

## STUDI PENGARUH LAMANYA PEMAPARAN MEDAN MAGNET TERHADAP JUMLAH SEL DARAH PUTIH (LEUKOSIT) PADA TIKUS PUTIH (*RATTUS NORVEGICUS*)

Mas Sastika Wati Ni Komang<sup>1</sup>, Trisnawati Ni Luh Putu<sup>1</sup>, Artawan I Nengah<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali, Indonesia, 80361  
Email: [trisnawati@unud.ac.id](mailto:trisnawati@unud.ac.id)

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh lamanya paparan medan magnet terhadap jumlah leukosit pada tikus putih (*Rattus Norvigicus*). Besar medan magnet yang digunakan dalam penelitian ini adalah 300 Gauss dan 500 Gauss dengan waktu paparan yang bervariasi yaitu 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam perhari masing-masing selama tiga hari dan masa pemulihan selama 5 hari. Berdasarkan hasil penelitian, tikus yang diberikan paparan medan magnet cenderung mengalami peningkatan jumlah leukosit dan setelah mengalami masa pemulihan jumlah leukosit cenderung mengalami penurunan atau mendekati normal. Untuk  $N > 1$  berarti membutuhkan waktu pemulihan diatas lima hari, karena jumlah leukosit masih jauh di atas normal. Untuk  $N < 1$  waktu pemulihan diperkirakan mendekati lima hari, karena jumlah leukosit berangsur-angsur mendekati normal.

**Kata Kunci:** Medan magnet, tikus putih, leukosit

### Abstract

*On the research effect of duration of exposure to the magnetic field to the number of leukocytes in the rat (*Rattus Norvigicus*) are observed. Magnetic fields interval used in this study is 300 Gauss till 500 Gauss with varying exposure time there are 2 hours per day, 3 hours, 4 hours, 5 hours and 6 hours each day for three days and the recovery period of 5 days was assumed. Based on the results. The leukocytes number of the rats were given exposure to a magnetic field tends to increase after a recovery period tends to decrease the number of leukocytes or nearly normal. For  $N > 1$  means the recovery takes over five days, as the number of leukocytes is still far above normal. For  $N < 1$  recovery time is estimated that nearly five days, as the number of leukocytes gradually approaching normal.*

**Keywords:** magnetic field, *Rattus norvegicus*, leukocyte

### I. PENDAHULUAN

Pembangunan di semua sektor menyebabkan kebutuhan tenaga listrik meningkat. Peningkatan kebutuhan tenaga

listrik tersebut diimbangi dengan pembangunan pembangkit listrik dan jaringan-jaringan transmisinya. Penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit ke

gardu induk maupun dari gardu induk satu ke gardu induk lain memerlukan jaringan transmisi, yang salah satunya dikenal dengan istilah SUTET. SUTET adalah saluran tenaga listrik yang menggunakan kawat telanjang (penghantar) di udara yang bertegangan di atas 245 kV. Di Indonesia, SUTET yang beroperasi sebagian besar bertegangan 500 kV (Departemen Pertambangan dan Energi, 1992).

Medan elektromagnetik, sebagaimana dikemukakan oleh WHO dan IDI (Ikatan Dokter Indonesia), berpotensi menimbulkan berbagai gangguan, antara lain terhadap sistem darah, sistem kardiovaskular, sistem saraf maupun sistem reproduksi. Hal ini menimbulkan kecemasan pada penduduk yang bertempat tinggal di bawah SUTET.

Penelitian mengenai pengaruh medan magnet terhadap darah manusia kebanyakan mengambil objek primata analoginya berupa hewan pengerat yaitu Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*). Dari hasil penelitian Raja. P. Manurung percobaan pada tikus yang diberi paparan medan magnet sebesar 400 gauss dan 450 gauss dengan lama pemaparan 60 menit, menunjukkan perubahan pada jumlah kadar hemoglobin. Untuk medan magnet 400 gauss, kadar hemoglobin mengalami penurunan sebesar 2% dan untuk 450 gauss mengalami penurunan sebesar 7%. Sedangkan leukosit

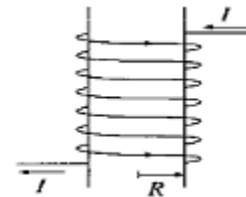
pada medan magnet 400 gauss, kadar leukosit mengalami peningkatan sebesar 23% dan untuk 450 gauss mengalami peningkatan sebesar 27%.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

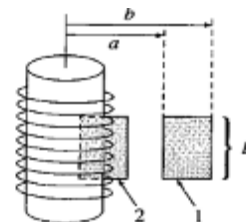
### 2.1. Penerapan Hukum Ampere pada Solenoida

Tinjau ungkapan persamaan hukum ampere sebagai berikut,

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_{enc} \quad (2.1)$$



**Gambar 2.1.** Kumparan Solenoida



**Gambar 2.2.** Geometri Solenoida

Tinjau gambar solenoida pada gambar 2.1 yang berjari-jari  $R$  dengan lilitan kawat berarus yang mengalir searah jarum jam. Selanjutnya tinjau elemen loop amperian setinggi  $L$  pada gambar 2.2. Dengan menerapkan hukum Ampere dari persamaan (2.1), diperoleh,

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = B_\phi(2\pi a) = \mu_0 I_{enc} = 0 \quad (2.2)$$

Dimana:

$$\mathbf{B} = \text{Induksi Magnet (wb/m}^2\text{)}$$

$\mu_0$ =Permeabilitas Magnetik ( $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Wb/amp.m}$ )

$I_{enc}$  = Arus Tertutup (A)

$l$  = Panjang Lintasan (m)

## 2.2. Hukum Ampere dalam Bahan Termagnetisasi

Dalam bahan termagnetisasi terjadi arus total yang merupakan jumlahan arus terikat dan arus bebas yang setara dengan Hukum Ampere dituliskan sebagai berikut (Griffiths, David J. 1999),

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = I_{fenc} \quad (2.3)$$

## 2.3. Susceptibilitas dan Permeabilitas Magnetik

Tinjau ungkapan magnetisasi yang dituliskan sebagai berikut,

$$\mathbf{M} = \frac{1}{\mu_0} \chi_m \mathbf{B} \quad (2.4)$$

hingga,

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} \quad (2.5)$$

dan besaran permeabilitas bahan  $\mu$  dapat dituliskan sebagai,

$$\mu = \mu_0 (1 + \chi_m) \quad (2.6)$$

Dimana:

$\chi_m$  = Susseptibilitas magnetik yang tidak berdimensi.

$H$  = Kuat medan magnet dalam N/A.m atau dalam weber/m<sup>2</sup>.

## 2.4. Persamaan Gerak

Tinjau persamaan gerak Newton yang memodelkan persamaan gerak yang terjadi dalam sel darah. Persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut (E.P. Furlani),

$$\frac{dv_c}{dt} = +F_f + F_g \quad (2.7)$$

Dimana  $m_c$  dan  $v_c$  adalah massa dan kecepatan dari sel, dan  $F_m$ ,  $F_f$ , serta  $F_g$

masing-masing merupakan gaya magnet, gaya fluida dan gaya gravitasi

## 2.5. Medan Magnet dari Unsur Magnet

Untuk menurunkan gaya magnet pada sel, diperlukan campur tangan medan magnet luar,

$$H_a = H_{bias} + H_e \quad (2.8)$$

Dengan pendekatan model linier, magnetisasi pada unsur magnetik sel darah dituliskan sebagai berikut,

$$M_e = \chi_e H_{in} \quad (2.9)$$

Dari persamaan (2.9) diperoleh  $M_e = \chi_e (H_{bias} - N_d M_e)$ , yang dapat ditulis sebagai berikut,

$$M_e = \frac{\chi_e}{1 + N_d \chi_e} H_{bias} \quad (2.10)$$

## 2.6. Klasifikasi Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*)

Tikus digolongkan ke dalam Ordo Rodentia (hewan pengerat), Famili Muridae dari kelompok mamalia (hewan menyusui). Menurut Priyambodo (1995), Ordo Rodentia merupakan ordo terbesar dari kelas mamalia karena memiliki jumlah

**Tabel 2.1.** Klasifikasi Tikus Putih (Myres & Armitage. 2004)

Kingdom	Animalia
Filum	Chordata
Kelas	Mamalia
Ordo	Rodentia
Famili	Muridae
Subfamili	Murinae
Genus	<i>Rattus</i>
Spesies	<i>Rattus Norvegicus</i>
Galur/Starin	Sprague Dawley

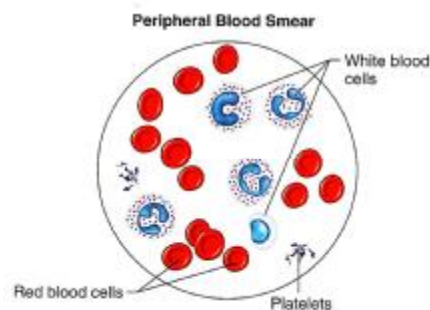
spesies (40%) dari 5.000 spesies di seluruh mamalia.



**Gambar 2.3.** Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*)

## 2.7. Struktur Sel Darah

Darah merupakan cairan kental dalam tubuh dan mempunyai aliran yang lebih lamban daripada air.



**Gambar 2.4.** Bentuk Komponen Dalam Darah (Shier dkk, 2004)

Secara mikroskopik, darah tersusun dari dua bagian yaitu, cairan berbentuk elemen atau sel-sel darah dan bagian cair atau plasma (tempat sel-sel darah berada). Bagian berbentuk elemen meliputi, eritrosit (sel darah merah), leukosit (sel darah putih) dan trombosit (keping darah) (Hole, 1998).

Leukosit adalah sel darah yang bertanggung jawab dalam pertahanan tubuh

suatu organisme dari benda asing atau bahan infeksi yang masuk ke dalam tubuh. Selain itu, jumlah sel leukosit di dalam tubuh bervariasi, tergantung dari kebutuhan masing-masing hewan. Fluktuasi dalam jumlah sel leukosit pada tiap individu cukup besar pada kondisi tertentu, misalnya: stress, aktivitas fisiologis, status gizi, umur dan lain-lain.

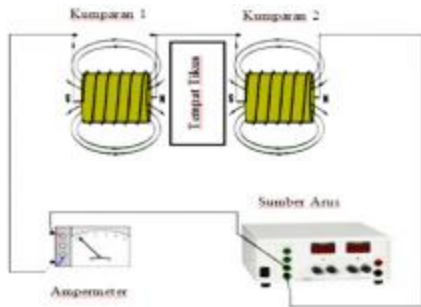
## III. METODE PENELITIAN

### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu di Laboratorium Vakum Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Udayana dan analisa sampel darah dilakukan di Balai Besar Veteriner Denpasar.

### 3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun bahan penelitian yang digunakan adalah hewan uji berupa tikus putih (*Rattus Norvegicus*) yang diberi pemaparan medan homogen yang besaran kuat medannya dalam interval 300 Gauss dan 500 Gauss. Waktu paparan untuk tiap sampel divariasikan dalam interval waktu 6 jam, 9 jam, 12 jam 15 jam dan 8 jam perhari masing-masing selama 3 hari. Waktu pemulihannya diambil batas minimal 5 hari setelah pemaparan.



Gambar 3.1 Skema Alat Penelitian

sebagaimana diberikan pada Tabel 4.1 – Tabel 4.3

**Tabel 4.1** Data Hasil Pengamatan Jumlah Leukosit pada Tikus Kontrol

AWAL		AKHIR		
BB (Gram)	WBC $\times 10^3$ ( $1/mm^3$ )	t (Hari)	BB (Gram)	WBC $\times 10^3$ ( $1/mm^3$ )
175	5.4	60	250	8.9

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh data pengamatan

**Tabel 4.2** Hasil Pengamatan Jumlah Leukosit pada Darah Tikus Putih Dengan Besar Medan Magnet 300 Gauss

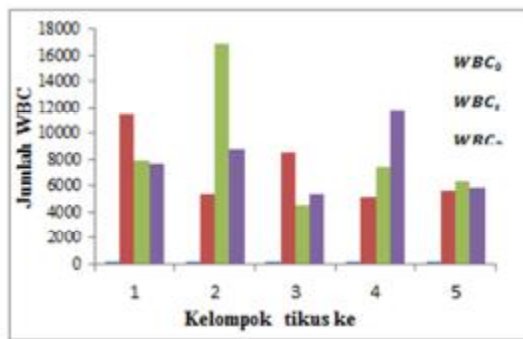
Klp.	SEBELUM PAPARAN			SETELAH PAPARAN		PEMULIHAN (t = 120 jam)	
	BB (Gram)	WBC $\times 10^3$ ( $1/mm^3$ )	t (Jam)	BB (Gram)	WBC $\times 10^3$ ( $1/mm^3$ )	BB (Gram)	WBC $\times 10^3$ ( $1/mm^3$ )
1.	175	11.45	6	200	7.85	200	7.7
2.	175	5.3	9	175	16.9	215	8.75
3.	175	8.45	12	200	4.55	265	5.3
4.	185	5.15	15	175	7.35	225	11.75
5.	175	5.55	18	175	6.35	175	5.8

**Tabel 4.3** Hasil Pengamatan Jumlah Leukosit pada Darah Tikus Putih Dengan Besar Medan Magnet 500 Gauss

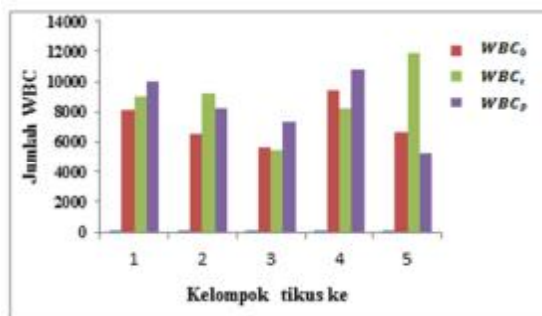
Klp.	SEBELUM PAPARAN			SETELAH PAPARAN		PEMULIHAN (t = 120 jam)	
	BB (Gram)	WBC $\times 10^3$ ( $1/mm^3$ )	t (Jam)	BB (Gram)	WBC $\times 10^3$ ( $1/mm^3$ )	BB (Gram)	WBC $\times 10^3$ ( $1/mm^3$ )
1.	150	8.1	6	150	9.05	165	10.05
2.	175	6.5	9	190	9.25	220	8.2
3.	160	5.7	12	150	5.5	180	7.3
4.	155	9.45	15	160	8.25	170	10.85
5.	150	6.65	18	150	11.85	160	5.25

Dari data pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 dapat dibuat digambar dalam bentuk

diagram batang seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan 4.2



**Gambar 4.1** Diagram Hasil Pengamatan Jumlah Leukosit pada Tikus Putih dengan Besar Medan Magnet 300 Gauss.



**Gambar 4.2** Diagram Hasil Pengamatan Jumlah Leukosit pada Tikus Putih dengan Besar Medan Magnet 500 Gauss

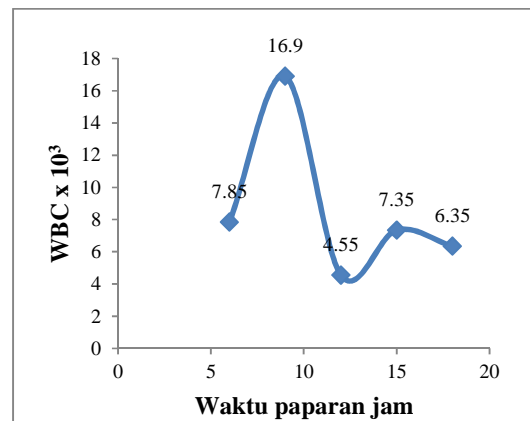
Keterangan:

$WBC_0$  = jumlah leukosit sebelum diberikan paparan medan magnet

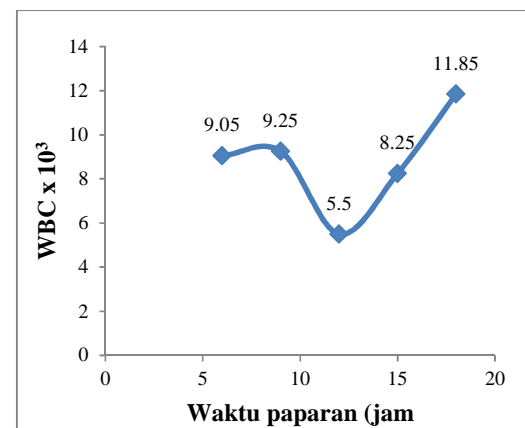
$WBC_1$  = jumlah leukosit setelah diberikan paparan medan magnet

$WBC_p$  = jumlah leukosit saat pemulihan selama lima hari setelah diberikan paparan medan magnet.

Dari Gambar 4.1 dan 4.2 dapat teramati bahwa jumlah leukosit cenderung mengalami peningkatan. Dilihat dari keseluruhan sampel, terdapat enam dari sepuluh tikus yang ditreatment mengalami peningkatan jumlah leukosit, dan empat tikus lainnya mengalami penurunan jumlah leukosit.



(a)



(b)

**Gambar 4.3.** Grafik Variasi Waktu Paparan Medan Magnet Terhadap Jumlah Leukosit : (a) pada 300 Gauss, (b) pada 500 Gauss

Gambar 4.3 menunjukkan hubungan waktu pemaparan medan magnet terhadap jumlah leukosit dengan asumsi kelima tikus sampel mempunyai berat badan yang hampir sama sebesar 175 gram. Asumsi ini diambil untuk mengasiosiasikan seolah-olah variasi waktu paparan medan magnetnya diberlakukan untuk satu jenis tikus. Hal ini untuk mendapatkan pendekatan gambaran variasi waktu paparan berkaitan dengan perubahan jumlah leukosit.

Pengaruh waktu pemulihan terhadap normalisasi jumlah leukosit dapat dilihat dari jumlah leukosit sebelum diberikan paparan medan magnet dengan jumlah leukosit setelah diberikan paparan dan setelah melewati masa pemulihan selama lima hari. Hubungan waktu pemulihan dengan normalisasinya dapat dirumuskan sebagai :

$$\Delta WBC_T = WBC_t - WBC_0 \quad (4.1)$$

$$\Delta WBC_P = WBC_p - WBC_0 \quad (4.2)$$

Didefinisikan normalisasai N,

$$N = \frac{WBC_P}{WBC_T} \quad (4.3)$$

Dengan menggunakan formula 4.1 – 4.3 diperoleh data sebagaimana diberikan pada Tabel 4.4. dan Tabel 4.5

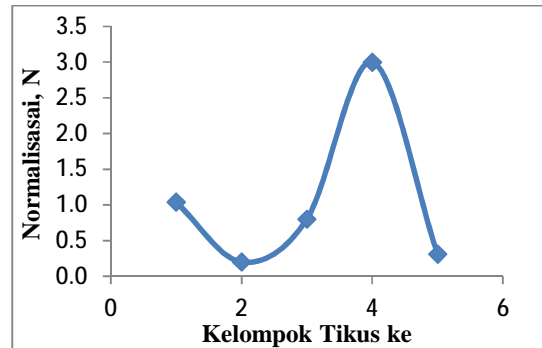
**Tabel 4.4** Normalisasi Jumlah Leukosit Pada Medan Magnet 300 Gauss

Klp.	$\Delta WBC_T$	$\Delta WBC_P$	$N = \frac{WBC_P}{WBC_T}$
1.	- 3.600	- 3.750	1,04
2.	11.600	3.450	0,2
3.	- 3.900	- 3.150	0,8
4.	2.200	6.600	3
5.	800	250	0,31

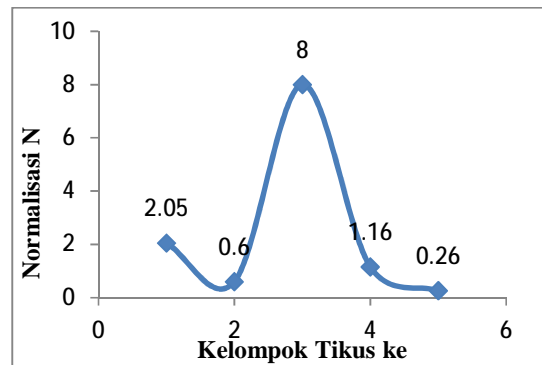
**Tabel 4.5** Normalisasi Jumlah Leukosit Pada Medan Magnet 500 Gauss

Klp.	$\Delta WBC_T$	$\Delta WBC_P$	$N = \frac{WBC_P}{WBC_T}$
1.	950	1.950	2,05
2.	2.750	1.700	0,6
3.	- 200	1.600	8
4.	- 1.200	1.400	1,16
5.	5.200	- 1.400	0,26

Dari data pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 dapat diperoleh grafik seperti Gambar 4.4 dan 4.5.



**Gambar 4.4.** Normalisasi Jumlah Leukosit Pada Setiap Kelompok Sampel (Perlakuan) Pada Medan Magnet 300 Gauss



**Gambar 4.5.** Normalisasi Jumlah Leukosit Pada Setiap Kelompok Sampel (Perlakuan) Pada Medan Magnet 500 Gauss

Dari Gambar 4.4 diperoleh gambaran bahwa pada kelompok tikus yang diberikan medan magnet 300 gauss : untuk kelompok tikus yang terpapar medan magnet 6 jam dan 15 jam waktu pemulihannya diperkirakan di atas lima hari. Sedangkan kelompok tikus yang terpapar medan magnet 9, 15 dan 18 jam waktu pemulihannya diperkirakan mendekati lima hari, karena

jumlah leukositnya berangsur-angsur mengalami penurunan atau mendekati normal.

Sedangkan dari Gambar 4.5 dapat diperoleh gambaran bahwa pada kelompok tikus yang diberikan medan magnet 500 gauss : untuk kelompok tikus yang terpapar medan magnet 6, 12 dan 15 jam waktu pemulihannya diperkirakan diatas lima hari. Sedangkan kelompok tikus yang terpapar medan magnet 9 dan 18 jam waktu pemulihannya diperkirakan mendekati lima hari, karena jumlah leukositnya sudah mendekati normal.

## V. KESIMPULAN

Dari data penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut,

1. Dari hasil analisa, Untuk masing-masing variasi paparan medan magnet pada tikus putih pada besar medan magnet 300 Gauss dan 500 Gauss dalam interval waktu paparan masing-masing 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam perhari selama tiga hari terdapat 60% tikus yang mengalami peningkatan jumlah leukosit dan 40% tikus mengalami penurunan jumlah leukosit.
2. Dalam jangka waktu lima hari, untuk tikus putih yang diberi paparan medan magnet 300 Gauss terdapat 20% tikus

yang membutuhkan waktu pemulihan diatas lima hari ( $N > 1$ ) dan 30% tikus yang waktu pemulihannya mendekati lima hari ( $N < 1$ ). Sedangkan untuk tikus putih yang diberi paparan medan magnet 500 Gauss terdapat 30% tikus yang membutuhkan waktu pemulihan diatas lima hari ( $N > 1$ ) dan 20% tikus yang waktu pemulihannya mendekati lima hari ( $N < 1$ ).

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Peraturan menteri pertambangan dan energi nomor 01.P/47/MPE/1992*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi, 1992.
- Furlani, E.P. 2003. *Magnetophoretic separation of blood cells at the microscale J. Appl. Phys.* 99, 024912, 1-11.
- Griffiths David, J., (1999). *Introduction to Electrodynamics*, Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey
- Ikatan Dokter Indonesia. *Seminar Pengaruh Medan Listrik Dan Medan Magnet Terhadap Kesehatan*. Mukthamar Ikatan Dokter Indonesia. Padang, 1997.
- Manurung, Raja P. 2006. *Pengaruh Medan Magnet Terhadap Leukosit dan Hemoglobin pada Mencit (Mus*



- Musculus*). Bukit Jimbaran :  
Universitas Udayana.
- Myers, P. & D. Armitage. 2004. *Rattus norvegicus*, animal diversity.
- Priyambodo, S. 1995. *Pengendalian hama tikus terpadu*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- WHO. 1989. *IPCS internasional programme on chemical safety, Enviromental Health Criteria 89, Formaldehyde*. WHO, Geneva.