



Perbandingan *Bleaching* secara Kimia dengan Iradiasi pada Daur Ulang Kertas Koran Bekas

Surya Muttaqin Sitorus*, Sugili Putra, Lutfi Aditya Hasnowo

Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jl. Babarsari Kotak POB 6101/YKKB
Yogyakarta, Indonesia

Diterima : 22 September 2021, Revisi akhir : 25 Desember 2021, Disetujui terbit : 30 Desember 2021

Comparison of Chemical Bleaching with Irradiation on Old Newspaper Recycling

Abstract

Old newspaper circulates a lot in society and is usually used as a wrapper. Recycling old newspapers can be performed by the deinking process. It is known that radiation technology can degrade dyes. Therefore, a study of bleaching recycled old newspaper using hydrogen peroxide and gamma radiation was done. This research was carried out by irradiating old newspaper pulp in hydrogen peroxide media with variations in the concentration of hydrogen peroxide 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% at 10 KGy radiation dose, and variations in irradiation doses of 10 kGy, 15 kGy, 20 kGy, and 25 kGy at 10% hydrogen peroxide concentration. The results showed a significant effect of gamma radiation on the performance of the hydrogen peroxide bleaching process of the old newspaper.

Keywords: bleaching, gamma radiation, hydrogen peroxide, old newspaper

Abstrak

Kertas koran bekas beredar cukup banyak di masyarakat dan biasanya hanya dimanfaatkan sebagai pembungkus. Daur ulang kertas koran bekas dapat dilakukan dengan proses penghilangan tinta. Telah diketahui bahwa teknologi radiasi mampu mendegradasi zat warna. Oleh karena itu, dilakukan penelitian *bleaching* pulp kertas koran bekas dengan menggunakan larutan hidrogen peroksida dan radiasi gamma. Penelitian ini dilakukan dengan mengiradiasi pulp kertas koran bekas dalam media hidrogen peroksida dengan variasi konsentrasi 5%, 10 %, 15%, 20%, 25%, 30% pada dosis radiasi 10 kGy, dan variasi dosis iradiasi 10 kGy, 15 kGy, 20 kGy dan 25 kGy pada konsentrasi hidrogen peroksida 10%. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh radiasi gamma yang cukup signifikan terhadap kinerja hidrogen peroksida pada proses *bleaching* kertas koran bekas.

Kata Kunci: *bleaching*, radiasi gamma, hidrogen peroksida, kertas koran bekas,

Pendahuluan

Informasi dan kebebasan pers menjadi warna tersendiri bagi Indonesia sejak era reformasi. Kebutuhan akan informasi dan media berekspresi menjadi stimulus bagi pertumbuhan media di Indonesia termasuk koran dan surat kabar. Walaupun era sudah bergeser menuju era digital, namun koran dan surat kabar masih cukup diminati. Menurut Serikat Perusahaan Pers (SPS), jumlah koran yang beredar di Indonesia tahun 2015 sebanyak 8,79 juta eksemplar (Zuhra, 2017). Jumlah koran yang beredar tersebut mencerminkan jumlah koran bekas yang juga beredar di Indonesia.

Kertas koran bekas dapat didaur ulang menjadi bahan baku kertas lainnya. Permasalahan utama dari proses daur ulang kertas koran bekas adalah adanya tinta (Nurmanjaya, Putra and Megasari, 2018). Proses penghilangan zat warna dan peningkatan kecerahan pulp daur ulang kertas koran bekas umumnya dilakukan industri melalui proses *deinking* dan proses *bleaching* menggunakan zat kimia yang dilakukan secara bertahap. Proses *bleaching* menggunakan bahan kimia yang dapat berupa senyawa klorin, sodium hidroksida, kalsium hipoklorit, dan hidrogen peroksida dengan konsentrasi yang cukup tinggi untuk mendegradasi sisa lignin (Zhang, Renaud and Paice, 2008). Proses *bleaching* tersebut menghasilkan limbah untuk lingkungan berupa *sludge* dan paparan zat kimia cair (Aksogan, Resatoglu and Binici, 2018).

Penggunaan radiasi gamma terbukti efektif pada proses *deinking* pulp daur ulang kertas karena radiasi gamma menyebabkan zat warna pada tinta terurai menjadi senyawa organik yang memiliki berat molekul lebih rendah seperti asam-asam organik dan tidak berwarna (Maulana, 2018; Nurmanjaya, Putra and Megasari, 2018). Oleh sebab itu, radiasi gamma tidak menghasilkan limbah baru untuk lingkungan dan mengurangi penggunaan bahan kimia yang berbahaya bagi lingkungan sehingga dapat menjadi terobosan untuk pengolahan daur ulang kertas bekas.

Radiasi gamma dapat digunakan untuk mengolah senyawa organik berbahaya secara efektif, seperti alkil-halogen-hidrokarbon, aromatik hidrokarbon, dan khlorobenzen dengan reaksi redoks. Efek keseluruhan terhadap peristiwa degradasi adalah terjadi pengurangan berat molekul, yang dalam beberapa kasus produk akhir reaksi adalah molekul cairan

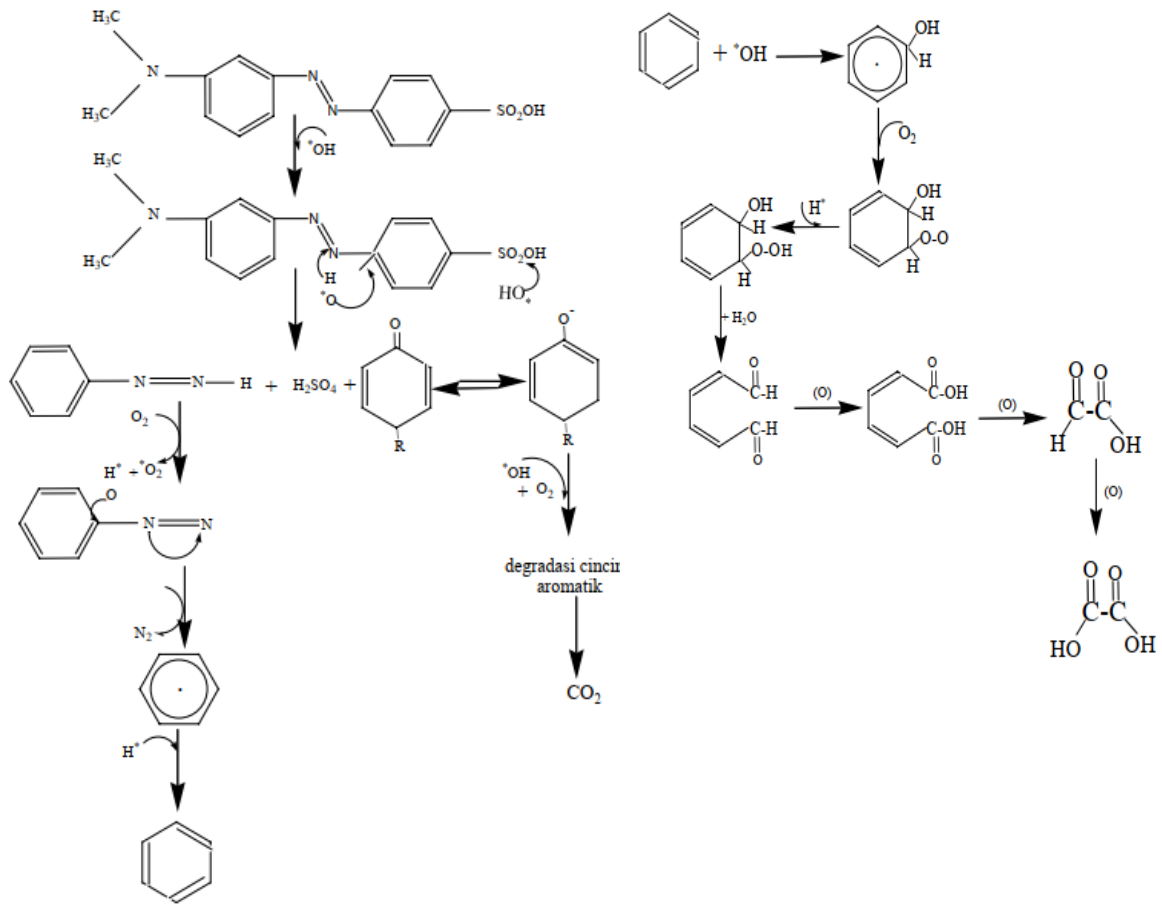
dengan berat molekul rendah. Biasanya hasil akhir reaksi redoks ini adalah asam karboksilat, karbondioksida, air, dan garam anorganik (Prihatiningsih, Mu'nisatun and Saptaja, 2007).

Interaksi antara radiasi gamma dengan air akan menghasilkan spesi tereksitasi secara elektronik dan molekul terionisasi yang selanjutnya akan terbentuk spesi reaktif (eaq^- , OH^* , H^* dan HO_2^* atau O_2^*) dan produk molekular (H_2 dan H_2O_2). Spesi tersebut merupakan produk primer radiolisis air dan bereaksi dengan zat terlarut serta menguraikannya. Produk primer tersebut cenderung bereaksi dengan gugus fungsi molekul organik daripada molekul zat terlarut secara keseluruhan (Prihatiningsih, Mu'nisatun and Saptaja, 2007).

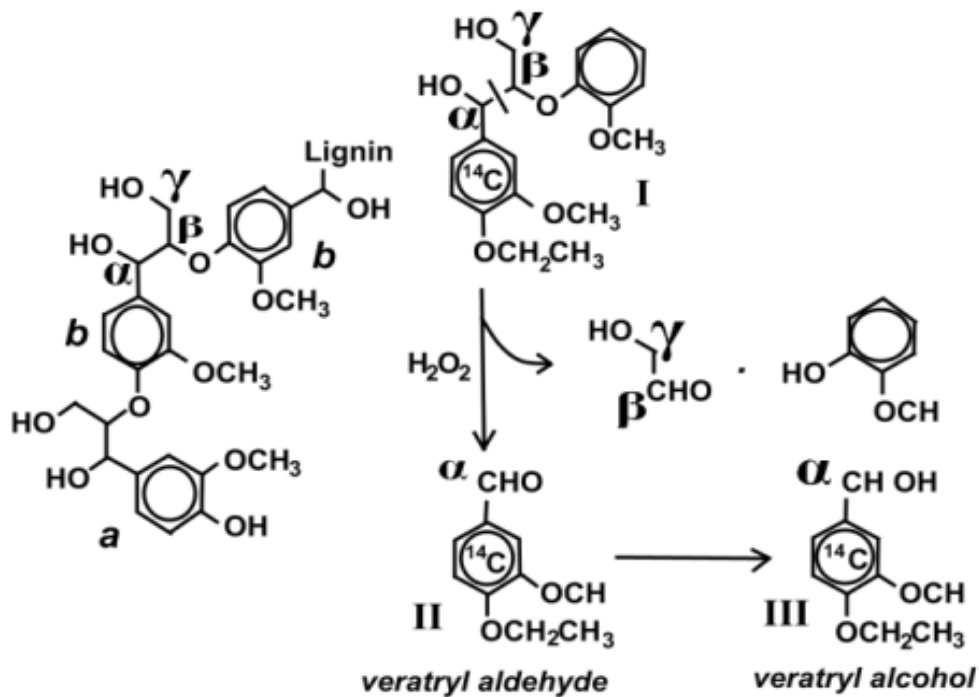
Dalam penelitian ini dilakukan upaya daur ulang kertas koran bekas dengan proses *deinking* dan *bleaching* menggunakan iradiasi gamma. Proses *deinking* dilakukan untuk menghilangkan tinta yang ada pada kertas koran bekas dengan mekanisme degradasi senyawa azo menjadi komponen utama zat warna tinta pada koran bekas menjadi asam karboksilat yang tidak berwarna seperti ditunjukkan dalam **Gambar 1**. Penghilangan warna yang diinduksi oleh radiasi dan degradasi pewarna azo dan antrakuinon yang larut dalam air terutama dengan adanya oksigen selama iradiasi (Sumartono, 2008). Proses *bleaching* dilakukan untuk menghilangkan sisa kromofor pada pulp. Mekanisme reaksi proses *bleaching* menggunakan hidrogen peroksida dapat diilustrasikan seperti **Gambar 2**.

Hidrogen peroksida di dalam air akan terurai menjadi OOH^* . Radikal OOH^* merupakan oksidator kuat yang berperan pada proses pemutihan pulp karena dapat mengoksidasi senyawa ikatan rangkap menjadi senyawa yang mempunyai ikatan tunggal (Jayanuddin, 2009). Hidrogen peroksida memutus ikatan $C_\alpha-C_\beta$ molekul lignin seperti ditunjukkan pada urutan I gambar. Kemudian hidrogen peroksida mengoksidasi senyawa *veratryl aldehyde* menjadi *veratryl alkohol* seperti ditunjukkan proses II dan III pada Gambar 2 (Kirk-Othmer, 2000; Jayanudin, 2009).

Proses *deinking* dan proses *bleaching* merupakan proses yang sangat berpengaruh terhadap nilai derajat cerah kertas. Derajat cerah merupakan istilah yang digunakan oleh Standar Nasional Indonesia sebagai acuan faktor pantul yang diukur pada panjang gelombang 457 nm dengan pencahayaan baur dan sudut pengamatan



Gambar 1. Degradasi senyawa azo oleh iradiasi gamma (Prihatiningsih, Mu'nisatun and Saptaja, 2007)



Gambar 2. Mekanisme degradasi lignin menggunakan hidrogen peroksida (Kirk-Othmer, 2000; Jayanudin, 2009)

nol derajat yang diukur pada kondisi standar. Nilai derajat cerah digunakan dalam industri untuk menyatakan tingkat kecerahan dari kertas. Berdasarkan persyaratan SNI 7273:2008 disebutkan bahwa kertas koran memiliki nilai derajat cerah minimal 55%. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh iradiasi gamma terhadap kinerja hidrogen peroksida pada proses *bleaching* kertas koran bekas.

Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kertas koran bekas, natrium bikarbonat, hidrogen peroksida, dan akuades. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah irradiator gamma Co-60 aktivitas 12 kCi STTN-BATAN serta peralatan gelas lainnya.

Kertas koran bekas dipotong dengan ukuran (3x3) cm² kemudian direndam dalam air selama 24 jam. Kertas koran hasil perendaman dibuat menjadi pulp (bubur kertas) dengan cara diblender. Pulp kemudian dicuci sebanyak sepuluh kali pencucian. Pulp yang telah dicuci kemudian dikurangi kadar airnya. Selanjutnya, ke dalam 100 gram pulp ditambahkan 500 mL hidrogen peroksida 5% dan 500 mL natrium bikarbonat (1 gram dalam 1000 mL) kemudian diaduk dan didiamkan selama 24 jam. Pulp diiradiasi dengan dosis 10 kGy. Pulp selanjutnya dicuci, kemudian dibuat menjadi lembaran kertas dan diuji parameter kecerahannya. Perlakuan yang sama dilakukan untuk variasi konsentrasi hidrogen peroksida 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35%. Dilakukan perlakuan yang sama dengan variasi dosis iradiasi 10 kGy, 15 kGy, 20 kGy dan 25 kGy pada konsentrasi hidrogen peroksida 10%. Parameter kualitas kertas yang diuji dalam penelitian ini adalah derajat cerah yang dilakukan sesuai dengan SNI ISO 2470-1 - Kertas, karton, dan pulp – Cara uji faktor pantulan baur biru - Bagian 1: Kondisi siang hari di dalam ruangan (derajat cerah ISO). Pengujian dilakukan di Balai Besar Pulp dan Kertas Bandung.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida terhadap Derajat Cerah

Proses *bleaching* yang dilakukan terbagi ke dalam dua proses yakni *bleaching* secara

kimia dengan menggunakan hidrogen peroksida kemudian dilanjutkan dengan *bleaching* secara kimia radiasi menggunakan irradiator gamma. Dalam penelitian telah dilakukan dua percobaan proses *bleaching* yakni variasi konsentrasi hidrogen peroksida dan variasi dosis iradiasi. Data pengaruh dosis hidrogen peroksida pada radiasi tertentu terhadap derajat cerah kertas ditampilkan pada **Gambar 3**.

Gambar 3 menunjukkan bahwa *bleaching* yang telah dilakukan terbukti dapat meningkatkan derajat cerah pulp daur ulang kertas koran bekas. Kertas koran pada awalnya memiliki nilai derajat cerah 54,4%. Setelah proses daur ulang yang dilakukan terlihat peningkatan nilai derajat cerah pada kertas daur ulang di atas 60%. Berdasarkan Gambar 3 terlihat hubungan antara konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan dengan derajat cerah bahwa semakin tinggi konsentrasi hidrogen peroksida, maka cenderung semakin tinggi derajat cerah yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan maka agen pengoksidasi dari hidrogen peroksida yakni OOH* semakin banyak yang mendifusi ke dalam serat dan mengoksidasi sisa gugus kromofor. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Saad *et al.* (2020)

Kendati demikian nilai derajat cerah yang diperoleh tidak terlalu berbeda jauh; perbedaan maksimal hanya sekitar 1,6%. Artinya penambahan konsentrasi hidrogen peroksida tidak memberikan hasil yang terlalu signifikan.

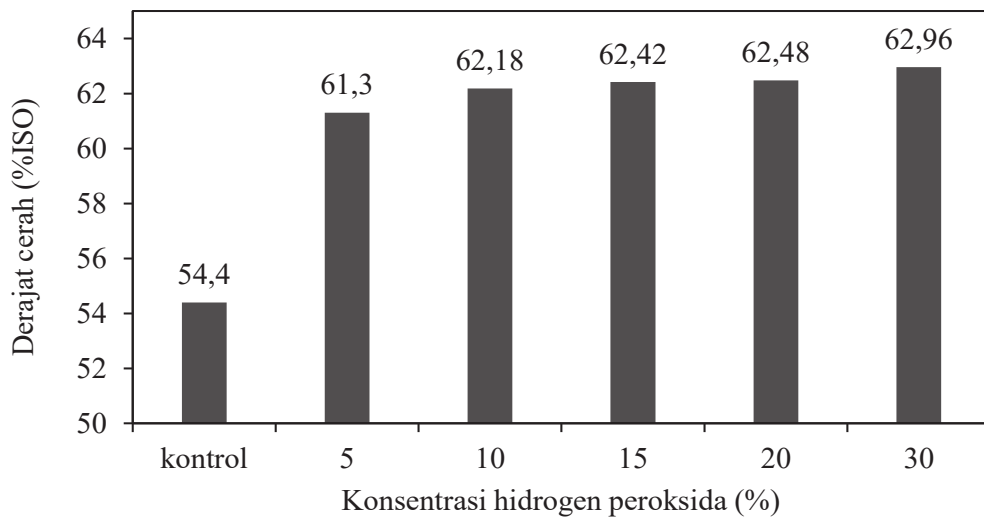
Pengaruh Dosis Iradiasi terhadap Derajat Cerah

Mekanisme *deinking* oleh iradiasi gamma dapat terjadi melalui radiasi langsung dan radiasi tak langsung. Pada radiasi langsung, energi gamma dari sumber radiasi Co-60 yang digunakan memutus ikatan C-N pada kromofor zat warna. Pemutusan ikatan terjadi karena energi radiasi yang digunakan lebih besar dari energi ikatan C-N. Co-60 memiliki dua puncak energi masing-masing 1,17 MeV dan 1,33 MeV dengan total energi 2,5 MeV (setara 241210 kJ/mol dengan faktor konversi 1 eV = 96 kJ/mol), sedangkan energi ikat C-N sebesar $750,0 \pm 2,9$ kJ/mol. Pada radiasi tak langsung, spesi radikal yang terbentuk dari interaksi radiasi gamma dengan air mendegradasi kromofor warna

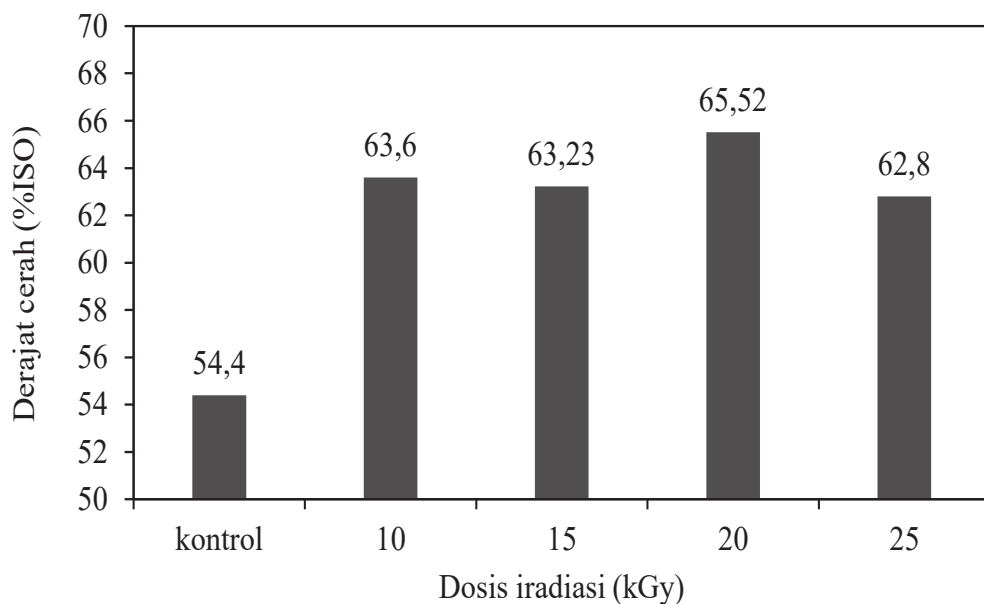
senyawa azo menjadi asam karboksilat yang tidak berwarna. Proses *deinking* yang dilakukan menggunakan medium air sebanyak 1 liter. Jika densitas air yang digunakan adalah 1 kg/m^3 , maka massa air yang digunakan adalah sebesar 1 kg. Spesi yang terbentuk pada dosis iradiasi 10 kGy dapat didekati dengan nilai G value masing-masing spesi yakni $\text{-H}_2\text{O}$ $0,43 \text{ }\mu\text{mol/J}$, H_2 $0,047 \text{ }\mu\text{mol/J}$, H_2O_2 $0,073 \text{ }\mu\text{mol/J}$, eaq- $0,28 \text{ }\mu\text{mol/J}$, *H $0,062 \text{ }\mu\text{mol/J}$, *OH $0,28 \text{ }\mu\text{mol/J}$, *HO_2 $0,003 \text{ }\mu\text{mol/J}$. Menggunakan faktor konversi $1 \text{ Gy} = 1 \text{ kJ/kg}$, maka spesi yang terbentuk adalah $\text{-H}_2\text{O}$

$4300 \text{ }\mu\text{mol/J}$, H_2 $470 \text{ }\mu\text{mol/J}$, H_2O_2 $730 \text{ }\mu\text{mol/J}$, eaq- $2800 \text{ }\mu\text{mol/J}$, *H $620 \text{ }\mu\text{mol/J}$, *OH $2800 \text{ }\mu\text{mol/J}$, *HO_2 $30 \text{ }\mu\text{mol/J}$. Oleh sebab itu, semakin tinggi dosis yang digunakan maka jumlah spesi terbentuk yang mendegradasi kromofor warna azo semakin banyak sehingga diperoleh derajat cerah yang semakin tinggi.

Proses *deinking* dengan iradiasi gamma yang dilakukan mendegradasi kromofor tinta yang berwarna, namun untuk tinta hitam tidak terdegradasi. Tinta hitam yang berasal dari karbon akan mengendap dan berada di antara serat.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi hidrogen peroksida terhadap derajat cerah



Gambar 4. Pengaruh dosis iradiasi terhadap derajat cerah

Endapan karbon dipisahkan dengan perlakuan fisik seperti penyaringan, maupun flotasi.

Peningkatan kecerahan pulp (*bleaching*) kertas koran bekas dilakukan dengan proses iradiasi. Pengaruh iradiasi gamma dalam proses *deinking* dan *bleaching* dapat dianalisis dari nilai derajat cerah yang diperoleh dari variasi dosis iradiasi seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa proses *bleaching* dengan variasi dosis iradiasi yang telah dilakukan terbukti dapat meningkatkan derajat cerah lembaran hasil daur ulang kertas koran lebih signifikan dibandingkan dengan perlakuan variasi konsentrasi hidrogen peroksida. Pada proses *bleaching* dengan variasi konsentrasi hidrogen peroksida nilai derajat cerah maksimal yang diperoleh adalah 62,96%, sedangkan nilai derajat cerah maksimal dengan proses *bleaching* variasi dosis iradiasi gamma adalah 65,52%, yakni pada dosis iradiasi 20 kGy. Namun pada penggunaan dosis 25 kGy terlihat penurunan nilai derajat cerah kertas. Hal tersebut disebabkan karena pada dosis 25 kGy ada kemungkinan spesi tersebut menyerang selulosa pada pulp sehingga menurunkan nilai derajat cerah.

Kualitas Kecerahan Kertas Daur Ulang

Kertas koran memiliki persyaratan minimal derajat cerah 55% menurut SNI 7273 : 2008. Berdasarkan data penelitian menunjukkan bahwa nilai derajat cerah kertas koran di atas 60%. Radiasi gamma meningkatkan unjuk kerja hidrogen peroksida dalam mendegradasi kromofor melalui pembentukan spesi hidrogen peroksida tambahan yang berasal dari radiolisis air. Spesi radiolis yang terbentuk bersama dengan hidrogen peroksida menyerang gugus kromofor pulp daur ulang kertas koran (Gambar 2) sehingga jumlah kromofor yang mempengaruhi kecerahan berkurang.

Kesimpulan

Iradiasi gamma dapat meningkatkan unjuk kerja hidrogen peroksida dalam proses *bleaching* sehingga meningkatkan kecerahan kertas. Derajat cerah kertas daur ulang yang diperoleh dari seluruh variasi percobaan, memenuhi persyaratan SNI 7273 : 2008 untuk kertas koran.

Daftar Pustaka

- Aksogan, O., Resatoglu, R. and Binici, H. (2018) 'An environment friendly new insulation material involving waste newsprint papers reinforced by cane stalks', *Journal of Building Engineering*, 15, pp. 33–40. doi: 10.1016/j.jobbe.2017.10.011.
- Jayanudin, J. (2009) 'Pemutihan daun nanas menggunakan hidrogen peroksida', *Jurnal Rekayasa Proses*, 3(1), pp. 22–25.
- Kirk-Othmer (2000) *Encyclopedia of Chemical Technology*. Wiley. doi: 10.1002/0471238961.
- Maulana, E. (2018) *Daur ulang kertas bekas dengan metode radiasi gamma menjadi kertas daur ulang berstandar SNI 6691 : 2015 - Kertas Multiguna*. STTN-BATAN, Yogyakarta.
- Nurmanjaya, A., Putra, S. and Megasari, K. (2018) 'Degradasi zat warna lithol dalam medium air dengan radiasi gamma', *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 3(1), pp. 14–24. doi: 10.31942/inteka.v3i1.2121.
- Prihatiningsih, M. C., Mu'nisatun, M. and Saptaji, R. (2007) 'Studi pendahuluan mengenai degradasi zat warna azo (metil orange) dalam pelarut air menggunakan mesin berkas elektron 350 keV/10 mA', *Jurnal Forum Nuklir*, 1(1), pp. 31–44. doi: 10.17146/jfn.2007.1.1.3271.
- Saad, A. G., Owda, M., Ibrahim, A. G. and Ghazy, M. B. (2020) 'Effect of deinking and peroxide bleaching on the physical properties of recycled newspapers', *Al-Azhar Bulletin of Science*, 31(2), pp. 9–18.
- Sumartono, A. (2008) 'Degradation of standard dyes and textile wastewater as a pollutant Model using gamma radiation', *Atom Indonesia*, 34(1), pp. 1–20. doi: 10.17146/ajj.2008.85.
- Zhang, X., Renaud, S. and Paice, M. (2008) 'Cellulase deinking of fresh and aged recycled newsprint/magazines (ONP/OMG)', *Enzyme and Microbial Technology*, 43(2), pp. 103–108. doi: 10.1016/j.enzmictec.2007.11.005.
- Zuhra, Z. (2017) *Pertumbuhan Oplah Koran: Melambat, Melambat, Menurun*. Available at: <https://tirto.id/pertumbuhan-oplah-koran-melambat-melambat-menurun-ciy7> (Accessed: 15 June 2017).