

Perbandingan *Specific Refining Energy* pada Mesin Refiner Jenis *Double Disk* dengan *Conical*. Studi Kasus pada Pembuatan Kertas Tulis Cetak

Comparison of Specific Refining Energy in Double Disk Type Refiner Machine with Conical: A Case Study on Printing Writing Paper Manufacturing

¹Ni Njoman Manik Susantini*), ¹Intan Pinasih, ²Erwin dan ³Hanifadinna

¹Program Studi Teknologi Pengolahan *Pulp* dan Kertas, Institut Teknologi Sains Bandung, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Darma Persada, Indonesia

³Program Studi Teknologi Pengolahan Sawit, Institut Teknologi Sains Bandung, Indonesia

*) *corresponding email*: njoman.manik@itsb.ac.id, njoman.manik@gmail.com

Abstrak

Proses *refining* adalah bagian dari proses pembuatan kertas yang membutuhkan energi yang besar. Strategi yang digunakan adalah mengganti jenis mesin *refiner* dari *Conical* ke *Double Disc Refiner (DDR)* karena dari sisi energi, DDR memiliki energi yang lebih rendah. Pada konsisten di kisaran 4% *Specific Edge Load (SEL)* DDR adalah 1.4- 4 J/m sedangkan *SEL conical* adalah 0.9-6.0 J/m. Dengan latar tersebut, penelitian ini bertujuan akan menguji energi yang digunakan pada pembuatan kertas HVS 80 gram. Konsistensi yang digunakan adalah di kisaran 4.4-4.6%. Sebagai parameter pendukung digunakan uji sifat fisik kertas HVS 80 gram yaitu *bulk*, *tearing*, *tensile* dan *bursting*. Pengukuran energi dan sifat fisik dilakukan selama 28 hari dengan 6 kali pengambilan per harinya. Untuk membandingkan dilakukan pada hari ke 10 hingga ke 26 karena ada kekosongan ketidaklengkapan data pada DDR pada hari ke 7-9 dan hari ke 27. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggantian jenis dari *conical* ke DDR berada di angka 1.52%. Sifat fisik kertas yang mengalami perubahan signifikan adalah *porosity* kertas yaitu sebesar 28.58%.

Kata Kunci: *refining*, *SRE*, *DDR*, *conical*, kertas.

Abstract

The refining process is a part of the paper-making process that requires a large amount of energy. The strategy used is to change the type of refiner machine from *Conical* to *Double Disc Refiner (DDR)* because *DDR* spends less energy. At a consistent range of 4% *Specific Edge Load (SEL)* *DDR* is 1.4-4 J/m while *conical SEL* is 0.9-6.0 J/m. This research will test the energy used in making HVS paper 80-gram by referring to what has been mentioned. The consistency used is in the range of 4.4-4.6%. As supporting parameters, the physical properties of HVS 80-gram paper were used, namely *bulk*, *tearing*, *tensile*, and *bursting*. Energy and physical properties were measured for 28 days with 6 samplings per day. The comparison was carried out on days 10 to 26 because there was incomplete data on *DDR* on days 7-9 and day 27. The results of this study showed that the type replacement from *conical* to *DDR* was at 1.52%. The physical property of the paper that experienced a significant change was the paper *porosity*, which was 28.58%.

Keywords: *refining*, *SRE*, *DDR*, *conical*, *pulp*.

Makalah diterima 19 April 2024 – makalah direvisi 23 Juli 2024 – disetujui 5 Agustus 2024

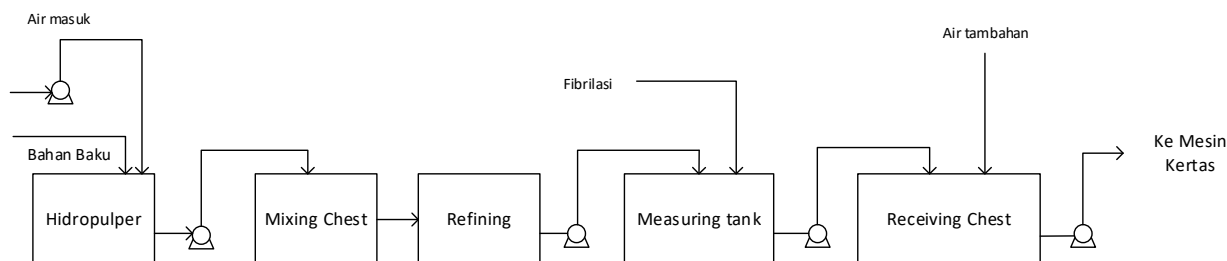
Karya ini adalah naskah akses terbuka dengan lisensi [CC BY-SA](#).



1 Pendahuluan

Bisnis kertas di dunia perlahan bergeser dari jenis kertas tulis cetak ke jenis kertas untuk rumah (*household paper*) seperti tisu dapur [1]. Kondisi ini berlanjut saat pandemi karena lebih banyak permintaan jenis kertas lain seperti tisu higienis dan kertas kemasan. Setelah pandemi, kebutuhan kertas tulis kembali tinggi. Bahkan, industri *pulp* dan kertas di Indonesia mengalami pertumbuhan sebesar 4.52% sepanjang 2023 [2]. Selain itu, beberapa industri kertas di Indonesia tetap melakukan ekspor ke negara seperti India [3]. Oleh karena itu, industri kertas tetap memproduksi kertas tulis cetak namun untuk tetap dapat memiliki daya saing, optimalisasi di berbagai bidang dilakukan seperti di bidang konsumsi energi.

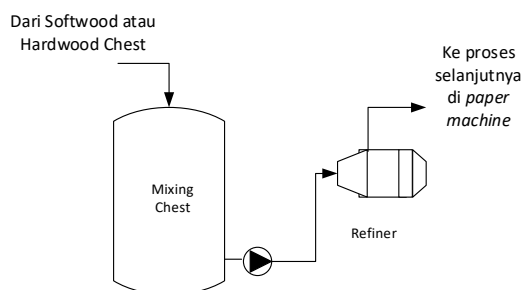
Pada sisi proses produksi kertas, konsumsi energi terbesar adalah di bagian pengeringan kertas (*dry-end*) dan proses *refining*. Pada sistem *Thermo Mechanical Pulp (TMP)*, konsumsi energi pada proses *refining* mencapai 80% dari keseluruhan energi yang dibutuhkan [4]. Secara garis besar, posisi sistem *refining* pada proses pembuatan kertas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Posisi sistem *refining* pada alur pembuatan kertas.

Bahan baku kertas yaitu *pulp* diolah di hidropulper dengan air. Setelah proses hidropulper, *pulp* dimasukkan ke sistem *refining*. *Pulp* yang telah melewati proses *refining* dimasukkan ke *measuring tank* untuk ditambahkan fibrilasi. Dari *measuring tank* akan dilanjutkan di *receiving chest* dan akhirnya *pulp* dimasukkan ke proses di mesin kertas untuk dijadikan produk kertas.

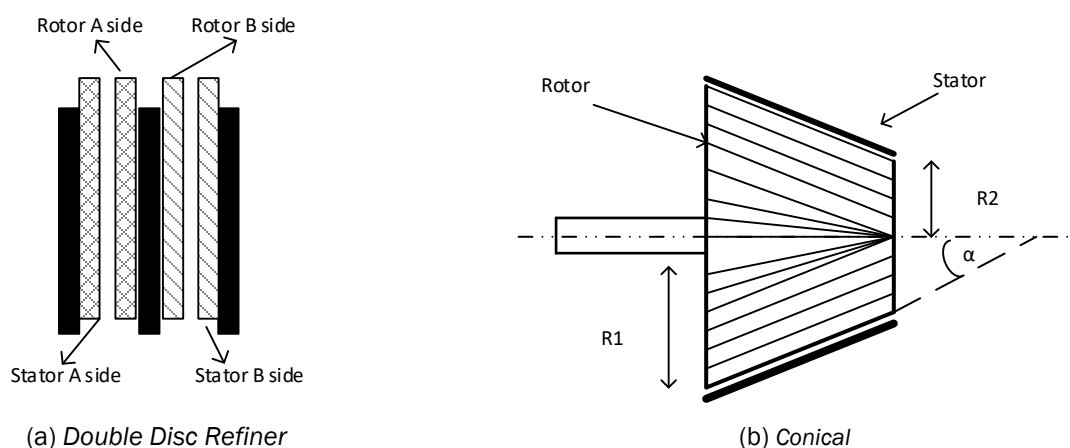
Pemilihan sistem refining bergantung pada jenis kertas yang diinginkan, jenis *pulp* dan perencanaan kapasitas [5]. Salah satu konfigurasi mesin *refiner* yang ada di industri dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem *refining*.

Pulp yang berasal dari *mixing chest* dimasukkan ke dalam *mixing chest*. Dari *mixing chest*, *pulp* kemudian dipompa masuk ke mesin *refiner* dan dilanjutkan dengan proses berikutnya di area mesin kertas. Dalam rangka optimalisasi, *mill* mencoba menggantikan mesin *refiner* dari tipe *Conical* ke *Double Disk*. Pada konsistensi 3.5–4.5% tipe DDR memiliki *Specific Edge Load* (SEL) lebih kecil dibandingkan *conical*, yaitu 1.4– 4.0 J/m, sedangkan SEL tipe *conical* adalah 0.9–6.0 J/m [6].

Secara umum prinsip kerja tipe *refiner* DDR dan *conical* adalah sama, yaitu memiliki bagian stator dan rotor, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Mesin *pulp refiner*.

Evaluasi kinerja *refining* menggunakan SEL [7], [8], [9], [10]. SEL menyatakan jumlah energi *net* dari bar yang melintang pada *disc/cakram* mesin *refiner* [9]. Dengan kata lain, SEL menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan saat bar stator dan rotor saling berpapasan [11]. Namun, penelitian ini menggunakan parameter

Specific Refiner Energy (SRE) [10], [12]. SRE merupakan jumlah energi yang diberikan *refiner* kepada *fiber* yang formulasinya didefinisikan pada Persamaan (1). Satuan SRE dinyatakan dalam [kWh/t]. P_{net} adalah daya bersih yang dibutuhkan serat dengan satuan dinyatakan dalam [kW]. $\dot{m}$ adalah laju aliran serat di *refiner* memiliki satuan [t/h] dengan formulasi yang diberikan pada Persamaan (2). Sedangkan f adalah laju aliran dalam *refiner* yang dinyatakan dalam [liter/h] dan c adalah konsistensi *pulp* dengan satuan [mass/unit volume].

$$\text{SRE} = P_{\text{net}} / \dot{m} \quad (1)$$

$$\dot{m} = f c \quad (2)$$

Selain evaluasi dari sisi energi, *refining* dari *pulp* juga erat kaitannya dengan konsistensi dan *freeness*. Pada proses pembuatan *pulp* dan kertas, konsistensi adalah kandungan total padatan kering dalam bubur *pulp*, bubur yang terbuat dari air, serat, serat yang sangat halus (disebut juga dengan istilah *finer*) dan pengisi (bahan kimia) [13]. *Freeness* adalah kemampuan pengeringan *suspense* dari *pulp*. Istilah ini dinyatakan dalam satuan mililiter, namun di kalangan industri *pulp* dan kertas lebih dikenal dengan nama CSF (*Canadian Standard Freeness*).

2 Metodologi

Penelitian menggunakan data dari mesin *refiner* jenis DDR dan *Conical* yang diperoleh dari DCS, serta hasil pengujian sifat fisik kertas yang dihasilkan oleh masing-masing mesin *refiner*. Data DCS diambil selama 28 hari dengan 6 kali pengambilan per hari untuk memperoleh informasi yang komprehensif. Selain itu, evaluasi kinerja proses *refining* menggunakan parameter SEL dan SRE untuk membandingkan efisiensi pemanfaatan energi antara kedua mesin *refiner*.

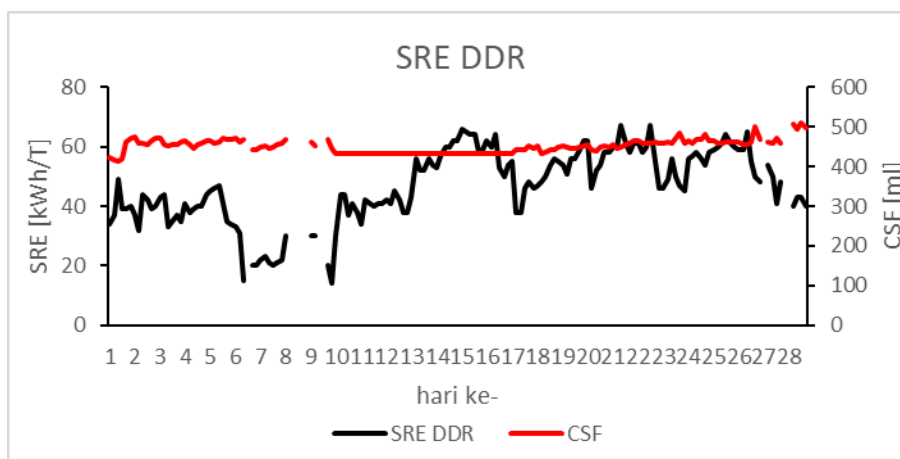
Bahan baku *pulp* yang digunakan adalah *Leaf Bleach Kraft Pulp* (LBKP) yang berasal dari kayu *acacia crassica* dan *eucalyptus*. Panjang serat rata-rata adalah 0,651 mm, lebar serat 14.8 μm dan *coarseness* 0.0616 mg/m. Konsistensi *stock pulp* yang dilewatkan pada mesin DDR adalah 4% dan mesin *Conical Refiner* adalah 4.6%. Perbedaan nilai konsistensi ini disebabkan adanya perbedaan waktu *loading*. Mesin DDR memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan *Conical*.

Untuk mengetahui efektivitas kedua jenis mesin *refiner* ini, sifat fisik kertas produk akhir yaitu kertas tulis HVS 80 gram juga diuji. Sifat fisik yang diuji adalah *bulk*, *porosity*, *tensile* dan *tearing*. Pengujian ini dilakukan di laboratorium milik pabrik kertas sebagai tempat penelitian ini dilakukan. Selain data yang diambil dari DCS juga dilakukan wawancara dengan penanggung jawab unit DCS dan *refining*. Wawancara ini bertujuan untuk melengkapi analisis.

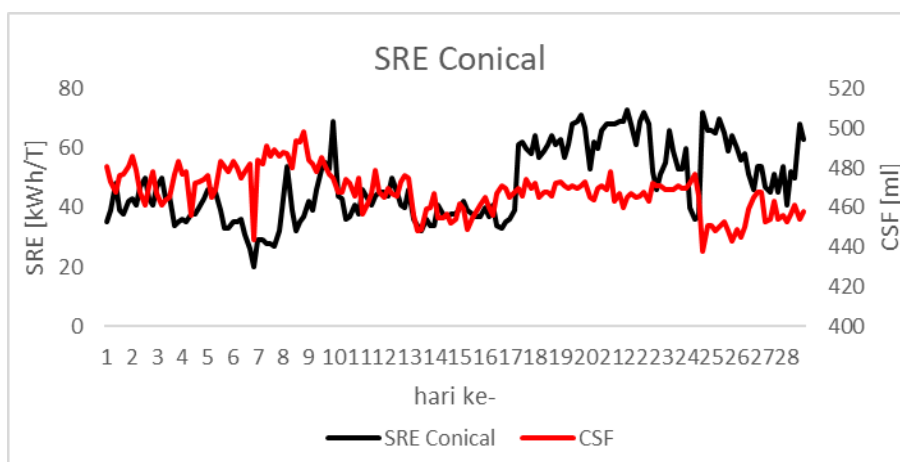
3 Hasil dan Diskusi

3.1 *Specific Refining Energy*

Hasil pengukuran SRE dari *refiner* jenis DDR dan *Conical* ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Data SRE yang digunakan adalah SRE *throughput*.



Gambar 4. Hasil pengukuran *Specific Refiner Energy* DDR.



Gambar 5. Hasil Pengukuran *Specific Refiner Energy* Conical.

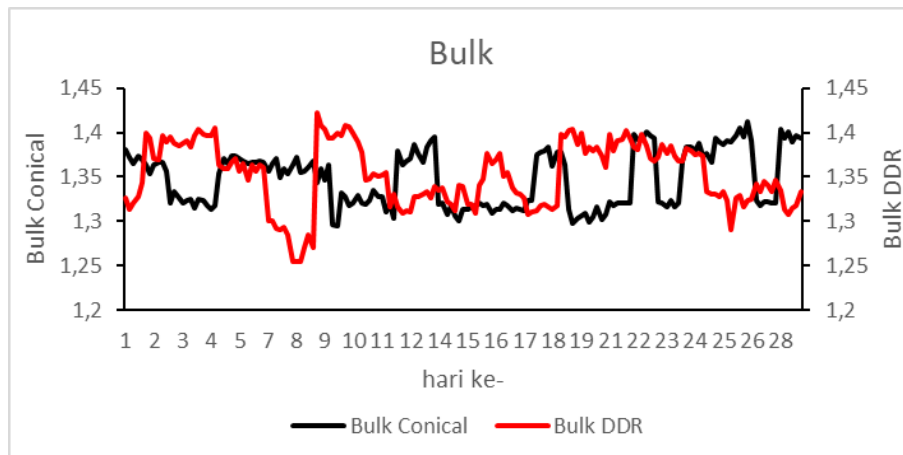
Dari Gambar 4 dan 5, terlihat bahwa secara umum energi pada DDR tidak banyak berbeda dengan *conical*. Pada Gambar 4, dapat dilihat pada hari ke-8 hingga 10 terdapat data yang kosong. Pada saat itu ada aktivitas penggantian lempeng (*disc*). Demikian juga pada hari ke-27, aktivitas pencatatan data terlewat. Dengan memperhatikan kelengkapan data, perhitungan rata-rata diambil pada data hari ke-10 hingga 26. Rata-rata SRE *throughput* DDR adalah 52.57 kWh/t dan *conical* adalah 51.79 kWh/t. Selisih SRE dari kedua jenis *refiner* adalah 1.52%. Hal ini berarti penggantian jenis mesin tidak banyak *berpengaruh* pada energi yang digunakan. Namun, mengingat bahwa pengambilan data berada pada rentang yang singkat yaitu 28 hari, maka untuk penelitian lanjutan dapat mempertimbangkan jangka waktu pengambilan data yang lebih lama seperti 3 bulan atau lebih. Hal lain yang perlu diperhitungkan adalah jadwal pemeliharaan karena hal ini dapat mempengaruhi data SRE secara keseluruhan. Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 4 yaitu pada hari ke-10 hingga ke-17, SRE DDR melonjak tinggi. Hal ini dikarenakan konsistensi *pulp* yang tinggi yaitu pada rentang 4.61–4.68%.

3.2 Sifat Fisik Kertas

Sifat fisik kertas yang diuji meliputi *bulk*, *tearing*, *tensile* dan *porosity*. Pengujian ini menggunakan metode sesuai rekomendasi TAPPI (*Technical Association of The Pulp and Paper Industry*). Perhitungan nilai rata-rata diambil pada hari ke 10 hingga 26 karena pada rentang hari tersebut data bisa tercatat sebanyak 6 kali per hari. Standar nilai sifat fisik kertas mengacu ke sifat fisik yang sudah ditetapkan oleh industri kertas yang menjadi tempat penelitian ini berlangsung.

3.2.1 Bulk

Bulk adalah sifat fisik kertas yang menyatakan perbandingan gramatur kertas terhadap ketebalan. Pengujian bulk mengikuti TAPPI T 500-cm 21 dan SNI 7274: 2008.

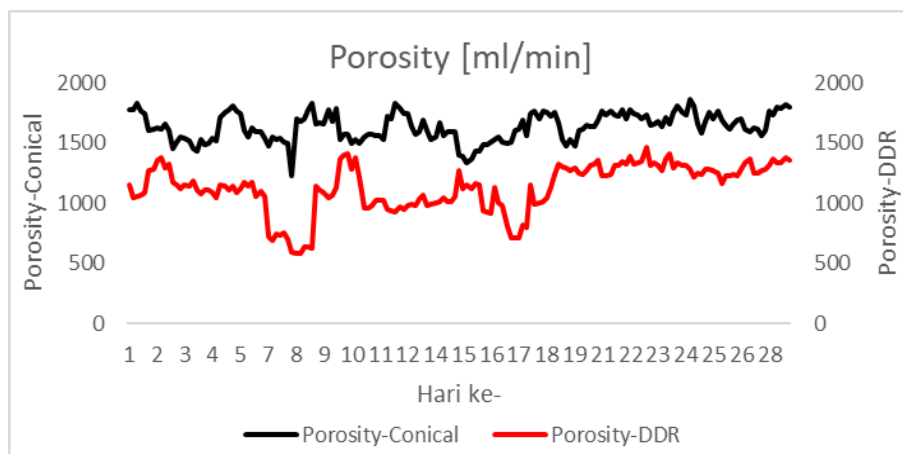


Gambar 6. Pengukuran *bulk*.

Nilai *bulk* kertas dipengaruhi oleh nilai gramatur dan tebal kertas selain itu juga berhubungan dengan proses *refining* karena menambah jumlah ikatan antar serat dan membuat *bulk* menjadi naik. Gambar 6 merupakan hasil pengukuran *bulk*. Nilai *bulk* pada penggunaan *refiner* DDR dan *conical* rendah karena *conical refiner* sendiri masih memiliki kelemahan sehingga tidak terlalu signifikan untuk meningkatkan sifat *bulk* pada kertas, dan cenderung menurunkan nilai *bulk*. Nilai *bulk* yang baik dan konstan masih diperoleh dari hasil penggunaan *refiner* DDR dengan nilai rata-rata 1.352 g/cm³ dengan standar deviasi 0.037 /cm³. Nilai rata-rata *bulk* dari *conical refiner* 1.35 g/cm³ dengan standar deviasi 0.031 g/cm³. Selisih nilai rata-rata *bulk* DDR dengan *conical* adalah 0.3%, yang berarti sifat *bulk* tidak signifikan berubah. Nilai dari DDR dan *conical* masih masuk di SNI 7274:2008, yaitu tidak melebihi 1,5.

3.2.2 Porosity

Sifat *porosity* pada kertas menyatakan daya tahan kertas terhadap udara yang dihirup. *Porosity* dinyatakan dengan ml/min. Pengujian ini menggunakan standar dari SNI 14-4743 dan TAPPI T-460. Hasil pengujian disajikan pada Gambar 7.

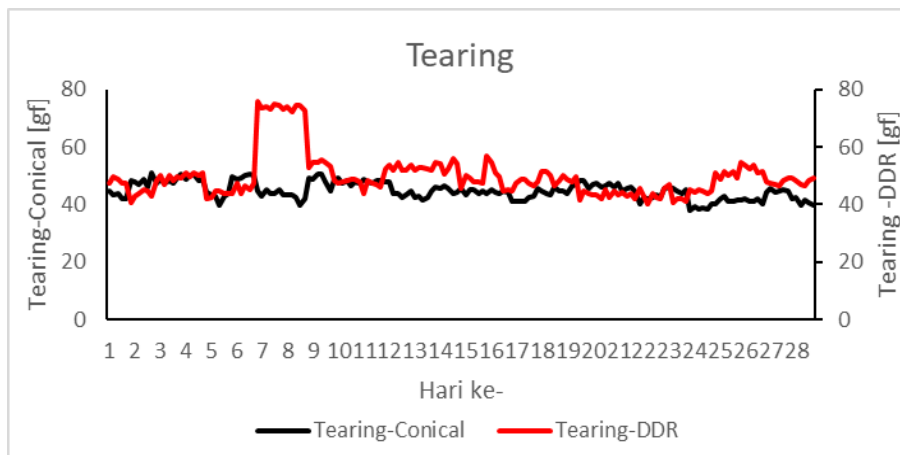


Gambar 7. Pengukuran *porosity*.

Selain dipengaruhi oleh pemakaian bahan kimia, *porosity* juga dipengaruhi oleh proses *refining*. Gambar 7 menunjukkan nilai *porosity* dari *conical refiner* dengan rata-rata 1642.58 ml/min dengan standar deviasi 111.35 ml/min. Nilai rata-rata *porosity* dari *refiner* DDR adalah 1173.26 ml/min dengan standar deviasi 176.33 ml/min. Selisih nilai rata-rata adalah 469.32 ml/min. Hal ini berarti bahwa pada DDR terjadi penurunan aliran udara sebesar 28.58%. Hal ini berarti kemampuan *refiner* DDR masih terbilang rendah untuk meningkatkan nilai porositas pada kertas. Porositas pada kertas juga mempengaruhi daya serap kertas terhadap cairan terutama tinta pada kertas tulis cetak. Jika porositas rendah maka daya serap kertas terhadap tinta juga buruk.

3.2.3 Tearing

Tearing adalah besarnya gaya tegak lurus yang dibutuhkan agar kertas dapat sobek. Pengujian ini menggunakan standar SNI 046:2009 dan TAPPI T 414. Hasil pengujian *tearing* disajikan pada Gambar 8.

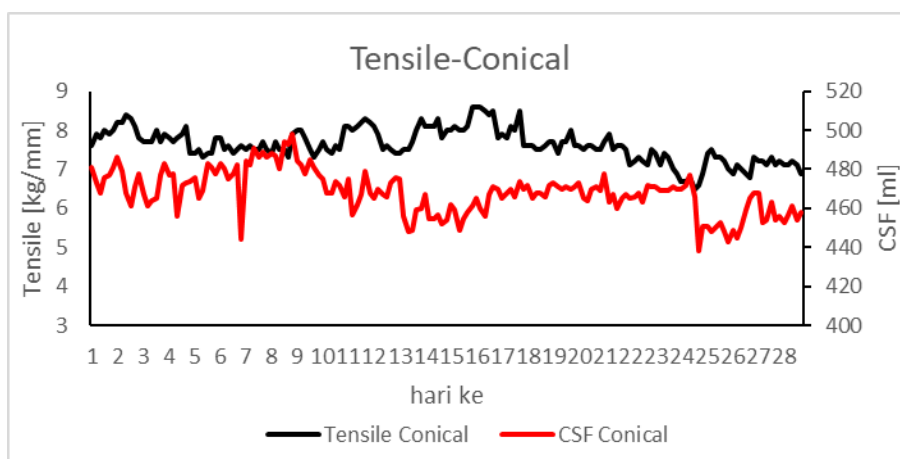


Gambar 8. Hasil pengujian *tearing*.

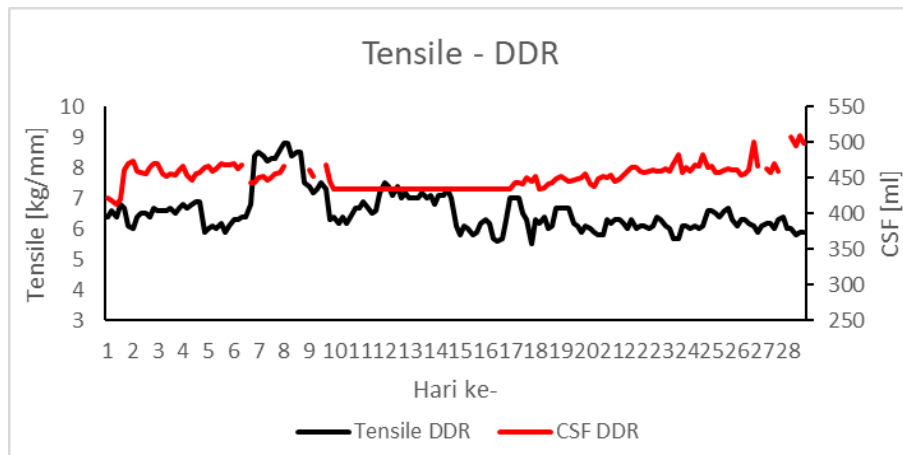
Nilai *tearing* dari *conical refiner* yang cenderung konstan ditunjukkan pada Gambar 8. Nilai rata-rata *tearing* dari *conical* adalah 44.14 gf dan standar deviasi 2.61 gf. Nilai rata-rata *tearing* DDR adalah 48.00 gf dan standar deviasi 3.33 gf. Hal ini berarti terjadi kenaikan *tearing* sebesar 8.75%. Kenaikan nilai ini menunjukkan pengaturan proses penggilingan mampu meningkatkan *tearing* lebih baik atau dapat juga mempertahankan nilai *tearing* di angka yang stabil.

3.2.4 Tensile

Nilai ketahanan tarik kertas naik selain dipengaruhi oleh *sizing* dan panjang serat, juga dipengaruhi oleh proses *refining*. Proses *refining* menyebabkan ketahanan tarik menjadi naik karena serat terfibrilasi dengan baik sehingga ikatan serat banyak dan kuat. Pengujian *tensile* menggunakan standar SNI 14-4737-1998 dan TAPPI T-494.



Gambar 9. *Tensile strength conical*.

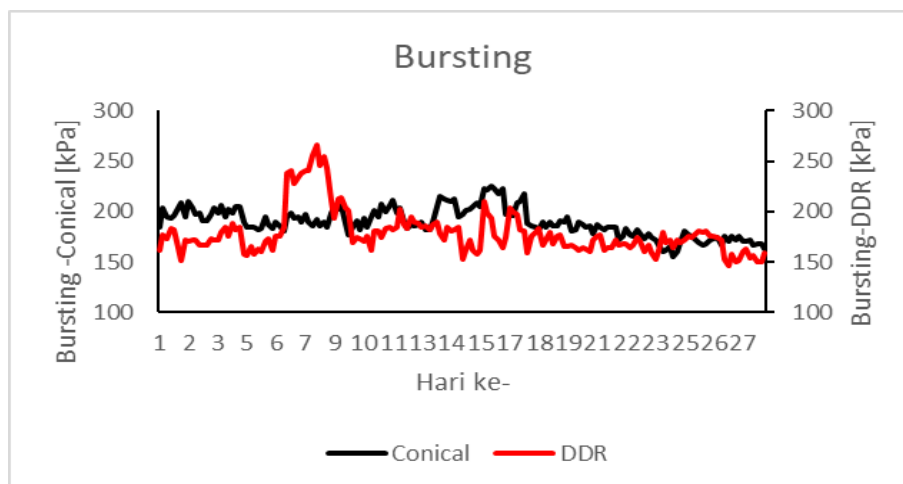


Gambar 10. Tensile strength DDR.

Gambar 9 dan 10 menunjukkan hasil pengukuran *tensile* dari *conical refiner* dan DDR. Nilai rata-rata *tensile conical* adalah 7.58 kg/mm dan standar deviasi 0.47 kg/mm. Sedangkan untuk *tensile DDR* didapat rata-rata sebesar 6.36 kg/mm dengan standar deviasi 0.45 kg/mm. Dari nilai rata-rata ini terlihat bahwa terjadi penurunan sebesar 16.07%.

3.2.5 Bursting

Hasil pengukuran sifat *bursting* pada kertas ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil uji *bursting*.

Nilai ketahanan retak kertas selain dipengaruhi oleh panjang serat dan gramatur, juga dipengaruhi oleh proses penggilingan serat. Proses penggilingan ini menyebabkan serat semakin terfibrilasi, sehingga ikatan antar serat yang terjalin menjadi semakin banyak dan kuat. Nilai rata-rata *bursting conical refiner* adalah 187.00 kPa dengan standar deviasi 16.10 kPa. Nilai rata-rata *bursting refiner DDR* adalah 172.61 kPa dan standar deviasi 12.51 kPa. Jadi terjadi penurunan sebesar 14,40%. Hal ini berarti terjadi penurunan daya tahan retak. Penurunan ini dapat dilihat pada Gambar 11.

4 Kesimpulan

Penggunaan *Double Disc Refiner* (DDR) pada *pulp* dengan konsistensi kisaran 4% atau konsistensi rendah selama 16 hari (dari hari ke 10 hingga ke 26), tidak berbeda dengan jenis *conical*. Persentase perubahan SRE yang terjadi sebesar 1.52%. Dari hasil uji sifat fisik kertas yang dihasilkan pun tidak jauh berbeda. Perbedaan yang mencolok pada hasil uji *porosity*, yaitu 28.58%. Agar studi tentang energi *refining* ini dapat memberikan hasil yang nyata, penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menambahkan jangka waktu pengambilan data, misalnya 3 bulan atau lebih. Hal lain yang juga dapat ditambahkan adalah variasi konsistensi dan variasi jenis kertas.

Ucapan Terima kasih

Penelitian ini dilakukan secara mandiri tanpa dibiayai oleh pihak lembaga atau institusi manapun.

Referensi

- [1] "Daio Paper Corporation," 15 March 2024. [Online]. Available: <https://www.daio-paper.co.jp/en/csr/dedicated/paper/>.
- [2] A. R. Nurdifa, "Industri Kertas Tumbuh 4,52% Terdongkrak Pemilu 2024", *Bisnis*, 11 Februari 2024. [Online]. Available: <https://ekonomi.bisnis.com/read/20240211/257/1739839/industri-kertas-tumbuh-452-terdongkrak>. [Accessed 15 March 2024].
- [3] S. Sharp, "2023 Insight on Major Grades of the Pulp and Paper Industry", *ResourceWise*, 16 November 2023. [Online]. Available: <https://www.resourcewise.com/forest-products-blog/2023-insights-on-major-grades-of-the-pulp-and-paper-industry>. [Accessed march15 2024].
- [4] B. Talebjedi, T. Laukkanen, H. Holmberg, E. Vakkilainen and S. Syri, "Energy Efficiency Analysis of the Refining Unit in Thermo-Mechanical Pulp Mill," *Energies*, vol. 14, p. 1664, 2021.
- [5] J. Lumiainen and K. Harju, "Slushing and Defibration of Pulp in the Paper Mill," in *Papermaking part 1, Stock Preparation and Wet End*, Finnish Paper Engineers' Association and TAPPI, 2000, p. 87.
- [6] H. Paulapuro, Paper Making part 1, Stock Preparation and Wet End, Helsinki: Finnish Paper Engineers Association and TAPPI, 2000.
- [7] J. A. Olson, J. Drozdak, M. Martinez, R. Garner, A. G. Robertson and R. Kerekes, "Characterizing Fibre Shortening in Low-Consistency Refining using a Comminution Model," *Powder Technol*, vol. 129, pp. 122-129, 2003.
- [8] J.-H. Ryu, C.-H. Kim, J.-Y. Lee, J.-S. Lee, C.-H. Lee and J.-H. Park, "Study of Refining Effect of Mixed Pulps using Refiner Plate with Different Bar Plates," *Applied Science*, vol. 12, 2022.
- [9] S. Andersson, C. Sandberg and P. Engstrand, "Effect of long fibre concentration on low consistency," *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, vol. 27, no. 4, p. 702, 2012.
- [10] D. Wikanaji and Trismawati, "Pengembangan Serat dan Efisiensi Energi pada Kombinasi Refining Konsistensi Tinggi dan Rendah," *Jurnal Selulosa*, vol. 1, no. 1, p. 8, 2011.
- [11] D. Wikanaji and Trismawati, "Efisiensi Energi Mesin Refiner," *Jurnal Energy*, vol. 1, no. 1, 2011.
- [12] D. D. P. Nugroho, "Low Consistency Refining of Mixtures of Softwood & Hardwood Bleached Kraft Pulp: Effects of Refining Power," Asian Institute of Technology School of Environment, Resources and Development Thailand, 2012.
- [13] "BTG a Voith Company," BTG, 2024. [Online]. Available: <https://www.btg.com/tissue-consistency/>. [Accessed 17 april 2024].
- [14] P. Bajpai, Biermann's Handbook of Pulp and Paper, 3rd edition, Kanpur, India: Elsevier, 2018.
- [15] D. Mandlez, S. Koller, R. Eckhart, A. Kulachenko, W. Bauer and H. Ulrich, "Quantifying the contribution of fines production during refining to resulting paper strength," *Cellulose*, vol. 29, p. 8811, 2022.
- [16] A. Vititnev, N. Chistova, Y. Alashkevich, V. Matygulina and R. Marchenko, "Optimization of Wood Fibre Refining Process in Fibreboard Production with New Refiner Disc Working Surface Geometry," *Bio Resources*, vol. 16, no. 4, p. 7751, 2021.
- [17] M. Nagl, O. Haske-Cornelius, W. Bauer, G. S. Nyanhongo and G. M. Guebitz, "Enhanced Energy Savings in Enzymatic Refining of Hardwood and Softwood Pulp," *Energy, Sustainability and Society*, vol. 13, 2023.
- [18] N. N. M. Susantini and R. W. Rampratama, "The Study of Energy Usage at Refiner Machine in Writing Paper Manufacture," *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, vol. 3, no. 10, p. 470, 2021.
- [19] J.-C. Roux, J.-F. Bloch and P. Nortier, "Optimisation of the Energy Consumption in the Pulp," *Chemical Engineering Transaction*, vol. 25, p. 70, 2011.