

Pemanfaatan Serat Daur Ulang Popok Bekas pada Pembuatan Kertas dan Karton

Lies Indriati^{a,*}, Reza Bastari Imran Wattimena^b, Bangkit Farizki^b, Dzikry Dalwatul Ielmi^b

^aBadan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Cisit, Sangkuriang, Bandung, Indonesia

^bBalai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Selulosa, Jl. Raya Dayeuhkolot No. 132, Bandung, Indonesia

Diterima : 15 November 2022 Revisi akhir : 20 Desember 2022 Disetujui terbit : 30 Desember 2022

The Utilization of Used Diapers Recycled Fibers in Paper and Paperboard Making

Abstract

Along with the increasing consumption of disposable diapers, the potential for environmental problems due to their disposal into the environment also tends to increase and requires serious handling. One of the efforts made is by recycling used diapers to obtain materials that can be reused to manufacture value-added products. One of them is a recycled fiber obtained from used diapers recycling process. Approximately 70% of used diapers recycled fiber is categorized as long fiber with a fiber length of more than 2 mm. Experiments on the utilization of used diapers recycled fibers as substitute fibers in the manufacture of paper/paperboard have been carried out in the laboratory and the Business Incubator. In the laboratory experiment, the use of recycled fibers on sheets from Old Corrugated Containers (OCC) or waste sludge resulted in higher sheet strength. Whereas the experiments in the Business Incubator showed less uniform results. Therefore, the used diapers recycled fibers have the potential to be used as reinforcing fibers on paper/paperboard made from waste paper recycled fibers.

Keywords: diapers, paper, paperboard, recycling, long fiber

Abstrak

Seiring dengan meningkatnya konsumsi popok sekali pakai, potensi masalah lingkungan akibat pembuangan popok bekas ke lingkungan juga cenderung meningkat dan memerlukan penanganan yang serius. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan mendaur ulang popok bekas untuk mendapatkan bahan-bahan yang dapat dimanfaatkan kembali untuk pembuatan produk bernilai tambah. Salah satunya adalah serat yang diperoleh dari proses daur ulang popok bekas. Sekitar 70% dari serat daur ulang popok bekas dikategorikan sebagai serat panjang dengan panjang serat lebih dari 2 mm. Percobaan pemanfaatan serat daur ulang popok bekas sebagai serat substitusi pada pembuatan kertas/karton telah dilakukan pada laboratorium dan inkubator bisnis. Pada percobaan laboratorium, penggunaan serat daur ulang popok bekas pada lembaran dari OCC atau *waste sludge* menghasilkan kekuatan lembaran yang lebih tinggi. Sedangkan pada percobaan di Inkubator Bisnis menunjukkan hasil yang kurang seragam. Serat daur ulang popok bekas berpotensi dimanfaatkan sebagai serat penguat (*reinforcing fiber*) pada lembaran kertas/karton dari serat daur ulang kertas bekas.

Kata Kunci: popok, kertas, karton, daur ulang, serat panjang

Pendahuluan

Popok sekali pakai atau *disposable diapers* merupakan salah satu produk penyerap higienis (*Absorbent Hygiene Products*, disingkat AHP) yang akhir-akhir ini penggunaannya meningkat pesat (Widiatningrum *et al.*, 2018; Alfiah and Ratnawati, 2021; Febriana *et al.*, 2022). Peningkatan ini dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu pertumbuhan populasi yang pesat dan paritas daya beli masyarakat. Pasar negara berkembang, khususnya di Asia, dimana tingkat penetrasi pasar produk popok sekali pakai masih rendah sementara tingkat pendapatan konsumen berkembang pesat. Hal ini mendorong meningkatnya konsumsi terhadap produk popok sekali pakai (Ajmeri and Ajmeri, 2016).

Hal yang sama juga dikemukakan oleh salah satu produsen popok sekali pakai yang menyebutkan bahwa tingkat konsumsi popok di Indonesia sebesar 282 per kapita, lebih rendah dibandingkan dengan Malaysia dan Thailand yang mencapai berturut-turut 438 dan 432 per kapita. Dengan semakin meningkatnya pendapatan dan kesadaran masyarakat akan produk kesehatan, diperkirakan pasar Indonesia akan semakin meningkat (Wijaya, 2020).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2022), jumlah populasi anak usia 0-4 tahun Indonesia pada 2021 adalah sebesar 22.045.300 orang. Jika 60% saja dari anak usia 0-4 tahun tersebut menggunakan popok sekali pakai sebanyak 4-9 buah setiap harinya (Sisworini *et al.*, 2017), maka terdapat potensi pasar minimal 53 juta popok per hari.

Seiring dengan meningkatnya konsumsi popok ini, semakin meningkat pula resiko lingkungan yang ditimbulkan akibat pembuangan popok bekas pakai ke lingkungan. Dampak lingkungan dari pembuangan popok bekas pakai patut diperhatikan karena jumlahnya mencapai 4% dari limbah padat dan merupakan barang konsumsi ketiga terbesar yang ditemui di tempat pembuangan sampah (Realdiapers, 2022)

Di Indonesia, orang tua cenderung menggunakan popok sekali pakai karena kemudahan dan kepraktisannya tanpa mempertimbangkan efeknya baik terhadap kesehatan bayi/anak maupun dampaknya terhadap lingkungan akibat pembuangannya (Lita, 2017; Sisworini *et al.*, 2017; Febriana *et al.*, 2022). Beberapa sungai besar di Pulau Jawa dilaporkan tercemar oleh limbah yang berasal dari popok

sekali pakai yang dibuang masyarakat ke sungai. Selain menyebabkan pencemaran, popok sekali pakai memerlukan ratusan tahun untuk terurai secara alami di lingkungan (Sisworini *et al.*, 2017; Krisnadani, 2021; Febriana *et al.*, 2022).

Masyarakat sudah mulai menyadari akan bahaya membuang popok sekali pakai ke lingkungan. Hal ini terlihat dari upaya yang dilakukan baik dalam rangka memberikan kesadaran kepada masyarakat tentang bahayanya penggunaan dan pembuangan popok sekali pakai maupun upaya pemanfaatan popok bekas pakai atau komponennya untuk berbagai penggunaan (Sisworini *et al.*, 2017; Widiatningrum *et al.*, 2018; Alfiah and Ratnawati, 2021; Febriana *et al.*, 2022). Upaya ini dipandang kurang efektif dikarenakan sampai dengan saat ini belum ada program dan regulasi yang mengatur tentang pembuangan popok bekas pakai (Setiyanto, 2022).

Secara umum, popok sekali pakai terdiri atas 3 komponen utama, yaitu nonwoven sebagai pembungkus dari dua komponen lainnya yaitu serat selulosa dan bahan berdaya serap tinggi (*Super Absorbent Polymer* atau SAP) (Dixhoorn, 2016; Khoo *et al.*, 2019).

Proses daur ulang untuk memanfaatkan kembali komponen dalam popok sekali pakai khususnya komponen serat telah diupayakan oleh suatu bank sampah yang berlokasi di Kabupaten Bandung. Komponen ini berasal dari pulp fluff yang digunakan sebagai sumber serat untuk popok sekali pakai. Pulp fluff merupakan salah satu komponen penting dalam pembuatan popok yang berfungsi sebagai penyerap cairan. Sebelum ditemukannya SAP, pulp fluff merupakan komponen penyerap utama, namun penggunaannya semakin berkurang digantikan oleh komponen SAP yang memiliki daya serap tinggi mencapai beberapa ratus kali berat aslinya (Dixhoorn, 2016). Jenis pulp fluff yang digunakan untuk pembuatan diapers sangat beragam tergantung pada ketersediaan bahan baku pulp di suatu negara. Di Amerika Serikat, pulp fluff dibuat dari kayu serat panjang (*softwood*), sedangkan di Iran digunakan campuran pulp kayu serat panjang yang diperoleh dari impor dan serat non kayu lokal yaitu bagas atau ampas tebu. Apapun sumber seratnya, pulp yang digunakan untuk diapers diharapkan dapat memenuhi persyaratan seperti keruhan tertentu, kapasitas penyerapan tinggi, waktu penyerapan yang singkat dan ketahanan tarik yang tinggi, selain persyaratan panjang serat (Ismaeilimoghadam *et al.*, 2022).

Tulisan ini menguraikan hasil percobaan pemanfaatan kembali serat daur ulang popok bekas pakai untuk pembuatan lembaran kertas dan karton yang terbuat dari serat daur ulang OCC dan *waste sludge*. Pemilihan jenis serat OCC dan *waste sludge* dikarenakan OCC banyak digunakan untuk pembuatan kertas liner dan medium yang akan dibentuk menjadi kotak karton gelombang. Sedangkan *waste sludge* yang merupakan *primary sludge* dari IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) pabrik kertas, kondisi seratnya sudah sangat halus sehingga kebanyakan digunakan untuk pembuatan lembaran bergramatur tinggi seperti *chipboard* atau karton lainnya. Percobaan yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui potensi pemanfaatan serat daur ulang popok bekas sebagai bahan baku kertas dan karton.

Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan (**Gambar 1**) meliputi serat daur ulang popok bekas yang diperoleh dari Unit Daur Ulang Popok Bekas di Bank Sampah Bersinar, Kabupaten Bandung. Selain itu digunakan juga *waste sludge* yang berasal dari PT. Triguna, Karawang, serta OCC (*Old Corrugated Container*) atau kardus bekas yang diperoleh dari Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Selulosa, Bandung.

Peralatan yang digunakan meliputi penggiling (*beater*), pembentuk lembaran (*handsheet former*), *press* dan peralatan uji lembaran seperti timbangan analitis untuk uji gramatur, mikrometer untuk uji tebal lembaran, alat uji ketahanan sobek, ketahanan tarik, ketahanan retak, alat uji tekan (*compression tester*), dan alat uji formasi lembaran NUI meter.

Masing-masing serat daur ulang popok bekas pakai dan OCC digiling secara terpisah dalam *beater* pada konsistensi 1,5% sampai derajat giling 300-350 mL CSF (*Canadian Standard Freeness*), sedangkan *waste sludge* diuraikan sampai terurai sempurna.



Gambar 1. Bahan Percobaan

Pembuatan lembaran dilakukan di fasilitas laboratorium dan Inkubator Bisnis, Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Selulosa. Pada fasilitas laboratorium, lembaran yang dibuat berbentuk bundar dengan luas 200 cm² dengan gramatur 90 g/m² dan karton 250 g/m². Sedangkan di Inkubator Bisnis, lembaran yang dibuat berbentuk persegi empat dengan ukuran A4 pada kisaran gramatur 80-100 g/m². Pada percobaan laboratorium, serat daur ulang popok bekas dicampur dengan serat daur ulang OCC, sedangkan pada percobaan di Inkubator Bisnis dilakukan pencampuran serat daur ulang popok bekas dengan *waste sludge* dan dengan OCC. Komposisi campuran serat disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi Campuran Serat

Laboratorium		
OCC (%)	100	0
Serat popok bekas (%)	0	100
Inkubator Bisnis		
	<i>Waste sludge</i> (%)	Serat OCC (%)
	0	50
	P100	P50C50
Serat popok bekas (%)	100	50

Terhadap lembaran dilakukan pengujian sifat fisik yaitu gramatur, sifat kekuatan (ketahanan sobek, tarik, retak), ketahanan tekan lingkar, ketahanan tekan datar bergelombang dan formasi lembaran. Selain itu dilakukan pula pengujian morfologi serat daur ulang popok bekas.

Hasil dan Pembahasan

Panjang Serat Daur Ulang Popok Bekas

Hasil uji morfologi, menunjukkan panjang serat daur ulang popok bekas berkisar antara 0,63 mm sampai 7,56 mm dengan rata-rata 1,88 mm. Lebih dari 70% serat daur ulang popok bekas tergolong kedalam serat panjang dengan panjang serat lebih besar dari 2 mm.

Pulp *fluff* yang merupakan sumber serat yang digunakan dalam pembuatan popok adalah pulp serat panjang dari kayujarum (*softwood*). Serat pulp *fluff* yang terbuat dari kayujarum (*softwood*) memiliki panjang serat rata-rata 2,5 mm (Ismaeilimoghadam *et al.*, 2022). Sedangkan menurut Kakonke *et al.* (2019), panjang serat pulp *fluff* untuk popok sekali pakai dan serat hasil daur ulangnya berturut-turut 2,45 mm dan 2,4 mm. Dengan demikian, panjang serat rata-rata serat daur ulang popok bekas yang digunakan pada percobaan ini lebih rendah daripada rata-rata panjang serat pulp *fluff*. Hal ini dikarenakan pada proses daur ulang kemungkinan terjadi pemotongan serat sehingga serat hasil daur ulang menjadi lebih pendek.

Hasil pengamatan panjang serat maksimum serat daur ulang popok bekas mencapai 7,56 mm. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya serat *nonwoven* yang terbawa bersama fraksi serat hasil daur ulang. Salah satu bahan pembentuk popok sekali pakai adalah lembaran *nonwoven* yang terbuat dari serat sintesis. Panjang serat *nonwoven* dipengaruhi oleh teknologi proses pembuatannya. Pembuatan *nonwoven* menggunakan teknologi proses pembuatan kertas yang dimodifikasi, baik dengan teknik *air-laid* maupun *wet-laid* menghasilkan serat *nonwoven* dengan panjang berkisar 2-15 mm, sedangkan pembuatan dengan teknologi *carding* tekstil menghasilkan serat *nonwoven* yang lebih panjang, yaitu 10-200 mm (Kakonke *et al.*, 2019).

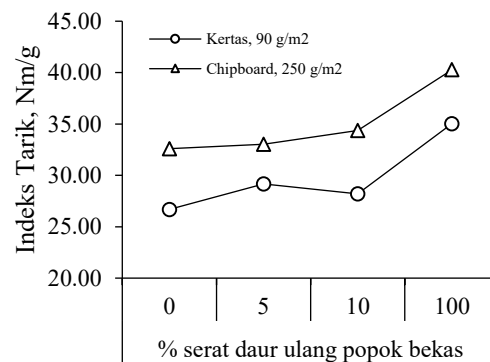
Kualitas Lembaran Laboratorium

Lembaran hasil pencampuran serat daur ulang popok bekas dengan serat OCC dapat dilihat pada **Gambar 2**. Lembaran dari 100% serat daur ulang popok bekas berwarna lebih cerah dibandingkan dengan lembaran 100% OCC atau campurannya. Hal ini dikarenakan serat daur ulang popok bekas berasal dari pulp *fluff* yang merupakan jenis pulp yang diputihkan (*bleached pulp*). Tingkat kecerahan (*brightness*) merupakan salah satu persyaratan yang penting bagi pulp *fluff* (Xu *et al.*, 2017; Rebola *et al.*, 2021) 2 h. Tingkat kecerahan pulp *fluff* umumnya cukup tinggi, yaitu lebih besar dari 80 % (Ismaeilimoghadam *et al.*, 2022).

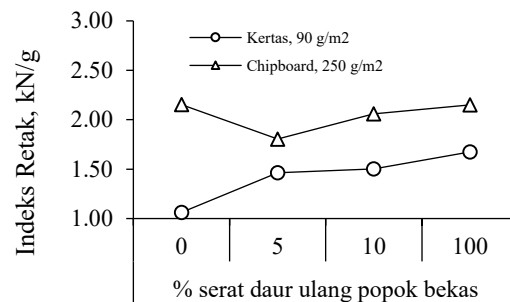
Pada **Gambar 3** sampai dengan **Gambar 5** dapat dilihat pengaruh penambahan serat daur ulang popok bekas terhadap kekuatan lembaran OCC. Penambahan serat daur ulang popok bekas pada bubur kertas OCC secara

umum meningkatkan kekuatan lembaran baik indeks tarik, indeks retak maupun indeks sobek. Semakin tinggi jumlah serat daur ulang popok bekas, kekuatan lembaran semakin tinggi.

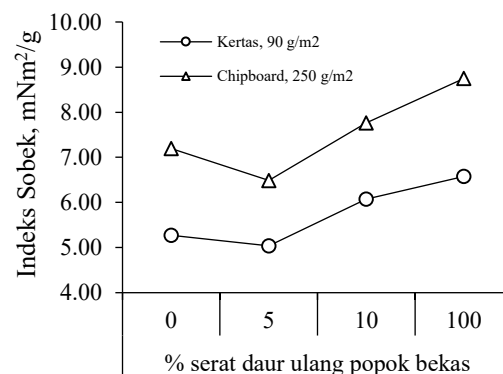
Faktor utama yang berpengaruh terhadap kekuatan lembaran adalah panjang serat yang digunakan (Indriati *et al.*, 2020). Panjang serat daur ulang OCC sangat beragam tergantung pada sumber dan kualitas OCC yang digunakan. Panjang serat OCC berkisar antara 0,2 - 3,85 mm dengan rata-rata 1,27 mm (Dina *et al.*, 2021) atau 1,56 mm (Teixeira, 2012). Sementara



Gambar 3. Indeks tarik (Nm/g)



Gambar 4. Indeks retak (kN/g)



Gambar 5. Indeks sobek (mNm²/g)

itu, serat pulp *fluff* dari kayujarum (*softwood*) memiliki panjang serat rata-rata 2,5 mm (Ismaeilimoghadam *et al.*, 2022).

Hasil uji morfologi, menunjukkan panjang serat serat daur ulang popok bekas berkisar antara 0,63 mm sampai 7,56 mm dengan rata-rata 1,88 mm, lebih panjang dibandingkan dengan serat daur ulang OCC. Dengan demikian, penggunaan serat daur ulang popok bekas dapat meningkatkan kekuatan lembaran OCC yang dihasilkan.

Untuk mengevaluasi pemanfaatan serat daur ulang popok bekas sebagai kertas liner dan kertas medium, pada **Tabel 2** dapat dilihat hasil uji sifat ketahanan tekan lingkar (*Ring Crush Test* atau RCT) dan ketahanan tekan datar bergelombang (*Concora Medium Test* atau CMT) lembaran laboratorium. Kedua sifat ini penting baik untuk kertas liner maupun kertas medium yang digunakan dalam pembuatan kotak karton gelombang, yaitu untuk mendukung sifat ketahanan tekan kotak karton gelombang yang dihasilkan. Selain itu, sifat indeks retak juga penting untuk menjaga agar karton gelombang tidak mudah jebol/retak karena benturan baik dengan sesama kotak karton gelombang maupun akibat benda yang dimuat didalam kotak atau diluar kotak.

Secara umum, penggunaan serat daur ulang popok bekas pada lembaran OCC bergramatur rendah (90 g/m²) ternyata tidak dapat meningkatkan ketahanan tekan lembaran baik RCT maupun CMT. Secara nominal, nilai RCT dan CMT lembaran tidak memenuhi SNI 8053.1:2014 untuk kertas medium kelas B yaitu minimal 61 N untuk RCT dan minimal 70 N untuk CMT.

Kualitas Lembaran Inkubator Bisnis

Percobaan pembuatan lembaran di Inkubator Bisnis dimaksudkan dalam rangka mensimulasikan proses pembuatan lembaran yang dilakukan pada skala UMKM (Usaha Nikro,

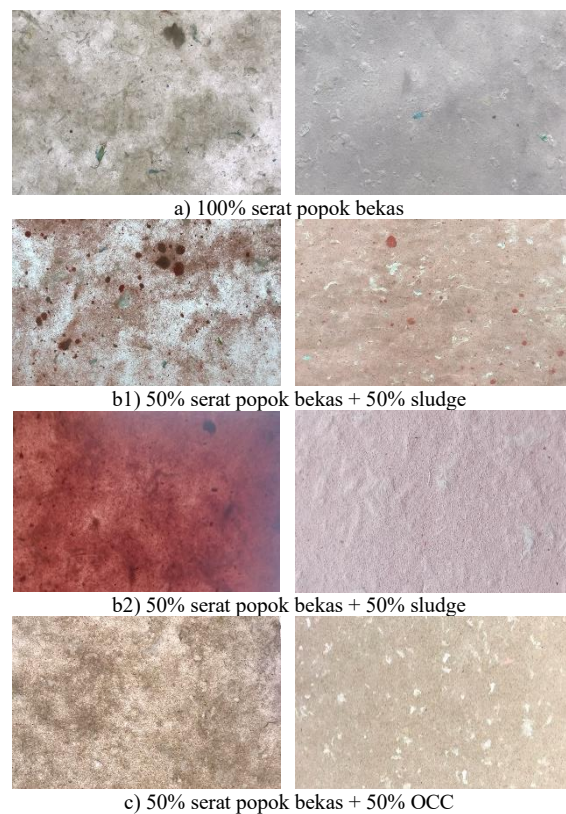
Tabel 2. Hasil uji RCT dan CMT

Parameter	Jenis Sampel	Serat Popok Bekas (%)			
		0	5	10	100
	Karton 250 gsm	2,15	1,80	2,06	2,15
RCT, kgf	Kertas 90 gsm	<0,38	<0,38	<0,38	2,1
	Karton 250 gsm	41,4	32,3	33,4	47
CMT, kgf	Kertas 90 gsm	2	2,5	2,5	6,6
	Karton 250 gsm	24,6	31,4	27,2	37,7

Kecil an Menengah). Lembaran yang dihasilkan dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Dari gambar tersebut terlihat penyebaran serat di dalam lembaran agak kurang merata/seragam, dimana terdapat daerah yang transparan dan daerah yang gelap (tidak transparan). Pada daerah yang terang biasanya mengandung serat lebih sedikit dibandingkan dengan daerah yang lebih gelap. Hal ini menyebabkan sifat lembaran menjadi kurang seragam yang ditunjukkan dengan hasil uji formasi lembaran yang berkisar antara 45-58 NUI (*Non-Uniformity Index*). Hasil uji kekuatan lembaran yang kurang seragam biasanya rendah karena bagian yang lebih terang akan lebih mudah putus/retak/sobek. Distribusi serat yang tidak merata yang diindikasikan dengan formasi lembaran yang tidak seragam akan menghasilkan lembaran dengan kekuatan tarik yang rendah (Nazhad *et al.*, 2000).

Namun demikian, lembaran ini dapat digunakan untuk kepentingan seni sehingga acapkali disebut juga sebagai kertas seni atau *handmade paper*. Kondisi lembaran yang berawan ini justru memberikan nilai estetika tersendiri dan masih dapat ditolerir untuk jenis kertas seni (*handmade paper*).



Gambar 6. Lembaran hasil Inkubator Bisnis

Hasil uji kekuatan lembaran yang dibuat dapat dilihat pada **Tabel 3**. Lembaran dari 100% *waste sludge* tidak dibuat pada penelitian ini karena pertimbangan kualitas serat sangat halus sehingga tidak memungkinkan untuk membentuk lembaran dengan gramatur di bawah 100 g/m².

Indeks tarik dan indeks retak lembaran dengan komposisi campuran 50% *waste sludge* dan 50% serat daur ulang popok bekas lebih rendah dibandingkan dengan lembaran dari 100% serat daur ulang popok bekas. Sedangkan suatu fenomena yang berlawanan ditunjukkan oleh hasil uji indeks sobek lembaran. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh formasi lembaran yang tidak seragam sehingga hasil uji tidak menggambarkan keadaan yang sesungguhnya.

Lembaran dari campuran 50% serat daur ulang popok bekas dan 50% serat OCC menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan lembaran dari 50% serat daur ulang popok bekas dan 50% *waste sludge* dan lembaran 100% serat popok bekas.

Dari hasil percobaan yang dilakukan di laboratorium, terlihat potensi penggunaan serat daur ulang popok bekas sebagai serat penguat (*reinforcing fiber*) untuk lembaran kertas/karton yang terbuat dari serat daur ulang seperti yang digunakan dalam percobaan ini yaitu OCC.

Mengingat serat popok sekali pakai berasal dari pulp *fluff* dengan tingkat kecerahan yang tinggi, lebih dari 80%, maka serat popok bekas dapat dimanfaatkan pula untuk pembuatan kertas putih. Untuk itu, perlu didukung dengan teknologi proses daur ulang popok bekas yang dapat menghasilkan serat daur ulang popok bekas dengan tingkat kecerahan yang tinggi pula. Suatu teknologi daur ulang popok bekas pakai yang disertai dengan penggunaan Ozon untuk proses desinfeksi popok bekas pakai sekaligus sebagai bahan pemutih serat daur ulang telah diterapkan (Ichiura *et al.*, 2020).

Tabel 3. Hasil Uji Lembaran Inkubator Bisnis

Parameter	Komposisi Serat			
	P100	P50S50	P50S50	P50C50
Indeks tarik, Nm/g	13,70	12,63	13,07	16,62
Indeks retak, kN/g	1,19	0,69	0,58	0,97
Indeks sobek, mNm ² /g	3,93	4,38	5,61	4,50

Percobaan pembuatan lembaran di Inkubator Bisnis menghasilkan lembaran yang lebih sesuai untuk digunakan sebagai kertas seni (*handmade paper*) karena menggunakan teknologi sederhana yang cocok diterapkan untuk industri kecil. Jenis kertas ini umumnya digunakan untuk pembuatan *cover* buku atau agenda, pigura, kotak karton, kartu nama dan berbagai produk *stationary*. Lembaran *handmade paper* dapat dibuat sesuai dengan warna asli seratnya atau dibuat beraneka warna. Pada **Gambar 7** dapat dilihat lembaran *handmade paper* baik yang polos maupun dengan penambahan ornamen untuk meningkatkan nilai estetikanya.



Gambar 7. *Handmade paper* (Sumber : Koleksi pribadi)

Kesimpulan

Lebih dari 70% serat daur ulang popok bekas termasuk dalam kategori serat panjang dengan dengan panjang serat lebih dari 2 mm. Hasil percobaan laboratorium menunjukkan potensi serat popok bekas sebagai serat penguat (*reinforcing fiber*) pada lembaran kertas/karton yang terbuat dari serat aur ulang OCC. Pembuatan lembaran campuran serat popok bekas dengan *sludge* dan OCC pada fasilitas Inkubator Bisnis menghasilkan lembaran dengan formasi yang bervariasi dan lebih sesuai diaplikasikan sebagai kertas seni (*hanmade paper*). Selain itu, karena serat berasal dari pulp *fluff* dengan tingkat kecerahan yang tinggi, serat popok bekas dapat digunakan pada pembuatan kertas putih asalkan teknologi daur ulangnya memungkinkan untuk menghasilkan serat daur ulang dengan tingkat kecerahan yang tinggi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kimberly-Clark Softex (PT. Softex Indonesia) dan Balai Besar Selulosa atas dukungan yang diberikan mulai dari pelaksanaan percobaan hingga terbitnya tulisan ini. Apresiasi juga

diberikan kepada seluruh Tim atas kerjasama yang baik dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ajmeri, J. R. and Ajmeri, C. J. (2016) 'Developments in the use of nonwovens for disposable hygiene products', in *Advances in Technical Nonwovens*. Elsevier, pp. 473–496. doi: 10.1016/B978-0-08-100575-0.00018-8.
- Alfiah, R. and Ratnawati, S. (2021) 'Pemanfaatan Popok Bayi Bekas Sebagai Media Tanam Guna Mereduksi Pencemaran Lingkungan Di Desa Sambirejo', *PISCES : Proceeding of Integrative Science Education Seminar*, 1(1), pp. 149–159. Available at: <https://prosiding.iaiponorogo.ac.id/index.php/pisces/article/view/122>.
- Badan Pusat Statistik (2022) *Jumlah Penduduk Menurut Kelompok Umur dan Jenis Kelamin, 2021*. Available at: https://www.bps.go.id/indikator/indikator/view_data_pub/0000/api_pub/W40a21pdTU1cnJxOGt6dm43ZEdoZz09/da-03/1.
- Dina, S. F., Indriati, L., Elyani, N. and Zamzami, M. A. (2021) 'Paper bag berbasis pulp tandan kosong sawit sebagai alternatif pengganti polybag pada pre-nursery perkebunan sawit', *JURNAL SELULOSA*, 11(01), pp. 9–20. doi: 10.25269/jsel.v11i01.330.
- Dixhoorn, F. van (2016) *Evaluation of the potential of diaper recycling within AEB Amsterdam*.
- Febriana, P., Aesthetika, N. M. and Cholifah, C. (2022) 'Sosialisasi bahaya sampah popok sekali pakai dan workshop pembuatan popok reusable di Desa Tlasi Kabupaten Sidoarjo', *JURNAL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT*, 28(1), pp. 30–35. doi: 10.24114/JPKM.V28I1.22879.
- Ichiura, H., Nakaoka, H. and Konishi, T. (2020) 'Recycling disposable diaper waste pulp after dehydrating the superabsorbent polymer through oxidation using ozone', *Journal of Cleaner Production*, 276, p. 123350. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123350.
- Indriati, L., Elyani, N. and Dina, S. F. (2020) 'Empty fruit bunches, potential fiber source for Indonesian pulp and paper industry', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 980(1), p. 012045. doi: 10.1088/1757-899X/980/1/012045.
- Ismaeilimoghadam, S., Sheikh, M., Taheri, P., Maleki, S., Resalati, H., Jonoobi, M., Azimi, B. and Danti, S. (2022) 'Manufacturing of Fluff Pulp Using Different Pulp Sources and Bentonite on an Industrial Scale for Absorbent Hygienic Products', *Molecules*, 27(15), p. 5022. doi: 10.3390/molecules27155022.
- Kakonke, G., Tesfaye, T., Sithole, B. B. and Ntunka, M. G. (2019) 'Review on the manufacturing and properties of nonwoven superabsorbent core fabrics used in disposable diapers', *International Journal of Chemical Sciences*, 17, pp. 1–21.
- Khoo, S. C., Phang, X. Y., Ng, C. M., Lim, K. L., Lam, S. S. and Ma, N. L. (2019) 'Recent technologies for treatment and recycling of used disposable baby diapers', *Process Safety and Environmental Protection*, 123, pp. 116–129. doi: 10.1016/j.psep.2018.12.016.
- Krisnadani, I. (2021) *Persepsi dan perilaku masyarakat terhadap pencemaran sungai akibat altivitas membuang popok sekali pakai (survey di Daerah Aliran Sungai Brantas Kota Malang)*. Universitas Brawijaya.
- Lita, N. (2017) 'Gambaran pemakaian diapers sekali pakai pada anak usia prasekolah', *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan*, 7(2), pp. 47–52. doi: 10.37859/jp.v7i02.502.
- Nazhad, M. M., Harris, E. J., Dodson, C. T. J. and Kerekes, R. J. (2000) 'The influence of formation on tensile strength of paper made from mechanical pulps', in *Tappi Papermakers Conference and Trade Fair*.
- Realdiapers (2022) *Diaper Facts and Statistics in 2022*.
- Rebola, S. M., Azevedo, C. A. and Evtuguin, D. V. (2021) 'Effect of cooking and bleaching conditions on the properties of eucalyptus kraft fluff pulps', *Cellulose*. doi: 10.1007/s10570-021-03789-8.
- Setiyanto, A. (2022) *Hasil studi : Pengelolaan limbah popok sekali pakai mengkhawatirkan, Populer Ilmiah*. Available at: <https://fkm.unair.ac.id/hasil-studi-pengelolaan-limbah-popok-sekali-pakai-mengkhawatirkan/>.
- Sisworini, P. R., Sulistyowati, E. and Masnun, M. A. (2017) 'Implementasi Pasal 29 Ayat (1) Huruf E Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah Terkait Dengan Kesadaran Hukum Masyarakat Dalam Membuang Sampah', *Novum : Jurnal Hukum*, 4(3), pp. 181–192. doi: 10.2674/NOVUM.V4I3.23858.
- Teixeira, D. E. (2012) 'Recycled old corrugated container fibers for wood-fiber cement sheets', *ISRN Forestry*, 2012, pp. 1–8. doi: 10.5402/2012/923413.
- Widiatnigrum, T., Pukan, K., Susanti, R. and Sukaesih, S. (2018) 'Pemanfaatan limbah popok sebagai sarana pendidikan karakter peduli lingkungan anas usia dini', *Phenomenon : Jurnal Pendidikan MIPA*, 8(2), pp. 129–141. doi: 10.21580/phen.2018.8.2.2495.

- Wijaya, R. (2020) *UCID: A dominant player*. Jakarta Selatan. Available at: <https://chart.post-pro.co.id/pdf/UCID - Initiation Report - 24 Augu.pdf>.
- Xu, Y., Jiang, C., Duan, C. and Zhang, W. (2017) 'In-situ Preparation of Nano-calcium Carbonate/Cellulose Fiber Composite and Its Application in Fluff Pulp', *J. Eng. Fibers Fabr.*, 12(3), pp. 48–53. doi: 10.1177/1558925017012003.