

Pengaruh Penambahan Pulp Bambu sebagai *Blending* Material dengan Variasi *Freeness* terhadap Sifat Fisik dan Optik Kertas Coklat

Rachmawati Apriani¹, Siti Fatmawati Hasanah²

Institut Teknologi Sains Bandung^{1,2}
rachmawatiapriani46@gmail.com¹, sitifatmawatihasanah18@gmail.com²

Abstrak—Tren transaksi *e-commerce* yang semakin meningkat akan mendorong kebutuhan kertas coklat terus tumbuh. Tingginya permintaan kertas menjadi tantangan bagi industri pulp dan kertas di Indonesia untuk meningkatkan kapasitas produksi. Tentunya hal ini seharusnya juga diimbangi oleh ketersediaan bahan baku yang memadai. Kebutuhan NUKP untuk industri pulp dan kertas akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan konsumen untuk kertas coklat. Sehingga perlu adanya sumber selulosa lain yang memiliki karakteristik yang sama atau lebih baik dari NUKP sebagai material pembuatan kertas. Kandungan selulosa pada bambu cukup tinggi, sekitar 42,4-53,6%. Untuk meningkatkan kekuatan serat dilakukan proses *refining/beating*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan pulp bambu sebagai sumber serat alternatif pada kertas coklat. Metode pengumpulan data yang digunakan oleh penulis adalah metode eksperimental. Pada penelitian ini dilakukan pengujian sifat fisik dan sifat optik. Pengujian sifat fisik kertas meliputi *thickness*, *bulky*, *tensile*, *bursting*, dan *tearing strength*. Sedangkan untuk sifat optik kertas dilakukan uji warna $L^*a^*b^*$. Variasi dilakukan dengan *beating* secara terpisah untuk masing-masing stock (LOCC, NUKP, dan pulp bambu) serta *beating mix* yang dilakukan bersamaan antara NUKP dan pulp bambu. Komposisi pembuatan *handsheet* dengan campuran bahan baku LOCC, NUKP, dan pulp bambu (L:N:PB) yaitu 40%:60%:0%, 40%:50%:10%, dan 40%:40%:20%. Pulp bambu dapat digunakan sebagai alternatif atau substitusi penggunaan NUKP sebagai material. Pulp bambu memiliki nilai *thickness*, *bulky*, *tensile*, dan L^* lebih tinggi, serta nilai *tearing* yang hampir menyamai NUKP. Nilai tertinggi didapatkan dengan penambahan pulp bambu sebesar 20% pada 480 csf untuk nilai *tensile* dan *tearing* sebesar 57,944 Nm/g dan 22,718 Nm²/g. Pada penambahan pulp bambu nilai *bursting* lebih rendah dibandingkan tanpa penambahan, dengan nilai 36,046 gm²/gcm² pada 480 csf. Penambahan pulp bambu membuat warna *handsheet* menjadi kekuningan. Didapatkan nilai L^* sebesar 60,365, nilai a^* sebesar 4,660, dan nilai b^* sebesar 22,850 pada penambahan 20% pulp bambu.

Kata kunci — Pulp bambu, bahan baku alternatif, *freeness*, kertas coklat

Abstract — The increasing trend of *e-commerce* transactions will encourage the demand for brown paper will continue to grow. The high demand for paper is a challenge for the pulp and paper industry in Indonesia to increase production capacity. Of course, this must be balanced by the availability of adequate raw materials. The supply of NUKP for the pulp and paper industry will increase along with the increasing consumer demand for brown paper. So there is a need for other cellulose sources that have the same or better characteristics than NUKP as a papermaking material. The cellulose content in bamboo is quite high, around 42.4-53.6%. To increase fiber strength, a *refining/beating* process is carried out. This study was conducted to determine the effect of adding bamboo pulp as an alternative fiber source in brown paper. The data collection method used by the author is an experimental method. In this study, physical properties and optical properties were tested. Physical properties of paper include *thickness*, *bulky*, *tensile*, *bursting*, and *tearing strength*. As for the optical properties of the paper, the $L^*a^*b^*$ color test was conducted. Variations were carried out by *beating* separately for each stock (LOCC, NUKP, and bamboo pulp) and *beating mix* which was carried out simultaneously between NUKP and bamboo pulp. The composition of the *handsheet* with a mixture of LOCC, NUKP, and bamboo pulp (L:N:PB) was 40%:60%:0%, 40%:50%:10%, and 40%:40%:20%. Bamboo pulp can be used as an alternative or substitute of NUKP as a material. Bamboo pulp has higher *thickness*, *bulky*, *tensile*, and L^* values, and *tearing* values that almost match NUKP. The highest values were obtained with the addition of 20% bamboo pulp at 480 csf for *tensile* and *tearing* values of 57.944 Nm/g and 22,718 Nm²/g. With the addition of bamboo pulp the *bursting* value is lower than without the addition, with a value of 36.046 gm²/gcm² at 480 csf. The addition of bamboo pulp makes the color of the *handsheet* yellowish. The L^* value of 60.365, a^* value of 4.660, and b^* value of 22.850 were obtained with the addition of 20% bamboo pulp.

Keywords: *Bamboo pulp, alternative raw material, freeness, brown paper*

I. PENDAHULUAN

Industri kertas merupakan salah satu industri pengolahan hasil hutan yang penting. Berdasarkan Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia [4], industri pulp dan kertas merupakan industri unggulan nasional yang terus berkembang sejalan dengan perkembangan teknologi. Pada aktivitas sehari-hari kertas mempunyai peranan hampir di segala aspek, mulai dari aktivitas rumah tangga, tempat kerja, pendidikan, industri, perdagangan, dan lain sebagainya. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk global, kebutuhan kertas juga semakin meningkat. Di Indonesia, salah satu jenis kertas yang digunakan adalah kertas kemasan industri atau kertas coklat. Konsumsi kertas kemasan Indonesia selama tahun 2009–2012 mencapai 89.940–91.930 ton [5].

Permintaan akan produk industri pulp dan kertas Indonesia diperkirakan akan terus meningkat, baik untuk konsumsi dalam negeri maupun untuk ekspor. Dengan tren transaksi *e-commerce* yang makin meningkat, hal tersebut akan mendorong kebutuhan kertas coklat akan terus tumbuh. Konsumsi kertas di Indonesia saat ini tercatat baru sekitar 32,6 kg per kapita, yang dapat dikatakan masih sangat rendah. Sebagai perbandingan, konsumsi kertas per kapita di Amerika Serikat mencapai sekitar 324 kg, Belgia sekitar 295 kg, Denmark sekitar 270 kg, Kanada sekitar 250 kg, dan Jepang sekitar 242 kg. Kondisi ini menunjukkan masih besarnya peluang pengembangan industri kertas di Indonesia, lebih-lebih dengan semakin dibatasinya penggunaan plastik, baik sebagai bahan *packaging* maupun sebagai kemasan pembungkus berbagai produk konsumsi masyarakat [14].

Tingginya permintaan kertas menjadi tantangan bagi industri pulp dan kertas di Indonesia untuk meningkatkan kapasitas produksi. Tentunya hal ini seharusnya juga diimbangi oleh ketersediaan bahan baku yang memadai. Bahan baku yang digunakan oleh industri kertas umumnya berasal dari pulp yang terbuat dari kayu atau *virgin pulp*.

Bahan baku dari *virgin pulp* berasal dari 2 jenis serat kayu yang saling melengkapi, yakni serat kayu pendek dan serat kayu panjang. Serat pendek diperoleh dari tanaman berdaun lebar (*long leaf*) atau dengan nama lain untuk jenis kayu ini adalah *hardwood*, contohnya adalah *Acacia Mangium*, *Eucalyptus sp*, *Albazia sp*, *Peronema Canescens* dan sebagainya. Sedangkan serat panjang diperoleh dari jenis-jenis kayu berdaun jarum (*needle leaf*), atau dengan nama lain disebut *softwood*. Kayu jenis ini banyak tumbuh di daerah yang beriklim dingin dan subtropis, sehingga di Indonesia dipenuhi melalui impor untuk kebutuhan terhadap bahan baku berjenis kayu serat panjang [14]. Contoh dari jenis kayu ini adalah pinus, cemara dan Agathis. Kebutuhan NUKP untuk industri pulp dan kertas akan terus meningkat seiring dengan meningkatkan kebutuhan konsumen untuk kertas coklat. Sehingga perlu adanya sumber selulosa lain yang memiliki karakteristik yang sama atau lebih baik dengan NUKP sebagai material pembuatan kertas.

Bahan baku alternatif non kayu banyak pilihannya, antara lain bambu. Serat bambu adalah serat panjang dengan masa tanam yang cukup singkat dibandingkan dengan kayu, yaitu sekitar 3-5 tahun. Bambu banyak digunakan sebagai bahan bangunan rumah, peralatan rumah tangga, dan juga pulp kertas serta komposit [3]. Menurut rujukan [15], Bambu merupakan salah satu bahan berlignoselulosa yang menghasilkan selulosa per ha 2-6 kali lebih besar dari pinus. Peningkatan biomassa bambu per hari 10-30%, sementara itu peningkatan biomassa pohon kayu hanya 2,5%. Bambu dapat dipanen dalam 4 tahun, lebih singkat dibanding 8-20 tahun untuk jenis pohon kayu yang cepat tumbuh. Selain itu bambu juga mudah dijumpai di Indonesia.

Bambu diduga memiliki kesesuaian sebagai bahan baku pulp dan kertas ditinjau dari segi anatomis dan komposisi kimianya karena mempunyai serat panjang (3-4 mm) [15]. Selain itu, kualitas pulp dari bambu berada di antara bahan baku kayu dan rumput-rumputan, dan

dilihat dari rasio antara panjang dan lebar serat, bambu adalah yang tertinggi nilainya di antara ketiga bahan baku (bambu, kayu, rumput-rumputan) [13]. Panjang serat bambu setara dengan kayu red spruce dan lebih panjang dari pinus [13]. Kandungan selulosa pada bambu cukup tinggi, sekitar 42,4-53,6%. Adapun kandungan senyawa lainnya adalah lignin, 19,8-26,6%, pentosan 1,24-3,77% dan kadar abu 1,24-3,77%, kadar silika 0,10-1,78%, kadar ekstraktif : kelarutan air dingin 4,5-9,9%, kelarutan air panas 5,3-11,8%, kelarutan alkohol benzena 0,96,9% [13]. Selain itu, penggunaan bambu diduga dapat meningkatkan kekuatan sobek kertas.

Kertas coklat harus memiliki ketahanan yang baik terhadap ketahanan tarik dan sobek. [9]. Bahan bambu mempunyai faktor retak yang terendah tetapi mempunyai kekuatan sobek yang tertinggi [13]. Untuk meningkatkan kekuatan serat dilakukan proses *refining*. *Refining* identik dengan proses penggilingan yang kontinyu sedangkan pada proses *batch* lebih dikenal istilah *beating*. Proses penggilingan berperan dalam mengkondisikan serat sedemikian rupa sehingga dihasilkan lembaran kertas dengan kualitas yang diinginkan. Daya ikat antar serat merupakan salah satu faktor yang dapat mempertahankan dan meningkatkan sifat fisik kekuatan lembar kertas [1].

Hasil penelitian yang dilakukan pada rujukan [23] dengan tujuan substitusi OCC dengan pulp bambu didapatkan dengan komposisi optimum OCC 80% : pulp bambu 20% menghasilkan sifat kekuatan tertinggi dengan indeks tarik 30 Nm/g, kekuatan tarik telah memenuhi SNI ISO 1306-2009 untuk pulp kayu keras kraft yang diputihkan. Pada penelitian sebelumnya pada rujukan [22], komposisi pulp bambu 30%: OCC 70% pada tingkat *freeness* 400 ml CSF dilaporkan menghasilkan kekuatan tarik tertinggi. Kekuatan sobek campuran pulp bambu 20% : OCC 80% pada 400 csf mencapai 9,5 mN m²/g memenuhi SNI ISO 0436-2009 untuk pulp kayu yang telah diputihkan.

Mengingat potensi yang cukup besar dari bambu sebagai bahan baku pembuatan kertas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan pulp bambu sebagai

sumber serat alternatif pada kertas coklat. Pulp bambu yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu ater atau buluh jawa (*Gigantochloa atter*). Maka penulis melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Penambahan Pulp Bambu sebagai *Blending Material* dengan Variasi *Freeness* terhadap Sifat Fisik dan Optik Kertas Coklat”. Produk yang dihasilkan nantinya diharapkan dapat memiliki kualitas yang baik. Produk yang berkualitas tentunya memiliki sifat fisik dan sifat optik yang baik sesuai dengan fungsi produknya. Oleh sebab itu dilakukan pula pengujian sifat fisik dan sifat optik *handsheet* yang dibuat.

II. METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data yang digunakan oleh penulis adalah metode eksperimental yaitu metode yang bertujuan untuk menguji pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain atau menguji bagaimana hubungan sebab akibat antara variabel yang satu dengan variabel yang lainnya. Sumber data berupa data primer yang dilakukan dan diolah secara langsung oleh peneliti di laboratorium. Penelitian ini menggunakan 3 jenis material yaitu NUKP (Needle Unbleached Kraft Pulp), pulp bambu, dan LOCC (*Local Old Corrugated Container*). Kemudian dilakukan pembuatan *handsheet* 150 gsm yang berasal dari masing-masing material dan campuran dari ketiganya.

Alat penelitian yang digunakan antara lain neraca digital, gelas ukur, ember, *disintegrator*, *valley beater*, *cutter*, *handsheet maker*, *desiccator*, *stirrer*, dan *stopwatch*. Sedangkan untuk menguji properties lembaran digunakan alat pengujian berupa *freeness tester*, *tearing tester*, *bursting tester*, *tensile tester*, *spectofotometer*, dan *thickness tester*.

Pada penelitian ini, pembuatan *handsheet* terdiri dari 2 macam perlakuan berbeda. Terdapat *beating* secara terpisah untuk masing-masing stock (LOCC, NUKP, dan pulp bambu) serta *beating mix* yang dilakukan bersamaan antara NUKP dan pulp bambu. Kemudian juga dilakukan variasi *freeness* untuk pembuatan *handsheet* masing-masing stock yaitu LOCC (540 csf ‘unbeating’, 480 csf, dan 400 csf), NUKP (730

csf ‘unbeating’, 650 csf, 540 csf, dan 480 csf) serta pulp bambu (730 csf ‘unbeating’, 650 csf, 540 csf, dan 480 csf). Sedangkan *freeness* untuk pembuatan *handsheet* campuran yaitu stock LOCC pada 400 csf, stock campuran NUKP dan pulp bambu pada 650 csf, 540 csf, serta 480 csf. Komposisi pembuatan *handsheet* dengan campuran bahan baku LOCC, NUKP, dan pulp bambu (L:N:PB) yaitu 40%:60%:0%, 40%:50%:10%, dan 40%:40%:20%.

Proses pembuatan stok dengan beating terpisah yaitu masing-masing material (LOCC, NUKP, pulp bambu) di disintegrator. Lalu dilakukan pengecekan *freeness* awal (unbeating) dan dibuat *handsheet* unbeating. Di lanjutkan beating sampai mencapai *freeness* yang ditentukan pada sisa stok. Setelah itu dilakukan pembuatan *handsheet* pada masing-masing variasi. Sedangkan pada beating campuran stok NUKP dan pulp bambu, dibuat stok LOCC yang di disintegrator dan di beating hingga 400 csf. Stok campuran NUKP dan pulp bambu di disintegrator dan di beating bersamaan hingga mencapai *freeness* yang ditentukan. Lalu dilakukan pencampuran stok LOCC dengan variasi *freeness* stok campuran NUKP dan pulp bambu. Dibuat *handsheet* pada masing-masing variasi. Dilakukan pengujian properties dan analisis data.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Uji Bahan Baku

Tabel 1. Hasil uji *fiber classifier* LOCC

Consist (%)	Freeness (CSF)	Fiber Classifier (%)					
		Long			Short		
		30 mesh	50 mesh	Total	100 mesh	>100 mesh	Total
1	540	30,86	29,85	60,72	13,98	25,30	39,28

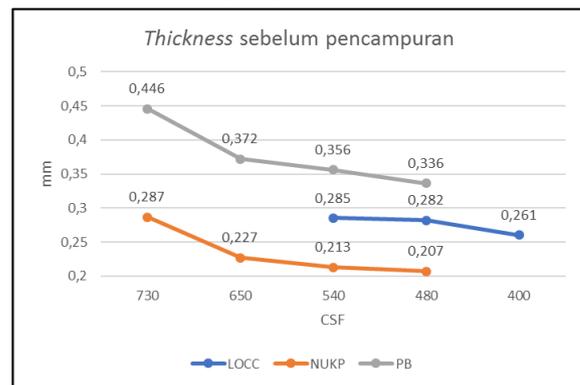
Pada tabel diatas diketahui hasil analisa kandungan serat awal pada bahan baku (LOCC) sebelum dilakukan proses *beating* adalah 60,72% *long fiber* dan 39,28% *short fiber* dengan nilai *freeness* 540 CSF dan *consist* buburan sebesar 1%. Berikut ini merupakan *consist* buburan dan *freeness* awal bahan baku yang akan digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2. *Freeness* awal dan consist bahan baku

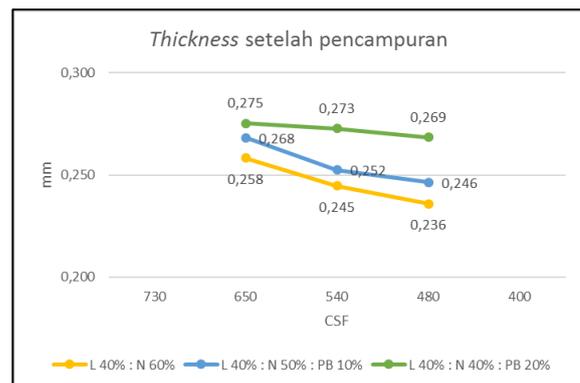
Bahan Baku	Consist (%)	Freeness Unbeating (csf)
Local Old Corrugated Container (LOCC)	1	540
Needle Unbleached Kraft Pulp (NUKP)	1	730
Pulp Bambu	1	730

B. Hasil Uji Thickness

Thickness (ketebalan) adalah tebal kertas atau karton yang dapat diartikan sebagai jarak tegak lurus antara kedua permukaan kertas yang diukur menggunakan alat uji yang biasa disebut *Caliper* / *thickness tester* dalam pembacaan angka digital dalam mili meter (mm).



Gambar 1. Grafik *thickness* sebelum pencampuran



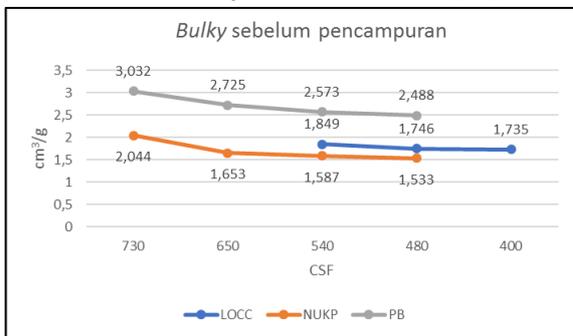
Gambar 2. Grafik *thickness* setelah pencampuran

Pada gambar 1, pulp bambu mendapatkan nilai *thickness* tertinggi disusul oleh stok LOCC dan NUKP. Sedangkan pada gambar 2, stok dengan variasi LOCC 40% : NUKP 40% : pulp bambu 20% memiliki nilai *thickness* tertinggi pada pembuatan *handsheet* campuran. Didapatkan jika semakin lama stok di *beating* maka semakin kecil nilai *thickness*. Selain itu semakin besar nilai *freeness* maka semakin besar nilai *thickness*. Pernyataan ini didukung dengan hasil penelitian terdahulu. Karena semakin lama buburan digiling maka serat akan terfibrilasi dan

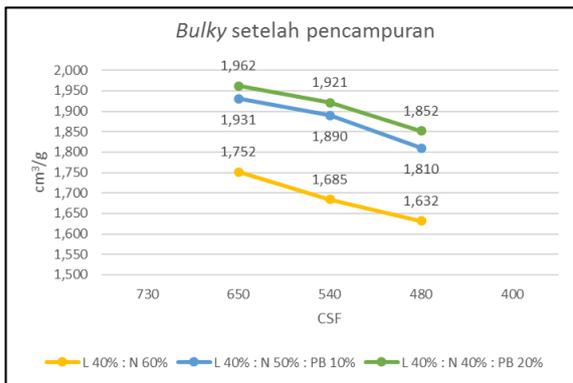
menjadi sangat lembut. Sehingga bentuk dari serat tersebut akan berubah menjadi pipih, fiber dan serat atau fiber akan semakin terfibrilasi dengan bantuan air dan semakin pipih serat yang dihasilkan [18]. Hal ini menyebabkan *thickness* dari akan semakin tipis atau rendah. Bahwa dengan meningkatkan *beating*, panjang fiber, diameter fiber, lebar lumen, ketebalan dinding, dan *freeness* stok akan menurun [10].

C. Hasil Uji Bulky

Hasil Pengujian nilai *bulky* berbanding lurus dengan nilai *thickness*, karena itu pengujian *bulky* di peroleh dari pembagian antara *thickness* dengan gramatur kertas. Semakin tebal suatu kertas atau *handsheet*, maka nilai *bulky* juga akan semakin tinggi. Secara teknis rapat massa mempunyai hubungan erat dengan daya ikatan antar serat dan derajat fibrilasi serat [19].



Gambar 3. Grafik *bulky* sebelum pencampuran



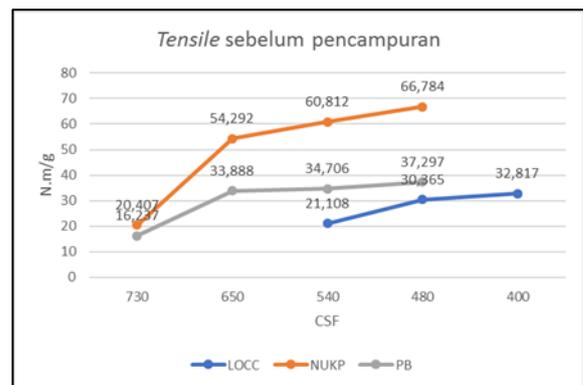
Gambar 4. Grafik *bulky* setelah pencampuran

Pada gambar 3, pulp bambu mendapatkan nilai *bulky* tertinggi disusul oleh stok LOCC dan NUKP. Sedangkan pada gambar 4, Stok dengan variasi LOCC 40% : NUKP 40% : pulp bambu 20% memiliki nilai *bulky* tertinggi pada pembuatan *handsheet* campuran. Didapatkan bahwa semakin stok di *beating* maka semakin

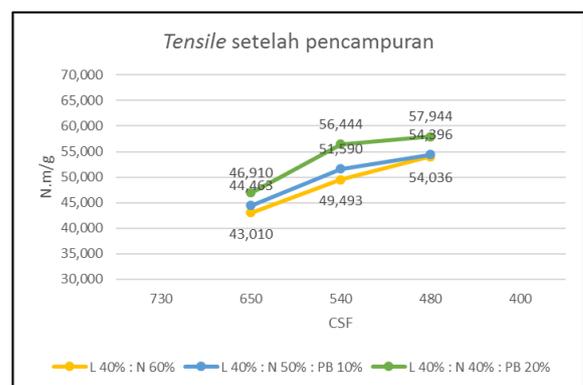
kecil nilai *bulky*. Nilai *bulky* disebabkan oleh ketebalan lembaran kertas yang dipengaruhi beberapa faktor diantaranya adalah jenis raw material, perlakuan *beating*, filler (bahan pengisi), chemical, gramatur, tingkat penekanan, dan calendering. Pulp bambu yang memiliki kombinasi serat panjang dan kandungan fines rendah dapat memberikan daya serap air tinggi dan *bulky* yang unggul karena mudah ter swelling [7].

D. Hasil Uji Tensile Index

Tensile atau ketahanan tarik didefinisikan sebagai daya tahan lembaran kertas 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. Sedangkan indeks tarik merupakan ketahanan tarik per gramatur kertas atau *handsheet*.



Gambar 5. Grafik *tensile* sebelum pencampuran



Gambar 6. Grafik *tensile* setelah pencampuran

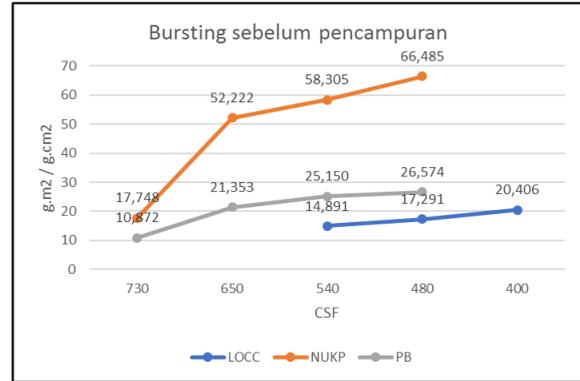
Pada gambar 5, NUKP mendapatkan nilai *tensile index* tertinggi disusul oleh stok pulp

bambu dan LOCC. Sedangkan pada gambar 6, Stok dengan variasi LOCC 40% : NUKP 40% : pulp bambu 20% memiliki nilai *tensile index* tertinggi pada pembuatan *handsheet* campuran.

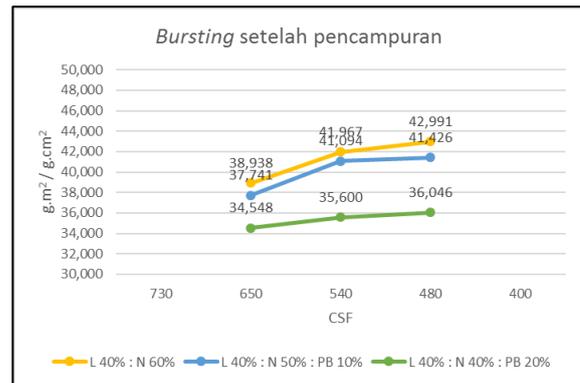
Didapatkan jika semakin lama stok *dibeating* maka semakin besar nilai *tensile index*. Selain itu semakin kecil nilai *freeness* maka nilai *tensile index* mengalami kenaikan. Sebelum dilakukan pencampuran pada kondisi *unbeating* tidak memenuhi standar pada tempat peneliti melakukan penelitian. Pada lembaran yang dilakuakn pencampuran, telah melampaui standar, dan titik tertinggi pada *freeness* 480 csf. Proses *beating* menyebabkan fibrilasi dan kemampuan ikatan serat selulosa, serta meningkatkan kekuatan produk kertas [1]. Nilai *Tensile Strength* dipengaruhi oleh ikatan antar serat dan panjang dari serat [16]. Rendahnya *tensile index* pada LOCC 100% disebabkan oleh serat yang lebih pendek [11]. Selain itu, serat pendek berkontribusi terhadap penurunan *tensile index* karena kemampuan overlap dan kesesuaian yang lebih rendah [11]. Serat panjang memberikan *tensile strength* yang lebih baik, terutama setelah dilakukan *beating* pada stok. Adanya serat-serat pendek dapat berfungsi sebagai jembatan untuk ikatan antar serat dan meningkatkan kontak antar serat bambu atau serat panjang lainnya [22].

E. Hasil Uji Bursting Factor

Bursting strenght didefinisikan sebagai tekanan hidrostatis dalam satuan kilopaskal meter persegi per gram. Uji *bursting strenght* diperlukan untuk mengetahui berapa tekanan udara yang bisa ditahan oleh *sample*. Ketahanan retak (*bursting strength*) merupakan gaya yang diperlukan untuk merekatkan selembar kertas yang dinyatakan dalam kilogram per meter persegi [20]. Indeks retak (*burst indeks*) merupakan ketahanan retak dalam kilo pascal (kPa) dibagi dengan gramatur kertas tersebut. Faktor retak merupakan jumlah meter persegi kertas yang beratnya dapat meretakan kertas sejenis seluas satu centimeter persegi, biasanya dihitung berdasarkan ketahanan retak dalam (kg/cm²) dibagi gramatur dalam (g/m²).



Gambar 7. Grafik *bursting* sebelum pencampuran



Gambar 8. Grafik *bursting* setelah pencampuran

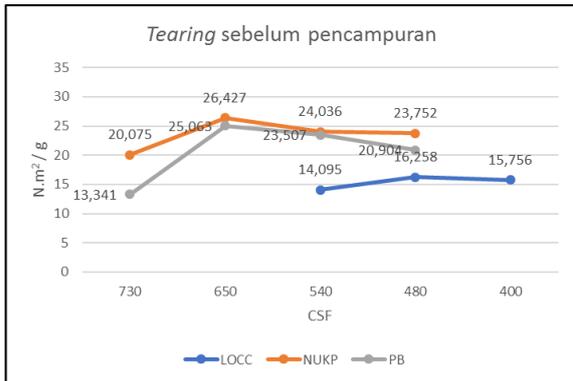
Pada gambar 7, NUKP mendapatkan nilai *bursting factor* tertinggi disusul oleh stok pulp bambu dan LOCC. Sedangkan pada gambar 8, Stok dengan variasi LOCC 40% : NUKP 40% : pulp bambu 0% memiliki nilai *bursting factor* tertinggi pada pembuatan *handsheet* campuran.

Didapatkan jika semakin lama stok di *beating* maka semakin besar nilai *bursting factor*. Selain itu semakin besar nilai *freeness* maka semakin kecil nilai *bursting factor*. Proses penggilingan akan meningkatkan ikatan antara serat tetapi jika penggilingan terlalu lama maka akan menghasilkan serat-serat yang lebih pendek akan mempengaruhi kekuatan retak. Selain itu, ketahanan retak juga dipengaruhi oleh proses pembentukan lembaran kertas, gramatur, dan kelembaban [17].

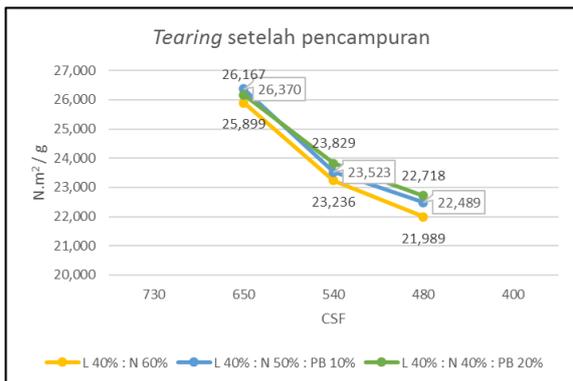
F. Hasil Uji Tearing Index

Ketahanan sobek adalah gaya dalam gram gaya (gf) atau mili Newton (mN) yang dibutuhkan untuk menyobek lembaran pulp pada kondisi standar. Ketahanan sobek dinyatakan dalam indeks sobek yaitu ketahanan sobek per satuan gramatur (g/m²) [21]. Indeks sobek kertas lebih

dipengaruhi oleh keterpaduan dan kelenturan serat dibandingkan dengan besarnya ikatan antar serat [6].



Gambar 9. Grafik *tearing* sebelum pencampuran



Gambar 10. Grafik *tearing* setelah pencampuran

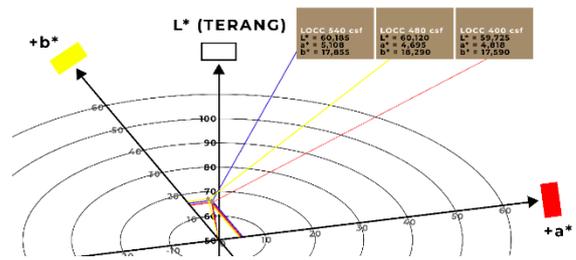
Pada gambar 9, NUKP mendapatkan nilai *tearing index* tertinggi disusul oleh stok pulp bambu dan LOCC. Sedangkan pada gambar 10, Stok dengan variasi LOCC 40% : NUKP 40% : pulp bambu 20% memiliki nilai *tearing index* tertinggi pada pembuatan *handsheet* campuran.

Didapatkan jika semakin lama stok di *beating* maka semakin kecil nilai *tearing index*. Selain itu semakin besar nilai *freeness* maka semakin besar nilai *tearing index*. Faktor yang mempengaruhi ketahanan sobek adalah jumlah serat yang mengalami rupture kertas, panjang serat dan banyaknya ikatan antara serat. Jumlah serat juga akan mempengaruhi densitas, gramatur dan kelenturan kertas [17]. Panjang serat telah dikaitkan dengan kekuatan sobek pulp yang sangat berpengaruh. Serat yang lebih panjang cenderung meningkatkan kekuatan sobek karena serat yang panjang mempertahankan kemungkinan jaringan serat yang lebih tinggi di *handsheet* [12]. Serat panjang menghasilkan

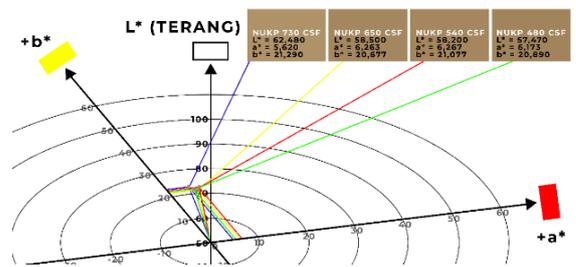
kekuatan sobek yang tinggi, terkait dengan pembentukan kontak serat pada area permukaan yang lebih luas dibandingkan dengan serat pendek [15]. Potensi ikatan serat internal yang lebih baik dapat diberikan oleh serat panjang [8] dan serat panjang dalam pulp dan kertas dapat meningkatkan kekuatan sobek kertas [1] Ikatan serat internal menghasilkan lembaran kertas dengan kekuatan dan kerapatan sobek yang tinggi [8].

G. Hasil Uji $L^*a^*b^*$ Color

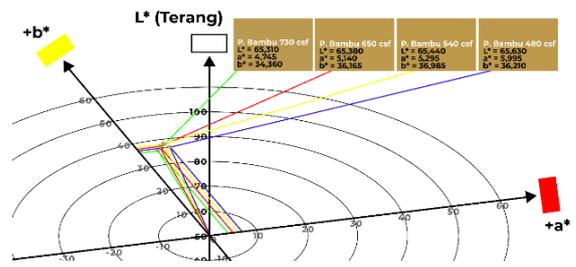
Lab merupakan model warna tiga dimensi yang terdiri atas L (*lightness*), a* dan b* adalah koordinat *chromaticity*, yaitu menunjuk kepada derajat intensitas warna. Pada satuan Lab masing-masing menandakan sebagai berikut: L = *lightness*, a & b = koordinat *chromaticity*, dimana; +a* adalah arah merah; -a* adalah arah hijau; +b* adalah arah kuning; -b* adalah arah biru.



Gambar 11. Warna LAB pada LOCC



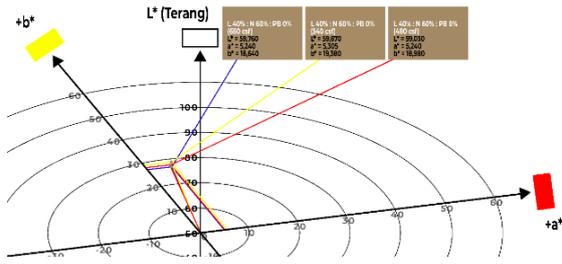
Gambar 12. Warna LAB pada NUKP



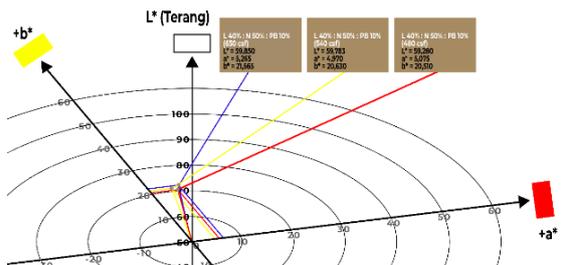
Gambar 13. Warna LAB pada pulp bambu

Pulp bambu mendapatkan nilai L* tertinggi disusul oleh stok LOCC dan NUKP. NUKP mendapatkan nilai a* tertinggi disusul oleh stok

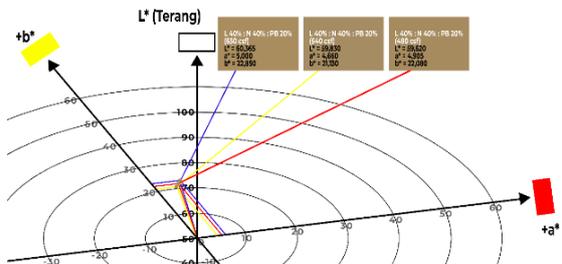
pulp bambu dan LOCC. Pulp bambu mendapatkan nilai b^* tertinggi disusul oleh stok NUKP dan LOCC.



Gambar 14. Warna LAB pada LOCC 40%:NUKP 60%:pulp bambu 0%



Gambar 15. Warna LAB pada LOCC 40%:NUKP 60%:pulp bambu 10%



Gambar 16. Warna LAB pada LOCC 40%:NUKP 60%:pulp bambu 20%

Stok dengan variasi LOCC 40% : NUKP 40% : pulp bambu 20% memiliki nilai L^* tertinggi pada pembuatan *handsheet* campuran. Stok dengan variasi LOCC 40% : NUKP 40% : pulp bambu 0% memiliki nilai a^* tertinggi pada pembuatan *handsheet* campuran. Stok dengan variasi LOCC 40% : NUKP 40% : pulp bambu 20% memiliki nilai b^* tertinggi pada pembuatan *handsheet* campuran.

Didapatkan jika semakin lama stok di *beating* maka semakin kecil nilai L^* . Selain itu semakin besar nilai *freeness* maka semakin besar nilai L^* . Serat setelah dilakukan *beating* akan lebih fleksibel dan luas permukaan ikatannya meningkat. Hal tersebut menyebabkan nilai *lightness* atau kecerahan sedikit menurun [10].

Didapatkan jika *freeness* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai a^* . Pulp bambu memiliki nilai a^* yang hampir sama dengan LOCC seiring diberi perlakuan *beating*. NUKP cenderung memiliki warna merah sesuai dengan tren pada grafik dan memiliki nilai a^* tertinggi. Bambu jawa (*Gigantochloa atter*) memiliki kuning kehijauan [2].

Didapatkan jika penambahan pulp bambu mengakibatkan *handsheet* cenderung kekuningan karena nilai b^* cenderung meningkat dan bernilai positif. warna yang kekuningan tersebut disebabkan karena pulp bambu cenderung kekuningan secara visual.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, Pulp bambu dapat digunakan sebagai alternatif atau substitusi penggunaan NUKP sebagai material. Pulp bambu memiliki nilai *thickness*, *bulky*, nilai L^* lebih tinggi, dan nilai *tearing* yang hampir menyamai NUKP. Di lain sisi, pulp bambu mendapatkan nilai *bursting strength* yang cukup rendah dibandingkan NUKP. Nilai tertinggi didapatkan pada penambahan pulp bambu sebesar 20% pada 480 csf untuk nilai *tensile* dan *tearing* sebesar 57,944 Nm/g dan 22,718 Nm²/g. Pada penambahan pulp bambu nilai *bursting* lebih rendah dibandingkan tanpa penambahan, dengan nilai 36,046 gm²/gcm² pada 480 csf. Nilai *thickness* dan *bulky* juga meningkat seiring peningkatan penambahan pulp bambu. Penambahan pulp bambu membuat warna *handsheet* menjadi kekuningan. Didapatkan nilai L sebesar 60,365, nilai *a sebesar 4,660, dan nilai b* sebesar 22,850 pada penambahan 20% pulp bambu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adani, A. A. (2022). Peran Enzim Xilanase Sebagai Biokatalis Pada Proses Refining Kertas Bekas Sebagai Bahan Baku Kertas Coklat. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri (JVTI)*, 4(1), 011-019.
- [2] Arinasa IBK & Peneng IN. 2013. *Jenis-Jenis Bambu di Bali dan Potensinya*. Jakarta: LIPI Press.
- [3] Arsad, E. (2015). *Teknologi Pengolahan dan Manfaat Bambu*. Jurnal Riset Industri Hasil Hutan Vol.7, No.1. Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru.
- [4] Asosiasi Pulp dan Kertas Indonesia. 2016. *Industri Pulp dan Kertas Berpotensi Tumbuh Signifikan*. <https://kemenperin.go.id/artikel/16331/Industri-Pulp->

- dan-Kertas-Berpotensi-Tumbuh-Signifikan-. 24 April 2023.
- [5] Badan Pusat Statistik. (2014). *Statistik Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- [6] Chen, G., Wu, G., Alriksson, B., Wang, W., Hong, F. F., & Jönsson, L. J. (2017). *Bioconversion of waste fiber sludge to bacterial nanocellulose and use for reinforcement of CTMP paper sheets*. *Polymers*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/polym9090458>
- [7] De Assis et al. 2019. *Comparison of Wood and Non-Wood Market Pulp for Tissue Paper Application*. *BioResources* 14(3). Hal 6781-6810.
- [8] Fatriasari, W., & Iswanto, A. H. (2015). *The kraft pulp and paper properties of sweet sorghum bagasse (Sorghum bicolor L Moench)*.
- [9] Fišerová, M., Illa, A., Boháček, Š., & Kasajová, M. (2013). Handsheet properties of recovered and virgin fibre blends. *Wood Res*, 58(1), 57-65.
- [10] Gharekhani, S., Sadeghinezhad, E., Kazi, SN, Yarmand, H., Badarudin, A., Safaei, MR, & Zubir, MNM (2015). *Efek dasar pemurnian pulp pada sifat serat—Sebuah tinjauan*. *Polimer karbohidrat*, 115, 785-803.
- [11] Gulsoy, S. K., Kustas, S., & Erenturk, S. (2013). *The effect of old corrugated container (OCC) pulp addition on the properties of paper made with virgin softwood kraft pulps*. *BioResources*, 8(4), 5842-5849.
- [12] Hamzeh, Y., Sabbaghi, S., Ashori, A., Abdulkhani, A., & Soltani, F. (2013). *Improving wet and dry strength properties of recycled old corrugated carton (OCC) pulp using various polymers*. *Carbohydrate polymers*, 94(1), 577-583.
- [13] Karimah, A., Ridho, M. R., Munawar, S. S., Adi, D. S., Damayanti, R., Subiyanto, B., ... & Fudholi, A. (2021). A review on natural fibers for development of eco-friendly bio-composite: characteristics, and utilizations. *Journal of materials research and technology*, 13, 2442-2458.
- [14] Kemenperin. 2021. *Mungkinkah Peran Industri Bersandar pada Industri Pulp dan Paper?*. Ed ke-4. Hlm 7. Tangerang: Pusdatin Kemenperin.
- [15] Mutia T, dkk. (2017). *Optimalisasi Penggunaan Serat dan Pulp Bambu Tali (Gigantochloa Apus) untuk Papan Serat*. *Arena Tekstil* Vol. 31 No. 2. Bandung.
- [16] Prastiwi RD. 2021. *Laporan Kerja Praktik PT Ekamas Fortuna*.
- [17] Rachmanasari, H., & Hidayat, T. (2016). *Efektivitas Berbagai Indikator Penggilingan Untuk Memprediksi Kualitas Kertas*. *Jurnal Selulosa*, 1(02).
- [18] Sinta, dkk. 2021. *Analisis Pengaruh Refiner Time terhadap Quality Tissue (Studi Kasus di PT Pindo Deli Pulp and Paper Mills 2)*. DOI: 10.28989/angkasa.v13i1.916.
- [19] Sukaryono, I.D, Loupatty, V. . (2018). *Karakteristik Kertas Berbahan Kertas Bekas dan Limbah Rumput Laut Eucheuma Cottonii*. *Majalah Biam*, 14(02), 81–85.
- [20] TAPPI. 1997. T 403 om-97 “*Bursting strength of paper*”. <https://www.wewontech.com/testing-standards/200328002.pdf> . 5 Juni 2023.
- [21] TAPPI. 1998. T 414 om-98 “*Internal tearing resistance of paper*”. <http://grayhall.co.uk/BeloitResearch/tappi/t414.pdf>. 5 Juni 2023.
- [22] Wistara N & Hidayah HN. 2010. *Virgin Bamboo Pulp Substitution Improved Strength Properties of OCC Pulp*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 3(1): 14-18.
- [23] Wistara NJ, Purnamasari DA, Indrawan DA. 2012. *The Properties of Bamboo and Old Corrugated Containers Pulp Mixture*. *Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. Vol. 10 No. 2.