

## **Pengaruh Banyaknya Radiasi Dan Perubahan Energi Sinar-X Terhadap Peningkatan Pembentukan Radikal Bebas Pada Air**

**Muhammad Fakhurreza, Puput Khusniatul Majidah**

Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta

E-mail: [fakhrur.reza@gmail.com](mailto:fakhrur.reza@gmail.com)

**Abstract:** The method used in the research was quantitative that was experimenting on water ( $H_2O$ ), which was subjected to x-ray radiation with tube voltage variation and calculating the level of peroxide ( $H_2O_2$ ) in water that has been exposed to radiation. The study was conducted by irradiating one liter of water added with five milliliters of  $KMnO_4$  and one milliliter of  $H_2SO_4$  as a catalyst with tube voltage variation of 40 kV, 60 kV and 80 kV with 200 mSec and 400 mA of 10 irradiation times. The analysis was performed using a spectrometer. The results find that the more radiation, the higher the free radicals are formed. While the higher the x-ray energy, the fewer free radicals are formed.

**Keyword:** radiation; water; voltage; peroxide; spectrometer

**Abstrak:** Metode yang digunakan dalam penelitian adalah kuantitatif yaitu melakukan percobaan terhadap air ( $H_2O$ ) yang dikenai radiasi sinar-x dengan variasi tegangan tabung dan melakukan penghitungan kadar peroksida ( $H_2O_2$ ) dalam air yang telah terpapar radiasi. Penelitian dilakukan dengan cara meradiasi satu liter air yang ditambah dengan lima mililiter  $KMnO_4$  dan satu mililiter  $H_2SO_4$  sebagai katalisator dengan variasi tegangan tabung sebesar 40 kV, 60 kV dan 80 kV dengan waktu 200 mSec dan arus 400 mA sebanyak 10 kali penyinaran. Analisis dilakukan dengan menggunakan spektrometer. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa semakin banyak penyinaran maka radikal bebas yang terbentuk semakin tinggi.

**Kata kunci:** radiasi; air; beda potensial; peroksida; spektrometer

## PENDAHULUAN

Radiasi sinar-x merupakan pancaran energi yang berasal dari proses proses *bremstrahlung* yaitu pancaran radiasi gelombang elektromagnetik apabila elektron dipercepat dalam medan listrik inti atom (Bapeten, 2005).

Faktor-faktor yang mempengaruhi energi radiasi salah satunya yaitu tegangan tabung sinar-x atau beda potensial antara anoda dan katoda. Menurut Bushong (2001), energi radiasi sinar-x berbanding lurus dengan kuadrat tegangan tabung. Semakin besar tegangan tabung yang digunakan semakin besar energi radiasi sinar-x yang ditimbulkan, sebaliknya semakin rendah tegangan tabung yang digunakan maka energi radiasi sinar-x yang dihasilkan semakin kecil.

Didalam tubuh manusia terdapat banyak sekali sel-sel. Kandungan di dalam sel sel ini sebagian besar air yaitu 80% air dan 20% senyawa biologis. Sel mempunyai peranan penting didalam tubuh manusia. Sel terdiri dari inti sel yang merupakan pusat pengontrol sel. Molekul-molekul air yang terdapat didalam tubuh makhluk hidup dapat terionisasi bila terkena radiasi gelombang elektromagnetik yang cukup besar, sehingga dapat mengganggu sistem kerja dari sel.

Interaksi radiasi dengan tubuh (materi biologik) akan menimbulkan efek biologis. Interaksi radiasi dengan materi biologi diawali dengan terjadinya interaksi fisik yaitu terjadinya proses eksitasi dan atau ionisasi, kemudian interaksi fisikokimia yang menghasilkan pembentukan ion radikal.

Selanjutnya terjadi reaksi kimia dengan menghasilkan radikal bebas. Radikal bebas menginduksi terjadinya reaksi biokimia yang menimbulkan kerusakan khususnya pada DNA. Rangkaian proses ini diakhiri dengan terjadinya respon biologi yang dalam waktu harian sampai tahunan akan menimbulkan efek biologi (Batan, 2007).

Interaksi radiasi dengan air ( $H_2O$ ) dalam proses radiolisis air akan menghasilkan ion radikal radikal bebas ( $H^*$  dan  $OH^*$ ). Radikal bebas adalah suatu atom atau molekul yang bebas, tidak bermuatan dan mempunyai sebuah elektron yang tidak berpasangan pada orbit terluarnya. Secara kimia radikal bebas sangat reaktif dan toksik. Radikal bebas yang terbentuk dapat saling bereaksi menghasilkan suatu molekul hidrogen peroksida yang stabil dan toksik yang dapat menimbulkan kerusakan molekul-molekul penting dalam sel (Batan, 2007).

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan penelitian dengan tujuan mengetahui jumlah pembentukan radikal bebas pada air akibat perubahan energi sinar-x, mengetahui jumlah peningkatan pembentukan radikal bebas pada air akibat kenaikan dosis radiasi sinar-x, dan mengetahui hubungan antara perubahan energi sinar-x terhadap peningkatan pembentukan radikal bebas pada air.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dan dilakukan di Laboratorium Radiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta. Pengambilan data pada penelitian ini

menggunakan pesawat sinar-x merk Samsung Xgeo GF50. Penelitian ini dilakukan dengan cara meradiasi air ( $H_2O$ ) sebanyak 1 liter yang ditambah larutan penanda menggunakan  $KMnO_4$  0,1 N sebanyak 5 ml dan katalis menggunakan larutan  $H_2SO_4$  4 N sebanyak 1 ml, dengan variasi tegangan tabung sebesar 40 kV, 60 kV dan 80 kV. Radiasi yang dilakukan menggunakan kuat arus sebesar 400 mA dengan lama 200 mS. Radiasi dilakukan sebanyak 10 kali dan disetiap radiasi diambil sampelnya untuk dianalisis.

Analisis data menggunakan alat spektrofotometri sehingga didapatkan kandungan larutan yang ada didalamnya secara tepat. Spektrofotometri yang dilakukan menggunakan cahaya tampak dengan panjang gelombang 530 nm. Hasil yang didapatkan akan menunjukkan intensitas cahaya yang diserap oleh larutan tersebut. Intensitas tersebut

akan menunjukkan kandungan larutan yang ada.

Analisis yang dilakukan menggunakan aplikasi *excel* dengan membandingkan intensitas larutan sebelum dan sesudah dilakukan radiasi. Penurunan kandungan larutan yang terjadi setelah dilakukan radiasi menandakan terbentuknya radikal bebas pada air dan langsung bereaksi dengan larutan penanda  $KMnO_4$ . Penurunan intensitas tersebut sebanding dengan peningkatan radikal bebas pada air.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh banyaknya radiasi dengan terbentuknya radikal bebas

Dari penelitian yang dilakukan dengan variasi kuat arus 40 kV, 60 kV dan 80 kV dengan arus sebesar 400 mA dengan waktu darisi selama 200mS.

**Tabel 1. Pembentukan Radikal Bebas pada Air pada masing-masing Beda Potensial**

No.	40 kV	60 kV	80 kV
0	0,0	0,0	0,0
1	1,1	1,4	0,9
2	1,4	1,9	1,4
3	3,0	2,4	2,1
4	4,3	3,0	3,0
5	5,1	3,7	3,4
6	6,2	4,2	4,0
7	6,9	5,6	4,8
8	7,2	5,4	4,9
9	9,1	6,8	6,2
10	10,7	7,1	6,6

Dari table 1 dapat dilihat semakin jelas bahwa semakin banyak radiasi yang diberikan maka radikal bebas yang terbentuk juga semakin tinggi. Jika dilihat dari perbandingan dari masing-masing beda potensial yang diberikan.

Dari hasil penelitian terlihat perbandingan banyaknya radiasi dengan peningkatan radikal bebas. Dari hasil penelitian tersebut terlihat bahwa semakin banyak radiasi yang diberikan akan meningkatkan radikal bebas. Pada radiasi yang dilakukan sebanyak dua kali pada masing-masing energi terlihat bahwa pembentukan radikal bebas sekitar 1,5 dari penurunan kadar  $KMnO_4$  pada larutan. Sedangkan setelah dilakukan radiasi sebanyak sepuluh kali maka terlihat banyak sekali penurunan kadar  $KMnO_4$  pada larutan tersebut. Terlihat pada beda potensial 40 kV penurunannya sampai 10,7. Penurunan kadar  $KMnO_4$  tersebut didapatkan dari peningkatan radikal bebas pada air. Radikal bebas tersebut akan langsung bereaksi dengan larutan  $KMnO_4$  dan dapat ditandai dengan penurunan kadar  $KMnO_4$  pada pembacaan spektrofotometri.

$$D = \dot{D}_0 \int_0^{\tau} e^{-\lambda_E \cdot t} dt$$

$$D = \frac{\dot{D}_0}{\lambda_E} (1 - e^{-\lambda_E \cdot \tau})$$

D = Dosis total

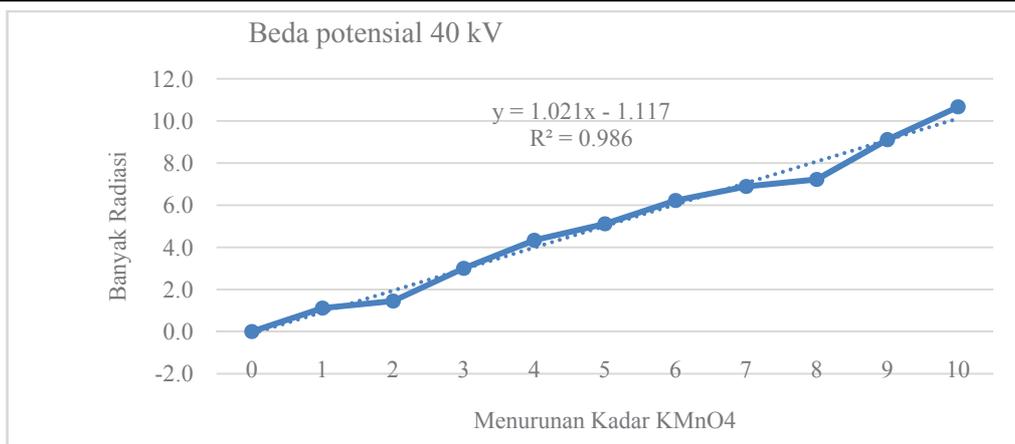
$\dot{D}_0$  = Laju dosis

t = waktu

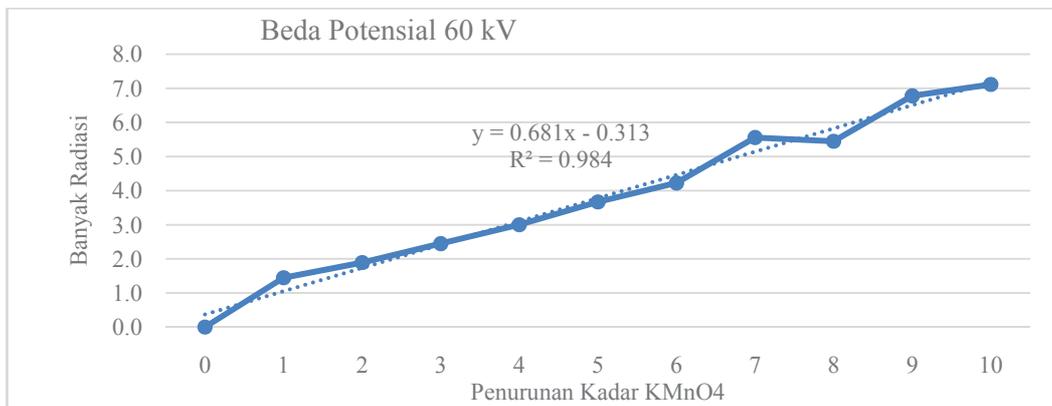
Radikal bebas yang terbentuk pada air akan berbanding lurus dengan dosis total yang diberikan pada air tersebut. Dosis total dipengaruhi oleh laju dosis dan waktu yang diberikan (lama radiasi). Dari penelitian memang terlihat bahwa semakin lama waktu yang diberikan akan menghasilkan radikal bebas yang semakin banyak pula.

### **Pengaruh perbedaan beda potensial terhadap banyaknya radikal bebas yang terbentuk.**

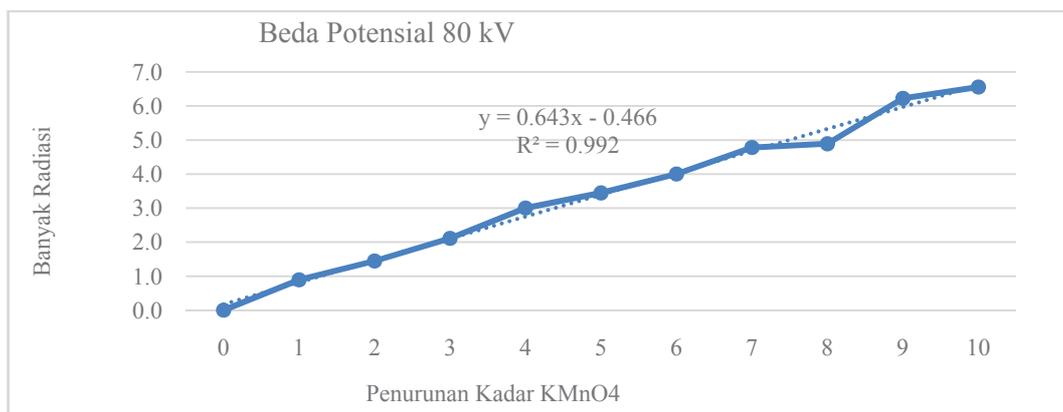
Dari hasil penelitian dapat dilihat pada radiasi yang dilakukan sebanyak sepuluh kali penurunan kadar  $KMnO_4$  pada air pada beda potensial 40 kV sebanyak 10,7 sedangkan pada beda potensial 60 kV sebanyak 7,1 dan pada beda potensial 80 kV penurunannya sebesar 6,6 saja. Penurunan kadar  $KMnO_4$  tersebut bisa dijadikan indikasi peningkatan radikal bebas yang terbentuk. Intensitas radiasi dan lama radiasi pada masing-masing beda potensial dilakukan dengan sama akan tetapi hasilnya mengalami perbedaan. Untuk beda potensial 40 kV, 60 kV dan 80 kV jika dibuat dalam bentuk grafik maka akan menjadi seperti yang tampak pada gambar 1, 2 dan 3.



**Gambar 1. Grafik Peningkatan Radikal Bebas pada Air dengan Beda Potensial Sebesar 40 kV**



**Gambar 2. Grafik Peningkatan Radikal Bebas pada Air dengan Beda Potensial Sebesar 60 kV**



**Gambar 3. Grafik Peningkatan Radikal Bebas pada Air dengan Beda Potensial Sebesar 80 kV**

Dari grafik perbandingan perbedaan beda potensial antara 40 kV, 60 kV dan 80 kV dapat dilihat bahwa peningka Tn pembentukan radikal bebas yang paling besar adalah pada 40 kV setelah itu pada beda potensial 60 kV dan terakhir pada beda potensial 80 kV. Dari ke-3 grafik tersebut masing-masing memiliki *gradient* penurunan kadar KMnO4 (peningkatan radikal bebas) untuk beda potensial 40 kV sebesar 1,02, untuk beda potensial 60 kV gradiennya sebesar 0,68 dan pada beda potensial 80 kV sebesar 0,64.

Dari ke-3 grafik tersebut memang peningkatan radikal bebas yang terbesar justru terjadi pada beda potensial 40 kV. Padahal semakin besar beda potensial pada kedua katoda dalam pembentukan sinar-x semakin besar pula energi yang terbentuk. Peningkatan beda potensial

berbanding lurus dengan energi dari sinar-x yang terbentuk. Semakin tinggi energi sinar-x maka semakin tinggi pula daya tembus dari sinar-x tersebut. Semakin tinggi energi sinar-x maka daya rusak dari radiasi tersebut juga semakin tinggi.

Seharusnya semakin tinggi daya rusaknya maka radikal bebas yang terbentuk akan semakin besar. Akan tetapi karena daya tembus yang semakin besar, maka semakin sedikit radiasi sinar-x yang mengenai objek. Maka semakin sedikit interaksi radiasi sinar-x pada air.

Menurut G.L. Brownel, fraksi serapan radasi foton berbanding terbalik dengan energi foton (Lamarsh, 1994).

$$\text{Fraksiserapan}(\phi) = \frac{\text{energiyang diserap oleh target}}{\text{Energiyang dipancarkan oleh sumber}}$$

**Tabel 2.Faktor Serapan Radiasi Foton terhadap Benda**

Massa	E M eV								
	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08	0.1	0.16	0.364	0.662
0.3	0.684	0.357	0.191	0.109	0.086	0.085	0.087	0.099	0.096
0.4	0.712	0.388	0.212	0.121	0.096	0.093	0.097	0.108	0.108
0.5	0.731	0.412	0.229	0.131	0.104	0.099	0.104	0.116	0.117
0.6	0.745	0.431	0.244	0.140	0.111	0.105	0.111	0.122	0.124
1.0	0.780	0.486	0.289	0.167	0.135	0.125	0.130	0.142	0.144

Dari tabel tersebut dapat dilihat semakin besar energi foton maka daya serap bahan akan semakin kecil. Pada energi foton 0,02 MeV dengan massa 1 faktor serapnya sebesar 0,78 sedangkan pada energi sebesar 0,1 MeV fraksi serapnya justru menurun menjadi 0,125 dan pada energi foton sebesar 0,662 MeV akan meningkat kembali dengan faktor serapnya sebesar

0,144. Fraksi serap radiasi sangat bergantung pada energi sinar-x (foton), daya tembusnya dan daya rusaknya.

Pada penelitian yang dilakukan, penurunan radikal bebas yang disebabkan peningkatan energisinar-x disebabkan karena energi sinar-x yang besar akan meningkatkan daya tembusnya. Radiasi sinar-x yang berinteraksi dengan air

semakin sedikit. Sehingga terjadi penurunan radikal bebas pada air.

Dari penelitian ini didapatkan bahwa energi sinar-x sangat mempengaruhi terbentuknya radiak bebas pada air. Semakin tinggi energy sinar-x maka pembentukan radikal bebas pada air semakin berkurang.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan semakin banyak radiasi yang dilakukan maka semakin banyak pula radikal bebas yang terbentuk. Beda potensial pada pembentukan sinar-x akan mempengaruhi terbentuknya radikal bebas pada air. Radikal bebas yang terbentuk pada air justru mengalami penurunan pada saat beda potensial pada pembentukan sinar-x ditingkatkan.

### Saran

Pada penelitian ini masih perlu ada peningkatan-peningkatan yang dilakukan agar penelitian selanjutnya mendapatkan hasil yang lebih baik. Peningkatan yang perlu dilakukan yaitu membuat larutan

KMnO<sub>4</sub> sebaiknya dilakukan sebanyak satu kali saja dengan volume yang langsung banyak sehingga kesalahan pengambilan larutan awal KMnO<sub>4</sub> dengan pipet volum dapat dikurangi. Menggunakan *buffet* yang baru sehingga pengambilan data dengan spektrofotometri menjadi lebih akurat. Dalam satu kali penyinaran sebaiknya pengambilan dara lebih dari tiga kali sehingga kesalahan yang disebabkan karena *buffet* yang tidak bersih dapat diminimalisasi. Pengambilan data beda potensial sebaiknya perlu ditingkatkan lebih dari 80 kV.

## DAFTAR RUJUKAN

- Bhushong, S.C. 2001. *Radiologic Sciene for Technologists Physics, Biologiy and Protection*. Mosby:St.Louis.
- Bapeten. 2005. *Petugas Proteksi Radiasi*. Bapeten: Jakarta.
- Batan. 2007. *Buku Panduan Pusat Pendidikan dan Penelitian Petugas Proteksi Radiasi*. Batan: Jakarta.
- Lamarsh. John R. 1994. *Introduction to Nuclear Engineering*. 4th Edition. Pearson: Cambridge.