

## Penguraian Zat Warna *Cibacron Orange* Menggunakan Mesin Berkas Elektron

### *Degradation of Cibacron Orange Dye Using Electron Beam Machine*

Agustin Sumartono, Winarti Andayani dan Untung Sugiharto

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN  
Jl. Lebak Bulus No. 49 Jakarta Selatan 12440  
e-mail : agustinnmb@yahoo.com

Diterima 20 Juli 2011; Disetujui 7 November 2011

#### ABSTRAK

##### **Penguraian Zat Warna *Cibacron Orange* Menggunakan Mesin Berkas Elektron.**

Zat warna *Cibacron Orange* merupakan zat warna reaktif yang banyak digunakan untuk mewarnai serat selulosa pada industri tekstil. Zat warna tersebut mempunyai sifat larut dalam air dan tahan terhadap biodegradasi aerob, sehingga agak sulit diuraikan dengan cara-cara konvensional. Oleh karena itu, sebelum dibuang ke lingkungan, harus diuraikan menjadi senyawa yang tidak mengotori lingkungan. Mesin berkas elektron adalah mesin yang dapat menghasilkan arus elektron yang dipercepat sehingga diperoleh elektron berenergi yang dapat menguraikan bahan organik. Penguraian zat warna *Cibacron Orange* menggunakan mesin berkas elektron telah dilakukan dengan dosis 15, 20 dan 25 kGy dan dua variasi konsentrasi (i) konsentrasi rendah 2, 4, 6, dan 8 ppm dan (ii) konsentrasi tinggi 60, 80 dan 100 ppm dan dua variasi volume yaitu 100 ml dan 150 ml. Parameter yang diamati antara lain perubahan intensitas spektrum, perubahan pH dan hasil penguraian zat warna. Pada konsentrasi rendah (2, 4, 6 dan 8 ppm) zat warna telah berubah menjadi tidak berwarna. Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa zat warna *Cibacron Orange* dapat diuraikan dengan mesin berkas elektron. Persentase penguraian tergantung pada konsentrasi dan ketipisan larutan yang diiradiasi.

**Kata kunci :** zat warna, *cibacron orange*, mesin berkas elektron

#### ABSTRACT

##### **Degradation of Cibacron Orange Dye Using Electron Beam Machine.**

Cibacron Orange dye is one of the reactive dye that have been used for coloring cellulose fibre in textile industry. The dye has the properties of water soluble and resistant to aerobic biodegradation, so that these dyes must be decomposed before being discharged into the environment. Electron beam machine is a machine that can produce an accelerated electron to degrade organic molecules. Decomposition of Cibacron Orange dyes using electron beam machine has been done with doses of 15, 20 and 25 kGy and two variations of the concentration of (i) low concentrations of 2, 4, 6, and 8 ppm and (ii) high concentrations 60, 80 and 100 ppm and two variations of the volume of 100 ml and 150 ml. The parameters observed include changes in the intensity of the spectrum, changes in pH and the decomposition of dye. At low concentration (2, 4, 6, and 8 ppm) the dye changed to colorless. From the research, it can be concluded that Cibacron Orange dye can be decomposed by an electron beam machine. The percentage of decomposition depends on the concentration and the thinness of the irradiated solution.

**Key words :** dyes, *cibacron orange*, electron beam machine

#### PENDAHULUAN

Industri tekstil memberikan andil dalam masalah pencemaran lingkungan,

karena industri ini banyak menggunakan zat warna sebagai bahan baku pewarna tekstil. Diperkirakan sekitar 10-15% zat warna hilang dalam proses pewarnaan dan

terbuang sebagai limbah. Air buangan industri tekstil umumnya mempunyai warna yang pekat, pH bervariasi, nilai kebutuhan oksigen kimia (KOK), suhu dan bahan tersuspensi tinggi, oleh karena itu dalam pengolahannya diperlukan beberapa tahap [1, 2, 3, 4].

Tahapan-tahapan itu antara lain kombinasi cara fisika, biologi dan kimia, namun cara-cara ini menjadi tidak efisien karena banyaknya variasi pencemar dan tingginya kebutuhan oksigen kimia (KOK). Pada proses biologi membutuhkan waktu panjang untuk menurunkan nilai kebutuhan oksigen kimia, pada proses fisika dengan cara koagulasi tidak semua komponen berbobot molekul rendah akan berkurang [4, 5].

Pada umumnya zat warna tekstil merupakan zat warna sintetik, antara lain mempunyai gugus azo atau anthraquinon, dimana cincin aromatis dalam gugus tersebut tidak terurai dengan sempurna dalam pengolahan limbah secara umum. Adanya cincin aromatis ini mengakibatkan senyawa tersebut bersifat karsinogenik [4].

Beberapa peneliti telah melaporkan bahwa radiasi dapat menyebabkan penghilangan warna dan penguraian zat warna: disperse, asam, basa dan reaktif, jadi teknologi radiasi dapat merupakan salah satu cara alternatif untuk menyelesaikan masalah dalam pengolahan limbah industri tekstil [6].

Ionisasi radiasi dalam air akan menghasilkan spesi-spesi [7]:



Radikal hidrogen ( $\text{H}^\bullet$ ) dan elektron tersolvasi ( $e_{\text{aq}}^-$ ) merupakan spesi reduktor, sedangkan radikal hidroksil ( $\text{}^\bullet\text{OH}$ ) dan molekul  $\text{H}_2\text{O}_2$ , merupakan spesi oksidator. Diantara spesi-spesi tersebut radikal OH merupakan spesi yang paling aktif sebagai oksidator untuk mengubah pencemar organik menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  pada tahap akhir. Mekanisme sederhana dapat digambarkan sebagai



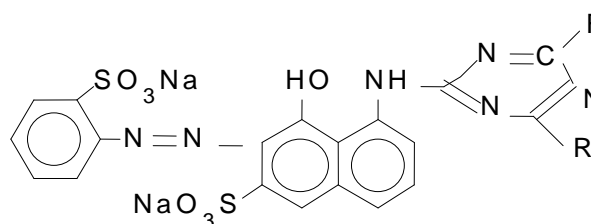
dengan AR = molekul zat warna, AROH = hasil penguraian molekul zat warna menjadi tidak berwarna,  $\text{R}'\text{COOH}$  = hasil penguraian molekul zat warna menjadi produk asam.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penguraian zat warna reaktif *Cibacron Orange* menggunakan mesin berkas elektron dengan berbagai variasi konsentrasi, dosis dan tebal larutan.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Zat warna tekstil *Cibacron Orange* dengan struktur molekul disajikan dalam Gambar 1, buffer pH 7 dan 4,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , methanol, asam oksalat.



Gambar 1. Struktur molekul *Cibacron Orange*



Gambar 2. Mesin berkas elektron

## Alat

Mesin berkas electron type GJ-2 arus maksimum 10 mA, energi maksimum 1,5 MeV, spektrofotometer UV-VIS type HP 8453, pH meter merek Methrohm 620, tempat meradiasi sample dengan ukuran 27x12x7 cm, dan peralatan gelas lainnya.

**Pembuatan larutan**, Larutan zat warna *Cibacron Orange* dibuat dengan 2 variasi konsentrasi yaitu:

- (a) 2, 4, 6, dan 8 ppm
- (b) 60, 80 dan 100 ppm.

**Prosedur iradiasi**. Sebanyak 100 dan 150 ml larutan zat warna dengan 2 konsentrasi diiradiasi cara *batch* menggunakan tempat dengan ukuran 27x12x7 cm, kemudian diiradiasi dengan dosis 15, 20 dan 25 kGy. Iradiasi dilakukan triplo. Volume larutan 100 ml dan 150 ml mempunyai ketebalan 4 mm dan 8 mm.

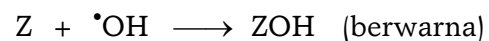
**Analisis**. Larutan zat warna sebelum dan sesudah diiradiasi diukur serapannya menggunakan spektrofotometer UV-VIS. Perubahan pH sebelum dan sesudah diiradiasi diukur dengan pH meter dan hasil penguraian diukur dengan KCKT menggunakan kolom Crestpak panjang 10 mm, pelarut  $\text{NaH}_2\text{PO}_3$  0,1 M pH 3.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

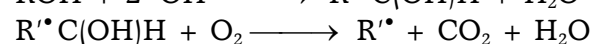
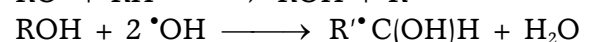
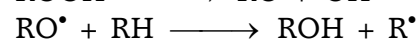
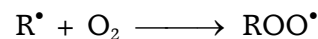
### Perubahan Spektrum *Cibacron Orange*

Spektrum larutan zat warna *Cibacron Orange* dapat dilihat pada Gambar 3. Zat warna *Cibacron Orange* mempunyai serapan pada panjang gelombang 287, 299 dan 485 nm. Serapan pada panjang gelombang 485

nm menunjukkan puncak serapan dari gugus 1-amino-7-fenilazosulfonat-8-naftol. Puncak serapan pada daerah uv 287 dan 299 nm menunjukkan serapan 1-amino-8-naftol dan gugus R. Bila gugus R diasumsikan sebagai gugus amino benzena yang memberikan serapan pada panjang gelombang 287 nm, maka puncak serapan pada panjang gelombang 299 nm merupakan serapan gugus 1-amino-8-naftol. Setelah diiradiasi dengan dosis 15, 20 dan 25 kGy, serapan di 287, 299 dan 485 nm hilang, dan warna larutan berubah menjadi tidak berwarna (Gambar 4). Perubahan warna ini mengindikasikan struktur molekul zat warna tersebut telah terurai. Menurut SUZUKI [8] mekanisme penguraian digambarkan sebagai berikut:

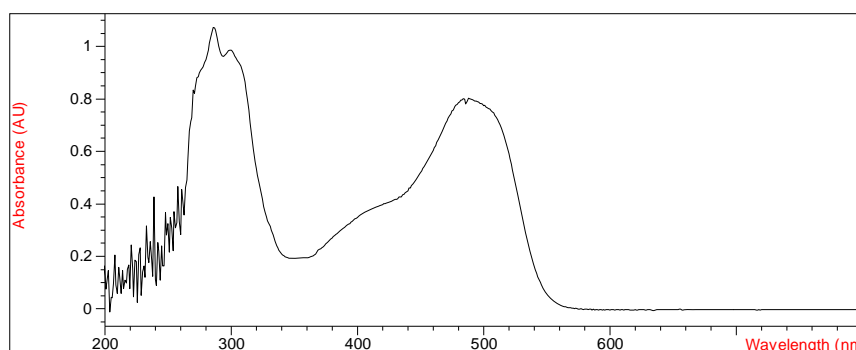


Radikal OH hasil radiolisis air akan bereaksi dengan pencemar organik dalam limbah, mekanisme digambarkan sebagai berikut (9):

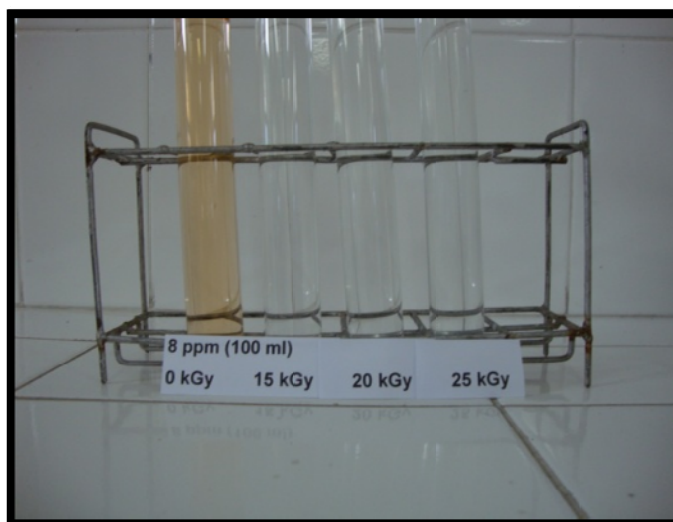


### Iradiasi zat warna *Cibacron Orange* dengan variasi konsentrasi

Iradiasi zat warna *Cibacron Orange* dilakukan dengan variasi konsentrasi yaitu



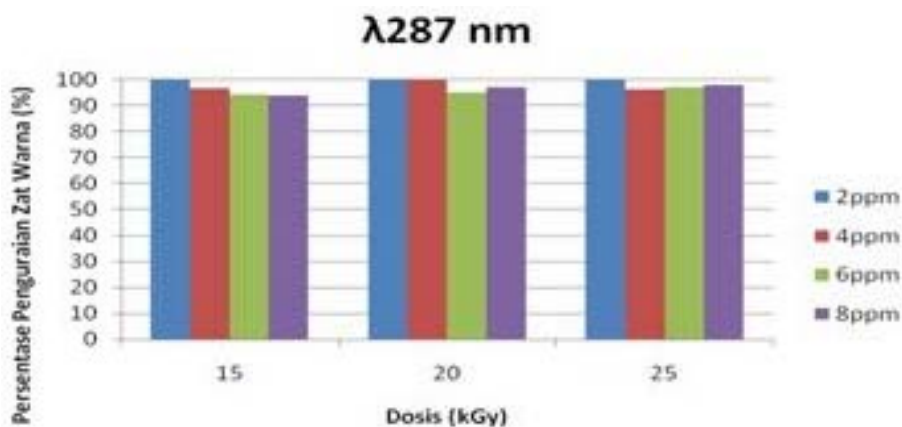
Gambar 3. Spektrum zat warna *Cibacron Orange*



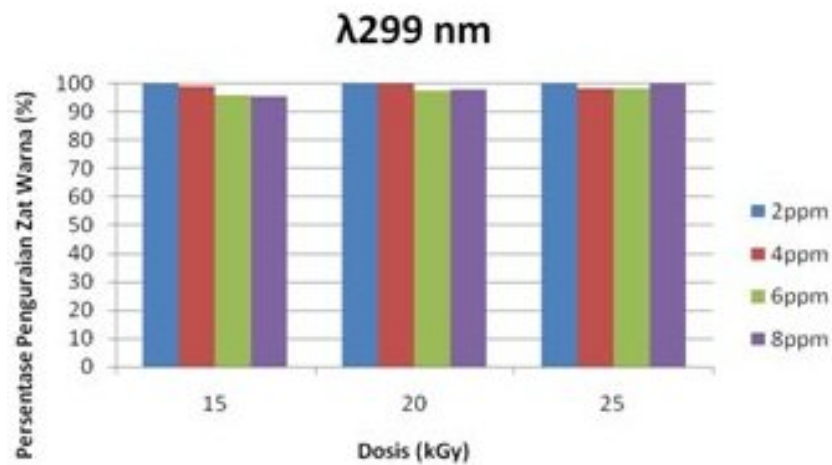
**Gambar 4.** Larutan zat warna sebelum dan sesudah diiradiasi

konsentrasi rendah dan tinggi. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh konsentrasi terhadap penguraian zat warna tersebut. Pada konsentrasi rendah 2, 4, 6 dan 8 ppm, dengan dosis 15, 20 dan 25 kGy zat warna mengalami perubahan warna dari berwarna orange berubah menjadi tidak berwarna, artinya tidak ada serapan baik di daerah uv maupun visible. Persentase penguraian mencapai 100% baik di panjang gelombang 287 nm, 299 nm (daerah uv) dan 485 nm (daerah visible) disajikan pada Gambar 5, 6 dan 7. Pada konsentrasi tinggi 60, 80 dan 100 ppm perubahan warna mengalami kondisi berbeda, persentase

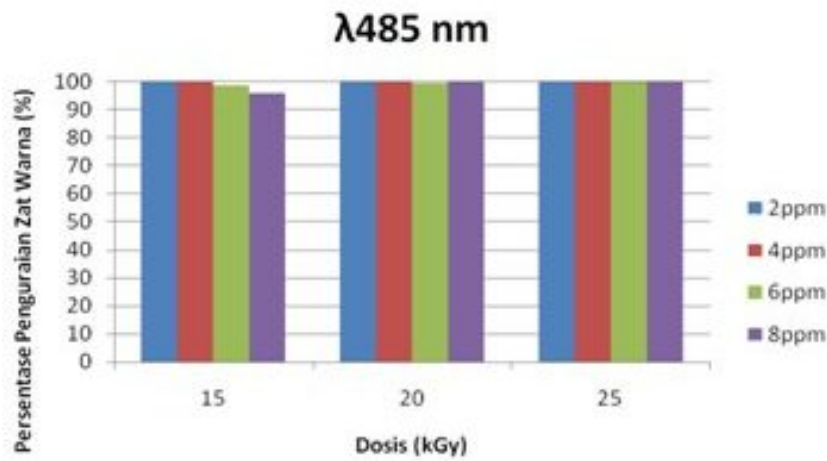
penguraian pada daerah *visible* dengan dosis 15, 20 dan 25 kGy berkisar antara 94,9-98,6% (Gambar 8). Pada daerah UV dengan dosis 15, 20 dan 25 kGy persentase penguraian berkisar antara 54,8-82,2% (Gambar 9 dan 10). Hal ini dapat dijelaskan, semakin tinggi konsentrasi maka polutan akan semakin banyak sehingga dosis yang diperlukan semakin tinggi. Daerah uv yang merupakan struktur bensen tersubstitusi agak sulit diuraikan, karena selama radiasi udara tidak dialirkan ke dalam larutan, sehingga jumlah radikal pengoksidasi tidak mencukupi untuk menguraikan struktur molekul zat warna tersebut.



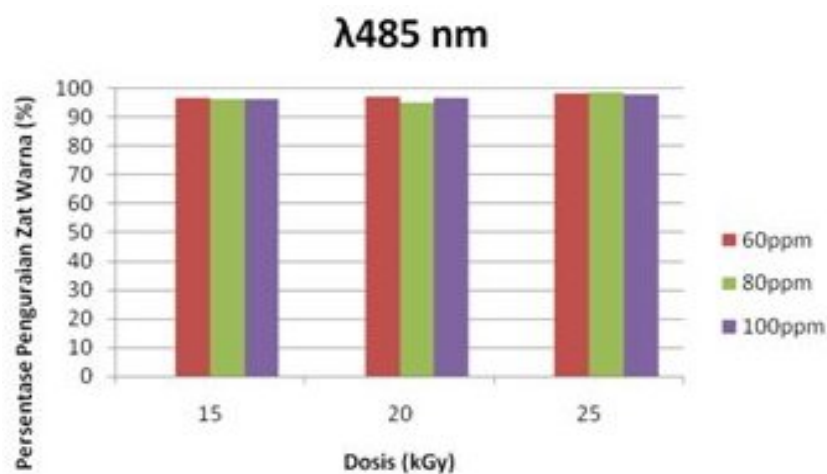
**Gambar 5.** Persentase penguraian zat warna *Cibacron Orange* pada λ 287 nm volume larutan 150 ml



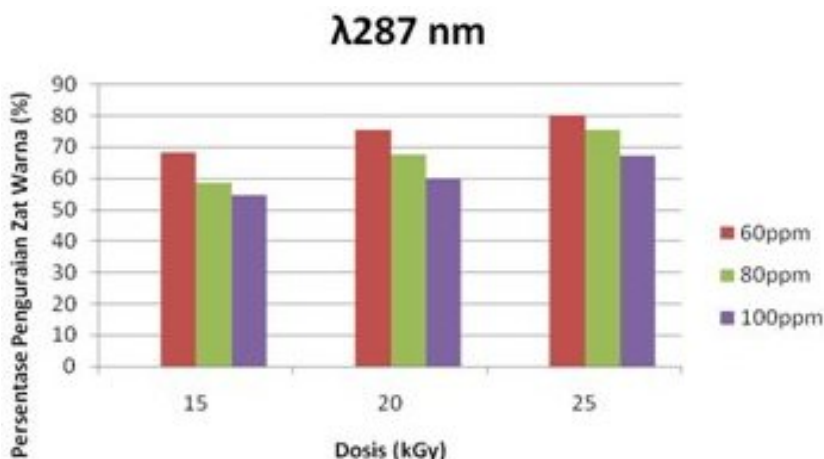
**Gambar 6.** Persentase penguraian zat warna *Cibacron Orange* pada  $\lambda 299 \text{ nm}$  volume larutan 150 ml



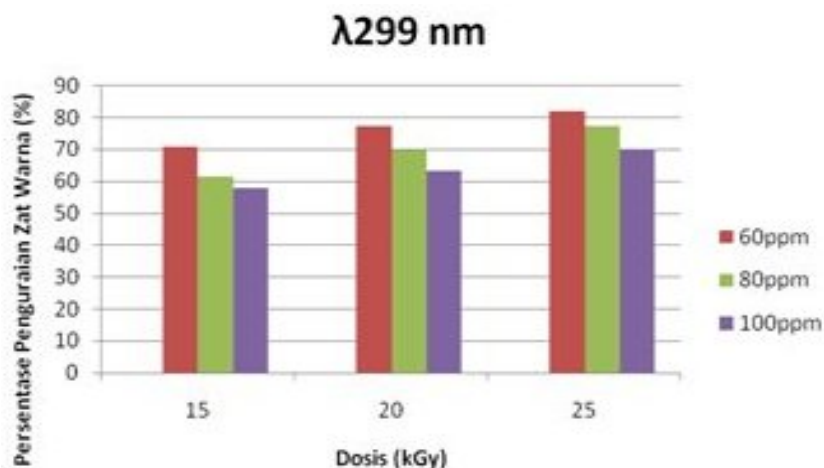
**Gambar 7.** Persentase penguraian zat warna *Cibacron Orange* pada  $\lambda 485 \text{ nm}$  volume larutan 150 ml



**Gambar 8.** Persentase penguraian zat warna *Cibacron Orange* pada  $\lambda 485 \text{ nm}$  volume larutan 100 ml



Gambar 9. Persentase penguraian zat warna Cibacron Orange pada  $\lambda$  287 nm volume larutan 100 ml



Gambar 10. Persentase penguraian zat warna Cibacron Orange pada  $\lambda$  299 nm volume larutan 100 ml

### Iradiasi zat warna Cibacron Orange dengan variasi volume larutan

Iradiasi zat warna Cibacron Orange dilakukan dengan variasi volume untuk melihat apakah ada pengaruh ketebalan larutan pada proses penguraian dengan mesin berkas elektron. Larutan Cibacron Orange dengan volume 100 ml dan 150 ml masing-masing mempunyai ketebalan 4 mm dan 8 mm. Larutan Cibacron Orange dengan volume 100 ml dan 150 ml dengan konsentrasi 2, 4, 6 dan 8 ppm diiradiasi dengan dosis 15, 20 dan 25 kGy mengalami perubahan warna dari orange menjadi tidak

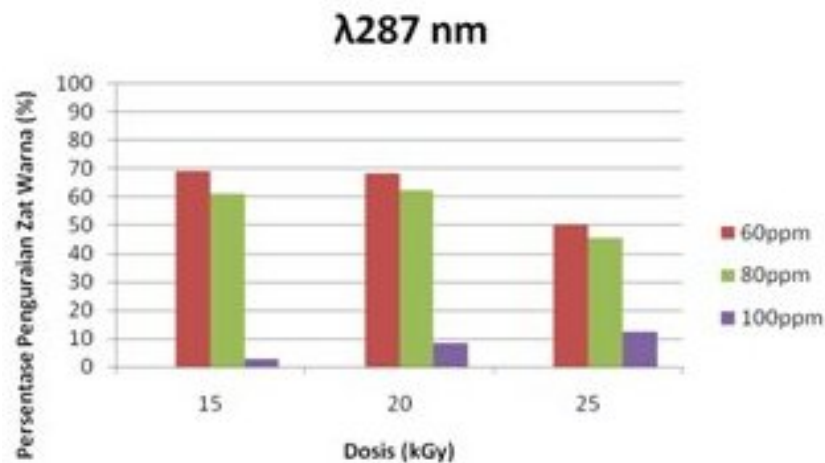
berwarna. Perubahan warna dan tidak adanya serapan baik di daerah UV maupun visible menunjukkan bahwa struktur molekul zat warna telah terurai menjadi senyawa-senyawa lain. Perubahan warna zat warna Cibacron Orange dengan volume 100 ml dan volume 150 ml ialah pada volume 100 ml warna berubah menjadi jernih, sedangkan volume 150 ml masih terlihat sedikit warna orange. Pada konsentrasi tinggi yaitu 60, 80 dan 100 ppm dan volume larutan 100 ml persentase penguraian di daerah uv berkisar antara 54,8-86,5%, sedangkan di daerah visible antara 94,9-

98,6% disajikan dalam Gambar 8, 9 dan 10. Radiasi zat warna *Cibacron Orange* dengan volume 150 ml disajikan dalam Gambar 11, 12 dan 13. Persentase penguraian di daerah visible berkisar antara 57-86,6% sedangkan di daerah uv berkisar antara 2,7-70,5%. Pada konsentrasi 100 ppm, volume 150 ml, dengan dosis 25 kGy persentase penguraian di daerah uv hanya berkisar antara 2,7-16,6%. Dibandingkan dengan volume 100 ml, konsentrasi yang sama, dosis 25 kGy persentase penguraian berkisar antara 54,8-70%. Volume 150 ml mempunyai ketebalan 8 mm, sedangkan elektron mempunyai daya tembus yang sangat rendah, jadi semakin

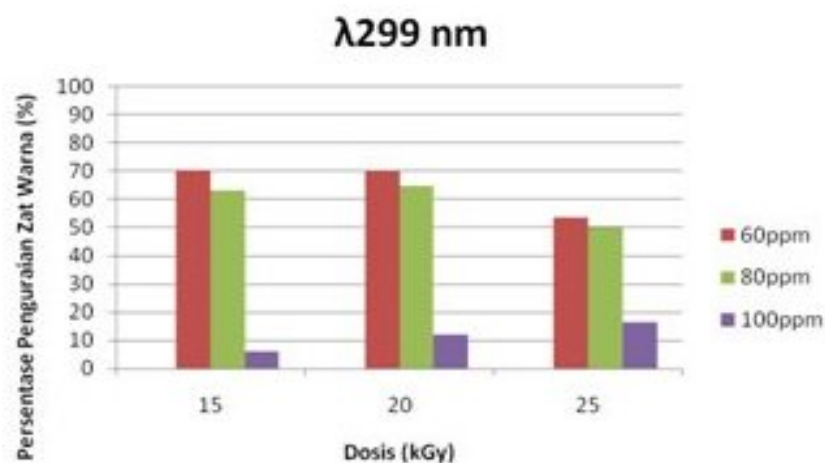
tipis larutan maka proses penguraian akan berjalan dengan sempurna.

#### Perubahan pH setelah diiradiasi

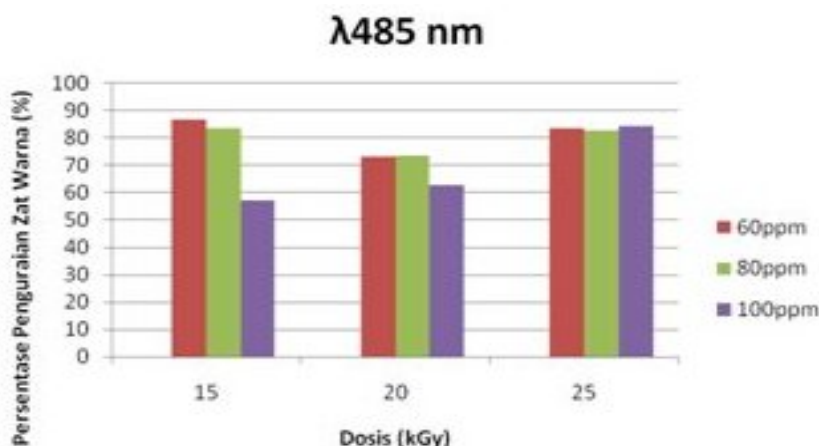
Perubahan pH zat warna *Cibacron Orange* sebelum dan sesudah diiradiasi ditampilkan dalam Gambar 14. Secara umum pH mengalami penurunan dari pH awal 6,3; 5,7; 5,4 dan 5,4 pada konsentrasi 2; 4; 6 dan 8 ppm menjadi 4,6; 3,6; 3,7 dan 3,8. Penurunan pH ini menunjukkan terbentuknya senyawa bersifat asam, seperti dilaporkan oleh BAGYO dkk. [1] dan SUZUKI *et.al* [8] dalam penguraian zat warna azo larut dalam air dengan sinar gamma.



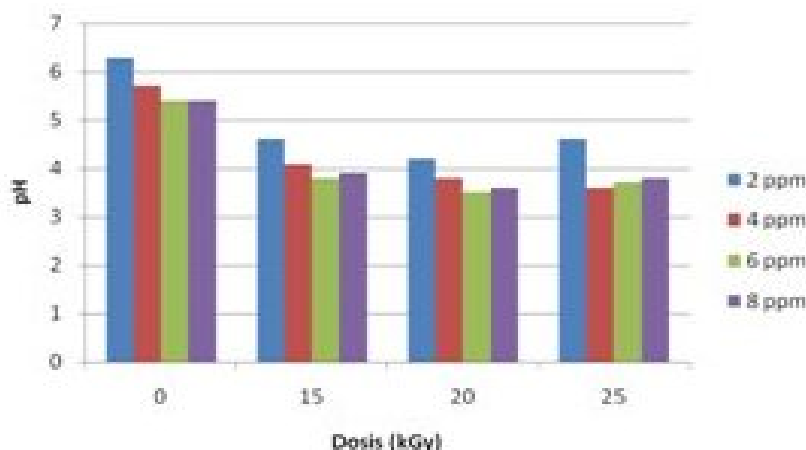
**Gambar 11.** Persentase penguraian zat warna *Cibacron Orange* pada  $\lambda$  287 nm volume larutan 150 ml



**Gambar 12.** Persentase penguraian zat warna *Cibacron Orange* pada  $\lambda$  299 nm volume larutan 150 ml



Gambar 13. Persentase penguraian zat warna Cibacron Orange pada λ 485 nm volume larutan 150 ml



Gambar 14. Perubahan pH sebelum dan sesudah diiradiasi

### Pengukuran hasil penguraian zat warna Cibacron Orange

Pengukuran pH larutan zat warna yang telah diiradiasi menunjukkan adanya senyawa yang bersifat asam. Senyawa hasil penguraian dianalisis dengan menggunakan alat High Performace Liquid Chromatograpy (HPLC). Kromatogram standar asam oksalat mempunyai waktu retensi 3,64 menit, sedangkan senyawa hasil penguraian mempunyai waktu retensi 3,44 menit Berdasarkan data tersebut diduga salah satu senyawa hasil penguraian ialah asam oksalat. Tabel 1 menunjukkan jumlah asam oksalat yang terbentuk dari hasil penguraian

Tabel 1. Jumlah asam oksalat yang terbentuk dari penguraian zat warna Cibacron Orange

Konsentrasi larutan zat warna Cibacron Orange (ppm)	Dosis (kGy)	Konsentrasi asam oksalat (ppm)
4	15	1,27
	20	3,90
	25	5,69
6	15	4,34
	20	14,79
	25	16,79
8	15	5,58
	20	10,62
	25	17,52



zat warna *Cibacron Orange*. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa dengan kenaikan dosis radiasi maka jumlah asam oksalat yang terbentuk semakin meningkat. Pada konsentrasi 4, 6 dan 8 ppm jumlah asam oksalat yang terbentuk masing-masing meningkat dari 1,27; 4,34 dan 5,58 ppm menjadi 5,69 ppm, 16,79 ppm dan 17,52 ppm setelah diiradiasi dengan dosis 15, 20 dan 25 kGy.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa zat warna *Cibacron Orange* dapat diuraikan dengan mesin berkas elektron. Persentase penguraian tergantung pada konsentrasi dan ketipisan larutan yang diiradiasi. Pada konsentrasi rendah 2, 4, 6 dan 8 ppm persentase penguraian mencapai 100%. Hasil penguraian berupa asam-asam organik yang diduga asam oksalat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ka. Balai Iradiasi & Elektromekanik Instrumentasi PATIR BATAN. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Bapak Supandi selaku Kepala Kelompok Iradiasi, Bapak Bilter Sinaga, Jumsah dan rekan-rekan di kelompok iradiasi yang telah membantu meradiasi sampel.

## DAFTAR PUSTAKA

1. BAGYO N.M.A., ANDAYANI, W., and SADJIRUN, S., Radiation-induced degradation and decoloration of disperse dyes, in water, *Env. Appl. Of Ionizing Radiat.*, (WILLIAM J. COOPER, RANDY M. CURRY and KEVIN O'SHEA, eds.), John Wiley & Sons, New York, 507-509 (1998).
2. BAGYO, N.M.A., LINDU, W.A., WINARNO, H. and WINARNO E.K., *Int. J. Env. Concs. Design & Manufac*, **11** (1), 21-24 (2004).
3. SOLPAN, D. and GUVEN, O., *Rad.Phys & Chem*, **65**, 4, 549-558 (2002).
4. SOMASIRI, W., RUAN, W., XIUFEN, L. and JIAN, C., *Electronic Jurnal of Enfironmental Agricultural and Food Chemistry* (2006).
5. KIM, T.H., LEE J.K., LEE M.J., *Biodegradability enhancement of textile wastewater by electron beam irradiation*, *Rad. Phys. and Chem*, **76**, 1037-1041 (2007).
6. SUMARTONO, A., LINDU W.A. and WINARNO, E.K., *The Addition of Some Coagulant and Variation of pH on Degradation of Textile Wastewater using Gamma Radiation*, *Indo, J. Chem*, **6**, 3, 225-230 (2006).
7. SPINKS, J.W.T. and WOODS, R.J., *An Introduction to Radiation Chemistry*, Jhon Wiley & sons, 2<sup>nd</sup> Edition, (1976).
8. SUZUKI, N., NAGAI, T., HOTTA, H. and WASHINO, M., *Int. J. Appl. Radiat Isot*, **26** (1975).
9. MIYATA, T., *Liquid Wastes Chemistry*, UNDP/IAEA/RCA Regional Training Course on radiation Technology for Environmental Conservation, JAERI 27 September-8 October (1993).

