

STUDI PENGGUNAAN *SINGLE RETENTION* PADA PROSES PEMBUATAN KERTAS COKLAT TERHADAP KUALITAS PRODUK DAN MENGURANGI BIAYA PRODUKSI

Erwin¹, Aldy Pradana^{2*}

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

²Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

ABSTRAK

Saat ini banyak benda disekitar kita yang menggunakan bahan dasar kertas, seperti uang, kertas bungkus nasi, dll. Recycle fiber merupakan bahan baku alternatif yang sangat berpotensi, selain dapat memenuhi kebutuhan serat juga dapat mengatasi permasalahan lingkungan. Kertas dengan bahan baku virgin pulp memiliki biaya produksi lebih tinggi daripada kertas dengan bahan baku serat daur ulang (Göttsching, 1998). Selain dari bahan baku serat, bahan kimia yang digunakan juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan biaya proses produksi tinggi. Pada saat ini industri menggunakan sistem *double retention* dengan biaya sebesar \$63.022,5 perbulan, penggunaan biaya ini berasal dari penggunaan chemical yang lebih banyak.. Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penggunaan *single retention* terhadap *run ability* mesin dan juga kualitas kertas yang dihasilkan selain itu juga agar diketahui seberapa besar penghematan biaya produksi dari penggunaan *single retention*. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan kertas coklat dengan menggunakan bahan kimia cpam sebagai bahan retensi yang digunakan, kemudian sebagai pembanding digunakan silica sebagai bahan retensi dengan dosis masing-masing 0,25kg/ton, 0,5kg/ton, 0,75kg/ton dan 1kg/ton yang kemudian dilaksanakan pengujian wet end dan dry end properties. Pada pengujian wet end properties meliputi drainase dan FPR, sedangkan pada dry end properties dilakukan pengujian *internal bounding*, *concora*, *ringcrush* dan *tensile* yang dilakukan pengujian dalam skala laboratorium. Setelah dilakukan penelitian didapatkan bahwa penggunaan silica dan cpam sebagai bahan retensi dalam pembuatan kertas coklat didapatkan hasil yang lebih baik pada penggunaan cpam dengan penggunaan dosis maksimum 0,25kg/ton. Pada penggunaan cpam diatas 0,25kg/ton didapatkan hasil penurunan kualitas tetapi drainase yang dihasilkan terus meningkat seiring bertambahnya dosis hal ini dipengaruhi oleh besarnya flok yang terbentuk pada stock sehingga hal ini berpengaruh terhadap *run ability* mesin. Dengan dilakukan penelitian dan perhitungan setelah penerapan *single retention* pada proses pembuatan kertas coklat maka didapatkan penghematan biaya yang cukup besar dan kualitas dapat dipertahankan dengan penggunaan strength agent.

Kata kunci : biaya produksi, kertas coklat, retensi, *run ability*

ABSTRACT

Currently, there are many objects around us that use paper as basic materials, such as money, rice wrapping paper, etc. Recycled fiber is a potential alternative raw material, besides being able to meet fiber needs, it can also overcome environmental problems. Paper with virgin pulp as raw material has a higher production cost than paper with recycled fiber raw material (Göttsching, 1998). Apart from fiber raw materials, the chemicals used are also one of the factors that cause high production process costs. Currently the industry uses a double retention system at a cost of \$63,022.5 per month, the use of this fee comes from the use of more chemicals. The purpose of this study is to understand how the use of single retention affects the run ability of machines, quality of paper they generate, and also to show how much it costs to use the retention single. The study was conducted on chocolate paper by using cpam chemicals used as retention materials and then used silica with retention of 0.25kg /ton, 0.5kg /ton, 0.75kg /ton and 1kg/ton respectively, and the wet end and dry end properties were used. The wet end properties' test covers drainage and FPR, while the dry end properties were conducted with internal bounding tests, *concora*, *ringcrush* and *tensile* were made at a laboratory scale. Research has found that the use of silica and cpam as retention in chocolate papermaking results in better use of cpam with a maximum dose of 0.25kg /ton. With cpam use over 0.25kg per ton, quality decline is achieved, but the drainage generated keeps increasing as the dosage increases, is affected by the flosses size of the stock, and it affects the run ability of the machine. By research and calculations following the application of single represses on the brown papermaking process there has been considerable cost savings and quality may be maintained with the use of strength agents.

Keywords: production costs, brown paper, retention, *run ability*.

^{1*} Corresponding author: erwin.dosen@gmail.com

1 Pendahuluan

Kertas merupakan material lembaran yang terbuat dari jalinan serat selulosa alami yang telah diendapkan dari larutan tersuspensi (J.C Roberts 1996). Saat ini sudah banyak benda disekitar kita yang menggunakan bahan dasar kertas, misalnya seperti uang, kertas bungkus nasi, buku tulis, dan masih banyak lagi yang lainnya.

Recycle fiber atau serat daur ulang merupakan bahan baku alternatif yang sangat berpotensi, karena selain dapat memenuhi kebutuhan serat juga dapat mengatasi permasalahan lingkungan. Selain itu kertas yang dibuat dengan bahan baku virgin pulp memiliki biaya produksi lebih tinggi daripada kertas yang diproduksi dengan bahan baku serat daur ulang (Göttsching,1998).

Serat yang sudah pernah mengalami proses mekanik dan chemical pada pembuatan kertas sebelumnya. Yang kemudian diolah kembali menjadi produk baru disebut dengan serat sekunder. Penggunaan serat sekunder juga untuk mengatasi faktor ekonomi, dan keterbatasan sumber daya alam dalam penyediaan serat primer. Disamping memberikan nilai ekonomis terhadap biaya produksi kertas, penggunaan serat sekunder ini dapat dimasukkan ke dalam penyimpanan hutan, mengurangi pencemaran lingkungan dan juga menjaga udara dan energi. seiring dengan perkembangan (Rismijana 2006).

Peningkatan penggunaan kertas bekas sebagai bahan baku kertas lebih ramah terhadap lingkungan karena satu ton pembuatan kertas dari serat kertas bekas dapat menghemat 25-30 m³ air, 20-30 pohon dan menurunkan polusi lingkungan karena hanya sedikit menggunakan bahan kimia jika dibandingkan pembuatan kertas dari serat virgin (Dienes, 2006). Biasanya kertas bekas ini akan diproses pada OCC Plant yang mana akan mengurai berbagai macam jenis kertas karton untuk diproses ulang menjadi bahan baku serat selulosa yang diuraikan menjadi 2 jenis, yaitu serat panjang atau long fiber (LF) dan serat pendek atau short fiber (SF).

Selain dari bahan baku serat, bahan kimia yang digunakan juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan biaya proses produksi tinggi. Pada saat ini industri pulp dan kertas sedang berlomba-lomba untuk mengurangi biaya produksi baik dari meningkatkan efisiensi mesin maupun dengan

mengganti ataupun mengurangi penggunaan bahan baku yang sekiranya dapat mempengaruhi pada biaya produksi. Kertas medium merupakan kertas coklat yang digunakan sebagai kertas pembungkus (Packaging paper). Packaging paper saat ini memiliki pasar yang cukup baik dan diperkirakan kedepannya akan terus meningkat karena kegunaannya sebagai pembungkus digunakan hamper di seluruh sector industri. Selain itu kertas linier medium sangat cocok menggunakan bahan baku serat dari (Secondary fiber/recycled waste paper) untuk memenuhi kebutuhan seratnya dikarenakan apabila menggunakan serat dari virgin pulp maka akan menaikkan *cost* produksinya. Hal itu tidak sebanding dengan harga jualnya dipasaran yang relatif murah.

Pada saat ini industri menggunakan sistem *double retention* dengan biaya sebesar \$63.022,5 perbulan, yang mana penggunaan biaya ini berasal dari penggunaan chemical yang lebih banyak. Dengan kondisi tersebut alternatif untuk menekan biaya dan bahan baku maupun chemical yang digunakan industri dapat diatasi dengan penggunaan *single retention*. Yang mana *single retention* sendiri merupakan sistem retensi tunggal yang banyak digunakan dalam pembentukan kertas diyakini mampu membantu pengurangan biaya produksi. Oleh karena itu pada penelitian ini penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai penggunaan *single retention* dengan bahan kimia poliakrilamida (CPAM) pada proses pembuatan kertas coklat.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Kertas

Kertas adalah lembaran seragam yang di press yang terdiri dari serat dan aditif bukan serat yang terbentuk pada screen yang kemudian diberikan tekanan, lalu dikeringkan, dan di *calendering* (Smook, 1990). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, kertas adalah barang lembaran yang dibuat dari buburan rumput, jerami, kayu, dan sebagainya yang biasa ditulisi atau untuk kertas pembungkus dan sebagainya. Kertas adalah material yang berasal dari pulp yang menjalankan proses penggilingan. Serat yang digunakan untuk membuat kertas biasanya adalah serat alami yang mengandung selulosa dan hemiselulosa. (Mufridayati, 2013).

2.2 Kertas Bekas

Perkembangan penggunaan kertas bekas pada proses pembuatan kertas terus berlanjut, sehingga kebutuhan kertas bekas sebagai bahan baku kertas selalu meningkat, bahkan impor kertas bekas juga

masih cukup besar. Penggunaan kertas daur ulang memiliki kelemahan yaitu laju penghilangan air yang rendah, sehingga pada tahap pengeringan kertas membutuhkan energi yang tinggi dan menurunkan produktivitas proses pembuatan kertas. Klasifikasi kertas bekas antara lain:

1. A2 atau LOCC (*Local Old Corrugated Container*) adalah karton bekas yang berasal dari dalam negeri dan mengandung sangat sedikit serat panjang karena sudah sering mengalami proses daur ulang. Kelebihan dari LOCC adalah harganya yang murah dan mudah didapatkan.
2. IOCC (*Import Old Corrugated Container*) adalah karton box bekas yang berasal dari luar negeri dan mengandung banyak serat panjang. Karena pada produksinya menggunakan virgin pulp tetapi dari segi harga lebih mahal dibandingkan LOCC.
3. *Local mixed waste* adalah campuran kertas-kertas bekas
4. *Broke* adalah bahan baku dari potongan kertas mulai dari press part sampai rewinder
5. *Sludge* atau lumpur adalah sisa-sisa reject yang berasal dari proses produksi.

2.3 Bahan Kimia Tambahan

Bahan utama dalam proses pembuatan kertas adalah serat selulosa. Namun dengan permintaan pasar dan kebutuhan konsumen yang beragam akan kertas, maka diperlukan perlakuan khusus agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan permintaan. Bahan kimia aditif merupakan material kimia yang biasanya digunakan untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu dari kertas itu sendiri atau sebagai bahan pembantu dalam kelancaran proses produksi kertas. Dalam pengklasifikasiannya, bahan kimia aditif dibagi menjadi 2, yaitu : bahan aditif fungsional dan bahan aditif pengontrol.

2.3.1 Bahan Aditif Fungsional

Bahan aditif fungsional merupakan bahan aditif yang digunakan untuk mengembangkan atau yang dapat memberikan sifat-sifat tertentu pada produk kertas yang dihasilkan. Berikut adalah jenis-jenis bahan aditif fungsional : *filler*, *sizing agent*, *dry strength agent*, *wet strength agent*, dan bahan pewarna.

2.3.2 Bahan Aditif Pengontrol

Bahan aditif pengontrol yaitu bertujuan untuk

mengendalikan kondisi *stock* agar di dalam prosesnya dapat berjalan dengan lancar. Bahan aditif pengontrol meliputi : *Biocide*, *Retention aids*, *Pitch Control Agent*, dan bahan anti busa.

2.4 Retention aids

Retention aids berfungsi untuk meningkatkan retensi pada fines atau bahan pengisi yang lain dalam proses pembuatan kertas. Dalam industri kertas, penggunaan bahan retensi perlu dioptimalkan karena mempunyai banyak keuntungan sebagai berikut:

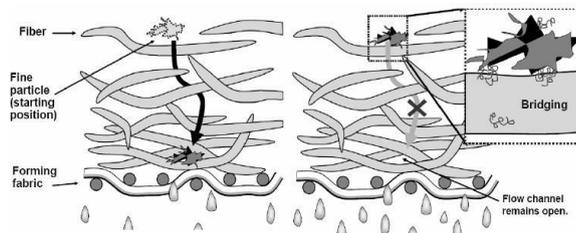
- Formasi kertas yang dihasilkan dapat meningkat
- Berkurangnya fines dan filler yang lolos
- Mengurangi pemakaian *fresh water*
- Mengurangi kebutuhan steam
- Beban *white water* berkurang
- Dapat menurunkan beban deposit

Beberapa contoh bahan kimia yang biasa digunakan sebagai pembantu retensi yaitu : polyvinyl alcohol, polyethyleneimine, polyacrylamide dan lain-lain.

Pada proses pembuatan kertas terjadi proses pembentukan lembaran yang diawali dari suspensi dengan kondisi encer mengandung selulosa serta bahan pengisi dan aditif (Roberts 1991 ; Smook 1992 ; Blanco et al., 1995). Pada Proses berpindahnya buburan kertas dari *headbox* ke *wire* akan terjadi proses penghilangan kandungan air. Proses penghilangan air ini dibantu oleh pengadaan vakum pada *wire*. Sehingga konsistensi buburan dapat meningkat menjadi lebih kental. Pembentukan kondisi kertas terjadi pada proses wet end, karena setelah melewati proses wet end lembaran kertas akan sulit diubah kondisi kertasnya. Pada proses wet-end terjadi fenomena fisika-kimiawi antara serat, fines, filler dan aditif yang terkait dengan karakteristik kertas yang diinginkan (Blanco et al., 1995 ; Fardim 2002).

Pada tahapan Wet end flokulasi merupakan proses penting karena bisa mempengaruhi efisiensi pada proses seperti retensi, drainase dan runability mesin. Selain itu flokulasi juga mampu memberikan pengaruh pada kualitas produk akhir seperti formasi, kekuatan dan properties kertas lainnya (Eklund dan Lindstrom 1991;Unbehend 1992). Flokulasi merupakan proses terbentuknya gumpalan serat bersama fines, filler, dan bahan kimia aditif. Hal ini terjadi karena adanya saling ikat antar serat, dimana hal ini dapat meningkatkan jumlah serat tertahan pada permukaan *wire* (Blanco et al., 1995). Namun, terkadang lubang *wire* lebih besar dibandingkan

partikel fines, yang mengakibatkan partikel fines tidak dapat tertahan pada *wire* (Allen, 1985; Luukko dan Paulapuro 1999 ; Nuro et al., 1999 ; Sten 1999 ; Pruden 2005). Fines yang tidak terflokulasi dan tidak tertahan pada permukaan *wire*, akan turun bersama *White water* sehingga suspensi serat dapat meningkatkan drainase (Allen, 1985; Luukko dan Paulapuro 1999 ; Pruden 2005). Dalam beberapa literatur, beberapa penulis (Britt et al., 1986 ; Wildfong et al., 2000a, 2000b ; Hubbe 2002 ; Paradis et al., 2002) menyebutkan bahwa partikel fines yang tidak terikat, bias bergerak bebas melalui web selama pengeringan dan memiliki kecenderungan untuk menutup saluran yang dilalui air. Oleh karena itu retensi fines dan filler harus dicapai secara kimiawi dengan penggunaan bahan kimia.



Gambar 2. 1 skema efek bridging bonds (Hubbe dan Hietmann 2007)

Sumber : Elisabete Simoes Antunes, 2009

Studi tentang bahan kimia wet-end telah menetapkan retensi / mekanisme flokulasi yang berbeda, tergantung dari beberapa faktor yaitu karakteristik dan dosis flokulan, pH, suhu, air konduktivitas, karakteristik fines dan filler serta kondisi mesin seperti waktu tinggal dan gaya geser (Eklund dan Lindstrom 1991 ; Litchfield 1994 ; Norell et al., 1999). Pengontrolan flokulasi sangat penting pada tahap wet-end karena kinerja retensi dan drainase hingga kualitas produk akhir tergantung pada derajat flokulasi dan karakteristik flok (Blanco 1994 ; Blanco et al., 2005 ; Cadotte et al., 2007).

Tujuan utama dari kegiatan kontrol optimal pada proses wet- end adalah untuk meningkatkan kinerja aditif retensi dan drainase tanpa merusak formasi lembaran, agar memiliki kinerja retensi dan drainase terbaik serta formasi kertas yang dihasilkan juga baik. Kinetika setiap proses memiliki ketergantungan pada karakteristik flokulan (struktur, berat molekul, densitas dan konsentrasi muatan), karakteristik partikel tersuspensi (ukuran dan kepadatan muatan), karakteristik media

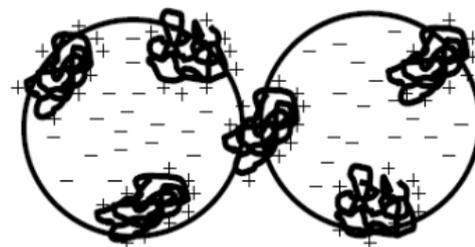
persuspensi (pH, konduktivitas dan muatan ion), waktu kontak, intensitas turbulensi, dll (Berlin dan Kislenko 1995 ; Berlin et al., 1997 ; Bremmel dkk., 1998; Blanco dkk., 2002). Pembentukan kumpulan partikel dalam larutan dapat terjadi dengan netralisasi muatan, patching (penambalan), bridging (penghubungan) atau mekanisme flokulasi kompleks (Eklund dan Lindstrom 1991 ; Cadotte et al 2007).

1. Netralisasi muatan

Netralisasi muatan adalah mekanisme koagulasi karena agregasi terjadi karena pengurangan gaya tolak antar partikel. Penambahan garam elektrolit atau polielektrolit dengan berat molekul sangat rendah cukup memampatkan lapisan electrical *double layer*, sehingga tolakan antar partikel berkurang. Alat bantu retensi yang umum bekerja berdasarkan mekanisme netralisasi muatan adalah polyvalent cations, polyethylenimine (PEI), polydiallyldimethyl ammonium chloride (poly-DADMAC), polyamine dan polyamideamine epichlorohydrine (PAE). (Norell et al., 1999; Cadotte et al., 2007)

2. Patch (tambalan)

Model patch juga didasarkan pada mekanisme elektrostatis tetapi berbeda dari teori netralisasi. Ini didasarkan pada pembentukan sisi kationik "patch" dari polielektrolit kationik pada serat anionik atau permukaan filler. Polimer diserap dalam tambalan kationik pada permukaan negatif. Flokulasi kemudian akan terjadi oleh gaya elektrostatis antara sisi partikel yang muatannya berlawanan. Polyethylenimine, poliakrilamida (PAM) dengan berat molekul rendah dan poliamina adalah contoh alat bantu retensi yang mengikuti mekanisme ini (Cadotte et al., 2007).

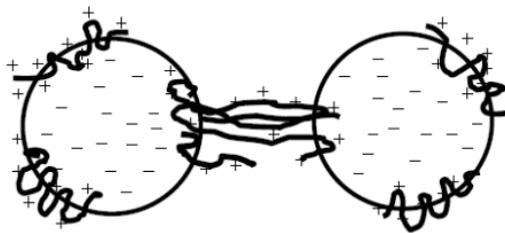


Gambar 2. 2 Mekanisme *patching* (Scott, 1996)

3. Bridging (Jembatanan)

Flokulasi partikel yang diinduksi oleh polielektrolit dengan berat molekul sangat tinggi (lebih dari 10) terjadi melalui mekanisme bridging. Mekanisme ini pertama kali diusulkan oleh penelitian dilakukan oleh

La Mer dan Healy (1963). Penulis ini juga merujuk bahwa maksimal dalam laju flokulasi terjadi ketika cakupan permukaan polimer adalah 50%. (Fleer dan Scheutjens, 1993) menggambarkan mekanisme penghubung sebagai hasil dari tiga langkah berurutan yaitu adsorpsi polimer, bridging dan depletion (penipisan). Poliakrilamida atau polietilena oksida dengan berat molekul sangat tinggi adalah contoh alat bantu retensi untuk flokulasi dengan mekanisme bridging (Cadotte dkk., 2007).



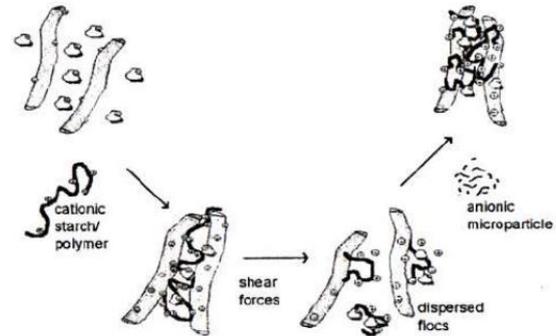
Gambar 2. 3 Skema mekanisme bridging (Scott, 1996)

4. Flokulasi kompleks

Sistem polimer ganda adalah kombinasi dari polimer kationik (tawas, polietilenimina, poli-DADMAC atau cationic starch dengan polimer anionik (anionic poliakrilamida). Polimer kationik yang biasanya ditambahkan lebih dahulu, mengflokulasi partikel anionik. Polimer anionik kemudian ditambahkan untuk reflokulasi, dengan mekanisme jembatan (bridging), gumpalan dipecah selama tahap geser (Yu dan Somasundaran 1993; Fan dkk., 2000). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa sistem polimer ganda meningkatkan proses *dewatering* (*dewaterability*) dan kekuatan flok serta menunjukkan kapasitas reflokulasi yang lebih tinggi dibandingkan sistem tunggal (Lee dan Liu 2001; Yoon dan Deng 2004).

Sistem mikropartikel merupakan jenis sistem ganda dengan partikel submicron yang sangat anionik (montmorillonite atau koloidal silika) digunakan bersama dengan polimer kationik seperti poliakrilamida atau pati. Flokulan kationik umumnya ditambahkan terlebih dahulu menyebabkan agregasi partikel. Kemudian flok yang terbentuk dipatahkan selama tahap geser dan mikropartikel ditambahkan setelahnya untuk menginduksi reflokulasi sistem. Reflokulasi flok yang terbentuk lebih kecil dan lebih padat dari yang aslinya (Swerin et al., 1993; Assemblan dan Garnier 2001; Beouillette et al., 2005). Keuntungan dari

system mikropartikel sangat banyak menunjukkan kapasitas sistem reflokulasi mikropartikel secara signifikan meningkatkan retensi fines dan filler yang disebabkan oleh kationik poliakrilamida.



Gambar 2. 4 Skema flokulasi kompleks dengan mikropartikel (Norell et al., 1999)

Pada pengaplikasiannya di industri retensi terbagi menjadi beberapa macam yaitu:

- *Single Retention*

Pada *single retention* proses pengaplikasian bahan kimia dalam proses pembuatan kertas hanya digunakan 1 jenis bahan kimia retensi, kemudian untuk titik injeksi dari bahan kimia pada proses *single retention* dilakukan pada stock/buburan dengan posisi titik injeksi sebelum masuk ke screen

- *Double Retention*

Pada *double retention* proses pengaplikasian bahan kimia dalam proses pembuatan kertas digunakan 2 jenis bahan kimia retensi yang berbeda, kemudian untuk titik injeksi dari bahan kimia pada proses *double retention* dilakukan pada stock/buburan dengan posisi titik injeksi yaitu sebelum dan sesudah screen.

2.5 Cationic Polyacrilamide

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 adalah polimer yang relatif murah yang mudah diformulasikan untuk berat molekul tinggi 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.

Poliakrilamida kationik (CPAM) adalah polimer molekul tinggi linier organik yang larut dalam air yang dibentuk oleh kopolimerisasi monomer kationik dan akrilamida. Karena rantai molekulnya mengandung sejumlah gugus polar, ia dapat menyerap partikel padat yang tersuspensi dalam air, menjembatani antar partikel, atau partikel agregat untuk membentuk flok besar melalui netralisasi muatan. Ini memiliki efek mempercepat pemisahan padat-cair dan meningkatkan filtrasi. Hal ini terutama digunakan untuk flokulasi dan sedimentasi. Secara umum, alat bantu retensi dalam pembuatan kertas adalah polimer dengan berat molekul yang sangat tinggi dan larut dalam air yang ditambahkan ke bubur serat selulosa sebelum pembentukan kertas untuk meningkatkan retensi partikel halus di kertas, termasuk juga serat halus (fines)

Poliakrilamida kationik (C-PAM) sebagai bantuan retensi dan drainase pada pulp selain untuk mengisi segala macam aditif memiliki efek retensi yang baik, memiliki jangkauan pengaplikasian yang luas (Jin et al. 2003, Shan et al. 2012). C-PAM dengan muatan positif dapat secara efektif menetralkan muatan negatif pada permukaan pulp (Vanerek et al. 2000). Penggunaan bahan retensi seperti CPAM dengan memberikan dosis yang tepat dapat memberikan dampak positif dalam proses pembuatan kertas, terutama untuk meningkatkan nilai retensi dan proses drainase pada kertas

2.6 Deskripsi Pembuatan Kertas

Dalam pembuatan kertas terdapat 2 tahap pengolahan yaitu, tahap pertama yaitu tahap setengah jadi, yakni proses sejak dari penghancuran kayu hingga menjadi bubur kayu (pulp). Tahap kedua adalah pembuatan barang jadi yakni proses pengolahan bubur kayu (pulp) menjadi kertas siap pakai (Kasdim, 2008).

Dalam proses pembuatan kertas pada dasarnya memiliki 4 tahap yaitu, penyediaan buburan (stock preparation), tahap pengaturan aliran (approach flow system), tahap mesin kertas (paper machine), dan finishing.

2.7 Kertas Medium dan Spesifikasi Kertas Medium

Menurut Christer Söremark dalam buku *Pulp and Paper Chemistry and Technology (Volume 4) Paper Product Physics and Technology* oleh Monica Ek, dkk. (2009), kertas medium merupakan kertas coklat yang dibuat bergelombang dan

umumnya disebut sebagai *corrugated board* dengan dilapisi dengan 2 (dua) atau lebih lembaran datar kertas liner (liner paper). Pelapisan ini dilakukan berdasarkan struktur yang dibutuhkan. kertas medium merupakan kertas yang digunakan sebagai lapisan bergelombang pada karton gelombang. Kertas medium dibuat bergelombang dengan berbagai struktur dan berdasarkan variasi tinggi gelombang dan banyak gelombang. Beberapa sifat yang menjadi spesifikasi utama kertas medium, diantaranya ketahanan tekan lingkaran (*ring crush*), ketahanan datar medium bergelombang (*concora*), dan cobb size. Sedangkan sifat kekuatan mekanis seperti ketahanan tarik, retak, dan sobek menjadi sifat pendukung pada kertas medium.

Tabel 2. 1 Standar Parameter Properties SNI

<i>Ringcrush</i>	<i>Concora</i>	<i>Tensile</i>	<i>Internal Bonding</i>
11 KgF	16,5 KgF	8,4 KgF	180 J/m ²

3 Bahan dan Metode

3.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain gelas beker, gelas ukur, pipet, *vacuum*, kertas saring, neraca analitik, *hot plate*, dispermat, *freeness tester*, *handsheet maker*, laboratory dryer, sheet press, batang pengaduk, timbangan digital, dan magnetik stirer. Sedangkan instrumen yang digunakan ialah *tensile tester*, *ringcrush tester*, *flutter internal bonding tester*, *thickness tester*, dan *stopwatch*. Bahan yang digunakan pada penelitian kali ini ialah air, OCC Lokal, OCC import, CPAM, dan silica.

3.2 Metode

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah dengan melakukan percobaan di Laboratorium Wet End New Product Development dan Quality Control pada industri kertas di Sidoarjo. Dimana pada percobaan ini terdapat 2 percobaan, pada kondisi 1 menggunakan CPAM sebagai retensi sedangkan pada kondisi 2 menggunakan silica sebagai retensi yang digunakan. Dilakukan pembuatan handsheet medium 125gsm dan dilakukan uji properties. Handsheet yang telah dibuat lalu diuji sifat fisiknya yang terdiri dari beberapa parameter pengujian. Kemudian dilakukan analisis untuk membandingkan hasil pengujian sampel blank dengan sampel lainnya.

Metoda pengolahan data yang dilakukan sebagai analisis deskriptif adalah metoda analisis regresi dan

analisis faktor. Alasan menggunakan metoda ini adalah untuk mengetahui hubungan sebab akibat antara variasi dosis penambahan bahan kimia terhadap proses retensi dan drainase serta properties handsheet yang dihasilkan. Serta metoda analisis faktor untuk mengetahui faktor-faktor yang menjelaskan hubungan dosis penambahan bahan kimia terhadap retensi, drainase serta properties handsheet yang dihasilkan berdasarkan dari data analisis regresi

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian pada percobaan ini meliputi variabel penelitian, tahap persiapan, deskripsi proses, dan pembuatan diagram alir penelitian.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel bebas	Variabel control	Variabel terikat
CPAM (250, 500, 750, 1000 ppm)	FPR (first pass retention)	Komposisi stock
Silica (250, 500, 750, 1000 ppm)	Drainage	Total Solid CPAM 0,2%
	Ringcrush	Total Solid Silica 0,08%
	Concora	Kontak waktu chemical
	Internal Bounding	
	Tensile	

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian Total Solid Chemical Additif

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Total Solid

Bahan Kimia	Total Solid (TS)
CPAM	0,2%
Silica	0,08%

Pengujian solid content bahan kimia dilakukan untuk mengetahui jumlah padatan yang terkandung dalam bahan kimia yang digunakan dalam pembuatan handsheet.

4.2 Pengujian pH pada Chemical Additif

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Total Solid

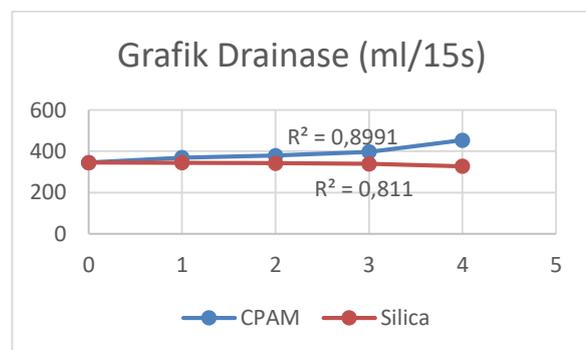
Chemical	pH
CPAM	6,54
Silica	8,98

Pengujian pH pada chemical additif berfungsi

sebagai acuan pada pembuatan handsheet yang nantinya akan dicek pH pada stock dimana pada percobaan yang telah dilakukan setiap variasi chemical, stock di cek kandungan pH jangan sampai ≤ 8 karena akan mengganggu proses runnability. Sampel chemical diambil pada masing-masing sampel point di lapangan. Kemudian sampel diambil 1 gram, kemudian pH meter di masukkan ke dalam bahan kimia tadi lalu tunggu sampai angka pada monitor stabil.

4.3 Hasil Uji Drainase

Pengujian drainase stock bertujuan untuk mengetahui seberapa cepat proses dewatering stock saat berada di wire, hasil dari pengujian drainase dapat menjadi acuan terhadap sifat kertas yang dihasilkan. Untuk hasilnya dapat dilihat pada data berikut.



Gambar 4.1 Grafik Uji Drainase

Berdasarkan hasil pengujian sampel pada sampel awal tanpa penambahan CPAM ataupun Silica (Blank) diperoleh nilai drainase sebesar 345ml/15s, kemudian ketika diberikan penambahan cpam sebesar 0,25Kg/Ton nilai drainase bertambah menjadi 369ml/15s. kemudian pada dosis cpam 0,5Kg/Ton didapatkan nilai drainase sebesar Nilai drainase terus bertambah pada dosis cpam sebesar 1Kg/Ton didapatkan nilai drainase sebesar 454ml/15s. sedangkan pada penggunaan silica dengan dosis sebesar 0,25Kg/Ton tidak terdapat perubahan pada drainase atau didapatkan nilai sebesar 345ml/15s. ketika dosis silica diperbesar menjadi 0,5Kg/Ton nilai drainase menjadi turun dan didapatkan sebesar 342ml/15s. kemudian dosis silica diperbesar hingga 1Kg/Ton hasil yang didapatkan yaitu nilai drainase terus mengalami penurunan sehingga didapatkan nilai sebesar 328ml/15s.

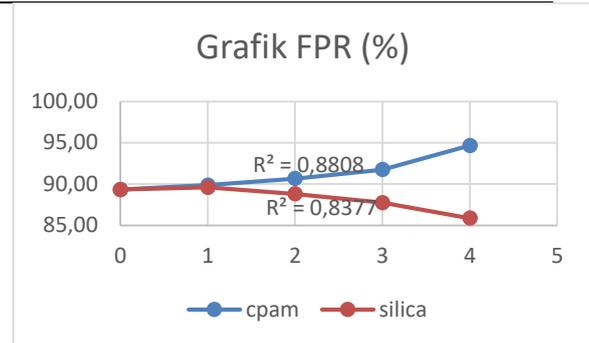
Peningkatan ini dikarenakan retensi yang terjadi akibat penambahan cpam membentuk aglomerasi fines dalam ukuran mikro. Sehingga pada saat flok fines yang terbentuk sampai pada wire akan teretain

pada sisi serat atau membentuk flok disepanjang serat dan tidak menghalangi laju pengeluaran air. Sehingga air memiliki kemampuan untuk jatuh terlebih dahulu seiring penurunan mikroflok yang teretain pada sisi serat. Dosis yang terlalu tinggi mengakibatkan tingkat flokulasi yang tinggi. Tingkat flokulasi yang terlalu tinggi menyebabkan kertas sangat berpori (Khosravani & Rahmaninia 2013). Disamping itu tingkat flokulasi yang tinggi, menghasilkan flok yang besar sehingga menurunkan laju drainase karena sulit untuk menghilangkan air interstisial dari flok yang sangat besar (Blanco 1994 ; Blanco et al., 2005 ; Cadotte et al., 2007).

Drainase menyatakan kecepatan turunnya air saat proses *dewatering* lembaran yang berada di *wire*. Untuk skala laboratorium, perhitungan drainase yaitu banyaknya volume air yang turun yang dihitung selama 15 detik. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin sedikit volume air yang turun, maka dapat dipastikan bahwa semakin lambat proses *dewatering* pada *wire*. Jika penggunaannya diterapkan pada mesin kertas yang memiliki kecepatan tinggi, maka kemungkinan diperlukan tambahan goyangan pada mesin (*shaking*) untuk membantu mempercepat proses *dewatering*. Drainase dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya : derajat giling, jenis bahan peretensi dan lain-lain. Drainase juga berpengaruh pada hasil formasi pada kertas yang dihasilkan, untuk lebih lengkapnya akan dibahas pada bab berikutnya mengenai formasi kertas.

4.4 Hasil Uji Retensi

Retensi merupakan kemampuan serat dan partikel selain serat seperti fines, filler dan aditif tertahan pada serat sehingga membentuk lembaran pada *wire*. Retensi merupakan salah satu parameter penting dalam proses forming section karena efisiensi proses bergantung pada banyaknya partikel yang tertahan pada serat. Semakin tinggi kemampuan retensi menunjukkan semakin banyak bahan serat dan non serat seperti bahan kimia yang ditambahkan tertahan pada serat. Sehingga efektifitas bahan kimia juga meningkat. Semakin tinggi nilai retensi menunjukkan semakin efisien proses tersebut.



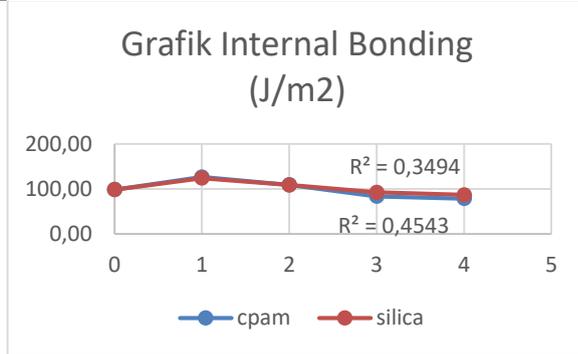
Gambar 4.2 Grafik Uji Retensi

Berdasarkan grafik uji hasil retensi diatas dapat dilihat bahwa pada sampel blank (tanpa penggunaan chemical) didapatkan hasil sebesar 89,33%. Kemudian ketika dilakukan penambahan cpam dengan dosis 0,25Kg/Ton sebagai bahan retensi terjadi kenaikan menjadi sebesar 89,87%. Nilai retensi terus meningkat, nilai tertinggi didapat pada penggunaan cpam pada dosis 1Kg/Ton yaitu sebesar 94,67%. Pada penggunaan bahan retensi silica juga didapat kenaikan nilai retensi pada penggunaan dosis 0,25Kg/Ton yaitu sebesar 89,60%. Namun ketika dilakukan penambahan dosis sebesar 0,5Kg/Ton, 0,75Kg/Ton, dan 1Kg/ton terjadi penurunan nilai retensi yaitu sebesar 88,80%, 87,83% dan 85,87%.

Hal ini menunjukkan seiring penambahan cpam terjadi peningkatan nilai retensi yang mengindikasikan adanya fines yang tertahan pada serat. Fines membentuk *jejaring* karena adanya ion positif dari cpam dan terjadi adsorpsi rantai makromolekul cpam pada fines sehingga membentuk aglomerasi flok-flok fines yang teretain pada proses forming.

4.5 Hasil Uji *Internal Bonding*

Nilai *internal bonding* diperoleh melalui alat uji *internal bonding* tester yang memiliki satuan J/m². *Internal bonding* sendiri merupakan kekuatan ikatan antar individual fiber. *Internal bonding* merupakan salah satu critical properties atau properties yang sangat penting dalam produksi kertas coklat. Dalam pengaplikasiannya kertas coklat akan menerima banyak perlakuan seperti pengeleman, penekukan, benturan hingga sobekan. Ketahanan kertas coklat terhadap perlakuan tersebut dapat diketahui dan ditingkatkan melalui nilai *internal bonding*.



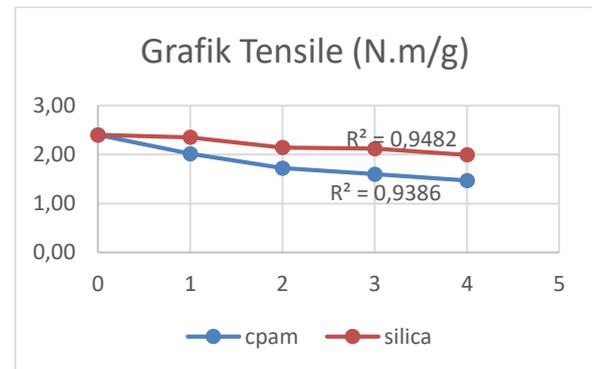
Gambar 4.3 Grafik Uji *Internal Bonding*

Berdasarkan hasil uji *internal bonding* pada sampel didapatkan data seperti tabel diatas. Pada sampel blank (tanpa penambahan chemical) didapatkan nilai sebesar 98,63J/m². Dilakukan penambahan cpam sebagai bahan retensi dengan dosis sebesar 0,25Kg/Ton dan didapatkan nilai *internal bonding* sebesar 126,47J/m². Kemudian dilakukan penambahan dosis cpam sebesar 0,5Kg/ton, 0,75kg/ton dan 1kg/ton didapatkan nilai secara berurutan sebesar 109,07J/m², 83,75J/m² dan 78,73J/m². Sedangkan pada penggunaan silica sebagai bahan retensi dengan dosis 0,25kg/ton didapatkan nilai sebesar 124,17J/m². Kemudian dilakukan penambahan dosis silica sebesar 0,5kg/ton, 0,75kg/ton dan 1kg/ton didapatkan nilai *internal bonding* secara berurutan sebesar 108,93J/m², 92,6J/m² dan 86,9J/m². Dari penambahan kedua bahan retensi tersebut keduanya mengalami kenaikan nilai pada dosis pertama yaitu 0,25kg/ton tetapi nilai tertinggi diperoleh dari penambahan cpam sebagai bahan retensi. kemudian pada dosis kedua dan seterusnya nilai *internal bonding* mengalami penurunan dari dosis pertama. Pada penggunaan cpam sebagai bahan retensi terjadi penurunan nilai yang cukup jauh hal ini dikarenakan kedua chemical sudah mencapai titik optimumnya. Selain itu peningkatan nilai *internal bonding* ini karena adanya fines yang teretain mengakibatkan komposisi furnish meningkat. Adanya fines pada sisi serat meningkatkan densitas serat sehingga pada saat pengujian, kemampuan menahan beban lebih tinggi, sehingga nilai *internal bonding* meningkat. dosis cpam yang terlalu tinggi mengakibatkan interaksi yang sangat intens dan menghasilkan tingkat flokulasi yang tinggi. Tingkat flokulasi yang terlalu tinggi menyebabkan kertas sangat berpori dan mengindikasikan formasi yang sangat buruk

4.6 Hasil Uji *Tensile*

Tensile atau ketahanan Tarik didefinisikan sebagai daya tahan lembaran terhadap gaya tarik yang

bekerja pada kedua ujungnya. Ketahanan tarik merupakan ketahanan suatu bahan terhadap deformasi plastis, yang memiliki ukuran ketahanan kertas terhadap tarikan langsung dan dihitung dari beban yang diperlukan untuk menarik hingga terputus sebuah jalur kertas dengan dimensi tertentu (TAPPI 2001).



Gambar 4.4 Grafik Uji *Tensile*

Berdasarkan hasil pengujian sampel dapat diketahui bahwa sampel blank (tanpa penambahan chemical apapun) didapatkan nilai *tensile* sebesar 2,4N.m/g. ketika dilakukan penambahan cpam sebagai bahan retensi pada dosis 0,25Kg/Ton didapatkan hasil *tensile* sebesar 2,02N.m/g). Nilai *tensile* terus menurun seiring ditambahkannya cpam sebagai bahan retensi, pada dosis 0,5Kg/Ton, 0,75Kg/Ton, dan 1Kg/Ton didapatkan nilai *tensile* secara berurutan sebesar 1,73N.m/g, 1,60N.m/g, 1,47N.m/g.

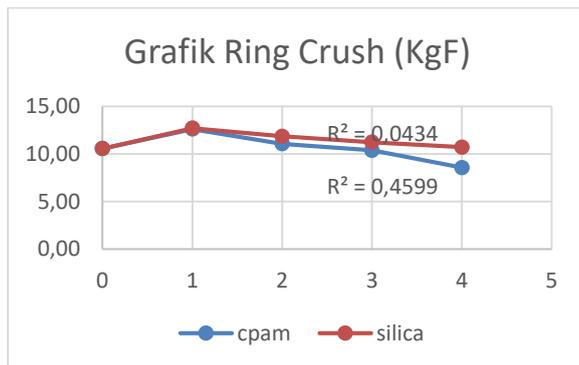
Sedangkan pada penambahan silica sebagai bahan retensi pada dosis 0,25Kg/Ton didapatkan nilai *tensile* sebesar 2,35N.m/g dan nilai *tensile* juga terus menurun seiring ditambahkannya dosis sebesar 0,5Kg/Ton, 0,75Kg/Ton dan 1Kg/Ton didapatkan nilai *tensile* secara berurutan sebesar 2,15N.m/g 2,12N.m/g 1,99N.m/g.

Nilai *tensile* pada penggunaan silica didapatkan lebih besar daripada penggunaan cpam, namun keduanya mengalami penurunan nilai *tensile*. Hal ini disebabkan oleh dosis bahan peretensi yang terlalu tinggi mengakibatkan interaksi yang sangat intens dan menghasilkan tingkat flokulasi yang tinggi. Tingkat flokulasi yang terlalu tinggi menyebabkan kertas sangat berpori dan mengindikasikan formasi yang sangat buruk (Khosravani & Rahmaninia 2013). Penurunan formasi yang berlebihan mempengaruhi properties kertas yang dihasilkan begitu pula dengan *tensile* indeks. Diketahui bahwa penambahan nanopartikel meningkatkan retensi dan drainase dengan pembentukan mikroflok, hal ini menyebabkan

lebih banyak saluran terbuka untuk air mengalir diantara flok pada proses pengeringan (Hubbe 2005, Khosravani dkk 2010, Rahmaninia 2013). Ruang antar flok ini menurunkan keseragaman formasi kertas yang dihasilkan sehingga mengakibatkan *tensile strength* mengalami penurunan.

4.7 Hasil Uji Ring Crush

Ring crush adalah ketahanan tekan lingkaran kertas secara vertikal. Properties kertas ini sangat berpengaruh dalam produksi kertas coklat, terutama liner medium.



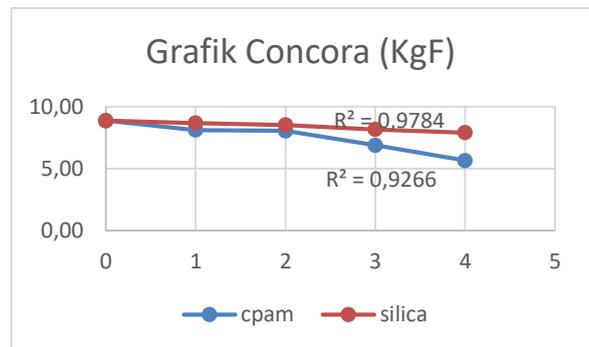
Gambar 4.5 Grafik Uji Ringcrush

Berdasarkan hasil pengujian *ringcrush* pada sampel didapatkan hasil sampel blank (tanpa penambahan chemical) sebesar 10,56KgF. Kemudian dilakukan penambahan cpam sebagai bahan retensi sebesar 0,25Kg/Ton dan didapatkan nilai *ringcrush* sebesar 12,60KgF. Namun ketika dilakukan penambahan cpam dengan dosis sebesar 0,5Kg/Ton nilai *ringcrush* mengalami penurunan tetapi masih berada diatas nilai blank yaitu sebesar 11,06KgF. Tetapi ketika ditambahkan cpam dengan dosis 0,75Kg/Ton dan 1Kg/Ton secara berurutan didapatkan nilai sebesar 10,37KgF dan 8,57KgF. Sedangkan pada penambahan silica sebagai bahan retensi dengan dosis sebesar 0,25Kg/Ton didapatkan nilai sebesar 12,70KgF. Kemudian dilakukan penambahan nilai dosis yaitu 0,50Kg/Ton, 0,75Kg/Ton dan 1Kg/Ton didapatkan nilai *ringcrush* secara berurutan sebesar 11,865KgF, 11,24KgF dan 10,71KgF. Pada penambahan bahan retensi cpam dan silica didapatkan hasil optimum pada dosis 0,25Kg/Ton, pada dosis diatas 0,25Kg/Ton keduanya mengalami penurunan nilai *ringcrush* tetapi pada penggunaan silica nilai *ringcrush* masih diatas blank, sedangkan pada penggunaan cpam nilai *ringcrush* terus menurun hingga dibawah blank. Hal ini disebabkan karena kedua chemical sudah mencapai titik optimumnya. Selain itu peningkatan nilai *ringcrush* ini karena adanya fines yang teretain mengakibatkan komposisi furnish meningkat. Adanya fines pada sisi serat meningkatkan densitas serat sehingga pada saat pengujian tepi lingkaran, kemampuan menahan tekanan lebih tinggi, sehingga nilai *ringcrush* meningkat. dosis cpam

yang terlalu tinggi mengakibatkan interaksi yang sangat intens dan menghasilkan tingkat flokulasi yang tinggi. Tingkat flokulasi yang terlalu tinggi menyebabkan kertas sangat berpori dan mengindikasikan formasi yang sangat buruk. Penurunan formasi yang berlebihan mempengaruhi properties kertas yang dihasilkan begitu pula dengan *ringcrush*.

4.8 Hasil Uji Concora

Concora merupakan pengujian pada kertas medium untuk mengetahui kekuatan gelombang, karena kertas medium ini akan digunakan sebagai packaging sehingga kekuatannya harus baik agar tidak mudah jebol.



Gambar 4.6 Grafik Uji Concora

Berdasarkan hasil uji *concora* pada sampel didapatkan hasil seperti grafik diatas. Pada sampel blank (tanpa penambahan chemical) didapatkan nilai *concora* sebesar 8,87KgF. Kemudian dilakukan penambahan cpam sebagai bahan retensi dengan dosis 0,25Kg/Ton, 0,5Kg/Ton, 0,75Kg/Ton dan 1Kg/Ton didapatkan hasil secara berurutan yaitu 8,11KgF, 8,04KgF, 6,89KgF dan 5,65KgF. Sedangkan pada penambahan silica sebagai bahan retensi dengan dosis yang sama yaitu 0,25Kg/Ton, 0,5Kg/Ton, 0,75Kg/Ton dan 1Kg/Ton didapatkan hasil secara berurutan yaitu 8,67KgF, 8,53KgF, 8,17KgF dan 7,91KgF. Pada penambahan chemical tersebut keduanya mengalami penurunan nilai *concora* dibandingkan dengan sampel blank. Tetapi penurunan terbesar terjadi pada penambahan cpam sebagai bahan retensi. Hal ini dikarenakan dosis cpam yang terlalu tinggi mengakibatkan interaksi yang sangat intens dan menghasilkan tingkat flokulasi yang tinggi. Tingkat flokulasi yang terlalu tinggi menyebabkan kertas sangat berpori dan mengindikasikan formasi yang sangat buruk. Penurunan formasi yang berlebihan mempengaruhi properties kertas yang dihasilkan begitu pula dengan nilai *concora*

5 Kesimpulan

Pada penelitian yang telah dilaksanakan, didapatkan hasil yaitu dari 4 parameter kualitas hanya *ring crush* yang masuk standar yaitu diatas 11 KgF.. Selain itu, penggunaan *single retention* dapat menghemat *cost*, menurunkan waktu pemesanan dan lebih aman terhadap

lingkungan karena hanya memakai satu jenis bahan chemical saja.

6 Saran

Perlu diadakan penelitian lebih lanjut terkait perbandingan dengan chemical lain, variasi injection point, dan kombinasi dengan chemical lain agar mendapatkan hasil yang lebih optimal. Perbanyak jenis variasi chemical yang dikombinasikan dengan cpam, agar mengetahui jenis chemical mana yang baik untuk dikombinasikan dengan cpam. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan penambahan strength agent agar mendapatkan hasil kertas yang lebih optimal.

7 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 Bapak Dr. Edwin K. Sijabat, S.T., M.T., Bapak Ir. Tri Prijadi Basuki, Dr. Erwin, S.T., M.T., dan Ibu Rachmawati Apriani, S.T., M.T. yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyelesaian penelitian ini.

8 Daftar Pustaka

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

Casey, James P. 1981. Pulp and Paper Chemistry and Technology (Third Edition Volume III). United States: John Wiley & Sons, Inc.

Dienes, D., 2006. "Effect of cellulase enzymes on secondary fiber properties". Ph. D. Thesis, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungaria.

Ek, Monica., Gellerstedt, Göran., dan Henriksson, Gunnar. 2009. Pulp and Paper Chemistry and Technology (Volume 4) Paper Product Physics and Technology. Berlin: Walterde Gruyter GmbH & Co. Kg.

Elyani, Nina., dan Indriati Lies 2020. "The Effect Of Cationic Polyacrylamide as Retention aid For

Alkaline Papermaking" Chemistry and Material Research. ISSN 2225-0956, Vol. 12 No. 6

Fardim, P., "Papel e Química de Superfície – Parte I – A superfície da fibra e a química da parte Úmida", O Papel, 97-102, Abril 2002.

Hidayah, Ajeng N. 2021. "Modifikasi Cationic Starch dengan Nanosilica Sebagai Agent Retensi dan Drainase Pada Pembuatan Liner Medium" [Tugas Akhir]. Bekasi: Teknologi Pengolahan Pulp dan kertas, Fakultas Program Diploma, Institut Teknologi dan Sains Bandung.

Huang, Yu., Xue, Xiaogang., dan Fu, Kaiqiao. 2020. "Application of Spherical Polyelectrolyte Brushes Microparticle System in Flocculation and Retention". China: Polymers | An Open Access Journal from MDPI

Norell, M., Johansson, K., Persson, M., "Retention and Drainage", Book 4: Papermaking Chemistry, Papermaking Science and Technology, TAPPI PRESS, Finland, 1999.

Putra, Yogi A. 2019. "Optimasi Penggunaan Guar Gum Untuk Meningkatkan Strength Properties Pada Kertas Medium" [Tugas Akhir]. Bekasi: Teknologi Pengolahan Pulp dan kertas, Fakultas Program Diploma, Institut Teknologi dan Sains Bandung.

Roberts, J.C., "Paper Chemistry", Chapman & Hall, New York, 1991.

Scott, W.E., "Principles of wet-end chemistry", Tappi press, Atlanta, 1996.

Smook, G.A. 1989. HandBook for Pulp and Paper Technologists. Canada: Canadian Pulp and Paper Association.

Smook, G.A. (1992). Handbook for Pulp and Paper Rechnologist (2nd ed.). Vancouver: Angus Wilde Publication

Smook, G. A., 2002, Handbook For Pulp and Paper Technologist, Third Edition, Angus Wilde Publication Inc

Thorn, Ian., dan Au, Che On. 2009. Applications of Wet-End Paper Chemistry [Second Edition]. New York: Springer Dordrecht Heidelberg.

Van De Ven T.G.M. 2005. "FILLER AND FINES
RETENTION IN PAPERMAKING".
Paprican/NSERC Industrial Research Chair,
Department of Chemistry and Pulp & Paper
Research Center, McGill University, 3420
University Street, Montreal QC Canada

Zhang dkk. 2019. "Aditif retensi-drainase,". China:
College of Marine Science and Biological
Engineering, Qingdao University of Science &
Technology

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
Forestry University 210037,