

PENGGUNAAN ROSIN KATIONIK – PAC UNTUK PENDARIHAN PADA pH NETRAL

Nina Elyani *, Sari Farah Dina

* Peneliti Kelompok Kertas, Balai Besar Pulp dan Kertas

APPLICATION OF CATIONIC ROSIN – PAC FOR NEUTRAL SIZING

Abstract

An experiment of neutral sizing with cationic rosin and poly aluminium chloride (PAC) as a fixing agent has been done using a mixture of 5 % NBKP, 65 % LBKP and 30 % trim waste. Clay of 10 % and cationic polyacrilamide of 0,1% based on OD fiber were added. Cationic rosin and PAC were varied in the range of 1-2%. The result showed that neutral sizing with cationic rosin – PAC ratio of 1 : 1 was effective resulting a handsheet with Cobb₆₀ size, tensile index, tearing index and folding endurance of 18,56 g/m², 38.56 Nm/g, 6,77 Nm²/kg and 100 times respectively.

Keywords : Cationic Rosin, PAC, Neutral sizing

Intisari

Penelitian penggunaan rosin kationik pada proses pendarihan pH netral dengan PAC (poly aluminium chloride) sebagai bahan pengendap telah dilakukan. Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah campuran dari NBKP 5%, LBKP 65% dan sisiran kertas 30% kemudian ditambahkan kaolin 10%, rosin kationik (1-2%) : PAC (1-2%) serta poliakrilamida kationik 0,1% terhadap berat kering serat. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pendarihan pada pH netral dengan penambahan rosin kationik 1% dan PAC 1% menghasilkan efek pendarihan yang baik yaitu dengan hasil uji Cobb₆₀ sebesar 18,56 g/m², indeks tarik : 38,83 Nm/g, indeks sobek : 6,77 Nm²/kg, dan ketahanan lipat 100 kali.

Kata Kunci : Rosin Kationik, PAC, pendarihan netral

PENDAHULUAN

Untuk meningkatkan kualitas kertas berbagai upaya dapat dilakukan diantaranya dengan cara memodifikasi sifat tertentu pada kertas tersebut. Salah satunya adalah penggunaan bahan yang berfungsi untuk memberikan daya tahan lembaran kertas terhadap penetrasi cairan. Pendarihan dengan menggunakan bahan dari rosin merupakan proses pendarihan konvensional yang masih banyak digunakan hingga sekarang. Hal ini disebabkan sistem pendarihan konvensional ini memiliki keistimewaan tersendiri, diantaranya adalah karena bahan dari rosin dapat diperoleh dengan mudah dan relatif murah, serta prosesnya sederhana dengan hasil pendarihan cukup baik. Efektifitas pendarihan rosin konvensional sangat tergantung dari jumlah bahan dari rosin yang teretensi dalam lembaran kertas. Mekanisme retensi bahan dari rosin terjadi melalui ikatan antar muatan. Telah diketahui bahwa dari rosin bermuatan negatif,

demikian pula serat dan fines. Untuk meretensi rosin anionik ini diperlukan alum pada kondisi asam yang menghasilkan ion Al³⁺ dengan muatan positif untuk membentuk flok-flok. Flok-flok tersebut menempel pada permukaan serat, fines dan bahan pengisi, kemudian membentuk lapisan darih. Setelah dilakukan pemanasan, maka endapan rosin tersebut akan melekat erat pada permukaan serat. Pada kondisi pH netral, sifat kationik dari ion-ion aluminium berkurang sehingga rosin tidak dapat terikat dengan baik dan lolos bersama *white water*. Hal ini menyebabkan efek pendarihan pada lembaran yang dihasilkan rendah. Pada keadaan ini meningkatkan muatan kationik dapat dilakukan salah satunya dengan menambahkan alum dalam jumlah yang lebih banyak, namun pemakaian yang lebih banyak memungkinkan timbulnya busa (*foam*), dan terbentuknya flok secara berlebihan sehingga kekuatan kertas menjadi rendah:

Untuk meningkatkan efektifitas pendarihan yang dilakukan secara internal, maka dibutuhkan bahan darih yang memiliki fungsi ganda, yaitu dapat

berfungsi memberikan efek pendarihan yang baik pada lembaran, dan juga dapat berfungsi meningkatkan retensi bahan darih itu sendiri. Selain itu diharapkan bahan darih tersebut dapat bekerja pada rentang pH yang lebih lebar. Bahan darih rosin kationik (*cationic rosin size*), merupakan rosin terdispersi yang mengalami modifikasi dan memiliki kriteria tersebut diatas.

Dari pengalaman pabrik, proses pendarihan pada kondisi asam akan menimbulkan beberapa masalah diantaranya : menurunkan permanensi dari lembaran, menghasilkan efluen yang lebih banyak mengandung polutan dan yang utama adalah menyebabkan korosi pada peralatan. Pada kesempatan penelitian ini dilakukan percobaan penggunaan rosin kationik pada suasana pH netral dan poli alumunium klorida (PAC) sebagai bahan pengendap menggantikan alum yang umum digunakan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh persen (%) penambahan bahan darih rosin kationik dan poli alumunium klorida pada suasana pH netral sehingga diharapkan dapat menghasilkan lembaran yang berkualitas baik, yang meliputi: sifat optik, daya tahan penetrasi cairan dan sifat kekuatan lembaran.

TINJAUAN PUSTAKA

Proses pembuatan kertas dapat dibedakan menjadi proses asam dan proses basa (alkali). Pada proses asam digunakan bahan darih rosin dan alum pada pH optimum 4 – 5,5. sedangkan proses alkali merupakan proses pembuatan kertas dengan menggunakan bahan darih buatan (*sintetik*) seperti AKD atau ASA dengan kondisi pH stok sekitar 7,7 – 9,5. Berdasarkan perbedaan kondisi pH tersebut dikenal adanya kertas asam dan kertas alkali.

Pada pembuatan kertas umumnya sejumlah bahan kimia (*additive*) ditambah dalam jumlah yang relatif sedikit tetapi dapat memperbaiki sifat-sifat lembaran kertas. Penambahan bahan kimia dilakukan baik kedalam stok kertas maupun pada lembaran kertas. Bahan kimia penolong pada kertas dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. *Functional additives*, yaitu bahan kimia yang digunakan untuk memberikan sifat-sifat tertentu pada kertas. Contohnya : bahan darih (*sizing agent*), *dry strength*, *wet strength*, bahan pengisi (*filler*), zat warna dan lain-lain.

2. *Control additives*, yaitu bahan kimia yang digunakan untuk mengendalikan kondisi stok agar proses berjalan lancar. Contohnya : bahan beretensi, bahan pembantu drainase, bahan anti busa (*defoamer*), bahan pengendali pitch (*pitch control*) *bacteriocide* dan *slimecide*.

Bahan kimia yang umum digunakan untuk membuat permukaan serat tahan terhadap penetrasi cairan adalah darih rosin. Rosin merupakan asam organik *alkyl tricyclic* tak jenuh yang berasal dari derivat alam. Komponen utama rosin ada dua yaitu asam abitat dan asam pimaric. Kedua molekul itu disebut amfipatik, karena mempunyai bagian molekul *tricyclic* yang bersifat hidrofobik dan gugus karboksil yang sedikit polar. Dari kedua struktur asam yang berbeda tersebut, jenis isomer pimaric lebih stabil dibandingkan dengan isomer abitat.

PAC merupakan salah satu polimer organik yang berasal dari ion alumunium yang mempunyai *basicity* tertentu. Pada suhu kurang dari 40°C dapat disimpan selama 1 tahun, dan diproduksi berdasarkan *basicity* dari $3(\text{OH})/\text{Al}^{3+}$.

PAC merupakan bahan dasar alumunium klorida yang khusus dibuat untuk memberikan daya flokulasi dan kaogulasi yang lebih kuat dan lebih cepat dari garam alumunium biasa.

Menurut Liu Juntai (1995), perbedaan yang mendasar antara alum dan PAC adalah:

- PAC merupakan garam alumunium prehidrolisa sedangkan alum merupakan garam alumunium terhidrolisa
- Alum bekerja pada pH 4 – 5 sedangkan PAC tidak tergantung pada pH tersebut
- PAC terdiri dari ion khlorida sedang alum terdiri dari ion sulfat
- Dampak penambahan PAC terhadap penurunan pH dan alkalinitas lebih sedikit dari alumunium sulfat sehingga pH relatif terjaga pada kondisi sebelum penambahan PAC

Keistimewaan utama PAC adalah pada kandungan Al_2O_3 yang tinggi dan struktur polimernya. Hal ini dapat meningkatkan hasil hidrolisa sebagai atribut dari berat molekul yang tinggi dan muatan listrik positif yang besar sehingga mampu berinteraksi dengan selulosa dan darih rosin, serta dapat mengoptimasikan pendarihan dan retensi serat. Dari segi kimia, penggantian ion SO_4 dengan ion Cl dalam air proses memberikan tingkat kebersihan yang lebih baik pada pabrik dan mengurangi lendir biologis, namun menimbulkan masalah korosi pada peralatan.

Beberapa keuntungan menggunakan PAC diantaranya:

- Efektif pada daerah pH luas sehingga penggunaannya lebih luas.
- Tidak memerlukan flokulan lagi.
- Dapat dipakai langsung tanpa melarutkan terlebih dahulu
- Cocok pada kondisi alkali
- Membentuk flok lebih cepat dan lebih besar dari pada aluminium sulfat

Selain berlangsung pada kondisi proses asam dan basa, proses pendarihan dapat dilakukan pada pH netral. Hal ini salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan bahan dari rosin emulsi kationik dan poly aluminium klorida (PAC) sebagai bahan pengendapnya.

Mekanisme rosin-PAC sama dengan mekanisme rosin – alum dimana pendarihan terjadi melalui reaksi antara aluminium poli kationik dengan rosin. Pada pH netral, PAC tidak terhidrolisa dan tidak terbentuk agregat seperti halnya alum.

Keuntungan pendarihan dengan kondisi netral diantaranya :

- Meningkatkan kekuatan lembaran
- Dapat menggunakan CaCO_3 sebagai *filler*
- Meningkatkan permanensi
- Konsumsi energi berkurang
- Menghasilkan efluen yang lebih baik

METODOLOGI

Bahan baku NBKP, LBKP dan kertas bekas (sisiran HVS) digiling secara terpisah dengan konsistensi 1,5 %. Selama 5 menit penggilingan dilakukan tanpa beban, kemudian pada tahap selanjutnya ditambahkan beban untuk mempercepat proses penggilingan sambil dilakukan pengujian derajat giling setiap beberapa menit sekali, hingga mencapai derajat giling 300 ml CSF.

Setelah masing-masing pulp mencapai derajat giling yang diinginkan, ketiga jenis pulp dicampur dengan komposisi NBKP 5%, LBKP 65% dan kertas bekas 30% dan diaduk sampai homogen.

Penambahan bahan kimia dilakukan secara bertahap dengan selang waktu 3 menit secara berurutan yang diawali dengan penambahan bahan pengisi kaolin 10% , poliakrilamida kationik 0,1%, kemudian rosin kationik : PAC

yang jumlah persen (%) penambahannya divariasikan masing-masing:

- tahap I yaitu : 1:1, 1,5:1 dan 2:1

- tahap II yaitu : 1:2, 1,5:2 dan 2:2,

kemudian dibuat lembaran dengan gramatur 70 g/m^2 .

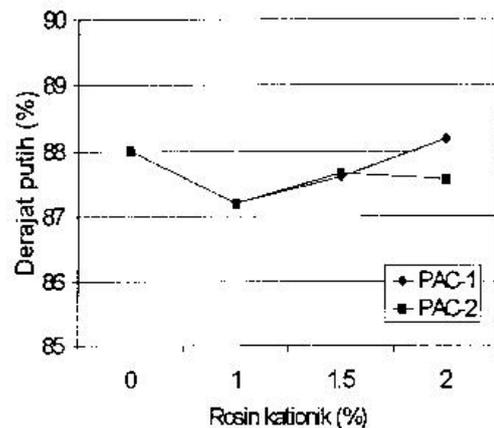
Lembaran kertas dibuat dengan menggunakan hendsheet former berbentuk bulat dengan luas 200 cm^2 , lalu dipres untuk mengurangi kadar air dalam lembaran dan mengkonsolidasikan serat.

Untuk mengurangi kandungan air lebih lanjut dilakukan pengeringan dengan menggunakan oven pada suhu $60-80 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 3 menit. Lembaran kertas yang sudah kering dikondisikan dalam ruangan kondisi pada suhu $23 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ dan RH $50 \pm 2\%$ selama 24 jam. Kemudian diuji sifat fisik, sifat optic dan daya tahan penetrasi cairan (Cobb₆₀).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Derajat Putih

Derajat putih didefinisikan sebagai faktor pantul intrinsik yang diukur pada panjang gelombang 457 nm dengan pencahayaan baur dan sudut pengamatan 0° , yang dinyatakan dalam persen (%). Derajat putih ini menunjukkan kebersihan suatu proses pemutihan yang secara tidak langsung merupakan pengukuran kandungan lignin dalam serat.



Gambar 1. Derajat Putih Lembaran

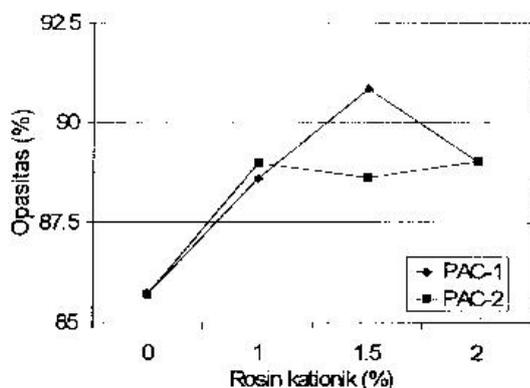
Derajat putih dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah derajat putih pulp yang digunakan, sifat fisik dan kimia bahan pengisi, waktu kontak selama proses pengeringan, bahan pewarna yang digunakan serta penggunaan bahan *size* seperti PAC atau alum. Hasil uji derajat putih dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa derajat putih yang dihasilkan dari semua variasi dosis penambahan rosin kationik (1 – 2%) : PAC (1 – 2%) nilainya berada diatas 87% . Nilai derajat putih paling tinggi dicapai pada perbandingan rosin kationik PAC sebesar 2 : 1. yaitu sebesar 88,8%. Namun pada penambahan rosin kationik : PAC sebesar 1 : 1 nilai derajat derajat putihnya tidak jauh berbeda, yaitu sebesar 87,2%. Nilai derajat putih tersebut diatas telah memenuhi spesifikasi untuk kertas cetak A, yaitu minimal 75%.

Opasitas

Salah satu parameter yang penting untuk proses cetak adalah opasitas, yaitu jumlah cahaya yang ditransmisikan oleh kertas. Jika semua cahaya yang ditransmisikan dapat disebar dan diserap oleh kertas, maka opasitas kertasnya tinggi. Upaya untuk meningkatkan opasitas dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya dengan mengatur gramatur, penggilingan, pengempaan basah, bahan pengisi dan jenis serat itu sendiri. Peningkatan gramatur akan meningkatkan nilai opasitas, sedangkan untuk penggilingan hal ini justru sebaliknya. Selain pengembangan sifat fisik melalui fibrilasi, penggilingan juga memberikan efek samping yaitu meningkatnya kandungan serat halus (*finer*). Meskipun penggilingan dapat menurunkan opasitas lembaran, namun dalam kondisi tertentu jumlah *finer* dalam lembaran juga dapat meningkatkan opasitas. Hasil uji opasitas lembaran dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Opasitas Lembaran



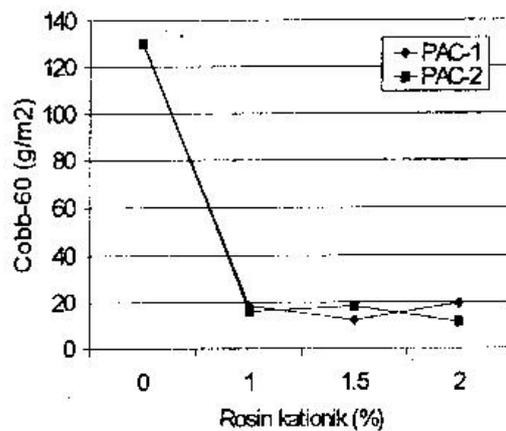
Pada Gambar 2 terlihat bahwa lembaran kertas yang telah mengalami pendarihan internal, nilai opasitasnya pada semua dosis penambahan rosin kationik : PAC mengalami kenaikan

dibandingkan dengan blanko. Disini terlihat bahwa PAC yang ditambahkan selain meretensi bahan *size*, berperan juga meretensi kandungan fines, sehingga berdampak terhadap peningkatan opasitas. Nilai opasitas paling tinggi dicapai pada dosis penambahan rosin kationik : PAC sebesar 1,5 : 1, yaitu 90,83%. Namun pada penambahan rosin kationik : PAC = 1 : 1, nilai opasitasnya adalah 88,58% telah memenuhi spesifikasi untuk kertas cetak A, yaitu minimal 80%.

Daya Serap air (Cobb₆₀)

Daya serap air (Cobb₆₀) menyatakan banyaknya air (dalam garam) yang diserap oleh lembaran kertas per satuan luas (m²) selama 60 detik pada kondisi standar. Daya serap air ini merupakan faktor yang cukup penting selama pemakaian kertas, terutama untuk kertas tulis-cetak. Nilai Cobb₆₀ menunjukkan tingkat efektifitas pendarihan pada lembaran. Faktor-faktor yang mempengaruhi pendarihan ini diantaranya adalah pH, luas permukaan serat, adanya bahan pengisi (*filler*), porositas lembaran, dan proses pemanasan lembaran, serta jumlah penambahan PAC atau alum yang sesuai. Hasil uji Cobb₆₀ dapat dilihat pada Gambar 3.

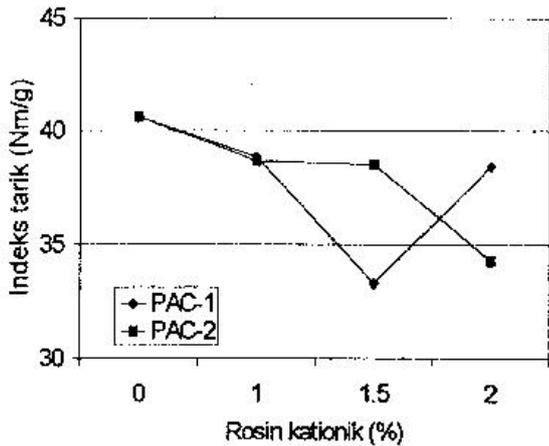
Gambar 3. Daya Serap Air (Cobb 60) Lembaran



Pada Gambar 3 terlihat bahwa pada semua dosis penambahan rosin kationik : PAC sudah memberikan ketahanan terhadap cairan yang tinggi pada lembaran, yakni nilai Cobb₆₀-nya sekitar 11 – 19 g/m² Sedangkan blanko, yaitu lembaran kertas yang tidak mengalami proses pendarihan nilai Cobb₆₀-nya tinggi (basah).Ketahanan terhadap cairan yang paling baik dengan nilai Cobb₆₀ sebesar 11,5 g/m² diperoleh pada penambahan rosin kationik : PAC sebesar 2 : 2, namun pada penambahan rosin kationik : PAC sebesar 1 : 1, nilai Cobb₆₀ yang dihasilkan adalah 18,56 g/m².

Pada spesifikasi untuk kertas cetak A , nilai $Cobb_{60}$ yang dipersyaratkan adalah maksimal 30 g/m^2 . Jadi dengan dosis penambahan rosin kationik : PAC sebesar 1 : 1 sudah cukup efektif untuk proses pendirian pada pembuatan kertas cetak A.

Gambar 4. Indeks Tarik lembaran



Indeks Tarik

Ketahanan tarik adalah daya tahan maksimum jalur uji terhadap gaya tarik yang bekerja pada kedua ujung jalur tersebut sampai putus, dinyatakan dalam satuan gaya per satuan lebar jalur uji, diukur pada kondisi standar. Indeks tarik adalah ketahanan tarik dalam N/m dibagi gramatur dalam g/m^2 . Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan tarik adalah:

- Ikatan antar serat : bila ikatan antar serat makin kuat maka ketahanan tariknya makin kuat juga
- Arah serat : ketahanan tarik arah mesin lebih baik dari pada silang mesin.
- Gramatur : ketahanan tarik meningkat dengan meningkatnya gramatur
- Serat : ketahanan tarik akan meningkat dengan semakin banyaknya kandungan serat panjang dalam lembaran.

Sifat ketahanan tarik merupakan salah satu kekuatan yang dipersyaratkan untuk kertas tulis-cetak, karena sifat tersebut diatas akan membantu kelancaran dalam proses cetak. Hasil uji indeks tarik dapat dilihat pada Gambar 4.

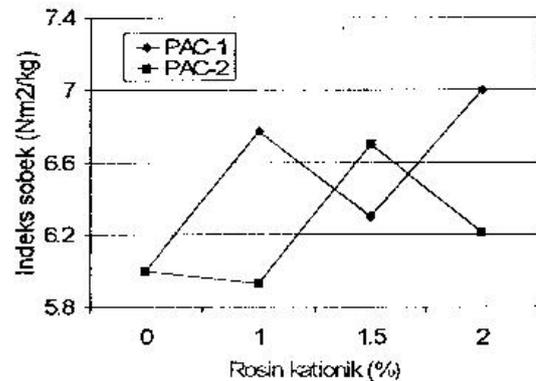
Pada gambar 4 terlihat bahwa lembaran dengan penambahan rosin kationik : PAC sebesar 1 : 1 memiliki indeks tarik yang paling baik, yaitu sebesar $38,83 \text{ Nm/g}$. Semakin tinggi dosis penambahan rosin kationik maupun PAC, indeks tarik yang dihasilkan semakin turun. Disini terlihat bahwa penambahan PAC berlebih (lebih

besar dari 1%) akan memberikan efek flokulasi yang kurang baik, sehingga membentuk flok lebih besar, sehingga mengakibatkan formasi lembaran yang dihasilkan tidak seragam. Perlu diketahui bahwa formasi mempengaruhi kualitas ikatan antar serat, yang salah satunya berdampak pada sifat ketahanan tarik.

Indeks Sobek

Ketahanan sobek adalah gaya dalam gram gaya (gf) atau miliNewton (mN) yang diperlukan untuk meneruskan sobekan dari lembaran kertas yang telah mengalami penyobekan awal, diukur pada kondisi standar. Indeks sobek adalah ketahanan sobek dalam mN dibagi gramatur dalam g/m^2 . Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan sobek adalah panjang serat, jumlah ikatan antar serat, jumlah total serat yang berperan pada waktu penyobekan, bahan pengisi dan fleksibilitas serat. Selain itu serat yang memiliki dinding yang tebal akan mempunyai ketahanan sobek yang tinggi dibandingkan dengan serat yang berdinding tipis. Hasil indeks sobek dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Indeks Sobek Lembaran

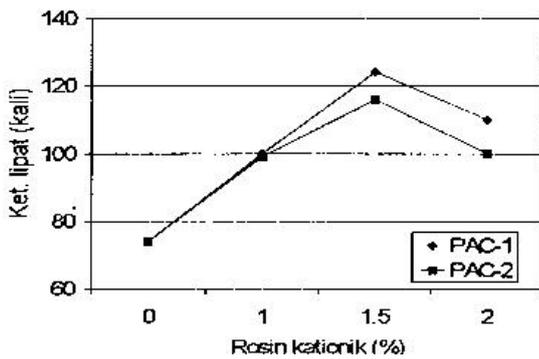


Pada Gambar 5 terlihat bahwa penambahan bahan dari internal rosin kationik : PAC sampai jumlah tertentu dapat meningkatkan indeks sobek, karena serat akan lebih fleksibel dan lebih seragam. Pada penambahan rosin kationik : PAC sebesar 1 : 1 menghasilkan indeks sobek yang paling efektif, yaitu sebesar $6,77 \text{ Nm}^2/\text{kg}$, dibandingkan blanko yaitu $6,0 \text{ Nm}^2/\text{kg}$ hal ini sejalan dengan indeks tarik. Penambahan PAC lebih dari 1% menyebabkan formasi lembaran yang dihasilkan kurang baik, sehingga akan mempengaruhi ketahanan sobeknya.

Ketahanan lipat

Ketahanan lipat didefinisikan sebagai jumlah lipatan maksimal sebelum kertas menjadi putus, apabila selembar kertas mengalami gaya lipat secara berulang. Ketahanan lipat dipengaruhi oleh beberapa

Gambar 6. Ketahanan Lipat Lembaran



faktor, diantaranya yaitu gramatur kertas, densitas lembaran derajat giling pulp, kadar air dan jenis pulpnya. Hasil uji ketahanan lipat dapat dilihat pada Gambar 6.

Pada Gambar 6 terlihat bahwa setelah ditambahkan bahan dari internal rosin kationik : PAC terjadi kenaikan ketahanan lipat dibandingkan dengan blanko. Pada penambahan rosin kationik : PAC sebesar 1 : 1, ketahanan lipat yang diperoleh sama dengan penambahan pada rasio 2 : 2, yaitu 100 kali. Jadi semakin banyak PAC (lebih besar dari 1%), ketahanan lipat mengalami penurunan.

Hal ini sejalan dengan indeks tarik dan indeks sobek, sedangkan kelebihan PAC dapat memberikan efek flokulasi yang kurang baik, sehingga menyebabkan formasi lembaran tidak seragam dan akibatnya ketahanan lipat mengalami penurunan.

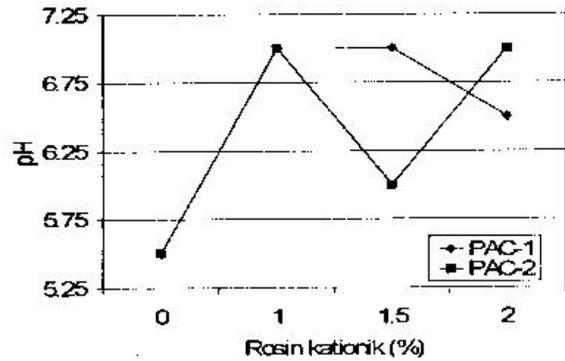
pH

Penurunan pH pada pembuatan kertas merupakan salah satu parameter yang cukup penting, terutama untuk sifat permanensi kertas.

Semakin tinggi pH kertas, sifat permanensinya semakin baik. pH kertas diukur setelah lembaran kertas diekstraksi dalam air pada suhu kamar (pH ekstrak dingin) atau pada suhu lebih tinggi dari suhu kamar (pH ekstrak panas). Pengujian pH lembaran dalam percobaan ini dilakukan dengan cara ekstraksi pada suhu kamar. hasilnya dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari gambar di atas terlihat bahwa hampir seluruh lembaran dengan penambahan rosin kationik dan PAC memiliki pH diatas 6, lebih tinggi dari lembaran blanko. Hal ini berarti tujuan dari pendarihan yang dilakukan, yaitu pada kondisi mendekati pH netral, telah tercapai.

Gambar 7. pH lembaran



KESIMPULAN

Dari percobaan ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Penggunaan rosin kationik – PAC pada pH netral dapat meningkatkan efek pendarihan pada lembaran.
- Penambahan rosin kationik : PAC dengan perbandingan sebesar 1 : 1 merupakan kondisi yang cukup efektif. Dengan nilai $Cobb_{60}$ sebesar $18,56 \text{ g/m}^2$, indeks tarik sebesar $38,83 \text{ Nm/g}$, dan ketahanan lipat sebesar 100 kali.
- Penggunaan PAC lebih dari 1% memberikan efek flokulasi yang kurang baik, sehingga formasi lembaran yang dihasilkan kurang seragam dan kekuatan lembaran menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Division, R.W. 1992, *Internal Sizing*, didalam *Kocurek* (ed), Pulp and Paper Manufacture, Vol. 6, Stock Preparation,
- Gill, R.I.S, *Development in Retention Aid Technology*, Agust 1991.
- Isogai, A. Kitaoka T. and Onabe, F. 1995, *Sizing Mechanisme of Emulsion Rosin – Alum System*, Part. I. **Nordic Pulp Paper**
- Janes R.L. 1998, *Fiber Characteristic*, Stock Preparation Short Course, Tappi Press, Atlanta.
- Liu. Juntai, Dr *Sizing With Rosin and Alum at Neutral pH*, **Paper Technology** 1993.
- Neiro Leo, 1999, *Internal Sizing of Paper*, Papermaking Chemistry, Book 4, Tappi, Finland.
- Scott, W.E. 1992, *Surface and Colloid Chemistry Interactions Important In Stock Preparation*, didalam Pulp and Paper Manufacture, Trird Edition, Vol 6, Atlanta, USA.