

Pengaruh Variasi Komposisi BCTMP (*Bleached Chemi Thermo Mechanical Pulp*) dan LBKP (*Leaf Bleached Kraft Pulp*) Terhadap Karakteristik Kertas Menggunakan Metode *Handsheet***Widia Zulfa Ariani^{1*}, Nurlela¹, Agus Wahyudi²**¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Palembang
Jl. A. Yani Lrg. Gotong Royong 9/10 Ulu, Palembang 30263.*Email: widiazulfaariani07@gmail.com**Abstrak**

Indonesia memiliki potensi besar dalam menyediakan bahan baku untuk mendukung kelangsungan industri pulp dan kertas. Konsumsi kertas global terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Yaitu, sekitar 394 juta ton per tahun. Untuk mempertahankan daya saingnya, produsen industri kertas terus melakukan inovasi untuk menekan biaya produksi tanpa mengabaikan kualitas kertas. Salah satu strategi yang diterapkan adalah dengan menghilangkan penggunaan serat panjang (NBKP) yang harganya lebih mahal dan menggantikan sebagian penggunaan pulp kimia serat pendek (LBKP) dengan bahan baku lain yang lebih ekonomis, seperti BCTMP (*Bleached Chemimechanical Pulp*). Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi komposisi BCTMP dan LBKP terhadap karakteristik kertas. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *handsheet*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh komposisi BCTMP dan LBKP terhadap karakteristik kertas dan menentukan nilai optimal komposisi BCTMP + LBKP. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan semakin tinggi komposisi BCTMP dalam campuran pulp, maka semakin tinggi pula nilai *thickness*, *bulk*, dan *opacity* yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin tinggi komposisi BCTMP dalam campuran pulp, semakin rendah nilai *tensile strength* dan *brightness* yang dihasilkan. Selanjutnya, komposisi 90% LBKP + 10% BCTMP memberikan hasil paling optimal dibandingkan dengan yang lainnya. Formulasi ini direkomendasikan untuk diterapkan dalam produksi kertas guna memperoleh kualitas kertas yang lebih baik.

Kata kunci: Industri Kertas, BCTMP, LBKP, Karakteristik Kertas, Pulp**Abstract**

Indonesia has great potential to provide raw materials that support the sustainability of the pulp and paper industry. Global paper consumption continues to increase every year. That is, around 394 million tons per year. To maintain its competitiveness, paper industry producers continue to innovate to reduce production costs without ignoring paper quality. One strategy implemented is to eliminate the use of long fiber (NBKP), which is more expensive, and to replace some of the short-fiber chemical pulp (LBKP) with other, more economical raw materials, such as BCTMP (*Bleached Chemi Thermo Mechanical Pulp*). Therefore, the author conducted a study on the Effect of Variations in BCTMP and LBKP Composition on paper characteristics. The method used in this study is the *handsheet* method. This study aims to determine the effects of BCTMP and LBKP composition on paper characteristics and to identify the optimal BCTMP + LBKP composition. Based on the results of the study, it can be concluded that the higher the BCTMP composition in the pulp mixture, the higher the *Thickness*, *bulk*, and *opacity* values produced. Conversely, the higher the BCTMP composition in the pulp mixture, the lower the *Tensile strength* and *Brightness* values produced. Furthermore, the composition of 90% LBKP + 10% BCTMP yields the best results compared to the others. This formulation is recommended for use in paper production to improve paper quality.

Keywords: Paper Industry, BCTMP, LBKP, Paper Quality, Pulp.**1. PENDAHULUAN**

Indonesia memiliki potensi besar untuk menyediakan bahan baku yang dibutuhkan oleh industri *Pulp* dan kertas. Tercatat konsumsi kertas global terus meningkat setiap tahunnya, dengan kebutuhan kertas dunia yang mencapai

sekitar 394 juta ton dan tingkat pertumbuhan rata-rata sebesar 2,1 persen per tahun (Ramadani et al., 2021).

Industri kertas memiliki peranan penting dalam kehidupan modern, tetapi di sisi lain juga menghadapi berbagai tantangan, terutama

terkait dampak lingkungan yang dihasilkan serta tingginya biaya produksi. Dalam upaya menjaga daya saing di era persaingan global, para produsen industri kertas secara terus-menerus berinovasi untuk mengurangi biaya produksi tanpa mengorbankan kualitas produk serta keberlanjutan lingkungan. Salah satu strategi yang digunakan adalah dengan menghilangkan pemakaian serat panjang (NBKP), yang biayanya cukup tinggi karena harus diimpor dari luar negeri. Sebagai pilihan lain, produsen mulai memanfaatkan sebagian penggunaan *Pulp* kimia dari serat pendek (LBKP) dengan bahan baku alternatif yang lebih hemat biaya, seperti BCTMP (Rostika, 2019).

BCTMP (*Bleached Chemi-Thermo Mechanical Pulp*) merupakan jenis *Pulp* yang diproduksi melalui kombinasi proses kimia dan mekanik. Kehadiran BCTMP dalam formulasi bahan baku kertas memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik fisik dan optik kertas yang dihasilkan. Penggunaan BCTMP dinilai lebih ramah lingkungan karena dapat mengurangi ketergantungan terhadap *Pulp* kimia, yang umumnya memiliki dampak negatif lebih besar terhadap lingkungan. Selain itu, BCTMP juga dianggap lebih ekonomis dibandingkan *Pulp* kimia konvensional, karena proses produksinya cenderung lebih efisien dalam hal konsumsi energi (Stankovská et al., 2020). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perbandingan komposisi antara BCTMP dan LBKP terhadap mutu kertas yang dihasilkan, dengan memanfaatkan metode *Handsheets* pada skala laboratorium.

Industri kertas tentunya memiliki beberapa karakteristik kertas yang harus terus dijaga, agar tetap dapat bersaing dengan industri kertas lainnya. Beberapa Karakteristik kertas yang perlu dijaga adalah *Thickness*, *bulk*, *Opacity* kertas, *Tensile strength* dan *Brightness* (Mahfud & Sabara, 2018). Penggunaan BCTMP sering kali dimaksudkan untuk meningkatkan ketebalan kertas. Namun, komposisi BCTMP juga memiliki keterbatasan, begitu juga dengan LBKP. Kandungan lignin yang masih relatif tinggi dalam BCTMP dapat memengaruhi daya tahan kertas terhadap perubahan warna dan degradasi akibat paparan cahaya. Selain itu, penggunaan BCTMP yang berlebihan dapat menurunkan sifat mekanis kertas seperti kekuatan tarik. Sebaliknya, kandungan lignin pada LBKP relatif lebih

rendah sehingga penggunaan bahan kimia relatif lebih banyak, namun memiliki sifat mekanis yang kuat (Grandfeldt & Dahlin, 2021).

2. METODOLOGI

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain yaitu Neraca Analitik, Vakum, Gelas Ukur 1000 ml, *Thickness tester*, Gelas Beaker, *Speed dryer*, *Handsheets former*, *Tensile Tester*, *Blotting Paper*, *Brightness Tester*, *Filter paper*, *Opacity Tester* serta bahan yang dipakai adalah LBKP dan BCTMP.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Persiapan Alat

Alat yang perlu dipersiapkan terlebih dahulu seperti Gelas Beaker, *Handsheets former*, *Blotting Paper* dan Neraca analitik.

2.2.2 Persiapan Bahan Baku

Proses persiapan bahan baku serat dilakukan dengan mengambil LBKP dan BCTMP dari *storage tank (after refining)*, lalu dilakukan pengecekan *consistency* sehingga diperoleh volume slush yang dibutuhkan untuk pembuatan 1 *Handsheets* lembaran.

2.2.3 Persiapan Bahan Baku

Proses pembuatan *handsheets* didasarkan pada TAPPI Method T 205 sp-06. Dalam proses pembuatan *Handsheets* ini, gramatur yang akan digunakan adalah 80 g/m² dengan luas sheet 0,0314 m² dan konsistensi stock 1 %. Berikut prosedur pembuatan *Handsheets*:

- a. LBKP (*Leaf Bleached Kraft Pulp*) ditimbang menggunakan neraca analitik sebanyak 100% atau dengan berat 251,2-gram dimasukkan ke dalam *glass beaker*.
- b. *Slurry pulp* LBKP 251,2 gram di aduk selama 2 menit hingga homogen.
- c. *Slurry pulp* dimasukkan ke dalam forming chamber pada alat *handsheets former*, kemudian vakum dihidupkan

- untuk mengeluarkan air dari *slurry pulp* hingga terbentuk lembaran serat.
- d. Lembaran yang sudah terbentuk dilapisi dengan menggunakan *blotting paper*, serta digiling secara perlahan menggunakan *couching roller* agar kertas berpindah dari alat dan menempel pada *blotting paper*.
 - e. Lembaran pada *blotting paper* dilapisi dengan *filter paper* dan dimasukkan ke *dryer* dengan vakum 9,0 – 9,5 bar dan suhu 92-95 C. Tunggu sekitar 7 menit kemudian keluarkan kertas dari *dryer* untuk dilakukan pengujian.
 - f. Selanjutnya untuk komposisi BCTMP 5% ditimbang dengan berat 12,5 gr menggunakan neraca analitik dan LBKP ditimbang sebanyak 95% atau dengan berat 238,64 gr dimasukkan ke dalam *glass beaker*.
 - g. *Glass beaker* yang berisikan LBKP 95% dan BCTMP 5% diaduk selama 2 menit hingga homogen.
 - h. *Slurry pulp* dimasukkan ke dalam forming chamber pada alat *handsheet former*, kemudian vakum dihidupkan untuk mengeluarkan air dari *slurry pulp* hingga terbentuk lembaran serat.
 - i. Lembaran yang sudah terbentuk dilapisi dengan menggunakan *blotting paper*, serta digiling secara perlahan agar kertas berpindah dari alat dan menempel pada *blotting paper*.
 - j. Lembaran kertas pada *blotting paper* dilapisi dengan filter paper dan dimasukkan ke *dryer* dengan vakum 9,0-9,5 bar dan suhu 92-95 C. Tunggu sekitar 7 menit kemudian keluarkan kertas dari *dryer* untuk dilakukan pengujian.
 - k. Dilakukan perlakuan yang sama untuk *handsheet* dengan Komposisi BCTMP 10%,15%,20% dan Komposisi LBKP 80%,85%,90%.

2.2.4 Pengujian Handsheet

Pengujian *Thickness* dan *bulk* kertas (ISO 534-2021): *Handsheets* dimasukkan dibawah *micrometer spindle*, maka *spindle* akan turun secara otomatis dan mengukur *Thickness*. Hasil pengukuran nilai *Thickness* akan muncul pada layar setelah nilai *Thickness* diperoleh, nilai *bulk* dapat dihitung dengan rumus (1):

$$Bulk = \frac{Ketebalan (mm)}{Gramatur (g/m^2)} \quad (1)$$

Pengujian *Tensile strength* kertas (ISO 1924-2:2016): *Handsheets* yang telah dibuat harus dipotong menjadi sampel strip dengan ukuran 15 mm. Setelah itu, sampel akan dijepit otomatis oleh *clamp* dan pengukuran dimulai. Hasil pengukuran *tensile index* akan muncul di layar.

Pengujian *Brightness* kertas (ISO 2470-1:2016): Alat yang digunakan adalah Spektrofotometer atau alat pengukur *brightness*, sampel dengan ukuran 10 cm x 10 cm di letakkan pada alat pengukur *brightness*. Alat pengukur akan meneruskan cahaya pada panjang gelombang 457 nm ke permukaan kertas. Alat kemudian akan mengukur berapa banyak cahaya yang dipantulkan oleh kertas pada panjang gelombang tersebut.

Pengujian *Opacity* kertas (ISO 2471:2018) *Handsheets* dengan ukuran yang telah di tentukan di tempatkan pada alat pengukur *opacity* di antara sumber cahaya dan detektor. alat ini akan mengukur seberapa banyak cahaya yang bisa melewati sampel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan *Handsheets* Skala Laboratorium

Metode pembuatan *handsheet* bekerja berdasarkan prinsip pengendapan serat dari suspensi *pulp* melalui proses filtrasi. Serat - serat selulosa mengendap dan membentuk jaringan serat diatas saringan, saat ditekan, air keluar dan serat saling mendekat, membentuk ikatan hidrogen. Proses ini dilanjutkan dengan proses pengeringan, dimana sisa air dihilangkan

Tabel 1. Hasil Rata-Rata Analisa *Handsheets*

Pengujian	LBKP	BCTMP	LBKP + BCTMP			
	100%	100%	95% +5%	90%+10%	85%+ 15%	80%+20%
<i>Thickness</i> (μm)	95,2	412,6	101,3	110	122	137
<i>Bulk</i> (cm ³ /g)	1,18	5,12	1,26	1,36	1,5	1,71
<i>Tensile</i> (Nm/g)	5,58	4,38	3,68	2,48	2,0	1,82
<i>Brightness</i> (%)	88,9	70,6	86,8	85	83,2	81,7
<i>Opacity</i> (%)	90,8	97,9	90,78	92,9	95,2	97,1

melalui evaporasi, sehingga memperkuat ikatan yang telah terbentuk dan menghasilkan lembaran kertas yang stabil secara fisik dan mekanik (Biermann, 1996).

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan *Handsheets* pada penelitian ini adalah LBKP dan BCTMP yang di ambil dari tanki LBKP *dump tower* dan BCTMP *dump tower* di Departement Kertas PT. XXX di Provinsi Riau. Sampel masing-masing diambil dan dimasukkan kedalam wadah yang nantinya akan diolah di laboratorium *wet lab*. Setelah *handsheet* LBKP dan BCTMP dibuat, selanjutnya sampel *handsheet* akan di analisis beberapa karakteristik kertas, yaitu *Thickness*, *Bulk*, *Tensile strength*, *Brightness*, dan *Opacity*. Berikut merupakan hasil analisa dari *handsheet* yang diperoleh. Hasil rata-rata analisa *handsheet* dapat dilihat pada Tabel 1.

3.2 Pengaruh Variasi Komposisi BCTMP dan LBKP terhadap *Thickness*

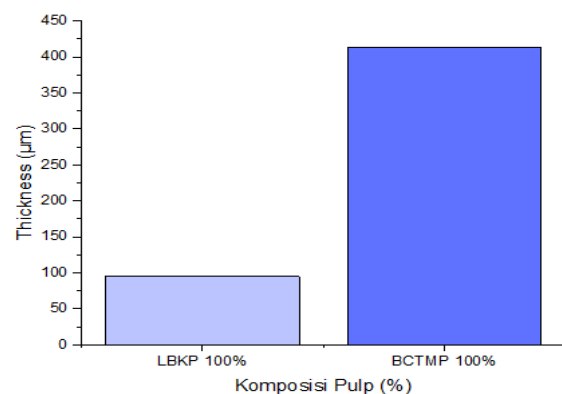
Thickness merupakan salah satu parameter penting yang menunjukkan jarak antara dua permukaan sejajar dari suatu lembar kertas. Perubahan pada komposisi *Pulp* dapat mempengaruhi struktur mikroskopis serat dan interfibril yang pada akhirnya berdampak pada ketebalan kertas (International Organization for Standardization (ISO), 2021).

Analisa pengaruh Variasi komposisi BCTMP dan LBKP terhadap karakteristik kertas dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik *handsheet* dari *pulp* tunggal, yaitu 100% LBKP dan 100% BCTMP, sebagai acuan

awal. Tahap kedua melibatkan pencampuran kedua jenis *Pulp* dalam berbagai komposisi.

3.2.1 Karakteristik *Thickness* dari BCTMP dan LBKP Murni Tanpa Pencampuran

Karakteristik *thickness* dari BCTMP dan LBKP Murni Tanpa Pencampuran dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan gambar 1 terlihat adanya perbedaan signifikan pada nilai *Thickness* antara *handsheet* yang dibuat dari *Pulp* BCTMP dan LBKP tanpa pencampuran. LBKP menunjukkan nilai *Thickness* yang relatif rendah, yaitu sekitar 100 μm . Sebaliknya, BCTMP memiliki nilai *Thickness* yang jauh lebih tinggi, mencapai 400 μm .

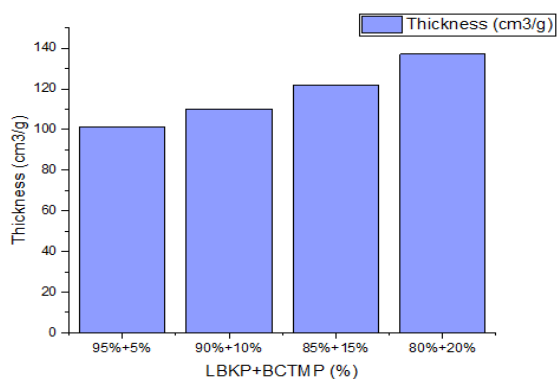


Gambar 1. Grafik Hasil *Thickness* BCTMP dan LBKP Murni

Hal ini dikarenakan adanya perbedaan karakteristik serat dan proses produksi dari kedua jenis *pulp* tersebut. LBKP diperoleh melalui proses kraft *bleaching*, yaitu proses kimia yang menghilangkan sebagian besar lignin dan menghasilkan serat yang bersih, fleksibel dan memiliki fibrilasi tinggi. Karakteristik ini menyebabkan serat LBKP lebih mudah saling mengikat secara erat selama

proses pembentukan kertas, kemudian menghasilkan struktur kertas yang padat. Sehingga didapatkan *Thickness* lebih rendah (Rostika, 2019).

Sedangkan BCTMP dibuat melalui kombinasi proses kimia ringan dan perlakuan termo-mekanis yang mempertahankan sebagian lignin, hemiselulosa dan struktur dinding sel yang jauh lebih utuh, menghasilkan serat yang lebih kaku, serta memiliki kekuatan ikatan antar fibril yang lebih rendah dibanding LBKP. Akibatnya, saat dibentuk menjadi *Handsheet*, serat tidak saling melekat erat dan menciptakan lebih banyak ruang pori antar serat, hal ini menyebabkan nilai *Thickness* kertas meningkat secara signifikan (Rostika, 2019).



Gambar 2. Grafik Pengaruh Variasi Komposisi BCTMP dan LBKP terhadap *Thickness*

3.2.2 Pengaruh Komposisi Campuran BCTMP dan LBKP terhadap *Thickness*

Pengaruh Komposisi Campuran BCTMP dan LBKP terhadap *Thickness* dapat dilihat pada Gambar 2. Ini menunjukkan grafik hubungan antara komposisi campuran BCTMP dan LBKP terhadap nilai *Thickness* dari *handsheet* yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai BCTMP dalam campuran *pulp* maka semakin tinggi pula nilai *Thickness* nya. Nilai *Thickness* Paling tinggi dihasilkan oleh komposisi 80%+20% yaitu sebesar 137 μm , sedangkan nilai *Thickness* paling rendah dihasilkan oleh komposisi 95%+5% yaitu sebesar 101,3 μm .

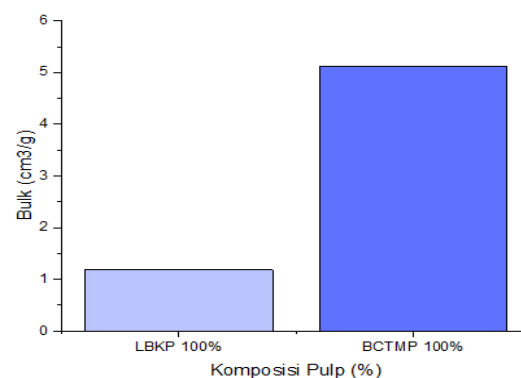
Penambahan BCTMP dapat memperbesar jarak antara serat akibat ukuran dan bentuknya yang kaku (Karlinsari et al., 2020).

3.3 Pengaruh Variasi Komposisi LBKP dan BCTMP terhadap Bulk

Bulk merupakan rasio antara *Thickness* terhadap gramatur dari kertas. Bulk mencerminkan seberapa berisi atau mengembang kertas dalam satuan volume per satuan berat, biasanya dinyatakan dalam satuan cm³/g (Stankovská et al., 2020). Bulk sangat berpengaruh terhadap sifat akhir produk kertas. Dalam analisis ini, pengaruh variasi komposisi antara LBKP dan BCTMP terhadap bulk akan diamati untuk menentukan sejauh mana komposisi *Pulp* mampu meningkatkan volume relatif kertas yang dihasilkan.

3.3.1 Pengaruh Variasi Komposisi LBKP dan BCTMP terhadap Bulk

Karakteristik Bulk dari LBKP dan BCTMP tanpa pencampuran dapat dilihat pada Gambar 3. Dimana, nilai *Bulk* pada LBKP 100% lebih rendah dibanding BCTMP 100% yaitu sebesar 1,18 cm³/g sedangkan BCTMP 100% sebesar 5,12 cm³/g. Perbedaan ini juga terjadi karena perbedaan sifat fisik dan struktur antar kedua jenis *pulp*.



Gambar 3. Grafik Perbandingan *Bulk* BCTMP dan LBKP Murni

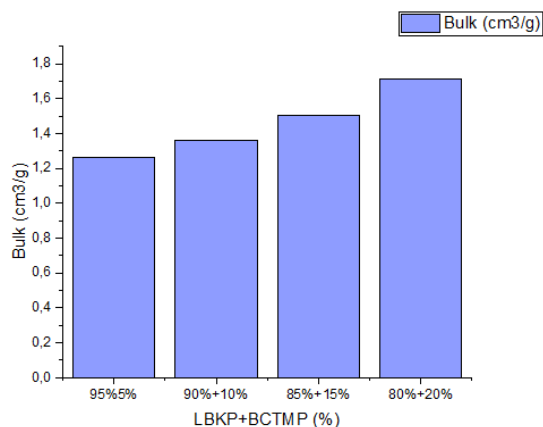
BCTMP memiliki serat yang lebih kaku karena masih mengandung lignin dan sebagian hemiselulosa, kekakuan ini membuat serat BCTMP tidak mudah terdeformasi saat proses

pembentukan lembaran. Kondisi tersebut mengakibatkan terbentuknya lebih banyak ruang kosong di antara serat, Ruang kosong inilah yang berkontribusi terhadap tingginya *bulky* pada lembaran kertas. sehingga porositas lembaran meningkat dan volume lembaran relatif lebih besar (Stankovská et al., 2020).

Sebaliknya, LBKP yang dihasilkan melalui proses *kraft bleaching* bersifat lebih fleksibel dan memiliki fibrilasi yang baik. sehingga serat dapat saling berikatan erat, menyebabkan struktur kertas menjadi lebih padat sehingga volume lembaran relatif lebih kecil. Jadi, semakin tinggi nilai *Thickness* maka nilai *Bulk* juga semakin tinggi. Tinggi nya *bulk* pada BCTMP memberi keuntungan pada hasil akhir produk kertas (Stankovská et al., 2020).

3.3.2 Pengaruh Komposisi Campuran LBKP dan BCTMP terhadap *Bulk*

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai BCTMP dalam campuran maka semakin tinggi nilai *bulk* yang dihasilkan. *Bulk* paling rendah dihasilkan oleh komposisi 95%+5% yaitu sebesar 1,26 cm³/g sedangkan *bulk* paling tinggi dihasilkan oleh Komposisi 80%+20% yaitu sebesar 1,71 cm³/g.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Variasi Komposisi BCTMP dan LBKP terhadap *Bulk*

Peningkatan *bulk* menunjukkan bahwa penambahan BCTMP secara langsung menciptakan struktur kertas yang lebih berisi akibat sifat serat BCTMP yang lebih kaku dan

pendek. *Pulp* semi kimia seperti BCTMP cenderung memiliki *bulk* yang lebih tinggi karena struktur serat yang utuh dan tidak terfibrilasi (Grandfeldt & Dahlin, 2021).

3.4 Pengaruh variasi komposisi BCTMP dan LBKP terhadap *Tensile strength*

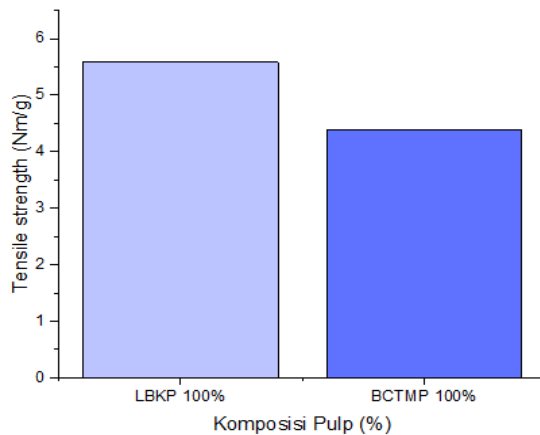
Tensile strength merupakan kemampuan serat-serat kertas dapat menahan tarikan sebelum kertas tersebut sobek atau patah. Kertas dengan *tensile* tinggi biasanya lebih kuat, tahan lama dan tidak mudah robek saat digunakan. *Tensile strength* diuji dengan menggunakan alat *Tensile strength tester*, dimana *handsheet* diberi gaya tarik hingga putus. Hasilnya dinyatakan dalam satuan Nm/g (International Organization for Standardization, 2016a).

3.4.1 Karakteristik *Tensile strength* dari BCTMP dan LBKP Tanpa Pencampuran

Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa LBKP 100% menghasilkan nilai *Tensile strength* lebih tinggi yaitu sebesar 5,58 Nm/g sedangkan BCTMP 100% lebih rendah yaitu sebesar 4,38 Nm/g. Tinggi nya nilai *Tensile strength* juga dikarenakan struktur seratnya yang lebih fleksibel dan memiliki kemampuan interfiber *bonding* yang lebih baik. Serat dari LBKP mengandung *pulp* yang minim kandungan lignin, kondisi ini menyebabkan terbentuknya ikatan yang lebih kuat antar serat, sehingga menghasilkan jaringan kertas dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi (Rostika, 2019).

Sebaliknya, BCTMP yang dihasilkan melalui proses semi-kimia dan mekanik cenderung memiliki serat yang mengandung lignin dalam jumlah lebih tinggi. Lignin ini bersifat hidrofobik, sehingga membatasi terbentuknya ikatan hidrogen. Kandungan lignin yang tidak sepenuhnya terurai dalam proses produksi BCTMP dapat mengurangi kemampuan ikatan antar serat, sehingga menyebabkan nilai *Tensile strength* yang lebih rendah dibanding LBKP. Meskipun BCTMP

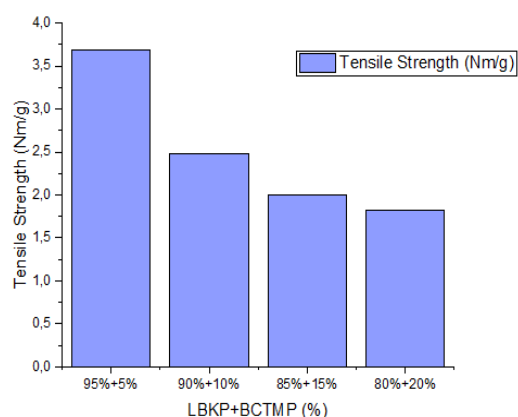
memiliki keunggulan dalam hal *Thickness* dan *bulky*, kekuatannya relatif lebih rendah karena keterbatasan dalam membentuk struktur serat yang kohesif (Rostika, 2019).



Gambar 5. Grafik Perbandingan *Tensile strength* BCTMP dan LBKP Murni

3.4.2 Pengaruh Komposisi Campuran BCTMP dan LBKP Terhadap *Tensile strength*

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kandungan BCTMP dalam campuran maka semakin rendah nilai *tensile strength* yang dihasilkan. *Tensile strength* paling tinggi dihasilkan oleh komposisi 95%+5% yaitu sebesar 3,68 Nm/g sedangkan *Tensile strength* paling rendah dihasilkan oleh komposisi 80%+20% yaitu sebesar 1,82 Nm/g.



Gambar 6. Grafik pengaruh Komposisi Campuran BCTMP dan LBKP Terhadap *Tensile strength*

Meskipun nilai *Tensile strength* mengalami penurunan seiring dengan

meningkatnya proporsi BCTMP dalam campuran, penurunan tersebut masih berada dalam kisaran yang relatif dekat dengan nilai *Tensile strength* yang ditargetkan. Pada grafik 4.6 dapat dilihat pada komposisi 90%+10% nilai *Tensile strength* yang diperoleh adalah sebesar 2,48 Nm/g. Dimana, nilai tersebut tidak jauh berbeda dari target nilai *Tensile strength* yang harus dicapai yaitu sebesar 2,5 Nm/g untuk kertas gramatur 80 gsm. Dengan demikian, campuran BCTMP dan LBKP masih dapat digunakan tanpa menyebabkan deviasi signifikan terhadap kekuatan tarik kertas yang diharapkan.

3.5 Pengaruh variasi komposisi BCTMP dan LBKP terhadap *Brighness*

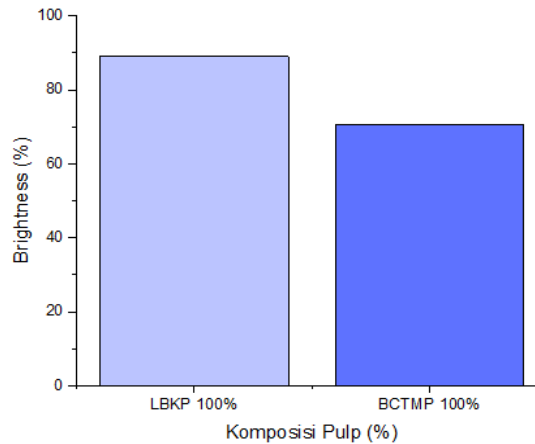
Brighness merupakan salah satu parameter optik penting dalam penilaian kualitas kertas yang menggambarkan tingkat kecerahan atau pantulan cahaya dari permukaan kertas. Karakteristik *brighness* sangat dipengaruhi oleh jenis *Pulp* yang digunakan serta proses pemutihannya (Kumar, 2017).

Derajat kecerahan sangat penting karena mempengaruhi tampilan visual kertas, khususnya dalam aplikasi cetak, dimana kertas dengan kecerahan tinggi dapat meningkatkan kontras warna. Nilai *brighness* yang umum ditemukan pada kertas dengan gramatur 80 gsm berkisar antara 93% hingga 97%, dengan nilai target optimum sebesar 95% (International Organization for Standardization, 2016b).

3.5.1 Pengaruh variasi komposisi BCTMP dan LBKP terhadap *Brighness*

Dari grafik yang disajikan pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai *Brighness* pada LBKP 100% lebih tinggi yaitu sebesar 88,9% sedangkan BCTMP 100% lebih rendah yaitu sebesar 70,6%. Hal ini disebabkan oleh proses pemutihan (*bleaching*) kimiawi yang lebih intensif pada LBKP, dengan menggunakan LBKP kandungan lignin yang berwarna gelap dalam kayu telah terdegradasi secara signifikan,

Sehingga nilai *brightness* pada lembaran kertas menjadi lebih meningkat. Lignin memiliki sifat menyerap cahaya dan menyebabkan warna *pulp* menjadi lebih gelap. sehingga keberadaannya sangat mempengaruhi tingkat kecerahan kertas (Kumar, 2017).



Gambar 7. Grafik *Brightness* BCTMP dan LBKP Murni

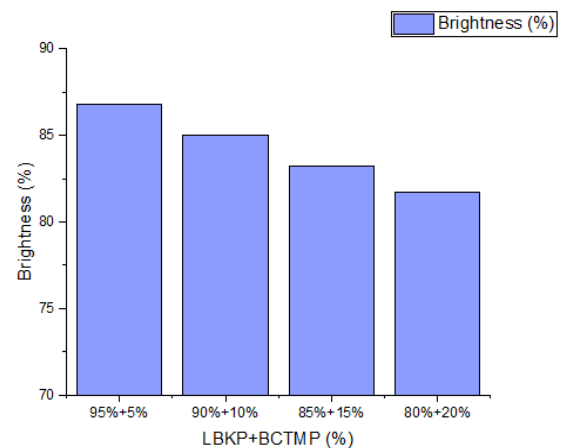
Sebaliknya, BCTMP yang melalui proses semi kimia masih mengandung sebagian lignin dalam strukturnya, meskipun efisien dari segi produksi dan lebih ekonomis, proses tersebut kurang maksimal dalam meningkatkan *brightness*. Oleh karena itu, *Pulp* BCTMP menunjukkan nilai *brighthness* yang lebih rendah dibandingkan LBKP murni (Kumar, 2017).

3.5.2 Pengaruh Komposisi Campuran BCTMP dan LBKP Terhadap *Brighthness*

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa semakin tinggi persentase BCTMP dalam campuran, nilai *brighthness* cenderung mengalami penurunan. Komposisi 95% LBKP + 5% BCTMP menghasilkan nilai *brighthness* paling tinggi yaitu mendekati 87% sedangkan komposisi 80% LBKP + 20% BCTMP menunjukkan nilai *brighthness* yang lebih rendah, yaitu sekitar 82%.

Meskipun nilai *brighthness* yang diperoleh dari campuran *Pulp* BCTMP dan LBKP belum mencapai target *brighthness* sebesar 90%, hasil tersebut masih dapat ditingkatkan melalui

penambahan bahan pemutih optik (*Optical Brightening Agent/OBA*) dalam formulasi *Pulp*. OBA bekerja dengan cara meningkatkan pantulan cahaya biru pada permukaan kertas, sehingga kecerahan visual dapat mendekati atau bahkan melampaui nilai *brightness* yang ditargetkan. Dengan demikian, penggunaan OBA dapat menjadi alternatif solusi yang efektif untuk mencapai spesifikasi *brighthness* yang diinginkan tanpa harus sepenuhnya mengganti komposisi *Pulp* (Kumar, 2017).



Gambar 8. Grafik Pengaruh Variasi Komposisi BCTMP dan LBKP terhadap *Brightness*

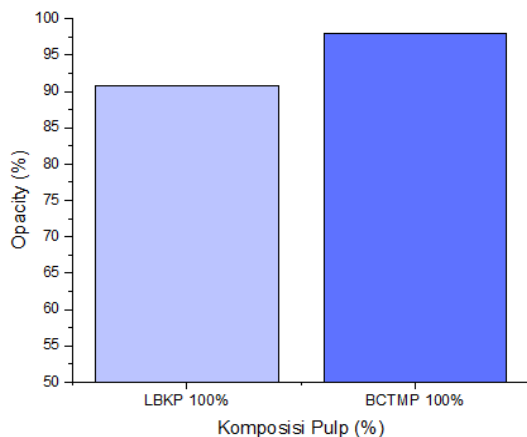
3.6 Pengaruh variasi komposisi BCTMP dan LBKP terhadap *Opacity*

Opacity merupakan sifat optik kertas yang menunjukkan seberapa besar kemampuan kertas untuk menghalangi tembus pandang cahaya atau bayangan dari sisi belakang kertas (International Organization for Standardization, 2018). Nilai *opacity* yang tinggi sangat diinginkan terutama untuk kertas cetak, agar teks atau gambar yang tercetak di satu sisi tidak mengganggu visual di sisi sebaliknya.

3.6.1 Pengaruh variasi komposisi BCTMP dan LBKP terhadap *Opacity*

Karakteristik *Opacity* dari BCTMP dan LBKP Murni Tanpa Pencampuran dapat dilihat pada Gambar 9. *Pulp* BCTMP 100% memiliki nilai *opacity* yang lebih tinggi dibandingkan LBKP 100%. Hal ini mengindikasikan bahwa

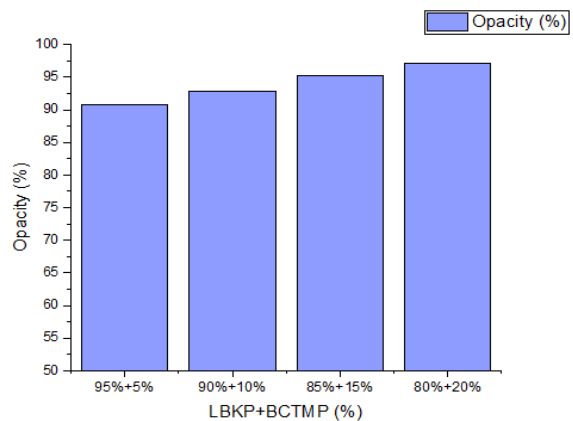
BCTMP memberikan kontribusi lebih besar terhadap ketahanan tembus cahaya pada kertas. Perbedaan ini berkaitan dengan sifat fisik dari masing-masing jenis *pulp*. BCTMP diproduksi melalui proses semi-kimia dan mekanis, mengandung lebih banyak *finer* (partikel halus) yang menutupi permukaan lembaran.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Opacity BCTMP dan LBKP Murni

Karakteristik ini meningkatkan kemampuan kertas dalam menyebarkan cahaya secara tidak langsung. Sehingga menghasilkan

gambar 10. Semakin besar proporsi BCTMP dalam campuran *Pulp*, maka nilai *opacity* kertas yang dihasilkan semakin meningkat. *Opacity* paling tinggi dihasilkan oleh komposisi 80%+20% yaitu sebesar 97,1% sedangkan *Opacity* paling rendah dihasilkan oleh komposisi 95%+5% yaitu sebesar 90,78%.



Gambar 1. Grafik Pengaruh Variasi Komposisi BCTMP dan LBKP terhadap Opacity

Pada *pulp* jenis LBKP (*Leaf Bleached Kraft Pulp*), *opacity* cenderung lebih rendah dibandingkan dengan BCTMP (*Bleached*

Tabel 2. Nilai Target Karakteristik Kertas

Komposisi (%)	Pengujian				
	Thickness (μm)	Bulk (cm^3/g)	Tensile (Nm/g)	Brightness (%)	Opacity (%)
95+5	101,3	1,26	3,68	86,8	90,78
90+10	110	1,36	2,48	85	92,9
85+ 15	122	1,5	2,0	83,2	95,2
80 + 20	137	1,71	1,82	81,7	97,1
Target ISO	107	1,4	2,5	90	93

nilai *opacity* lebih tinggi (Rostika, 2019). Sebaliknya, LBKP yang dihasilkan melalui proses kimia menghasilkan serat yang lebih bersih, namun memiliki densitas dan struktur yang cenderung lebih terbuka. Akibatnya, nilai *opacity* cenderung sedikit lebih rendah dibandingkan BCTMP (Rostika, 2019).

3.6.2 Pengaruh variasi komposisi BCTMP dan LBKP terhadap Opacity

Pengaruh Komposisi Campuran BCTMP dan LBKP terhadap Opacity dapat dilihat pada

Chemi-Thermo Mechanical Pulp). Hal ini disebabkan karena LBKP dihasilkan melalui proses kimia (*kraft*) yang secara intensif menghilangkan lignin, komponen dalam kayu yang mampu meningkatkan penyebaran cahaya. Dengan berkurangnya lignin dan struktur serat yang lebih halus dan rapat, cahaya yang masuk ke kertas lebih mudah menembus, sehingga menurunkan tingkat *opacity* (Grandfeldt & Dahlin, 2021).

3.7 Nilai optimal komposisi BCTMP dan LBKP

Dalam proses pengembangan dan pengendalian kualitas suatu produk kertas, penentuan komposisi bahan baku yang optimal menjadi langkah penting untuk mencapai spesifikasi teknis yang diinginkan. Salah satu pendekatan yang digunakan untuk menentukan nilai optimal adalah dengan membandingkan nilai aktual hasil pengujian terhadap nilai target yang telah ditetapkan, melalui perhitungan deviasi relatif. Deviasi relatif didefinisikan sebagai selisih nilai aktual dengan nilai target dalam persen dengan menggunakan rumus (2) (Bevington & Robinson, 2003):

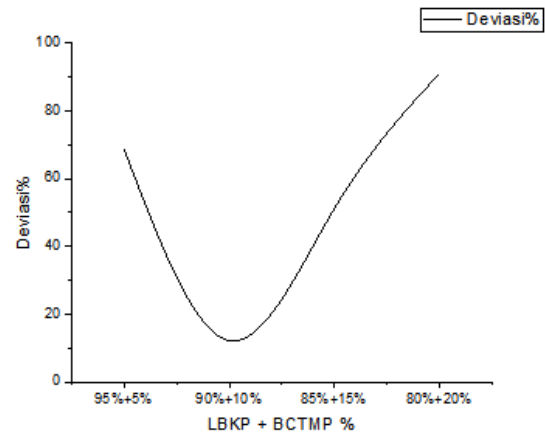
$$\frac{\text{Nilai Aktual} - \text{Nilai Target}}{\text{Nilai Target}} \times 100\%. \quad (2)$$

Deviasi relatif juga mencerminkan sejauh mana suatu hasil menyimpang dari spesifikasi yang diharapkan. Komposisi bahan yang menghasilkan deviasi total terkecil dari seluruh parameter kualitas dianggap sebagai yang paling mendekati spesifikasi, sehingga dapat direkomendasikan sebagai kondisi optimal (UNC Physics Department, 2012). Nilai Hasil Karakteristik kertas dan Nilai target masing-masing karakteristik dapat dilihat pada tabel 2.

Dari tabel 2 dapat dihitung nilai deviasi karakteristik dari masing-masing variasi komposisi dengan menggunakan rumus deviasirelatif. Sehingga data deviasi relatif masing-masing komposisi dapat dilihat pada tabel 3.

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa komposisi 90% BCTMP + 10% LBKP memiliki total deviasi yang paling rendah yaitu sebesar 12,13 %. Ini menunjukkan bahwa karakteristik kertas pada komposisi ini paling

deviasi paling tinggi yaitu sebesar 91,01%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik Deviasi Nilai Karakteristik Kertas

Gambar 11 menunjukkan visualisasi total deviasi terhadap variasi komposisi *pulp*, terlihat bahwa deviasi mengalami penurunan signifikan saat komposisi BCTMP sebesar 10%, namun kembali meningkat tajam seiring dengan peningkatan kadar BCTMP lebih dari 10%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan BCTMP dalam jumlah terbatas (maksimal 10%) masih dapat diterima dalam formulasi pembuatan kertas karena memberikan hasil karakteristik kertas fisik yang cukup mendekati standar. Akan tetapi, apabila kadar BCTMP meningkat menjadi 15% atau lebih, maka deviasi nilai karakteristik semakin besar, yang berdampak negatif terhadap kualitas akhir produk.

Khususnya pada parameter *Tensile strength*, terlihat bahwa pada komposisi 95% + 5%, nilai deviasinya cukup besar yaitu 47,2% yang menunjukkan penurunan kekuatan tarik cukup signifikan. Namun, pada komposisi 90%

Tabel 3. Nilai Deviasi Komposisi Pulp

Karakteristik	Deviasi (%)			
	95% +5%	90%+10%	85%+15%	80%+20%
Thickness (µm)	5,3	2,8	14,02	28,04
Bulk (cm ³ /g)	10	2,86	7,14	22,14
Tensile strength (Nm/g)	47,2	0,8	20	27,2
Brightness (%)	3,56	5,56	7,56	9,22
Opacity (%)	2,47	0,11	2,37	4,41
Total (%)	68,53	12,13	51,09	91,01

mendekati standar, sehingga dapat disimpulkan sebagai komposisi yang paling optimal dari sisi kestabilan kualitas. Sebaliknya, komposisi 80% LBKP + 20% BCTMP menghasilkan total

+ 10%, deviasi *Tensile strength* sangat kecil yaitu hanya 0,8% , hal ini menandakan bahwa kekuatan tarik yang dihasilkan sangat stabil. Ini memperkuat alasan bahwa komposisi 90% +

10% BCTMP adalah komposisi yang paling seimbang dalam menghasilkan kertas berkualitas sesuai standar yang diinginkan. Sehingga dari hasil penelitian ini komposisi 90% LBKP + 10% BCTMP dapat direkomendasikan untuk digunakan dalam skala pabrik.

4. KESIMPULAN

Pengaruh variasi komposisi BCTMP + LBKP terhadap karakteristik kertas adalah Semakin tinggi komposisi BCTMP dalam campuran *Pulp* maka semakin tinggi pula nilai *Thickness*, *Bulk*, dan *Opacity* yang diperoleh kemudian Semakin tinggi komposisi BCTMP dalam campuran *Pulp* maka semakin rendah nilai *Tensile strength* dan *Brightness* yang diperoleh.

Nilai optimal komposisi BCTMP + LBKP yang direkomendasikan dari penelitian ini adalah komposisi 90% LBKP + 10% BCTMP, dengan deviasi paling rendah yaitu sebesar 12,13%.

DAFTAR PUSTAKA

- Biermann, C. J. (1996). *Handbook of pulping and papermaking* (second edi). Academic Press.
- Grandfeldt, T., & Dahlin, H. (2021). Hardwood BCTMP - improves bulk, smoothness and opacity. *Paper Technology*, 44(7), 43–46. <https://www.researchgate.net/>
- International Organization for Standardization. (2016a). *ISO 1924-2:2016 - Paper and Board - Determination of tensile properties*. <https://www.iso.org/standard.html>
- International Organization for Standardization. (2016b). *ISO 2470 : 2016 - Paper, board and pulps - Measurement of diffuse blue reflectance factor*. <https://www.iso.org/standard.html>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 2471 : 2018 - Paper and board - Determination of opacity (paper backing) - Diffuse reflectance method Papier*. <https://www.iso.org/standard.html>
- International Organization for Standardization. (2021). *ISO 534 : 2021 - Paper and board - Determination of thickness, density and specific*. <https://www.iso.org/standard.html>
- International Organization for Standardization (ISO). (2021). *ISO 3034 : 2021 Corrugated fibreboard -Determination of single sheet thickness*. <https://www.iso.org/standard.html>
- Karlinasari, L., Nawawi, D., & Widyani, M. (2020). Study Of Anatomic And Mechanical Properties Of Wood Relation With Acoustical Properties. *Jurnal Ilmu Hayati Dan Fisik*, 12(3), 110–116.
- Kumar, S. (2017). Green Approach For Synthesis Of Optical Brightening Agent And Their Abstarct. *Jurnal of Indian Pulp and Paper Technical Association*, 29, 78–83.
- Mahfud, M., & Sabara, Z. (2018). *Buku Industri Kimia Indonesia-Indonesian Chemical Industry*. Grup Penerbitan CV Budi Utama.
- Ramadani, M., Hodijah, S., & Artis, D. (2021). Analisis Ekspor Pulp dan Kertas Jambi ke China. *E-Journal Perdagangan Industri Dan Moneter*, 9(2),59–70. <https://doi.org/10.22437/pim.v9i2.6367>
- Rostika, I. (2019). Mixed-Refining of BCTMP and LBKP for Lightweight Papers. *Chemistry and Materials Research*, 11(8), 22–29. <https://doi.org/10.7176/cmr/11-8-04>
- Stankovská, M., Fišerová, M., Gigac, J., & Opálená, E. (2020). Blending impact of hardwood pulps with softwood pulp on tissue paper properties. *Wood Research*, 65(3),447–458. <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/65.3.447458>
- TAPPI. (2017). *Grammage of paper and paperboard : weight per unit area (T4100)*. <https://www.tappi.org>
- TAPPI. (2024). *Paper Grade Classifaction (TIP 0404-36)*. Tappi Press
- UNC Physics Department. (2012). Measurement and Uncertainty Analysis Guide. In *Department of Physics and Astronomy, University of North Caroline*