

# ANALISIS PENGGUNAAN *POLYDADMAC* SEBAGAI *FIXING AGENT* TERHADAP PENINGKATAN KINERJA *ROSIN* UNTUK KERTAS *LINER*

Nurul Ajeng Susilo<sup>1\*</sup>, M.Hidayatulloh Ali Akbar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

<sup>2</sup>Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

## ABSTRAK

Berbagai upaya untuk meningkatkan kualitas kertas dapat dilakukan diantaranya dengan memodifikasi bahan kimia yang digunakan. Sebagai upaya mengoptimalkan bahan kimia tambahan yang digunakan, penelitian ini memanfaatkan *PolyDadmac* sebagai *Fixing Agent* untuk meningkatkan kinerja *Rosin* sebagai *Internal Sizing*. *Rosin* memiliki ikatan ion yang lemah maka diperlukan *Fixing Agent* dengan muatan positif untuk membentuk flok yang berfungsi untuk membantu *Rosin* mengikat pada serat. Hal ini menjadi salah satu alasan untuk dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui dampak penggunaan *PolyDadmac* terhadap peningkatan kinerja *Rosin*. Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah 100% *Local OCC* kemudian ditambahkan bahan kimia dengan dosis *Alum* (10 Kg/Ton), *PolyDadmac* (0 Kg/Ton, 5 Kg/Ton, 10 Kg/Ton, 15 Kg/Ton), dan *Rosin* (10 Kg/Ton, 15 Kg/Ton). Lembaran *handsheet* dibuat secara laboratorium, kemudian dianalisis kekuatan fisik yang meliputi *Cobb Size*, *Tensile Indeks*, *Bursting Indeks* dan *Ring Crush*. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada dosis *Alum* 10 Kg/Ton, *PolyDadmac* 5 Kg/Ton, dan *Rosin* 15 Kg/Ton menghasilkan nilai *Properties Strength* yang baik yaitu dengan nilai *Cobb Size* sebesar 20,9 g/m<sup>2</sup>, *Tensile Indeks* 45,66 N m/g, *Bursting Indeks* 5,85 kg/cm<sup>2</sup> dan *Ring Crush* 29,42 kgf.

**Kata kunci:** Kertas *Liner*, *Alum*, *PolyDadmac*, *Rosin*

## ABSTRACT

Various efforts to improve the quality of paper can be done, including by modifying the chemicals used. In an effort to optimize the chemicals additives used, this research utilizes *PolyDadmac* as a *Fixing Agent* to improve *Rosin*'s performance as *Internal Sizing*. *Rosin* has a weak ionic bond, so a *Fixing Agent* with a positive charge is needed to form floc which serves to help *Rosin* bind to the fiber. This is one of the reasons for conducting research that aims to determine the impact of adding *PolyDadmac* to increase *Rosin*'s performance. In this study, the raw materials used were 100% *Local OCC* then added chemicals with doses of *Alum* (10 Kg/Ton), *PolyDadmac* (0 Kg/Ton, 5 Kg/Ton, 10 Kg/Ton, 15 Kg/Ton), and *Rosin* (10 Kg/Ton, 15 Kg/Ton). The *handsheets* are made in a laboratory, then analyzed for physical strength which includes *Cobb Size*, *Tensile Strength*, *Bursting Strength* and *Ring Crush*. The experimental results showed that at doses of *Alum* 10 Kg/Ton, *PolyDadmac* 5 Kg/Ton, and *Rosin* 15 Kg/Ton produced good *Properties Strength* values, namely the *Cobb Size* value of 20,9 g/m<sup>2</sup>, *Tensile Indeks* 45,66 N m/g, *Bursting Indeks* 5,85 kPa.m<sup>2</sup>/g and *Ring Crush* 29,42 kgf.

**Keywords:** *Liner Paper*, *Alum*, *PolyDadmac*, *Rosin*

---

<sup>1\*</sup> Corresponding author: [nurulajeng20@gmail.com](mailto:nurulajeng20@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Kertas merupakan salah satu produk yang sangat diperlukan oleh banyak orang. Tidak diragukan lagi bahwa kertas memiliki banyak fungsi dalam kehidupan. Fungsi utama dari kertas adalah sebagai media tulis. Namun, sekarang bukan hanya itu. Kertas banyak digunakan pula sebagai kebutuhan untuk packaging paper salah satunya dengan menggunakan kertas coklat (Eri Priyana, 2012). Hal tersebut membuat persaingan antar perusahaan semakin ketat dan kompetitif. Maka dari itu, perusahaan dituntut untuk dapat berkembang dan melakukan inovasi agar mampu menghadapi persaingan yang ada.

Salah satu perusahaan di daerah Jawa Timur yang bergerak di bidang kertas coklat yang memproduksi dengan produksi kertas *Corrugating Medium*, *Flutting*, *Kraft Liner Board*, *Core Board*, *Chip Board*, *Paper Tube* atau *Core* dari bahan dasar OCC (*Old Corrugated Container*), *Mix Waste* dan *NUKP* (Cahyo Ahmad, 2013). Pada kertas *grade packaging* memiliki beberapa parameter penting didalamnya salah satunya adalah *Cobb size*.

*Cobb size* merupakan daya serap air pada kertas. Daya serap (bilangan cobb) merupakan jumlah gram air yang diserap oleh satu meter persegi lembaran kertas dalam waktu tertentu (TAPPI T441. Pengujian cobb). Tingginya nilai *Cobb Size* menyebabkan tingginya penetrasi air terhadap kertas sehingga tidak layak untuk kertas *packaging* karena membuat kertas tidak tahan lama ketika dalam kondisi basah dan akan cepat rusak (Cahyo Ahmad, 2013).

Menurut Nina Elyani et al. (2017) untuk meningkatkan kualitas kertas berbagai upaya dapat dilakukan diantaranya dengan memodifikasi pada bahan kimia yang digunakan. Salah satunya adalah penggunaan bahan kimia yang berfungsi untuk memberikan daya tahan lembaran kertas terhadap penetrasi cairan. *Rosin* merupakan bahan kimia *Internal Sizing* konvensional yang umum digunakan hingga sekarang. Hal ini disebabkan karena memiliki keistimewaan tersendiri, diantaranya adalah bahan kimia *rosin* dapat diperoleh dengan mudah dan relatif murah, serta prosesnya sederhana dengan hasil *sizing* cukup baik. *Rosin* memiliki ikatan ion yang lemah maka diperlukan alum pada kondisi asam yang menghasilkan ion  $Al^{+3}$  dengan muatan positif untuk membentuk flok-flok. Flok-flok tersebut menempel pada permukaan serat dan akan membantu *rosin* untuk lebih meretensi ke serat. Pada kondisi pH asam dibutuhkan dosis alum yang tinggi untuk menghasilkan ion  $Al^{+3}$ . Namun pemakaian alum yang berlebih banyak memungkinkan timbulnya busa (*foam*) dan terbentuknya flok secara berlebihan sehingga kekuatan kertas menjadi rendah. Untuk itu, diperlukan pengendalian bahan kimia agar tidak terjadi *over dosing*.

Tujuan ditambahkan *PolyDadmac* adalah untuk membentuk flok yang lebih kuat karena *PolyDadmac* merupakan polimer yang memiliki densitas muatan yang tinggi, sehingga dapat menggabungkan partikel tersuspensi menjadi efektif dalam proses flokulasi (Anggarani, 2015). Menurut Ahsen et al., (2019) melakukan *pre-mixing* dengan menggunakan Alum dan *PolyDadmac* dapat menghasilkan muatan positif bersih pada campuran *sizing*. Hasil *sizing* juga memberikan nilai *Cobb size* yang rendah.

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan topik "Analisis Penggunaan *PolyDadmac* Sebagai *Fixing Agent* terhadap Peningkatan Kinerja *Rosin* untuk Kertas *Liner*". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan dosis *Polydadmac* yang digunakan untuk membantu kinerja *rosin* pada suasana pH asam sehingga diharapkan dapat menghasilkan nilai *Cobb size* yang rendah.

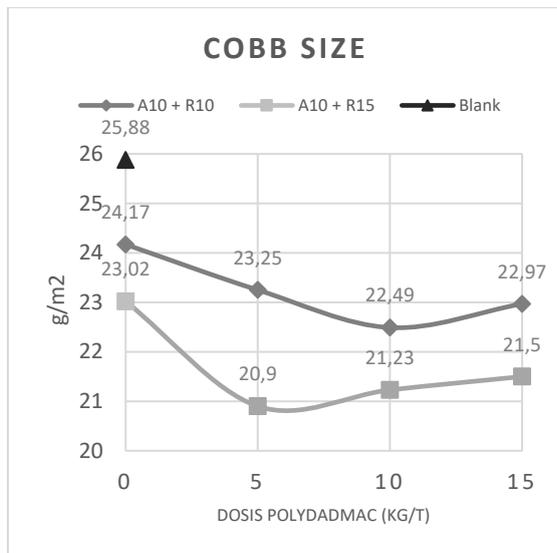
## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di laboratorium salah satu pabrik kertas yang ada di Jawa Timur. Bahan baku yang digunakan adalah 100% *Local OCC (Old Corrugated Container)* yang telah disobek kecil  $\pm 2$ cm kemudian dilakukan *pulping* menggunakan *disintegrator*. Setelah dilakukan *pulping* buburan dibeating menggunakan *valley beater* hingga mencapai *freeness* 400 CSF. Buburan yang sudah dilakukan *beating* selanjutnya dilakukan setting pH dengan menggunakan HCl sampai di angka pH 6,5. Kemudian dilakukan variasi penambahan bahan kimia dengan dosis Alum (10 Kg/Ton), *PolyDadmac* (0 Kg/Ton, 5 Kg/Ton, 10 Kg/Ton, 15 Kg/Ton), dan *Rosin* (10 Kg/Ton, 15 Kg/Ton). Kandungan bahan kimia yang digunakan yakni Alum (kandungan alumina 8%), *PolyDadmac* (Total Solid 30%), *Rosin* (Total Solid 30%). Lembaran *handsheet* dibuat secara laboratorium, kemudian dianalisis kekuatan fisik yang meliputi *Cobb Size*, *Tensile Indeks*, *Bursting Indeks* dan *Ring Crush*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Variasi Dosis *PolyDadmac* terhadap Dosis Alum dan Dosis *Rosin* pada Nilai *Cobb Size*

*Cobb size* merupakan daya serap air pada kertas. Daya serap (bilangan cobb) merupakan jumlah gram air yang diserap oleh satu meter persegi lembaran kertas dalam waktu tertentu (TAPPI T441. Pengujian cobb). *Cobb60* adalah jumlah air yang diserap oleh satu meter persegi lembaran kertas dalam waktu 60 detik diukur pada kondisi standar. Secara teoritis, penambahan bahan *sizing* akan merubah sifat serat yang awalnya hidrofilik menjadi hidrofobik (Saripudin, 2013).



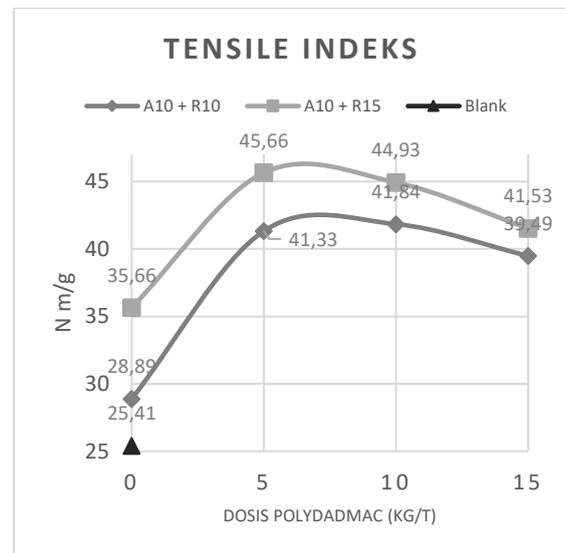
Gambar 1 grafik Cobb Size

Gambar 1 menunjukkan perbandingan hasil dari variasi dosis *PolyDadmac* terhadap dosis *Alum* dan dosis *Rosin* pada nilai *Cobb Size* yang diuji dengan menggunakan alat *cobb test*. Dapat dilihat bahwa pada grafik diatas pada kondisi *blank* atau tanpa adanya penambahan bahan kimia nilai *Cobb size* dihasilkan pada pengujian sebesar 25,88 g/m<sup>2</sup>. Berdasarkan gambar 1 diatas terlihat bahwa terjadi penurunan nilai *Cobb* ketika ditambahkan dosis *PolyDadmac*, tetapi ketika dosis *PolyDadmac* semakin bertambah nilai *Cobb* justru semakin naik. Hal ini dikarenakan *PolyDadmac* memiliki muatan positif yang besar sehingga dapat menggabungkan partikel tersuspensi sehingga efektif dalam proses flokulasi (Anggarani, 2015). Namun, jika terlalu banyak flok yang terbentuk pada lembaran maka formasi lembaran akan terganggu dan jika formasi lembaran terganggu maka akan berpengaruh pada properties strength (Nina Elyani et al., 2017). Nilai *Cobb* semakin naik disebabkan karena lembaran memiliki rongga yang disebabkan akibat terlalu banyak flok di dalam lembaran, sehingga lebih banyak air yang terserap pada lembaran. Ahsen et al., (2019) melakukan *pre-mixing* dengan menggunakan *Alum* dan *PolyDadmac* dapat menghasilkan muatan positif bersih pada campuran *sizing*. Hasil *sizing* juga memberikan nilai *Cobb size* yang rendah. Pada penambahan *Alum* 10 Kg/Ton, *PolyDadmac* 5 Kg/Ton, dan *Rosin* 15 Kg/Ton menghasilkan nilai *Cobb size* yang paling efektif yaitu sebesar 20,9 g/m<sup>2</sup>.

**Pengaruh Variasi *PolyDadmac* terhadap Dosis *Alum* dan Dosis *Rosin* pada Nilai *Tensile Indeks***

*Indeks tarik* (*Tensile Indeks*) adalah daya tahan lembaran kertas atau karton terhadap gaya tarik yang berkerja pada kedua ujung kertas atau karton

dibagi dengan gramatur kertas (N m/g). Daya renggang (*Elongation*) adalah renggangan maksimum yang dapat di capai oleh jalur kertas atau karton sebelum putus. Panjang putus (*breaking length*) adalah panjang jalur kertas atau karton dengan lebar sama yang beratnya dapat memutuskan jalur tersebut apabila digantung salah satu ujungnya (TAPPI T 496).



Gambar 2 grafik Tensile Indeks

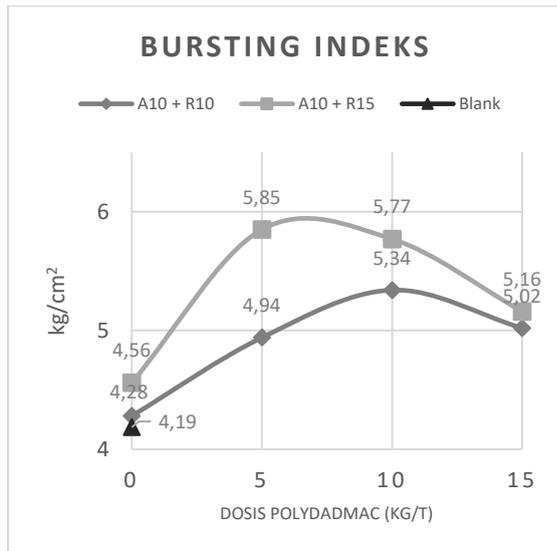
Gambar 2 menunjukkan perbandingan hasil dari variasi dosis *PolyDadmac* terhadap dosis *Alum* dan dosis *Rosin* pada nilai *Tensile Indeks* yang diuji dengan menggunakan alat *tensile test*. Dapat dilihat bahwa pada grafik diatas pada kondisi *blank* atau tanpa adanya penambahan bahan kimia nilai *Tensile* yang dihasilkan pada pengujian sebesar 25,41 N m/g. Pada gambar 2 terlihat bahwa sampel dengan penambahan *Alum* 10 Kg/Ton, *PolyDadmac* 5 Kg/Ton, dan *Rosin* 15 Kg/Ton memiliki nilai *Tensile* yang paling baik yaitu 45,66 N m/g. Semakin tinggi dosis *PolyDadmac*, nilai *Tensile* yang dihasilkan semakin turun. Disini terlihat bahwa penambahan *PolyDadmac* berlebih akan memberikan efek flokulasi yang kurang baik, dikarenakan *PolyDadmac* efektif dalam proses flokulasi (Anggarani, 2015) sehingga ketika dosis *PolyDadmac* semakin bertambah maka akan membentuk flok yang terlalu banyak dan mengakibatkan formasi lembaran yang dihasilkan tidak seragam. Perlu diketahui bahwa formasi mempengaruhi kualitas ikatan antar serat, yang salah satunya berdampak pada sifat ketahanan tarik (Saripudin, 2013).

**Pengaruh Variasi *PolyDadmac* terhadap Dosis *Alum* dan Dosis *Rosin* pada Nilai *Bursting Indeks***

Pengujian *Bursting Indeks* bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kertas tahan terhadap daya retak. Nilai *Bursting Factor* dinyatakan dalam m<sup>2</sup>/cm<sup>2</sup>. Faktor retak merupakan jumlah meter persegi kertas yang beratnya dapat meretakan kertas

sejenis seluas satu centimeter persegi, biasanya dihitung berdasarkan ketahanan retak dalam ( $\text{kg/cm}^2$ ) dibagi gramatur dalam ( $\text{g/m}^2$ ) (TAPPI 403).

Panjang serat dan ikatan antar serat merupakan faktor yang berpengaruh terhadap ketahanan retak kertas. Ketahanan retak kertas dapat ditingkatkan melalui penggilingan sampai tingkat tertentu yaitu sampai terjadi fibrilasi tanpa pemotongan serat (Saripudin, 2013).



Gambar 3 grafik Bursting Strength

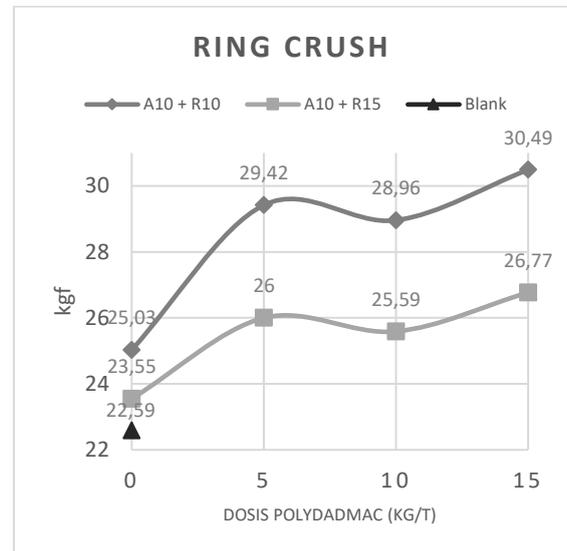
Gambar 3 menunjukkan perbandingan hasil dari variasi dosis *PolyDadmac* terhadap dosis *Alum* dan dosis *Rosin* pada nilai *Bursting Indeks* yang diuji dengan menggunakan alat *bursting test*. Dapat dilihat bahwa pada grafik diatas pada kondisi *blank* atau tanpa adanya penambahan bahan kimia nilai *Cobb size* dihasilkan pada pengujian sebesar  $4,19 \text{ kg/cm}^2$ .

Pada gambar 3 terlihat bahwa setelah ditambahkan *PolyDadmac* terjadi kenaikan nilai *Bursting* dibandingkan dengan tanpa penambahan *PolyDadmac*. Nilai *Bursting* yang paling baik berada pada dosis yang sama yaitu pada dosis *Alum* 10 Kg/Ton, *PolyDadmac* 5 Kg/Ton, dan *Rosin* 15 Kg/Ton dengan nilai  $5,85 \text{ kg/cm}^2$ . Namun, semakin tinggi dosis *PolyDadmac* yang ditambahkan nilai *Bursting* mengalami penurunan. Hal ini sejalan dengan nilai *Cobb Size* dan *Tensile Indeks*, penambahan *PolyDadmac* yang terlalu berlebih akan menimbulkan terbentuknya flok pada lembaran karena *PolyDadmac* memiliki densitas muatan yang tinggi (Anggarani et al., 2015) sehingga menyebabkan formasi lembaran tidak seragam dan akibatnya *properties strength* mengalami penurunan.

**Pengaruh Variasi *PolyDadmac* terhadap Dosis *Alum* dan Dosis *Rosin* pada Nilai *Ring Crush***

*Ring crush* (ketahanan tekan lingkaran) adalah gaya

tekan maksimum tepi lingkaran jalur kertas terhadap satuan gaya tekan yang dinyatakan dalam kilogram gaya atau kilogram fosh (kgf) (S.N.I No. 0660). Hal yang mempengaruhi nilai RCT adalah panjang serat, sudut ikatan (*fibril angle*) dan kekasaran serat (Casey, 1981).



Gambar 4 grafik Ring Crush

Gambar 4 menunjukkan perbandingan hasil dari variasi dosis *PolyDadmac* terhadap dosis *Alum* dan dosis *Rosin* pada nilai *Ring Crush* yang diuji dengan menggunakan alat *ring crus test*. Dapat dilihat bahwa pada grafik diatas pada kondisi *blank* atau tanpa adanya penambahan bahan kimia nilai *Ring Crush* dihasilkan pada pengujian sebesar 22,59 kgf.

Pada gambar 4 terlihat bahwa nilai *Ring Crush* cenderung naik turun hal ini dapat terjadi karena pengujian yang dilakukan menggunakan sampel *Handsheets* dimana arah serat dari *Handsheets* tidak beraturan. Sedangkan untuk pengujian *Ring Crush* perlu adanya arah serat yaitu MD (*Machine Direction*) dan CD (*Cross Direction*) agar nilai *Ring Crush* dapat terbaca. Menurut Smith J.H (1959) posisi arah serat menentukan nilai ketahanan tekan lingkaran pada pengujian. Karena kekuatan dari arah serat tersebut memiliki nilai yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan sampel MD dan CD terlebih dahulu untuk mengetahui nilai kekuatan tekan dari masing-masing serat tersebut.

**KESIMPULAN**

Penambahan *PolyDadmac* memberikan pengaruh terhadap *properties strength*, nilai yang didapat ketika *stock* ditambahkan *PolyDadmac* hasilnya lebih baik daripada tanpa *PolyDadmac* dengan nilai *Cobb size*  $20,9 \text{ g/m}^2$ , *Tensile Indeks*  $45,66 \text{ N m/g}$ , *Bursting Indeks*  $5,85 \text{ kg/cm}^2$  dan *Ring Crush*  $30,49 \text{ kgf}$ . Dosis optimum berada pada penambahan *Alum* 10 Kg/Ton, *PolyDadmac* 5 Kg/Ton dan *Rosin* 15 Kg/Ton, jika dosis *PolyDadmac* bertambah *properties strength* akan menurun. Penambahan *PolyDadmac* juga

memberikan pengaruh terhadap peningkatan kinerja *Rosin* yang dapat dilihat dari nilai *Cobb Size* yang semakin turun ketika ditambahkan *PolyDadmac* dengan persentase penurunan sebesar 1,06 %.

## SARAN

Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan penambahan variabel kondisi pH untuk mengetahui kondisi pH terbaik, dapat dilakukan variasi injeksi point penambahan *Alum*, *PolyDadmac* dan *Rosin* sebagai metode preparasi, dapat dilakukan *blending* material lokal dan *import* pada bahan baku untuk mengetahui *blending* material yang optimal serta dilakukan perhitungan biaya *cost* produksi pada bahan kimia yang digunakan agar dapat diaplikasikan di Industri Kertas *Liner*.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ketua Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp Dan Kertas Ibu Ni Njoman Manik Susantini, S.T.,M.T., Sekretaris Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp Dan Kertas Ibu Nurul Ajeng Susilo S.Si.,M.T., dan seluruh pengajar di Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp Dan Kertas yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyelesaian penelitian ini. Saya ucapkan terimakasih kepada Bapak Thomas Adamaris dan Ibu Miftahul Jannah selaku pembimbing lapangan saya ketika penelitian berlangsung. Saya ucapkan terimakasih kepada *Asia Pulp and Paper* (APP) yang telah memberikan dana untuk penelitian. Ucapan terimakasih kepada Bapak Roben Saragih dan Ibu Rachmawati Apriani, S.T., M.T sebagai penguji yang telah memberikan saran dan ilmu pada penelitian ini. Dan juga saya ucapkan terimakasih kepada kedua orang tua, keluarga dan sahabat saya yang telah memberikan dukungan dan do'a.

## DAFTAR PUSTAKA

Anggarani, B. O. (2015). Peningkatan Efektifitas Proses Koagulasi-Flokulasi Dengan Menggunakan Aluminium Sulfat dan PolyDadmac. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

Bajpai, P. (2005). "Sizing with rosin," in *Emerging Technologies in Sizing*. UK: Pira Internasional Ltd.

Bildik, A. E. (2019). Neutral/alkaline sizing of paper with fortified, saponified wood rosin premixed with alum and retained using cationic polymer. Istanbul: Appita Journal.

Blanco, A., Tijero, J., & Hooimeijer, A. (1995). Study of flocculation process in papermaking. Papermakers Conference, TAPPI Proceedings, 455-463.

Bormann, M. C. (1998). PEI: a Powerful Tool for Recycle Mills. PIMA's Papermaker, P74-76.

Division, R. (1992). Internal Sizing, didalam Kocurek (ed). Pulp and Paper Manufacture, Vol. 6, Stock Preparation.

Elyani, N., & Dina, F. S. (2017). Penggunaan Rosin Kationik - PAC untuk pendirian pada pH netral. Bandung: Balai Besar Pulp dan Kertas.

Fangdong Zhang, e. a. (2020). Improving sizing performance of middle layer of liquid packaging board containing high-yield pulp. China: Springer Nature B.V.

Holik, H. (2013). Handbook of Paper and Board (Second, Revised and Enlarged Edition). Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Horn, D. a. (1991). Retention Aids. Pap. Chem., P44-62.

Hubbe, M. A. (2006). Paper's Resistance to Wetting - Review of Internal Sizing Chemicals and Their Effects. *Bioresources* 2(1).

Hube, M. A. (2014). Prospect for Maintaining Strength of Paper and Paperboard Products While Using Less Forest. *Bioresources* 9(1).

Lebo, X., Jeremy, M., & Peter, W. (2016). How to use alum with cationic dispersed rosin size. Atlanta: TAPPI Journal.

Li, H., Ni, Y., & Sain, M. (2003). Further understanding on polyethyleneimine-induced. Canada: Nordic Pulp and Paper Research Journal.

Naithani A.K., C. R. (2008). Efficient Use of Performance Enhancing Chemicals in Present Scenario. *IPPTA J. Vol.20, No.3*.

Pelletier, J. a. (1997). New Papermaking Equipment, Furnish Offer Fiber, Filler Retention Challenge. *Pulp & Paper*, P85-89.

Rahmaninia, M. (2015). Process Variables and the Performance of Cationic Rosin as an Internal Sizing Agent in Recycled Corrugated Container Pulp. Tehran: University of Tehran.

Saripudin. (2015). Proses Daur Ulang Kertas Bekas Menjadi Kertas Tulis dengan Memanfaatkan Bahan Aditif, Dispersan dan Kolektor. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.

Seo, M. S., Li, K. H., & Lee, H. L. (2016). Compatibility of the Recycled Linerboard Made in Acid Sizing System. Seoul, Korea: Journal of Korea TAPPI.

TAPPI T227 om-04. (2004). "Freeness of pulp (Canadian standard method)," TAPPI Press. Atlanta: GA.