

## ANALISIS DAMPAK RADIASI SINAR-X PADA MENCIT MELALUI PEMETAAN DOSIS RADIASI DI LABORATORIUM FISIKA MEDIK

R Aryawijayanti <sup>✉</sup> Susilo, Sutikno

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*  
Diterima Februari 2015  
Disetujui Maret 2015  
Dipublikasikan April 2015

*Keywords:*  
Mapping, radiation dose,  
radiation impact, Mice

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian dampak radiasi sinar-X pada mencit melalui pemetaan dosis radiasi di Laboratorium Fisika Medik. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi jarak minimum pekerja radiasi terhadap pesawat sinar-X dan untuk mengetahui dampak radiasi sinar-X pada darah mencit. Pemetaan dosis radiasi diukur setiap jarak 30 cm sejauh 120 cm ke arah utara, sejauh 150 cm ke arah selatan, serta setiap jarak 30 cm sejauh 180 cm ke arah timur dan barat dari berkas sumber radiasi. Faktor eksposi yang digunakan sama yaitu 80 kV, 32 mA dan 0,5 sekon. Pada penelitian ini menggunakan variasi ketinggian 75 cm dan 150 cm dari sumber radiasi. Semakin jauh jarak antara objek dengan pusat berkas sinar-X, maka dosis radiasi yang diterima semakin rendah. Untuk menguji dampak radiasi sinar-X melalui hasil pemetaan ruang Laboratorium Fisika Medik, mencit diberi dosis radiasi yang berbeda-beda untuk mengetahui komposisi eritrosit, leukosit dan hemoglobin dalam darahnya. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi dosis yang digunakan, maka komposisi darah semakin jauh dari kriteria normal.

### Abstract

*Impact study has been carried out X-ray radiation in mice by mapping radiation dose in Physics Laboratory Medik. The purpose this study was to Obtain distance information to the aircraft minimum radiation workers and the X-rays to determine the impact of X-ray radiation through blood testing on mencit. In mapping radiation dose measured at a distance of 30 cm to 120 cm as far to the north, as far as 150 cm to the south, as well as every 30 cm distance as far as 180 cm to the east and west of the beam of radiation sources. Eksposi factors used by the same ie 80 kV, 32 mA and 0.5 second. In this study, using a variation of a height of 75 cm and 150 cm from the source radiasi. The more distant object with a center distance between the X-ray beam, the radiation doses received by the lower. To test the effects of X-ray radiation through the mapping of Medical Physics Laboratory space, mice were given different doses of different radiation to determine the composition of erythrocytes, leukocytes and hemoglobin in the blood. It can be concluded that the higher doses are used, then the composition of the blood is getting away from the normal criteria.*

© 2015 Universitas Negeri Semarang

<sup>✉</sup> Alamat korespondensi:  
Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229  
E-mail: Rizaaryawijayanti@rocketmail.com

ISSN 0215-9945

## PENDAHULUAN

Radiasi merupakan pemancaran energi dalam bentuk gelombang atau partikel yang dipancarkan oleh sumber radiasi atau zat radioaktif (Syahria *et al.* 2012). Radiasi sinar-X dihasilkan oleh tabung pesawat sinar-X. Karena sumbernya berasal dari luar tubuh manusia, maka radiasi sinar-X merupakan radiasi eksternal. Dalam hal proteksi radiasi eksternal, terdapat tiga teknik untuk mengontrol penerimaan radiasi khususnya bagi pekerja radiasi yaitu meminimalkan jarak, meminimalkan waktu dan pemakaian perisai radiasi (Akhadi 2000).

Melihat adanya kemungkinan dampak negatif dari radiasi pengion, maka jarak merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mengurangi radiasi yang diterima. Hasil penelitian Syahria *et al.* (2012) menunjukkan bahwa jumlah paparan radiasi hambur akan menurun terhadap penambahan jarak, sehingga dapat mengetahui titik-titik atau tempat yang aman terhadap paparan radiasi hambur.

Radiasi dipancarkan dari sumber radiasi ke segala arah. Semakin dekat tubuh dengan sumber radiasi maka paparan radiasi yang diterima semakin besar. Paparan radiasi sebagian akan menjadi pancaran hamburan saat mengenai materi. Radiasi hamburan ini akan menambah jumlah dosis radiasi yang diterima. Untuk mencegah paparan radiasi tersebut dapat dilakukan dengan menjaga jarak pada tingkat yang aman dari sumber radiasi (Ulum 2008).

Posisi pekerja radiasi pada Laboratorium Fisika Medik selalu tidak tetap saat melakukan penyinaran radiasi sinar-X, sehingga dosis radiasi yang diterima berbeda-beda. Dosis yang diterima bergantung pada posisi pekerja radiasi. Untuk memperkecil paparan dosis yang diterima pekerja harus memperhatikan jarak dengan sumber radiasi. Oleh karena itu, perlu pemetaan dosis radiasi pada Laboratorium Fisika Medik. Dengan mengetahui pemetaan ini, pekerja radiasi dapat lebih meningkatkan kewaspadaan terhadap radiasi sinar-X.

Faktor jarak berkaitan erat dengan intensitas (I) radiasi. Intensitas radiasi pada suatu titik akan

berkurang berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara titik tersebut dengan sumber radiasi. Intensitas radiasi didefinisikan sebagai jumlah radiasi yang menembus luas permukaan (dalam  $\text{cm}^2$ ) per satuan waktu (s). Intensitas radiasi pada permukaan bola dengan jari-jari  $R_1$  dan  $R_2$  masing-masing adalah :

$$I = \frac{P}{A} \quad (1)$$

$$I_1 = \frac{P}{4\pi(R_1)^2} \quad (2)$$

$$I_2 = \frac{P}{4\pi(R_2)^2} \quad (3)$$

keterangan :

I = Intensitas (Watt/ $\text{m}^2$ )

P = Daya

A = luas permukaan bola

Dari persamaan (2) dan (3) dapat diperoleh hubungan sebagai berikut :

$$I_1 : I_2 = \frac{1}{(R_1)^2} : \frac{1}{(R_2)^2} \quad (4)$$

dari persamaan (4) terlihat bahwa intensitas radiasi pada suatu titik berbanding terbalik dengan kuadrat jarak titik tersebut terhadap sumber radiasi. Laju dosis radiasi identik dengan intensitas radiasi, sehingga laju dosis pada suatu titik juga berbanding terbalik dengan kuadrat jarak titik tersebut terhadap sumber.

Semakin besar dosis yang diterima, semakin besar pula dampak negatif yang terjadi, sehingga dampak negatif dari radiasi tersebut sebanding dengan jumlah radiasi yang diterima (Fauziyah *et al.* 2013). Paparan radiasi pengion terhadap tubuh dapat menyebabkan perubahan pada materi biologik khususnya materi genetik sel. Sejumlah perubahan atau kerusakan yang timbul salah satunya adalah perubahan struktur kromosom pada sel limfosit darah (Alatas 2005).

Mencit termasuk kelas mamalia dan banyak digunakan untuk penelitian, baik dalam bidang Kedokteran, Farmasi, maupun Biologi (Hariadi 2012). Mencit banyak digunakan sebagai hewan laboratorium (khususnya dalam penelitian biologi),

karena memiliki keunggulan-keunggulan seperti siklus hidup relatif pendek, cepat berkembang biak, mudah dipelihara dalam jumlah banyak, variasi genetiknya tinggi, sifat anatomis dan fisiologisnya terkarakterisasi dengan baik, jumlah anak perkelahiran banyak, variasi sifat-sifatnya tinggi, mudah ditangani, serta sifat produksi dan karakteristik reproduksinya mirip dengan manusia (Pribadi 2008).

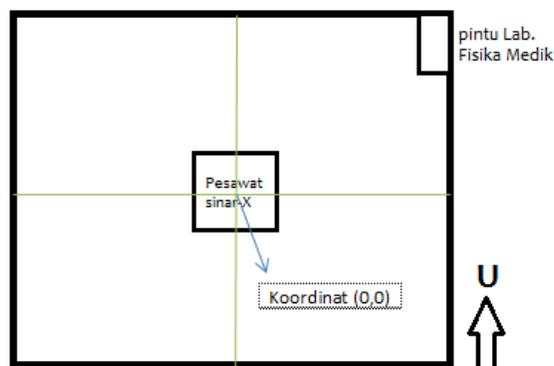
Menurut Prisyanto *et al.* (2014), banyak kasus radioterapi melaporkan bahwa pasien yang menjalani *treatment* radioterapi mengalami penurunan jumlah sel darah (leukosit dan eritrosit). Leukosit mempunyai peranan dalam pertahanan tubuh terhadap zat-zat asing dan bertugas melawan antigen. Telah diketahui secara luas bahwa sel darah putih merupakan sel yang paling peka terhadap radiasi atau radiosensitivitasnya paling tinggi (Wardhana 1996). Sel darah putih merupakan bagian dari sistem kekebalan tubuh (Widyasari *et al.* 2007). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak radiasi pada pekerja radiasi di Laboratorium Fisika Medik yang diasumsikan dengan menggunakan mencit (*Mus musculus*).

## METODE PENELITIAN

### Pemetaan Dosis Radiasi

Proses pengukuran tingkat radiasi dilakukan secara menyebar di Laboratorium Fisika Medik. Penelitian ini menggunakan faktor eksposi yang sama yaitu 80 kV, 32 mA dan 0,5 sekon. Pemetaan tingkat radiasi dilakukan dengan variasi ketinggian *surveymeter* 75 cm dan 150 cm terhadap tabung pesawat sinar-X. Dosis radiasi diukur setiap jarak 30 cm sejauh 120 cm ke arah utara, sejauh 150 cm ke arah selatan, serta setiap jarak 30 cm sejauh 180 cm ke arah timur dan barat dari berkas sumber radiasi seperti pada Gambar 1. Koordinat (0,0) cm berada pada titik berkas sumber radiasi. Pengukuran dilakukan menggunakan *Surveymeter* analog. Hasil pengukuran selanjutnya dipetakan dalam bentuk kontur 2D untuk menggambarkan persebaran tingkat radiasi menggunakan software Surfer 10. Berdasarkan hasil pemetaan, dapat diketahui koordinat titik yang aman untuk melakukan radiasi.

Jarak titik minimum merupakan jarak titik aman pekerja radiasi terhadap sumber radiasi. Titik aman ini diasumsikan sebagai titik dengan tingkat radiasi lebih rendah dari 10  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ .



**Gambar 1.** Peta pengukuran dosis radiasi di Lab. Fisika Medik

### Pengujian Dampak Radiasi Sinar-X Pada Mencit

Penelitian ini menggunakan 12 ekor mencit jantan (*Mus musculus*) dengan berat  $\pm 25$  gram dan berumur  $\pm 2$  bulan yang dibagi menjadi empat kelompok, masing-masing kelompok terdiri dari tiga ekor mencit. Keempat kelompok mencit tersebut diberi dosis radiasi dan arah pengukuran dosis radiasi yang berbeda-beda seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Dosis radiasi dan arah pengukuran dosis radiasi sinar-X terhadap mencit

Dosis radiasi ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	Posisi mencit
10.000 x 6 hari	Titik berkas sumber radiasi (koordinat (0,0) cm)
2.500 x 6 hari	30 cm ke arah timur (koordinat (30,0) cm)
500 x 6 hari	30 cm ke arah utara (koordinat (0,30) cm)
65 x 6 hari	60 cm ke arah barat daya (koordinat {-60,-30} cm)

Penelitian ini menggunakan faktor eksposi yang sama yaitu 80 kV, 32 mA, 0,5 sekon. Jarak yang digunakan antara sumber radiasi dengan objek

adalah 75 cm. Penyinaran pada mencit dilakukan selama 6 hari, dengan satu kali penyinaran per harinya. Pada hari ke 7, masing-masing mencit diambil darahnya sebanyak 1 cc. Sampel darah mencit diuji menggunakan alat *Blood Analyzer* di

UPTD Laboratorium Kesehatan Daerah Ungaran. Pengujian sampel darah mencit ini dilakukan untuk mengetahui jumlah kadar leukosit, eritrosit, dan hemoglobin pasca iradiasi selama 6 hari.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Tabel 2.** Data Dosis Radiasi yang Terukur pada Ketinggian 75cm

Koordinat	Dosis	Koordinat	Dosis	Koordinat	Dosis
(0,0)	10.000	(0,-30)	200	(90,0)	25
(0,30)	2.500	(0,-60)	60	(120,0)	10
(0,60)	350	(0,-90)	35	(-30,0)	2.500
(0,90)	45	(0,-120)	0	(-60,0)	400
(0,120)	20	(0,-150)	0	(-90,0)	150
(0,150)	15	(0,-180)	0	(-120,0)	20
(0,180)	5	(30,0)	500	(-150,0)	15
		(60,0)	35		

**Tabel 3.** Data Dosis Radiasi yang Terukur pada Ketinggian 150cm

Koordinat	Dosis	Koordinat	Dosis	Koordinat	Dosis
(0,0)	10.000	(0,-30)	200	(90,0)	25
(0,30)	800	(0,-60)	30	(120,0)	10
(0,60)	50	(0,-90)	0	(-30,0)	1.500
(0,90)	20	(0,-120)	0	(-60,0)	300
(0,120)	15	(0,-150)	0	(-90,0)	50
(0,150)	0	(0,-180)	0	(-120,0)	25
(0,180)	0	(30,0)	500	(-150,0)	20
		(60,0)	35		

Berdasarkan pemetaan dosis radiasi dengan variasi ketinggian 75 cm dan 150 cm dari tabung pesawat sinar-X dapat disimpulkan bahwa jarak titik aman minimum pekerja radiasi / pasien adalah > 150 cm ke arah utara-selatan dan > 150 cm ke arah barat-timur, karena pada jarak > 150 cm dosis radiasi yang terukur  $\leq 10 \mu\text{Sv/h}$ . Berdasarkan SK BAPPETEN No.1-P/K.A. BAPPETEN/IV-1999 untuk keselamatan kerja operasional radiologi diagnostik, jarak titik aman sejauh 3 (tiga) meter dengan ketentuan nilai batas dosis (NBD) untuk pekerja sebesar  $10 \mu\text{Sv/h}$ . NBD untuk masyarakat umum  $0,5 \mu\text{Sv/h}$ , sehingga radiasi yang terpapar pada tubuh baik secara langsung maupun tidak langsung, tidak berdampak buruk bagi kesehatan (Bapeten 2003).

Jumlah dosis paparan radiasi yang diserap oleh objek dapat dihitung secara matematis menggunakan persamaan (5) berikut:

$$X = \frac{v^2 i t}{d^2} \quad (5)$$

Berdasarkan persamaan (1), diketahui jumlah dosis paparan radiasi yang akan diterima objek dengan menggunakan jarak fokus ke objek sebesar 75 cm adalah sekitar  $159,6 \mu\text{Sv}$ . Sedangkan pada jarak fokus ke objek sebesar 150 cm, dosis paparan radiasi yang akan diterima oleh objek yaitu sekitar  $39,9 \mu\text{Sv}$ .

Berdasarkan hasil penelitian hubungan intensitas radiasi berkurang dengan meningkatnya jarak dari sumber radiasi. Hal ini disebut juga dengan hukum kuadrat terbalik. Hukum kuadrat terbalik menghubungkan intensitas radiasi terhadap

jarak dari sumber, seperti pada persamaan (6). Intensitas  $I_2$  pada jarak  $d_2$  kuadrat sebanding dgn intensitas  $I_1$  pada jarak  $d_1$  kuadrat (Fosbinder & Kelsey 2001).

$$\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \quad (6)$$

Radiasi dipancarkan dari sumber radiasi ke segala arah. Semakin dekat tubuh dengan sumber

radiasi maka paparan radiasi yang diterima akan semakin besar (Ulum 2008).

#### **Pengujian Dampak Radiasi Sinar-X Pada Mencit (*Mus musculus*)**

Berdasarkan penelitian dampak radiasi sinar-X pada mencit, didapatkan data penelitian seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Data hasil pengujian darah mencit

Dosis Radiasi ( $\mu\text{Sv/h}$ )	Posisi (dari berkas sumber radiasi)	Hb (g/dL)	$\Sigma$ Leukosit ( $\times 10^3/\text{mm}^3$ )	$\Sigma$ Eritrosit ( $\times 10^6/\text{mm}^3$ )
Kadar Normal		10,7 – 11,5	12,1 – 15,9	6,86 – 11,7
10.000 x 6 hari	Koordinat (0,0) cm	1,8 Abnormal	4,7 Abnormal	1,0 Abnormal
15.000 x 6 hari	Koordinat (30,0) cm	3,3 Abnormal	4,0 Abnormal	1,3 Abnormal
3.000 x 6 hari	Koordinat (0,30) cm	8,9 Abnormal	6,4 Abnormal	2,5 Abnormal
390 x 6 hari	Koordinat (-60,-30) cm	11,3 Normal	10,6 Abnormal	8,5 Normal

Berdasarkan data pada Tabel 4, terjadi perubahan masing-masing komposisi darah pada mencit pasca radiasi selama 6 hari. Kadar hemoglobin normal pada mencit adalah 10,7 – 11,5 g/dL. Kadar leukosit normal pada mencit adalah sekitar 12,1 – 15,9  $\times 10^3/\text{mm}^3$ . Kadar eritrosit normal pada mencit adalah 6,86 – 11,7  $\times 10^6/\text{mm}^3$ .

Kelompok mencit diletakkan di titik berkas sumber radiasi atau pada titik koordinat (0,0) cm dan diberi dosis radiasi sebesar 10.000  $\mu\text{Sv/h}$  x 6 hari. Terjadi perubahan pada jumlah komposisi darah dalam tubuh mencit. Pada dosis tersebut, jumlah eritrosit sebanyak 1,0  $\times 10^6/\text{mm}^3$ , jumlah leukosit sebanyak 4,7  $\times 10^3/\text{mm}^3$  dan jumlah hemoglobin sebanyak 1,8 g/dL. Pada titik koordinat (0,30) cm dan diberi dosis radiasi sebesar 2.500  $\mu\text{Sv/h}$  x 6 hari, terjadi perubahan pada jumlah komposisi darah dalam tubuh mencit. Pada dosis tersebut, jumlah eritrosit sebanyak 1,3  $\times 10^6/\text{mm}^3$ , jumlah leukosit sebanyak 4  $\times 10^3/\text{mm}^3$  dan jumlah hemoglobin sebanyak 3,3 g/dL. Dosis radiasi 500  $\mu\text{Sv/h}$  x 6 hari dipaparkan pada kelompok mencit yang diletakkan pada titik koordinat (0,30) cm. Pada dosis tersebut, jumlah eritrosit mencit sebanyak 2,5

$\times 10^6/\text{mm}^3$ , jumlah leukosit sebanyak 6,4  $\times 10^3/\text{mm}^3$  dan jumlah hemoglobin sebanyak 8,9 g/dL. Kelompok mencit yang diletakkan pada koordinat (-60,-30) cm, diberi digunakan termasuk dosis rendah. Pada dosis tersebut, jumlah eritrosit sebanyak 8,5  $\times 10^6/\text{mm}^3$ , jumlah leukosit sebanyak 10,6  $\times 10^3/\text{mm}^3$  dan jumlah hemoglobin sebanyak 11,3 g/dL. Berdasarkan data Tabel 4 semakin rendah dosis radiasi yang digunakan, maka komposisi darah mencit semakin dekat dengan kriteria normal. Sebaliknya, semakin tinggi dosis radiasi yang digunakan, maka komposisi darah mencit semakin jauh dari kriteria normal.

Iradiasi yang dilakukan pada seluruh tubuh mamalia akan menyebabkan gangguan pada sel darah. Produksi sel-sel darah yang disebabkan karena terhambatnya mitosis pada sel induk dalam sumsum tulang dan sistem limfatik. Derajat penurunan jumlah sel darah mamalia akibat sinar-X ataupun sinar gamma ternyata bergantung pada besar dosis radiasi yang diterima (Ganong 1999). Paparan radiasi pada tubuh akan menimbulkan interaksi antara radiasi dengan materi biologis, baik secara langsung maupun tidak langsung. Jika radiasi

sinar-X mengenai tubuh manusia, ada dua kemungkinan yang dapat terjadi, berinteraksi dengan tubuh manusia atau hanya melewati saja (Hall 2000).

## PENUTUP

Telah dilakukan pemetaan dosis radiasi pada Laboratorium Fisika Medik Universitas Negeri Semarang. Pemetaan dosis radiasi kontur 2D menggunakan variasi ketinggian 75 cm dan 150 cm dari tabung pesawat sinar-X. Tingkat paparan radiasi tertinggi berada pada daerah sekitar sumber radiasi. Semakin jauh jarak antara objek dengan pusat berkas sinar-X, maka dosis radiasi yang diterima semakin rendah. Jarak aman untuk pekerja radiasi adalah 150 cm dari sumber radiasi. Uji dampak radiasi sinar-X pada mencit melalui hasil pemetaan menunjukkan bahwa sinar-X mempengaruhi jumlah komposisi eritrosit, leukosit dan hemoglobin mencit. Semakin tinggi dosis radiasi yang digunakan, maka komposisi darah semakin jauh dari kriteria normal.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Kepala Lab. Fisika UNNES yang telah memberikan fasilitas. Terimakasih pula kepada dosen Fisika UNNES, Nur Hasanah, Dwi Martina serta teman-teman seperjuangan atas bantuannya sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

## DAFTAR PUSTAKA

Akhadi M. 2000. *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi (1<sup>st</sup>ed)*. Jakarta: Rineka Cipta.

- Alatas Z. 2005. Efek Radiasi Pengion Dan Non Pengion Pada Manusia. *Buletin Alara*, 5(203): 99-112.
- Bapeten. 2003. Pedoman Dosis Pasien Radiodiagnostik. *Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir nomor 01-P /Ka-BAPETEN/ I-03*.
- Fauziyah A, Susilo & Dwijananti P. 2013. Pengaruh Radiasi Sinar-X terhadap Mortalitas Sperma pada Tikus Mencit (*Mus musculus*). *Unnes Physics Journal*, 2(2):1-5.
- Fosbinder RA & Kelsey CA. 2001. *Essentials of Radiologic Science (International Editions Series)*. McGraw-Hill Education.
- Hall EJ. 2000. *Radiobiology for the Radiologist(5<sup>th</sup>eds)*. Philadelphia: Lippincott Williams.
- Hariadi. 2012. *Peluang Jitu Beternak Tikus Putih*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Pribadi GA. 2008. Penggunaan Mencit Dan Tikus Sebagai Hewan Model Penelitian Nikotin. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Prisyanto R, Santoso DR, Juswono UP & Cahyati Y. 2014. Pengaruh Pemberian Kombinasi Vitamin C dan E terhadap Jumlah Hemoglobin, Leukosit dan Trombosit Pasca Iradiasi Sinar Gamma. *Natural B*, 2(3):289-295.
- Syahria, Setiawati E & Firdausi KS. 2012. Pembuatan Kurva Isodosis Paparan Radiasi di Ruang Pemeriksaan Instalasi Radiologi RSUD Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara. *Berkala Fisika*, 15(4):123-132.
- Ulum MF. 2008. Prinsip Dasar Proteksi Radiasi Dalam Diagnostik. *Proceedings Join Meeting of the 3<sup>rd</sup> International Meeting on AZMWC2008 and KIVNAS XPDHI*. Bogor: ISBN.
- Wardhana WA. 1996. *Radioekologi (1<sup>st</sup>ed)*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset.
- Widyasari E, Listyawati S & Pangastuti A. 2007. Pengaruh Iradiasi Sinar-X terhadap Produksi Antibodi Mencit Galur BALB/c dengan Pemberian Vaksin Toksoid Tetanus. *Bioteknologi*, 4(1): 13-19.