masing bahan kimia dry strength dengan sifat fisik yang dihasilkan sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam memilih bahan kimia dry strength.

Table 3 Dosis Optimum

Sifat Fisik	Dry Strength (%)		
	Guargum	Polyacrylamide	Cat. Starch
Tensile Strength	0.1	0.6	0.5
Internal	0.2	0.5	0.5

Bonding			
Bursting Strength	0.1	0.6	0.2
Ring Crush	0.2	0.5	0.3

Berdasarkan sumber yang didapatkan dari suatu pabrik kertas di Karawang, diketahui harga bahan kimia guar gum seharga 3.32 USD per Kg, bahan kimia polyacrylamide seharga 0.76 USD per Kg, dan bahan kimia cationic starch seharga 0.84 USD per Kg.

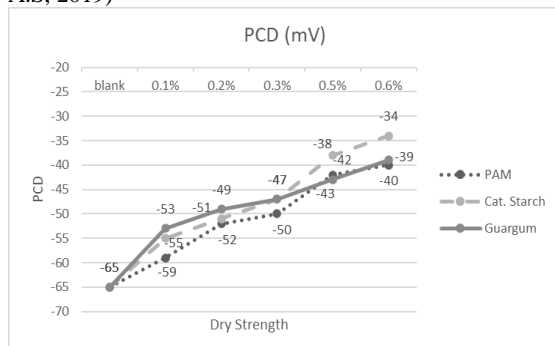
Table 4 Perbandingan Cost

Sifat Fisik	Dry Strength (USD)		
	Guargum	Polyacrylamide	Cat. Starch
Tensile Strength	3.32	4.56	4.2
Internal Bonding	6.64	3.8	4.2
Bursting Strength	3.32	4.56	1.68
Ring Crush	6.64	3.8	2.52

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Penambahan Bahan Kimia Dry Strength terhadap Muatan Stock

Stock yang telah dicampurkan semua bahan kimia tambahan dilakukan pengecekan particle charge detector untuk mengetahui muatan yang terkandung di dalamnya. Muatan merupakan sifat dasar yang dimiliki oleh suatu benda, muatan benda dapat cenderung ke proton (positif) atau cenderung ke elektron (negatif). Penambahan chemical yang berlawanan muatan maka akan lebih efektif chemical tersebut dan dapat saling berikatan. Muatan yang berbeda memberikan kesempatan pada chemical lain untuk saling berikatan. Namun juga perlu diperhatikan, apabila muatan negatif yang berlebih juga dapat mengganggu kestabilan proses. Sehingga dapat menimbulkan anionic trash pada proses (Putra, Yogie A.S, 2019)



Gambar 1 Grafik Particle Charge Detector

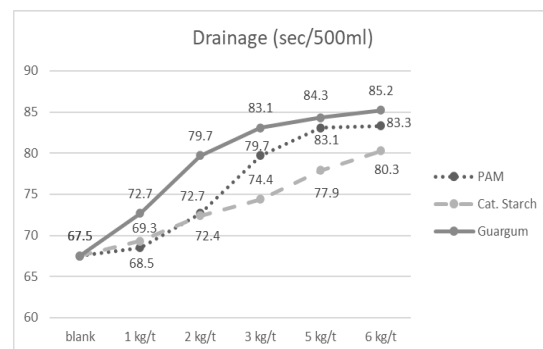
Hasil pengujian sampel tanpa penambahan dry strength (blank) diperoleh nilai muatan stock sebesar -65 (mV). Pada hasil pengujian sampel dosis tertinggi dengan

adanya penambahan guar gum sebesar 0.6% diperoleh muatan guar gum -39 (mV), muatan polyacrylamide -40 (mV), muatan cationic starch -34 (mV).

Pada **Gambar 1** diantara ketiga bahan kimia dry strength yang digunakan pada setiap dosis, cationic starch memiliki muatan negatif yang cenderung lebih rendah dan polyacrylamide memiliki muatan yang cenderung lebih negatif. Hasil menunjukkan semakin tinggi dosis bahan kimia dry strength yang diberikan maka muatan stock yang terkandung semakin positif. Pada saat penambahan chemical additive, perlu diperhatikan beberapa chemical yang mengandung muatan negatif juga. Sehingga nantinya tidak akan berdampak pada turunnya nilai retensi dikarenakan muatan yang terlalu negatif.

Pengaruh Penambahan Bahan Kimia Dry Strength terhadap Drainase

Pengujian drainage stock bertujuan untuk mengetahui seberapa cepat proses dewatering stock saat berada di wire, hasil dari pengujian drainage dapat menjadi acuan terhadap sifat kertas yang dihasilkan. Untuk hasilnya dapat dilihat pada data berikut. Drainase menyatakan kecepatan turunnya air saat proses dewatering lembaran yang berada di wire dalam tekanan normal. Untuk skala laboratorium, perhitungan drainage yaitu lama waktu yang dibutuhkan untuk 500 ml air yang turun dari proses drainage. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin lama waktu drainage, maka dapat dipastikan semakin lambat proses dewatering pada wire. Drainage dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya : derajat giling, jenis bahan peretensi dan lain-lain. Namun untuk penelitian kali ini fokus yang dituju adalah pengaruh penambahan bahan kimia dry strength polyacrylamide, cationic starch, dan guar gum.



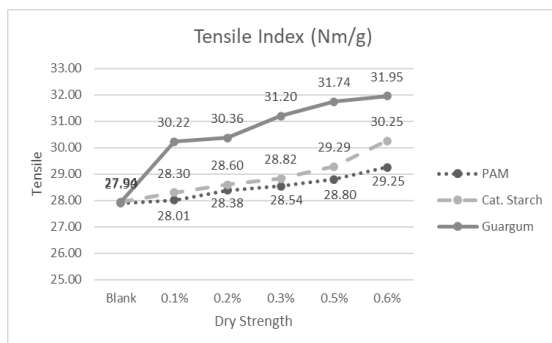
Gambar 2 Grafik Drainage

Sampel awal tanpa ada penambahan dry strength (blank) diperoleh nilai drainage sebesar 67.5 sec/500ml. Pada pengujian sampel dengan dosis tertinggi 0.6% diperoleh drainage polyacrylamide sebesar 83.3 sec/500ml, drainage cationic starch sebesar 80.3 sec/500ml, dan drainage guar gum sebesar 85.2 sec/500ml. Dari **Gambar 2**, dapat dilihat bahwa nilai drainage pada penggunaan guar gum lebih tinggi dibandingkan dengan polyacrylamide dan cationic starch untuk setiap dosis yang sama. Sesuai pada **Gambar 2** semakin banyak dosis dry strength yang ditambahkan maka nilai drainage akan semakin tinggi. Karena bahan kimia dry strength yang digunakan merupakan bahan polimer, kerja bahan polimer tersebut

untuk merekatkan bahan pengisi dan fines dengan serat sehingga membuat air tertahan keluar karena stock yang sudah menggumpal. Semakin banyak dosis yang ditambahkan maka semakin banyak bahan polimer yang menghalangi laju air yang keluar.

Pengaruh Penambahan Bahan Kimia Dry Strength terhadap Nilai Tensile Strength

Tensile strength merupakan daya tahan lembaran kertas atau karton terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua ujung kertas atau karton yang diukur. Indeks tarik adalah ketahanan tarik dibagi dengan grammature kertas. Tensile memiliki satuan Nm/g. Standar pengujiannya yaitu TAPPI T494.



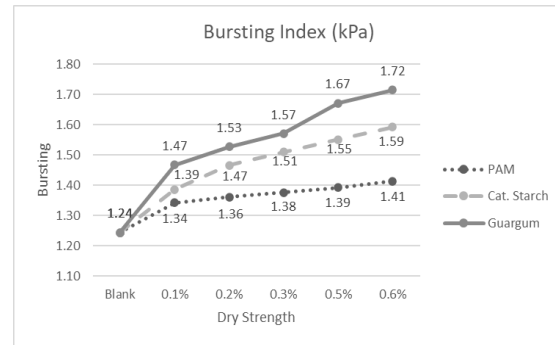
Gambar 3 Grafik Hasil Pengujian Tensile Index

Sampel awal tanpa penambahan *dry strength* (*blank*) diperoleh nilai tensile index sebesar 27.90 (Nm/g). Pada pengujian sampel dengan dosis tertinggi 0.6% diperoleh *tensile indeks polyacrylamide* sebesar 29.25 (Nm/g), *tensile indeks cationic starch* sebesar 30.25 (Nm/g), dan *tensile indeks guargum* sebesar 31.95 (Nm/g).

Sesuai pada Gambar 3 diketahui nilai *tensile* guargum jauh lebih unggul dibandingkan nilai *tensile* polyacrylamide dan *cationic starch*. Pada percobaan dengan dosis guargum 0.1% memiliki nilai yang lebih tinggi diantara dosis 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, dan 0.6% *polyacrylamide* dan hampir mendekati nilai *tensile* cationic starch dengan dosis 0.6%. Menurut Maier et al (1993), Guargum memiliki berat molekul tinggi dan struktur kimia yang sama dengan hemiselulosa, maka akan dengan mudah menyerap kedalam serat selulosa disebabkan oleh ikatan hidrogen. Nilai *tensile* yang paling rendah ada pada bahan kimia polyacrylamide. Polyacrylamide merupakan polimer yang bekerja dengan mengandalkan interaksi muatan dengan serat, itu sesuai dengan pernyataan Lindström, et al. (1974) yaitu perilaku adsorpsi polimer kationik sebagian besar ditentukan oleh interaksi muatan dengan permukaan serat aionik dan adsorpsi polimer ke serat meningkat dengan luas permukaan hidrodinamik.

Pengaruh penambahan bahan kimia dry strength terhadap nilai bursting strength

Bursting merupakan gaya yang diperlukan untuk meretakkan suatu permukaan pada selembar kertas yang dinyatakan dalam kg/cm³ atau kPa. Pada pengujian ini mengacu pada standar ISO 2758-1983 (E).



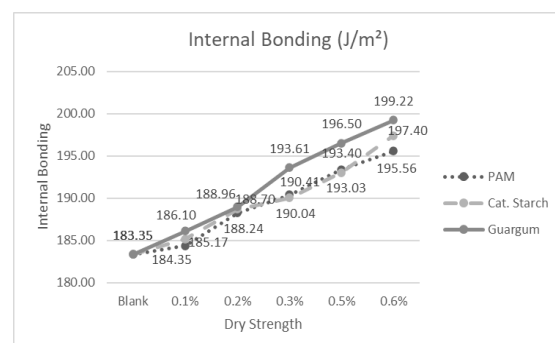
Gambar 4 Hasil Pengujian Bursting Strength

Sampel awal tanpa penambahan *dry strength* (*blank*) diperoleh nilai bursting index sebesar 1.24 (kPa.m²/gr). Pada hasil pengujian dengan dosis tertinggi 0.6% diperoleh bursting indeks polyacrylamide sebesar 1.41 (kPa.m²/gr), bursting indeks cationic starch sebesar 1.59 (kPa.m²/gr), dan bursting indeks guargum sebesar 1.72 (kPa.m²/gr).

Pada Gambar 4 menunjukkan semakin besar dosis yang digunakan pada masing-masing bahan kimia maka nilai bursting indeks (kPa.m²/gr) juga semakin meningkat. Bursting indeks guargum dosis 0.1% memiliki nilai yang tinggi yaitu sebesar 1.47 (kPa.m²/gr), nilai ini lebih tinggi dari setiap dosis polyacrylamide dan dosis 0.2% cationic starch. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan guargum dosis kecil dapat menggantikan bahan kimia *dry strength* sejenis dengan dosis yang lebih besar. Nilai bursting digunakan untuk menggambarkan kekuatan ikatan antar serat yang tersebar merata tanpa melihat arah atau silang mesin, selain itu juga sebagai pembanding nilai strength properties yang lain.

Pengaruh penambahan bahan kimia dry strength terhadap nilai internal bonding

Ply Bonding atau internal bonding merupakan kemampuan kertas untuk menahan pemisahan ketika gaya tarik diberikan terhadap ketebalan kertas. Semakin rendah nilai internal bonding, maka akan menyebabkan delaminating yaitu kertas terbelah ketika proses cetak.



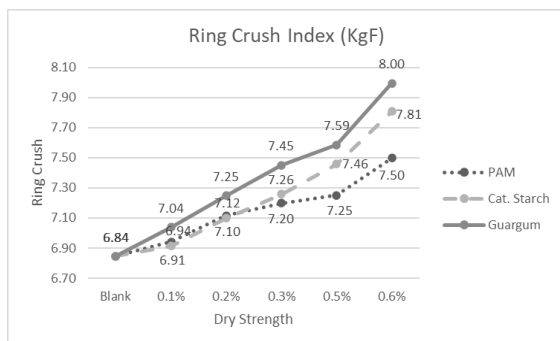
Gambar 5 Grafik Hasil Pengujian Internal Bonding

Pada sampel awal tanpa penambahan *dry strength* (*blank*) diperoleh nilai internal bonding sebesar 183.35 (J/m²). Hasil pengujian sampel dengan dosis 0.1% diperoleh nilai internal bonding tertinggi di guargum sebesar 186.1

(J/m²), kemudian cationic starch sebesar 185.17 (J/m²), dan yang terendah yaitu polyacrylamide sebesar 184.35 (J/m²). Pada pengujian sampel dengan dosis 0.2% internal bonding guargum menjadi nilai tertinggi sebesar 188.96 (J/m²), kemudian cationic starch sebesar 188.70 (J/m²), dan yang terendah yaitu polyacrylamide sebesar 188.24 (J/m²). Pada pengujian sampel dengan dosis 0.3% diperoleh nilai tertinggi di guargum sebesar 193.61 (J/m²), kemudian polyacrylamide sebesar 190.41 (J/m²), dan cationic starch menjadi posisi terendah dengan nilai 190.04 (J/m²). Untuk sampel dosis 0.5% nilai tertinggi masih di sampel guargum sebesar 196.5 (J/m²), kemudian polyacrylamide sebesar 193.4 (J/m²), dan cationic starch sebesar 193.03 (J/m²). Pada pengujian sampel dengan dosis 0.6% diperoleh nilai tertinggi di guargum sebesar 199.22 (J/m²), kemudian internal bonding cationic starch naik cukup tinggi sebesar 197.40 (J/m²), dan yang terakhir polyacrylamide sebesar 195.56 (J/m²).

Pengaruh Penambahan Bahan Kimia Dry Strength terhadap Nilai Ring Crush

Ring crush merupakan kekuatan daya tekan maksimum tepi kertas terhadap suatu tekanan yang dinyatakan dalam KgF atau Newton. Pengujian ring crush bertujuan untuk mengetahui ketahanan tekan tepi kertas terhadap beban yang diberikan pada lembaran kertas.



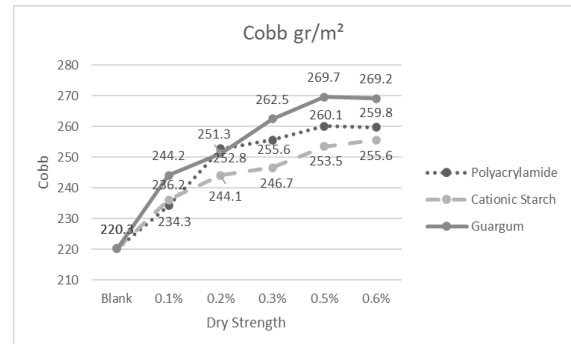
Gambar 6 Grafik Hasil Pengujian Ring Crush

Sampel awal tanpa penambahan dry strength (blank) diperoleh nilai ring crush sebesar 6.84 (KgF). Pada pengujian sampel dengan dosis tertinggi 0.6% diperoleh nilai ring crush guargum sebesar 8.00 (KgF), nilai ring crush cationic starch sebesar 7.81 (KgF), dan nilai ring crush polyacrylamide sebesar 7.50 (KgF). Dilihat dari Gambar 6 semakin besar dosis bahan kimia dry strength yang ditambahkan maka semakin besar nilai ring crush. Bahan kimia guargum memiliki nilai ring crush yang tinggi pada setiap dosis dibandingkan dengan polyacrylamide dan cationic starch. Itu dapat disebabkan karena kemampuan guargum dalam mempertahankan strength properties sekaligus menjaga kekuatan fisik agar tetap baik karena rantai kimia dari guargum sendiri yang mirip dengan hemiselulosa sehingga memudahkan terjadinya ikatan hidrogen antar serat.

Pengaruh Penambahan Bahan Kimia Dry Strength terhadap Nilai Cobb

Cobb test merupakan pengujian untuk mengetahui daya serap air yang mampu diserap oleh kertas. Pada penelitian kali ini peneliti tidak melakukan surface sizing tetapi

dilakukan pengujian cobb test untuk mengetahui pengaruh bahan kimia dry strength terhadap hasil cobb. Berikut hasil pengujian cobb test pada penelitian ini.



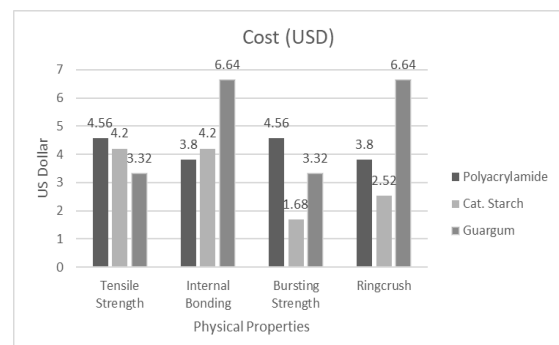
Gambar 7 Grafik Hasil Pengujian Cobb Test

Sampel awal tanpa penambahan bahan kimia dry strength (blank) diperoleh nilai cobb sebesar 220.3 (gr/m²). Pada pengujian dosis tertinggi 0.6%, nilai cobb masing-masing bahan kimia tidak terlalu naik yang signifikan masih guargum dengan nilai cobb tertinggi sebesar 269.2 (gr/m²), kemudian polyacrylamide sebesar 259.8 (gr/m²), dan cationic starch sebesar 255.6 (gr/m²).

Dapat dilihat pada Gambar 7, nilai cobb guargum dominan memiliki nilai yang tinggi namun pada dosis 0.2% nilai cobb guargum sedikit dibawah nilai cobb polyacrylamide, sedangkan cationic starch memiliki nilai cobb yang cenderung rendah. Menurut Herbert Holik (2006), Gum adalah polimer yang sangat hidrofilik dan memiliki struktur kimia yang serupa dengan selulosa sehingga memungkinkan gum untuk memiliki ikatan hidrogen dengan permukaan serat.

Perbandingan Biaya yang Dikeluarkan untuk Masing-Masing Bahan Kimia Dry Strength

Perbandingan perhitungan cost dilakukan untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan masing-masing bahan kimia dry strength dengan sifat fisik yang dihasilkan sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam memilih bahan kimia dry strength



Gambar 8 Grafik Perbandingan Cost Dry Strength

Dapat dilihat pada Gambar 8, pada sifat fisik tensile strength diperoleh cost tertinggi pada polyacrylamide dosis 0.6% seharga 4.56 USD, kemudian cationic starch dosis 0.5% seharga 4.2 USD, dan cost terendah pada guargum dosis 0.1% dengan harga 3.32 USD. Pada sifat

fisik internal bonding, diperoleh cost tertinggi pada guar gum dosis 0.2% seharga 6.64 USD, kemudian cationic starch seharga 4.2 USD, dan cost terendah pada polyacrylamide dosis 0.5% seharga 3.8 USD. Pada sifat fisik bursting strength diperoleh cost tertinggi pada polyacrylamide seharga 4.56 USD, kemudian guar gum seharga 3.32 USD, dan cost terendah pada cationic starch dosis 0.2% seharga 1.68 USD. Pada sifat fisik ring crush diperoleh cost tertinggi pada guar gum seharga 6.64 USD, kemudian polyacrylamide seharga 3.8 USD, dan cost terendah pada cationic starch dosis 0.3% seharga 2.52 USD.

Pada parameter tensile strength, cost untuk guar gum dapat lebih rendah dari cost polyacrylamide dan cationic starch. Pada parameter bursting strength, cost yang dibutuhkan guar gum dapat lebih rendah dari cost polyacrylamide. Tetapi pada parameter ring crush dan internal bonding, cost yang diperlukan guar gum cukup tinggi yaitu sekitar 6.64 USD untuk dosis sebesar 0.2%. Pada parameter bursting strength dan ring crush, cost untuk cationic starch menjadi yang terendah. Berbeda dengan guar gum dan polyacrylamide yang persiapan bahan kimianya tidak memerlukan treatment khusus, cationic starch memerlukan treatment khusus berupa pemasakan sehingga memerlukan plant khusus dan memakan lebih banyak energy.

KESIMPULAN

Penambahan bahan kimia dry strength seperti polyacrylamide, cationic starch, dan guar gum dapat membantu meningkatkan strength properties pada lembaran kertas. Kinerja dry strength yang paling baik yaitu ada pada bahan kimia guar gum, kemudian cationic starch, dan terakhir polyacrylamide. Terbukti dengan penggunaan guar gum dosis 0.1% memiliki nilai yang dapat sebanding dengan atau lebih baik dari dosis 0.3% cationic starch dan polyacrylamide. Berbeda dengan guar gum dan polyacrylamide yang tidak perlu treatment khusus, cationic starch memerlukan pemasakan terlebih dahulu agar dapat digunakan sebagai dry strength. Dosis optimal penambahan guar gum yaitu pada dosis 0.1%. Untuk penambahan polyacrylamide optimal pada dosis diatas 0.5% karena untuk penggunaan dosis dibawah 0.5% nilai strength properties masih jauh dibawah guar gum dan cationic starch. Dan untuk penambahan cationic starch dosis optimal ada pada 0.3% nilai tersebut masih lebih baik dari polyacrylamide dan mendekati guar gum dengan dosis 0.1%. Perbandingan ekonomi dari hasil nilai sifat fisik yang sama tiap bahan kimia dry strength, diperoleh cationic starch merupakan bahan kimia yang paling ekonomis. Untuk guar gum dosis 1% membutuhkan 3.3 US dollar, untuk polyacrylamide 0.5% membutuhkan 3.8 US dollar, dan cationic starch 2.6 US dollar. Untuk cationic starch diperlukan plant khusus untuk pemasakan sehingga membutuhkan lebih banyak energy consumption.

SARAN

Dari percobaan yang telah dilakukan serta data yang diperoleh, beberapa saran yang dapat dilakukan untuk mengembangkan penelitian ini yaitu perlu dilakukan pengembangan penelitian ini untuk menambah variasi injection point, variasi freeness, perlakuan surface sizing,

variasi sludge, dan variasi perbandingan penggunaan long fiber dan short fiber. Perlu dilakukan kombinasi bahan kimia dry strength dengan chemical lain untuk mengetahui chemical yang dapat bekerja baik dalam meningkatkan strength properties. Mencoba dosis guar gum yang lebih kecil dan jarak antar dosis yang sempit seperti 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, dan 2.5%, agar perubahan data pada guar gum dapat lebih mudah dianalisis. Adanya treatment khusus untuk memodifikasi guar gum agar dapat cenderung bermuatan positif sehingga dapat memiliki kemampuan retensi lebih optimal. Adanya perhitungan energy consumption untuk treatment cationic starch agar dapat dilakukan perbandingan cost bahan kimia dry strength yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, C. P. (2022, January 19). Memahami Kegunaan Kertas Kraft Liner. Retrieved from <https://pelangikasihabadi.com/memahami-kegunaan-kertas-kraft-liner/>
- al, W. e. (2018). *Application of Amphoteric Polyacrylamide Solely or with the Combination of Cationic Starch for Paper Strength Improvement*. *Jianguo: BioResources* 13(4).
- Bajpai, P. (2014). 17 *Future of Paper Recycling*. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-416998-2.00017-9>
- BeMiller, J., & Whistler, R. (2009). *Starch: Chemistry and Technology (Third Edition)*.
- Herawati, Heni. 2010. "Standarisasi Pati Termodifikasi Untuk Produk Pangan". Prosiding PPI Standarisasi.
- Herbert, H. (2006). *Handbook of Paper and Board*. Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Hidayat, T. (2012). Analisis kinerja ketahanan tekan lingkaran sebagai parameter mutu kertas *lainer* dan *medium*. *Jurnal Selulosa*, 2(1), 1-7.
- Ho, D.Y, Jung Won Jang., & In Woo Cheong. (2012). *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. Synthesis Of Cationic Polyacrylamide/Silica Nanocomposites From*

Inverse Emulsion Polymerization And Their Flocculation Property For Papermaking, South Korea.

210037.

Kasmani, J. E., Samariha, A., & Nemati, M. (2014). *Effect of Mixing Different Contents of OCC Pulp on NSCC Pulp Strength, Bio Resources* 9(3), 5480-5487.

Mahmoud, N. M. (2000). *Physico-Chemical Study on Guar Gum. Departement of Chemisrty, Faculty of Science, University of Khartoum.*

Minarti, K. (2017). *Pengaruh Modified Guar Gum Terhadap Ketahanan Fisik dan Retensi Dalam Kertas Medium. Cikarang: Institut Teknologi dan Sains Bandung.*

Putra, Yogie A. S. (2019). *Optimasi penggunaan guargum untuk meningkatkan strength properties pada kertas medium. Cikarang : Institut Teknologi dan Sains Bandung.*

Rizal, M. A. 2018. *Optimasi Pemakaian Guar Gum dalam Mempertahankan Strength Properties pada Kertas Tulis Cetak. 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.

Roy, L.W, James N. B., (1993). *Industrial Gums : Polysaccharides and Their Derivatives. Whistler Center for Carbobydrate Research. Purdue University. West Lafayette, Indiana.*

Torshizi, H. J., & Latibari, A. J. (2015). *Application of Dual Dry Strength Additives System on Brown Paper Strength Developer. Tehran, Iran: 2015.*

Zhang, X., et al (2019). *Revealing Adsorption Behaviors of of Amphoteric Polyacrylamide on Cellulose Fibers and Impact on Dry Strength of Fiber Networks. China, Nanjing Foresrty Unuversity*