

PENGARUH PAPAN 0,5 PPM IKAN NILA BERFORMALIN SECARA ORAL  
SELAMA SATU BULAN TERHADAP PERUBAHAN FISIOLOGIS MENCIT  
(*Mus musculus*) BETINA DARI INDUK YANG TERPAPAR IKAN NILA  
BERFORMALIN 0,5 PPM SELAMA 3 BULAN

Sandra Murti <sup>1</sup>, Kartini Zaelanie <sup>2</sup>, Hartarti Kartika Ningsih <sup>3</sup>

Abstrak

Penelitian ini mempelajari pengaruh paparan 0,5 ppm ikan nila berformalin secara oral selama satu bulan terhadap perubahan fisiologis mencit (*Mus musculus*) betina dari induk yang terpapar ikan nila berformalin 0,5 ppm selama 3 bulan. Hasil analisa diperoleh bahwa pemberian perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap perubahan berat organ mencit, Kreatinin, SGPT, Albumin, Globulin dan berpengaruh nyata terhadap kadar formaldehid dan SGOT dalam serum darah. Penelitian ini juga mengamati tentang gejala klinis, jumlah kematian dan kondisi makroskopis mencit yang mati. Saran dari penelitian ini adalah menghimbau pada masyarakat supaya tidak menggunakan formalin dengan dosis sekecil apapun sebagai pengawet makanan.

Kata kunci : paparan formalin, fisiologi mencit.

THE EXPOSURE EFFECT OF 0.5 ppm *Oreochromis niloticus* GIVEN ORALLY FORMALIN DURING ONE MONTH FOR CHANGING FEMALE (*Mus musculus*) PHYSIOLOGIC FROM MOTHER MICE THAT IS EXPOSED AS *Oreochromis niloticus* GIVEN FORMALIN OF 0.5 ppm DURING 3 MONTHS

Sandra Murti, Kartini Zaelanie, Hartarti Kartika Ningsih

ABSTRACT

This research studies about exposure effect of 0.5 ppm *Oreochromis niloticus* given orally formalin during one month for changing female *Mus musculus* exposed as *Oreochromis niloticus* given formalin of 0.5 ppm during 3 months. Analysis result suggested that treatment giving does not give real effect for changing organ weight of *Mus musculus*, Kreatinin, SGPT, Albumin, globulin and affect in real for formaldehyde degree and SGOT in blood serum. This research also observes about clinical symptom, death number and microscopic condition for dead *Mus musculus*. The recommendation of the research is to urge community not to use formalin with doses as small as possible as food preserver.

Keyword: formalin exposure, *Mus musculus* physiologic.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Larutan formaldehid atau larutan formalin mempunyai nama dagang formalin, formol atau mikrobisida; dengan rumus molekul  $\text{CH}_2\text{O}$ , mengandung kira-kira 37% gas formaldehid dalam air dan biasanya ditambahkan 10-15% metanol untuk menghindari polimerisasi. Formaldehid merupakan bahan tambahan kimia yang efisien namun dilarang penggunaannya terutama sebagai bahan pengawet pada bahan pangan karena selain sangat membahayakan, dalam jangka lama juga dapat mengakibatkan reaksi alergi, kerusakan ginjal, kerusakan gen, dan mutasi yang dapat diwariskan (Cahyadi, 2006).

Akhir-akhir ini penggunaan formalin sebagai bahan pengawet pada ikan; dimana ikan dikenal sebagai hewan berdarah dingin yang memiliki sifat mudah busuk (*perisable food*); semakin banyak digunakan untuk mempertahankan tingkat kesegaran ikan. Efek samping penggunaan formalin sebagai bahan pengawet tidak secara langsung akan terlihat. Efek ini hanya terlihat secara kumulatif, kecuali jika seseorang keracunan formalin dengan dosis tinggi (Hidayati & Saparinto, 2006).

Ikan yang mengandung formalin memiliki dampak negatif dan membahayakan bagi tubuh. Saat formalin dipakai mengawetkan ikan, gugus aldehyd spontan bereaksi dengan protein-protein dalam ikan. Protein yang sudah bereaksi dengan formalin tidak beracun dan tidak perlu ditakuti (Nurrachman, 2005). Namun formaldehid bebas yang tidak mengalami metabolisme akan terikat secara stabil dengan makromolekul seluler protein DNA yang dapat berupa ikatan silang (*cross-linked*). Ikatan silang formaldehid dengan DNA dan protein ini diduga bertanggungjawab atas terjadinya kekacauan

informasi genetik dan konsekuensi lebih lanjut seperti terjadi mutasi genetik dan sel kanker. Bila gen-gen rusak itu diwariskan, maka akan terlahir generasi dengan cacat gen. (Juanda, 2006).

Beberapa penelitian pada hewan uji juga mendukung dampak negatif asupan formalin terhadap kerusakan fungsi organ dan mutasi genetik. Formaldehid telah dibuktikan dapat menjadi mutagen di beberapa sistem in vitro dan telah diklasifikasikan sebagai mutagen yang lemah. Jika konsentrasi formalin dalam tubuh tinggi maka akan bereaksi secara kimia dengan hampir seluruh sel penyusun tubuh, bahkan dapat mengakibatkan mutasi sel yang memicu berkembangnya kanker, setelah terakumulasi dalam waktu yang relatif lama dalam tubuh. (Cahyadi, 2006)

Dari sebuah penelitian diketahui bahwa paparan pada induk walaupun tidak mematikan sel, namun dapat menyebabkan perubahan atau transformasi sel sehingga terbentuk sel baru yang abnormal. Perubahan ini terutama karena rusaknya materi inti sel khususnya DNA dan kromosom. Perubahan ini berpotensi menyebabkan terbentuknya kanker pada sebagian individu terpapar atau penyakit hereditas pada keturunan mereka (Alatas, 2007). Hutahean (2007) menjelaskan efek toksikan pada embrio yang induknya telah terpapar juga dapat menyebabkan hambatan pertumbuhan dan gangguan fungsi fisiologis pada anak yang terlahir.

Efek kumulatif masuknya formalin ke dalam tubuh belum diketahui secara kasat mata. Hal tersebutlah yang menyebabkan kurangnya respon dari masyarakat mengenai bahaya penggunaan formalin sebagai bahan pengawet makanan yang sampai saat ini masih kontroversi antara pro dan kontra, terutama pada pengawetan ikan. Dampak toksisitas ikan berformalin terhadap fungsi tubuh masih belum diketahui secara pasti karena informasi mengenai dampak toksisitas terhadap fungsi tubuh masih terbatas. Oleh



karena itu diperlukan penelitian mengenai pengaruh paparan berulang ikan berformalin selama 1 bulan terhadap perubahan fisiologis hewan uji mencit jantan dari induk yang terpapar 3 bulan, dengan 0,2 ppm ikan nila berformalin sebagai suatu pendekatan untuk menggambarkan perubahan fisiologis mencit.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Penggunaan formalin sebagai bahan pengawet pada ikan akan menimbulkan dampak negatif bagi tubuh. Formaldehid merupakan zat pereduksi kuat. Saat formalin dipakai mengawetkan ikan, gugus aldehid spontan bereaksi dengan protein-protein dalam ikan. Ikan berformalin akan beracun jika di dalamnya mengandung sisa formaldehid bebas. Sisa formaldehid bebas (yang tidak bereaksi) hampir selalu ada dan sulit dikendalikan. Jika konsentrasi formalin dalam tubuh tinggi maka akan bereaksi secara kimia dengan hampir seluruh sel penyusun tubuh, bahkan dapat mengakibatkan mutasi sel yang nantinya akan memicu berkembangnya kanker setelah terakumulasi dalam waktu yang relatif lama dalam tubuh.

Dampak toksisitas ikan berformalin perlu diuji pada hewan mencit. Menurut Lu (1995), hewan ini digunakan karena mudah didapat, ukurannya kecil, mudah ditangani, dan data toksikologinya relatif lebih banyak. Selain itu Ghosh (1971) juga berpendapat bahwa hewan ini sensitif terhadap dosis zat yang rendah sehingga sering digunakan untuk penelitian efek toksik.

Dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa paparan berulang ikan berformalin 0,2 ppm selama 3 bulan sangat berpengaruh nyata terhadap perubahan fisiologis induk mencit. Dari data didapatkan perubahan fisiologis induk yang terpapar 3 bulan pada perlakuan ikan berformalin 0,2 ppm adalah: badan gemetar 4,2%; rambut berdiri 4,2%;

gerak memutar 12,5%; badan tidak seimbang 4,2%; tumor 8,3%; tumor pecah 4,2%; penurunan berat badan 4,2%.

Berdasarkan uraian diatas timbul suatu permasalahan, apakah ada efek pemberian asupan formalin pada ikan berformalin 0,2 ppm terhadap perubahan fisiologis hewan uji mencit (*Mus musculus*) jantan selama 1 bulan dari induk yang terpapar 3 bulan?

### **1.3. Hipotesa**

Paparan berulang ikan berformalin 0,2 ppm selama 1 bulan berpengaruh terhadap perubahan fisiologis mencit jantan dari induk yang telah terpapar 3 bulan.

### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian formalin dalam ikan berformalin pada konsentrasi 0,2 ppm selama 1 bulan terhadap kerusakan fisiologis mencit jantan dari induk yang telah terpapar 3 bulan.

### **1.5. Kegunaan Penelitian**

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada pemerintah pusat atau daerah, lembaga penelitian, lembaga perlindungan konsumen dan konsumen guna mengenal serta mengetahui efek toksikan (racun) dari mengkonsumsi ikan berformalin khususnya terhadap fisiologi manusia dan gen penerusnya.

### **1.6. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biomolekuler Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang pada bulan Januari – Februari 2007.





## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Ikan nila merupakan ikan air tawar yang memiliki bentuk tubuh agak memanjang dan pipih ke samping, warnanya putih kehitam-hitaman, dan makin ke bagian perut makin terang. Pada bagian perut terdapat sepuluh buah garis vertikal berwarna hijau kebiru-biruan sedangkan pada sirip ekor terdapat delapan buah garis mellintang yang ujungnya berwarna kemerah-merahan. Mata ikan nila tampak menonjol agak besar dan dipinggirnya berwarna kebiru-biruan. Mulut terminal, linea lateralis terputus menjadi dua bagian dan bentuk sirip stenoit (Murtidjo, 2001).

Menurut Suyanto (1997), ikan nila terkenal sebagai ikan yang sangat tahan terhadap perubahan lingkungan hidup. Habitat atau lingkungan hidup nila yaitu danau, waduk, rawa, sawah, dan perairan tawar lainnya. Selain itu nila mampu hidup pada perairan yang bersifat payau misalnya tambak dengan salinitas maksimum 29 % (Santoso, 1996). Pada habitat alami ikan nila bersifat pemangsa segala jenis tumbuh-tumbuhan atau hancuran sampah yang ada dalam air. Oleh karena itu ikan nila termasuk ikan jenis omnivora (Rukmana, 1997).

Ditinjau dari segi komoditas budidaya, ikan nila memiliki prospek pasar yang cukup tinggi. Selain mempunyai spesifik rasa, padat dagingnya, mudah disajikan dalam berbagai menu, juga harganya relatif murah sehingga terjangkau oleh masyarakat luas. Terlebih kini *fillet* nila merupakan komoditas ekspor yang mulai diminati oleh negara-negara importir khususnya Amerika Serikat, sebagai alternatif sumber protein non-

kelesterol (Anonymous, 2005a). Komposisi kimia ikan nila menurut Dolaria (2003) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Ikan Nila

Komposisi Kimia	Jumlah
Protein	20,10 %
Lemak	2,20 %
Abu	1,00 %
Air	76,80 %

Sumber: Dolaria (2003)

## 2.2 Formalin

### 2.2.1 Karakteristik Formalin

Formalin adalah nama dagang dari larutan formaldehid dalam air dengan kadar antara 10%-40% (Juwandarto, 2006). Dalam air, formaldehida mengalami polimerisasi, sedikit sekali yang ada dalam bentuk monomer  $\text{H}_2\text{CO}$ . Umumnya, larutan ini mengandung beberapa persen metanol untuk membatasi polimerisasinya (Anonymous, 2006<sup>c</sup>). Formalin yang biasa ditambahkan dalam makanan mengandung gas formaldehid 30-50%, dimana untuk stabilitas dalam larutan tersebut ditambahkan metanol 10-15%. Formalin memiliki bau yang menyengat. Senyawa ini termasuk golongan aldehyd yang paling sederhana karena hanya mempunyai satu atom karbon ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) (Widyaningsih dan Murtini, 2006).

Meskipun formaldehid menampilkan sifat kimiawi seperti pada umumnya aldehyd, senyawa ini lebih reaktif daripada aldehyda lainnya. Formaldehid merupakan elektrofil, bisa dipakai dalam reaksi substitusi aromatik elektrofilik dan senyawa aromatik serta bisa mengalami reaksi adisi elektrofilik dan alkena. Karena keadaannya katalis basa, formaldehid bisa mengalami reaksi Cannizaro menghasilkan asam format

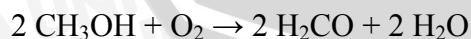


dan metanol. Formaldehid bisa membentuk trimer siklik, 1,3,5-trioksan atau polimer linier polioksimetilen. Formasi zat ini menjadikan tingkah laku gas formaldehid berbeda dari hukum gas ideal, terutama dalam tekanan tinggi atau udara dingin. Formaldehid bisa dioksidasi oleh oksigen atmosfer menjadi asam format, karena itu larutan formaldehid harus ditutup serta diisolasi supaya tidak kemasukan udara. Dalam udara bebas formaldehid berada dalam wujud gas, tapi bisa larut dalam air. Dalam air formaldehid mengalami polimerisasi sedikit sekali yang ada dalam bentuk monomer  $\text{H}_2\text{CO}$  (Anonymous, 2006a). Struktur bangun dari formaldehid dapat dilihat pada gambar 1. berikut:



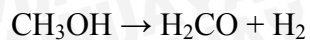
Gambar 1. Struktur kimia formaldehida (Harrison, 2005)

Secara industri, formaldehid dibuat dari oksidasi katalitik metanol. Katalis yang paling sering dipakai adalah logam perak atau campuran oksida besi dan molibdenum serta vanadium. Dalam sistem oksida besi yang lebih sering dipakai (proses Formox), reaksi metanol dan oksigen terjadi pada  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan menghasilkan formaldehida, berdasarkan persamaan kimia :



Katalis yang menggunakan perak biasanya dijalankan dalam hawa yang lebih panas, kira-kira  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ . dalam keadaan begini, akan ada dua reaksi kimia sekaligus yang

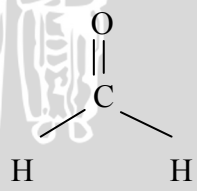
menghasilkan formaldehida: satu seperti yang di atas, sedangkan satu lagi adalah reaksi dehidrogenasi :



Bila formaldehida ini dioksidasi kembali, akan menghasilkan asam format yang sering ada dalam larutan formaldehid dalam kadar ppm. Di dalam skala yang lebih kecil, formalin bisa juga dihasilkan dari konversi etanol, yang secara komersial tidak menguntungkan (Anonymous, 2006a).

Formaldehid murni (kadar 100%) sangat langka di pasar. Karena ia berwujud gas tak berwarna dan berbau sangat tajam, dengan titik didih dan titik leleh  $-21$  dan  $-92$  derajat Celsius (Nurachman, 2005). Formaldehid sangat beracun dan menyebabkan iritasi selaput lendir pada pernapasan atas, mata, juga kulit. Ia juga dapat mengakibatkan reaksi alergi, kerusakan ginjal, kerusakan gen, dan mutasi yang dapat diwariskan. Sifat-sifat fisik dan kimia Formaldehid dapat dilihat dalam Tabel 2.

Table 2. Sifat-sifat fisik dan kimia Formaldehid

1. Rumus kimia dan rumus bangun	1. $\text{H}_2\text{CO}$ 
2. Nama sistematis	1. Metanal
3. Nama lain formalin	2. Formol, Morbucid, Methanal, Formic aldehyde, Methyloxide, Trioxane, Oymethylene, Methylene glycol
4. Rumus molekul	4. $\text{CH}_2\text{O}$
5. Masa molar	5. 30,03 g/mol
6. Warna	6. gas tidak berwarna
7. Densitas dan fase	7. 1 g/m <sup>3</sup> , gas
8. Kelarutan dalam air	8. >100 g/ 100 ml (20 <sup>o</sup> C)
9. Dalam eter, benzene, pelarut organik	9. larut
10. Dalam kloroform	10. tidak larut
11. Titik leleh	11. $-117^{\circ}\text{C}$ (156 K)

12. Titik didih	12. -19,3°C (253,9 K)
-----------------	-----------------------

Sumber : Anonymous (2006b).

Sifat formalin mudah menguap, pada temperatur kamar (bau merangsang yang tidak enak), dapat larut didalam air. Zat ini dapat dioksidasi, direduksi, mengadisi dan dapat membentuk alkohol sekunder. Pada pengawetan jenazah dia bersifat mengubah protein menjadi zat yang kenyal dan padat

Formalin tidak dapat digunakan bersamaan dengan amonnia, gelatin, fenol, dan zat oksidator. Untuk menjaga kualitasnya larutan ini harus disimpan dalam tempat yang hangat (diatas 15 °C) pada tekanan udara yang cukup tinggi dan jauhkan dari cahaya. Endapan kecil berwarna putih dapat terbentuk jika disimpan pada tempat yang dingin

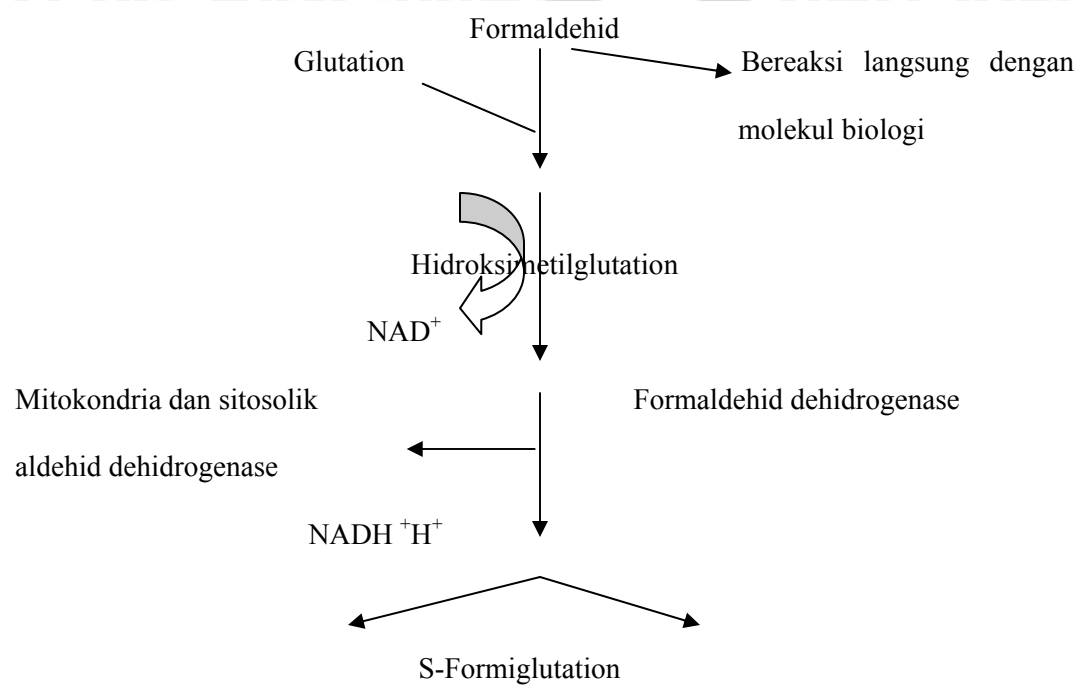
### 2.2.2 Formalin Dalam Tubuh

Dalam jumlah sedikit, formalin akan larut dalam air serta akan dibuang ke luar bersama cairan tubuh. Sehingga formalin sulit dideteksi keberadaannya di dalam darah. Imunitas tubuh sangat berperan dalam berdampak tidaknya formalin di dalam tubuh. Jika imunitas tubuh rendah atau mekanisme pertahanan tubuh rendah, sangat mungkin formalin dengan kadar rendah pun bisa berdampak buruk terhadap kesehatan. Secara mekanik integritas mukosa (permukaan) usus dan peristaltik (gerakan usus) merupakan pelindung masuknya zat asing masuk ke dalam tubuh. Secara kimiawi asam lambung dan enzim pencernaan menyebabkan denaturasi zat berbahaya tersebut. Secara imunologik sIgA (sekretori Immunoglobulin A) pada permukaan mukosa dan limfosit pada lamina propia dapat menangkal zat asing masuk ke dalam tubuh. (Judarwanto, 2006).



Di dalam tubuh formaldehida bisa menimbulkan terikatnya DNA oleh protein sehingga mengganggu ekspresi genetic yang normal. Formalin mempunyai Berat molekul 30 dengan Rumus molekul CHO, kerana kecilnya molekul formalin maka hal tersebut memudahkan absorpsi dan distribusi ke dalam tubuh (Anonim, The complete Drug References, 2005). Gugus karbonil yang dimilikinya sangat aktif dan dapat bereaksi dengan gugus NH<sub>2</sub> dari protein yang ada pada tubuh membentuk senyawa yang mengendap (Anonim he marck Index 12, 1996). Enzim, hormone atau reseptor adalah protein tertier/kwarter yang jika bereaksi dengan karbonil dari formaldehid dapat menyebabkan hilangnya sifat spesifiknya. Metabolit yang terdapat pada RNA dan DNA pun akan dapat berikatan dengan gugus karbonil formaldehid yang mengakibatkan cacatnya gen akibat jangka panjangnya adalah terjadinya kanker (Anonim 2005, WHO 2006).

Metabolisme formaldehid menjadi asam format terjadi pada semua jaringan tubuh. Formaldehid akan dioksidasi menjadi asam format, asam format dioksidasi lebih lanjut menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Asam format juga dikeluarkan melalui urin. Degradasi formaldehid dalam tubuh dapat dilihat pada Gambar 2.

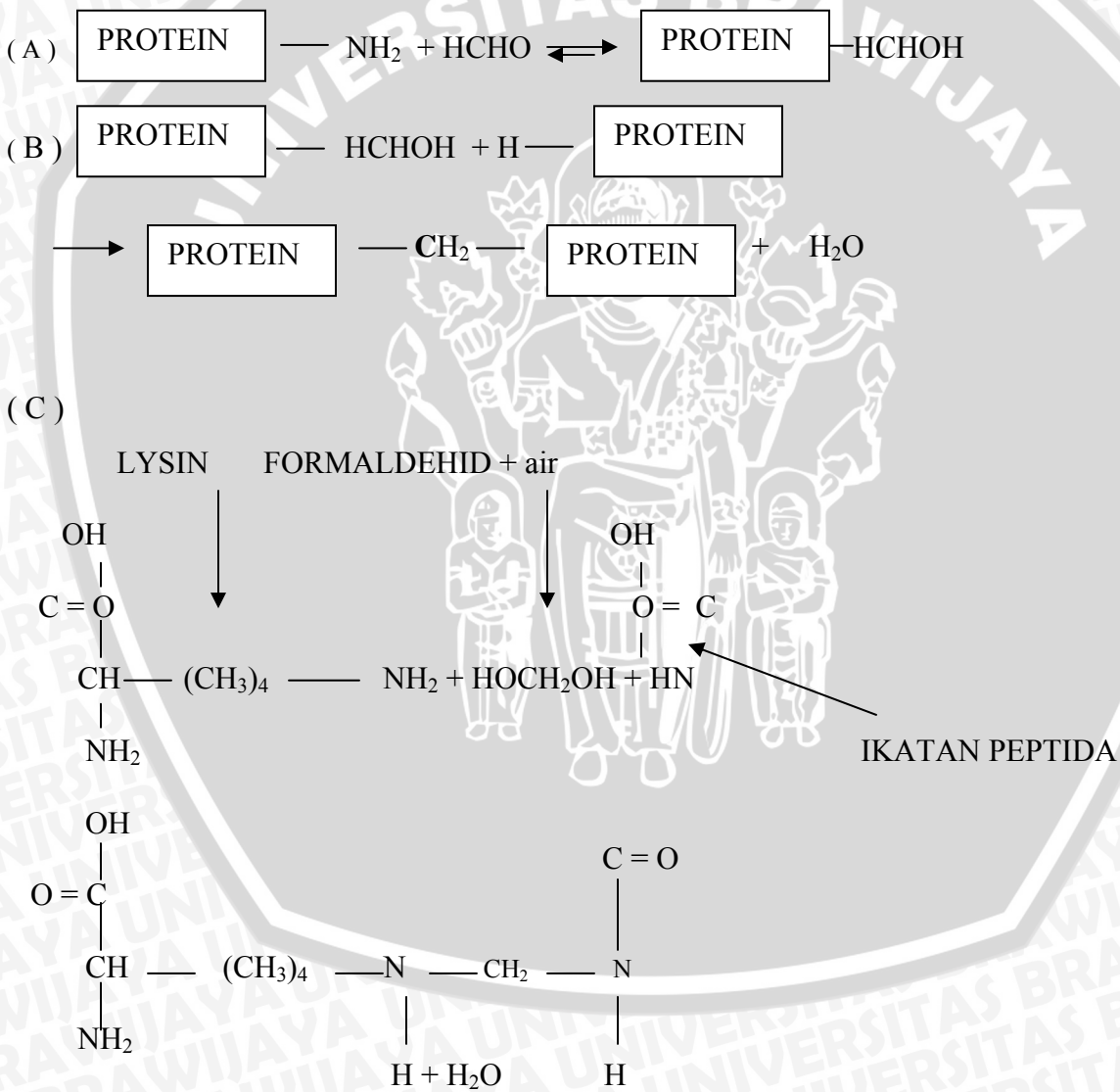


Gambar 2. Degradasi Formaldehid dalam tubuh (IARC, 2005)

Dikatakan oleh Heck dan Casanov (1984), glutation diperlukan untuk mengoksidasi formaldehid menjadi asam format. Formaldehid dehidrogenase adalah enzyme yang berperan dalam degradasi formaldehid. Enzim ini tersebar dalam semua jaringan, khususnya pada mukosa ( IARC, 2005).

### 2.2.3 Reaksi Formaldehid dengan Protein

Kelompok formaldehid dapat bergabung dengan nitrogen dan beberapa atom protein lainnya yang berdekatan. Mereka dapat membentuk ikatan silang yang disebut *Jembatan Methylene*. Ikatan silang pada protein dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Ikatan silang lisin dengan formaldehid (Kiernan, 2007)



Sebagian besar ikatan silang sering dibentuk oleh susunan formaldehid dalam atom nitrogen yang terakhir dari lisin, atom nitrogen dari ikatan peptida. Susunan tersebut membuat lapisan luar keras sebanding dengan kerasnya jaringan akibat dari fiksatif. Fiksasi formaldehid mungkin akan bereaksi dengan protein. Awal formalin mengikat sebagian besar protein akan sempurna dalam waktu 24 jam tetapi proses ikatan jembatan methylene berjalan lambat. Zat seperti karbohidrat, lemak, dan asam nukleat adalah dijebak dalam ikatan silang protein tetapi secara kimia tidak berubah oleh formaldehid kecuali melalui proses fiksasi dan itupun dalam waktu yang lama yaitu beberapa minggu. Pada reaksi formaldehid dengan protein yang diserang pertama kali adalah gugus amina pada posisi dari lisin diantara gugus-gugus polar dari peptidanya. Formaldehid selain menyerang gugus  $e\text{-NH}_2$  dari lisin juga menyerang residu tirosin dan histidin. Pengikatan formaldehid pada gugus dari lisin berjalan lambat dan merupakan reaksi yang serah, sedangkan ikatannya dengan I gugus amino bebas berjalan cepat dan merupakan reaksi bolak-balik.

Formaldehid akan bereaksi dengan DNA atau RNA sehingga data informasi genetic menjadi kacau. Akibatnya penyakit-penyakit genetic baru mungkin akan muncul. Bila gen-gen rusak itu diwariskan maka akan terlahir generasi dengan cacat gen. tambahan lagi, bila sisi aktif dari protein-protein vital dalam tubuh dimatikan oleh formaldehid, maka molekul-molekul itu akan kehilangan fungsi dalam metabolisme. Akibatnya kegiatan sel akan terhenti. Sifat merusak ini terletak pada gugus aldehid. Gugus ini bereaksi dengan gugus amina pada protein (Nurachman, 2005).

#### 2.2.4 Efek Paparan Formalin

Formalin diketahui sebagai zat beracun, karsinogen (pemicu kanker) dan mutagen (menyebabkan perubahan sel dan jaringan tubuh). Jika kandungannya dalam tubuh tinggi, akan bereaksi secara kimia dengan hampir semua zat di dalam sel sehingga menekan fungsi sel dan menyebabkan kematian sel yang menyebabkan keracunan pada tubuh. Dalam jangka pendek, hal ini bisa mengakibatkan gejala berupa muntah, diare, dan kencing bercampur darah dan kematian yang disebabkan adanya kegagalan peredaran darah. Sementara untuk jangka panjang, akumulasi formaldehid yang berlebih dapat mengakibatkan iritasi lambung, gangguan fungsi otak dan sumsum tulang belakang. Bahkan, fatalnya dapat mengakibatkan kanker (Widjaja, 2006).

Saat formalin dipakai mengawetkan makanan, gugus aldehyd spontan bereaksi dengan protein-protein dalam makanan. Jika semua formaldehid habis bereaksi sifat racun formalin akan hilang. Namun dalam makanan berformalin hampir selalu ada sisa formaldehid bebas. Formaldehid bebas yang tidak mengalami metabolisme akan terikat secara stabil dengan makromolekul seluler protein DNA yang dapat berupa ikatan silang (*Cross linked*). Ikatan silang formaldehid dengan DNA dan protei ini diduga bertanggung jawab atas terjadinya kekacauan informasi genetik dan konsekuensi lebih lanjut seperti terjadi mutasi genetik dan sel kanker (Cahyadi, 2006).

Formalin terbukti bersifat karsinogen atau menyebabkan kanker pada hewan percobaan, yang menyerang jaringan permukaan rongga hidung. Bila dilihat dari respon tubuh manusia terhadap efek formalin, dampak yang sama juga dapat terjadi. Secara intrasel, paparan akut formalin pada hewan percobaan menyebabkan perlemakan hati dan degerasi sel, sedangkan paparan kronis menyebabkan menurunnya kadar elektrolit intra

dan ekstra sel, disintegrasi sel, meningkatkan kekentalan darah dan meningkatnya jumlah sel darah merah yang immatur. Uap formalin dapat membuat mata pedih menyebabkan lakrimasi atau pengeluaran air mata yang terus-menerus, terjadi kerusakan pada mata bila paparan akut. Kontak dengan saluran pernapasan akan mengakibatkan batuk kering, penyempitan saluran napas, dan serangan asma. Menghisap uap ini pada kadar rendah sekitar 1 ppm menyebabkan rasa tidak enak dan iritasi pada selaput lendir saluran napas. Sedangkan paparan uap formalin pada kadar yang tinggi menyebabkan sakit kepala, mual-mual, rasa lemah, pupil mata melebar, sesak napas, rasa terbakar dikerongkongan, bronkhitis, pembengkakan paru-paru, kegagalan fungsi hati yang menyebabkan kuning pada kulit, kegagalan fungsi ginjal menyebabkan turunnya kadar proteinalbumin, keasaman darah meningkat serta kejang bila paparan akut dapat berujung kematian (Fatimah, 2006).

Dampak formalin terhadap tubuh memang mengkhawatirkan apabila asupan yang diterima tubuh berlebih. Wulan (2005) menjelaskan, dampak formalin atau bahan pengawet mayat yang terakumulasi dalam tubuh yang tidak dapat diketahui secara langsung mengakibatkan masyarakat mengabaikan bahaya pemakaian bahan kimia ini. Formalin dapat mengakibatkan iritasi pada saluran pernapasan, serta mengganggu fungsi hati, ginjal, dan sistem reproduksi. Ambang batas kadar formalin yang dapat ditolerir oleh tubuh adalah 0,2 miligram per kilogram berat badan.

## **2.6 Mencit (*Mus musculus*) Sebagai Hewan Percobaan**

Mencit (*Mus musculus*) merupakan hewan yang umum digunakan dalam penelitian. Mencit laboratorium mempunyai ukuran kecil, mudah ditenakan, harganya murah, mudah dipegang, serta sensitive terhadap dosis zat yang rendah. Hewan ini sering



digunakan untuk penelitian efek toksik (Ghosh, 1971). Biasanya hewan ini digunakan secara ekstensif sebagai hewan percobaan untuk penelitian biomedik dan imunologi. Hewan ini banyak digunakan karena sifat-sifatnya mempunyai angka fertilitas tinggi, masa menyusu/gestasi yang pendek, kemudahan penanganan, memiliki daya tahan/*susceptibility* terhadap penyakit genetik atau non infeksi yang dapat menyerang manusia. Penentuan kecukupan nutrisi bagi mencit merupakan masalah yang cukup menantang karena luasnya variasi genetiknya dalam spesies serta perbedaan kriteria dalam penyusunan diet (Anonymous, 1995).

Mencit termasuk dalam genus *Mus*, subfamily *Murinae*, family *Muridae*, order *rodentia*. Mencit yang sudah dipelihara di laboratorium sebenarnya masih satu famili dengan mencit liar. Sedangkan mencit yang paling sering dipakai untuk penelitian biomedis adalah *Mus musculus*. Berbeda dengan hewan-hewan lainnya, mencit tidak memiliki kelenjar keringat. Pada umur empat minggu berat badannya mencapai 18-20 gram. Jantung terdiri dari empat ruang dengan dinding atrium yang tipis dan dinding ventrikel yang lebih tebal. Peningkatan temperatur tubuh tidak mempengaruhi tekanan darah, sedangkan frekuensi jantung cardiac output berkaitan dengan ukuran tubuhnya. Hewan ini memiliki karakter yang lebih aktif pada malam hari daripada siang hari. di antara spesies-spesies hewan lainnya. Mencitlah yang paling banyak digunakan untuk tujuan penelitian medis (60-80%) karena murah dan mudah berkembangbiak (Kusumawati, 2004). Adapun data biologi mencit terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Biologi Mencit (Fox (1984) dalam Kusumawati (2004))

Keterangan	Jumlah
Berat badan (g) :	
Jantan	20-40
Betina	18-35
Lama hidup (tahun)	1-3
Temperatur tubuh (°C)	36,5
Kebutuhan air	ad libitum
Kebutuhan makanan (g/hari)	4-5
Pubertas (hari)	28-49
Lama kebuntingan (hari)	17-21
Mata membuka (hari)	12-13
Umur disapih	21 hari
Umur dewasa	35 hari
Kecepatan tumbuh	1 g/hari
Jumlah anak	rata-rata 6, bisa 15
Berat lahir	0,5-1,0 gram
Umur dikawinkan	8 Minggu
Tekanan darah :	
Sistolik (mmHg)	133-160
Diastolik (mmHg)	102-110
Frekuensi respirasi (per menit)	163
Tidal volume (ml)	0,18 (0,09-0,38)

Diantara spesies-spesies hewan lainnya, mencitlah yang paling banyak digunakan untuk tujuan penelitian medis (60-80%) karena murah dan mudah berkembang biak (Kusumawati, 2004). Sedangkan menurut Lu (1995), hewan ini digunakan karena mudah didapat, ukurannya kecil, mudah ditangani, dan data toksikologinya relatif lebih banyak. Selain itu penetapan toksisitas pada hati sering merupakan penelitian jangka pendek dan jangka panjang yang biasanya dilakukan pada mencit. Adapun data hematologi mencit terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hematologi Mencit (Mitruka (1981) dan Loeb (1989) dalam Kusumawati (2004))

Keterangan	Jumlah
Eritrosit (RBC) x (10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> )	6,86-11,7
Hemoglobin (g/dl)	10,7-11,5
MCV (μ <sup>3</sup> )	47,0-52,0
MCH (μ μg)	11,1-12,7
MCHC (%)	22,3-31,2
Hematokrit (PCV) (%)	33,1-49,9
Leukosit (WBC) (x 10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	12,1-15,9
Neutrofil (x 10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	1,87-2,46
Eosinofil (x 10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	0,29-0,41
Basofil (x 10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	0,06-0,01
Limfosit (x 10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	8,70-12,4
Monosit (x 10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	0,30-0,55
Glukose (mg/dl)	62,8-176
BUN (mg/dl)	13,9-28,3
Kreatinine (mg/dl)	0,30-1,00
Bilirubin (mg/dl)	0,10-0,90
Kolesterol (mg/dl)	26,0-82,4
Total protein (g/dl)	4,00-8,62
Albumin (g/dl)	2,52-4,84
SGOT (IU/I)	23,2-48,4
SGPT (IU/I)	2,10-23,8
Alkaline fosfatase(IU/I)	10,5-27,6
Laktik dehidrogenase (IU/I)	75-185





### 3. MATERI DAN METODE

#### 3.1. Materi Penelitian

##### 3.1.1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat yang digunakan untuk pemeliharaan mencit terdiri dari kandang mencit yang terbuat dari bak plastik dilengkapi dengan tutup yang terbuat dari anyaman kawat. Botol minuman terbuat dari bahan gelas yang pada bagian mulutnya disumbat karet dan bagian tengahnya diberi lubang untuk meletakkan pipa yang berguna untuk pengeluaran air. Alat untuk menimbang berat badan mencit adalah timbangan digital. Alat untuk pengambilan darah dan pembedahan mencit terdiri dari tabung ependorf, gunting, spuit, pinset, dan tabung film. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk memisahkan serum dengan darah antara lain sentrifuse, mikropipet, dan pipet pastur.

##### 3.1.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi hewan percobaan yaitu mencit (*Mus musculus*) jantan, ikan nila, formalin 37%, pelet dan sekam. Bahan kimia yang diperlukan meliputi bahan-bahan untuk analisa SGOT, SGPT, kreatinin. Bahan analisa SGOT meliputi larutan buffer substrat 100ml mol/L, buffer fosfat 7,4 100ml/L L-aspartat, 2m mol/L 2-oksoglutarat, 1,5 m mol/L 2,4 dinitrofenil hidrazin, larutan sodium hidroksid, 0,4 mol/L sodium hidroksid, larutan standar (2m mol/L sodium piruvat). Bahan untuk analisa kreatinin meliputi asam pikrat jenuh, NaOH 10%, Air (H<sub>2</sub>O)14 ml, Asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 2/3 N, Na-woframat 10%.

### 3.2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dan eksperimen. Dimana dalam metode eksperimen subyek penelitian dipisahkan sama sekali dari lingkungan alamiah mereka dan dimasukkan ke dalam situasi yang secara penuh berada dalam kendali peneliti. Tujuan dari penelitian eksperimen adalah untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan kausal (sebab akibat) antara variabel bebas dan terikat. Variabel bebas dikontrol dan dimanipulasi oleh peneliti sedangkan variabel terikat dibiarkan bervariasi (Azwar,1998).

#### 3.2. 1. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimental laboratorium menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan menggunakan 6 kali ulangan . Sebagai kelompok ulangan adalah ulangan yang masing-masing terdiri dari 9 mencit. Perlakuan yang dicobakan adalah 0,2 ppm ikan; 0,2 ppm formalin; dan 0,2 ppm ikan berformalin; serta K = tanpa perlakuan (Kontrol). Bentuk rancangan penelitian terlihat pada Tabel. 5.

Tabel 5. Rancangan Percobaan Paparan Ikan Berformalin Selama 1 Bulan

Perlakuan	Ulangan					
	U1	U2	U3	U4	U5	U6
Kontrol (K)						
0.2 ppm ikan						
0.2 ppm formalin						
0.2 ppm ikan berformalin						



### 3.2.2 Variabel

Variabel merupakan segala sesuatu yang akan menjadi obyek penelitian. Variabel dibedakan menjadi variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang dipilih sebagai variabel yang sengaja dipelajari pengaruhnya terhadap variabel terikat, sedangkan variabel terikat adalah variabel yang menjadi pusat persoalan (Suryasubrata, 1989).

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsentrasi formalin, ikan nila berformalin, dan ikan nila yang masing-masing konsentrasinya 0,2 ppm. Sedangkan variabel terikatnya adalah kondisi observasi klinis mencit yang meliputi jumlah kematian mencit, gejala klinis mencit, klinis organ mencit yang mati, serta uji pada hepar dan ginjal.

### 3.2.3. Prosedur Penelitian

Sebelum percobaan, mencit diaklimasi terlebih dahulu selama satu minggu. Mencit dipastikan dalam keadaan sehat dan selama pemeliharaan mencit diberi perlakuan sesuai komposisi standar yang biasa dilakukan di laboratorium. Mencit yang digunakan adalah mencit dewasa jantan yang berumur sekitar 8 minggu dengan berat badan  $20g \pm 30g$ . Setelah masa adaptasi selesai selanjutnya diperlakukan dengan mencekok ikan, formalin dan ikan berformalin dengan dosis 0,2 ppm. Volume cekok yang diberikan berdasarkan berat badan. Volume cekok yang diberikan pada mencit adalah sebagai berikut :

$$\text{Formalin } 0,2 \text{ ppm} = \frac{0,2 \text{ mg}}{1000.000 \text{ mg}}$$

$$= 0,0002 \text{ gr/Kg}$$

$$\text{Berat rata-rata mencit (20 gr)} = \frac{20 \text{ gr} \times 0,0002 \text{ gr}}{1000 \text{ gr}}$$

$$= 4 \times 10^{-6} \text{ gr}$$

$$\text{Volume cekok mencit (20gr)} = 4 \times 10^{-3} \text{ mg}$$

$$\text{BJ Formalin} = 1,08$$

$$\text{miligram formalin} = \text{mililiter}$$

$$\text{Volume cekok mencit (20gr) } 0,2 \text{ ppm} = 4 \times 10^{-3} \text{ ml}$$

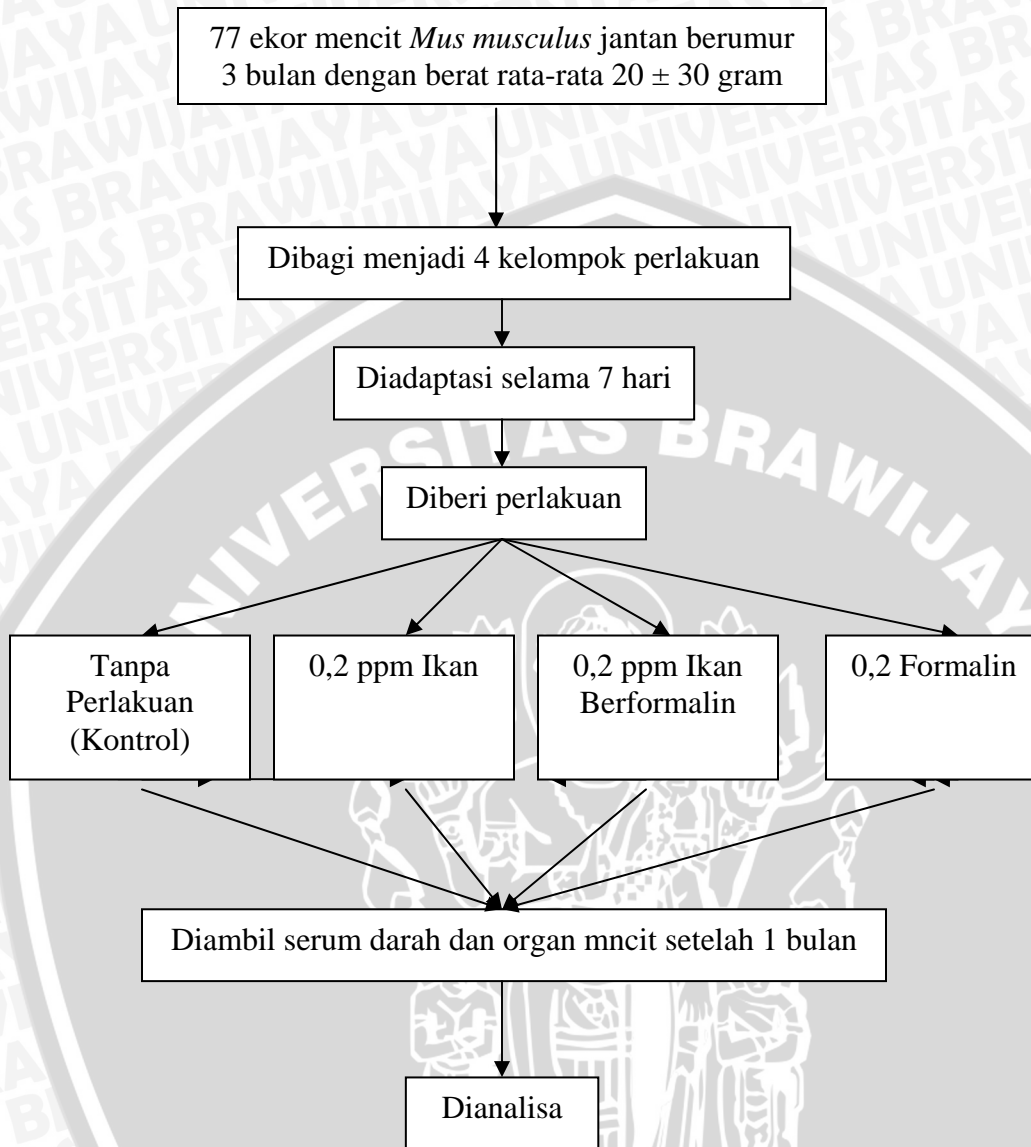
$$= 0,004 \text{ ml}$$

Karna hasil volume cekok 0,2 ppm terlalu kecil, maka diencerkan menjadi 0,02 ppm sehingga volume cekok yang dihasilkan adalah 0,04 ml. Dengan menggunakan rumus pengenceran sebagai berikut :

$$V_1 K_1 = V_2 K_2$$

Dimana V = Volume cekok (ml)  
K = Konsentrasi (ppm)

Masa pemberian perlakuan dilakukan selama 1 bulan. Selama periode ini berat badan mencit ditimbang dan diamati observasi klinisnya. Adapun pembuatan dosis perlakuan dapat dilihat pada lampiran 1 sedangkan skema kerja penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema kerja penelitian

Setelah mencit diperlakukan sesuai dengan kelompoknya, maka dilakukan pengambilan darah dan analisis serum darah. Sebelum diambil darahnya mencit dipuasakan dahulu kurang lebih 12 jam. Pengambilan darah tikus dilakukan lewat jantung



dengan menggunakan spuit. Selanjutnya darah ditampung dalam tabung ependorf . Darah selanjutnya disentrifuse dengan kecepatan 1000 rpm selam 20 menit. Kemudian serum diambil sebagai sampel untuk dianalisa SGOT, SGPT, kretainin, albumin dan globulin.

### 3.2.4 Pengumpulan Data

Prosedur yang dilakukan dalam pengambilan data adalah sebagai berikut :

#### 1. *Penimbangan berat badan*

Penimbangan dilakukan setiap hari menggunakan timbangan elektrik. Adapun cara penimbangan adalah sebagai berikut : Timbangan diletakkan di tempat yang datar. Kemudian timbangan dikalibrasi dengan cara meletakkan boks tempat mencit diatas tempat timbangan dan memutar angka timbangan pada posisi nol. Setelah itu mencit-mencit ditimbang dan hasil penimbangan dibulatkan tanpa koma.

#### 2. *Pengamatan Observasi klinis*

Pengamatan ini dilakukan setiap hari untuk mengetahui kondisi fisik mencit. Adapun kondisi mencit yang diamati antara lain gejala klinis mencit meliputi penurunan berat badan, rambut berdiri, tumor, badan bergetar, badan tak seimbang.

#### 3. *Fungsi hati test*

Pemeriksaan gangguan fungsi jaringan hati dapat dilakukan dengan :

- Uji SGOT (Serum Glutamat Oksaloasetat Transaminase)
- Kerusakan fungsi jaringan hati dengan uji ini biasanya digunakan untuk mengetahui adanya nekrosis dalam hati. Cara pengujian SGOT dengan metode Kolorimetri dan Frankel dapat dilihat pada Lampiran 2.
- Uji SGPT (Serum Glutamat Piruvat Transaminase).

- Pengujian kadar SGPT biasanya digunakan untuk mengetahui adanya cedera hati.

Cara pengujian SGPT menggunakan metode Kolorimetri dan Frankel dapat dilihat pada Lampiran 3.

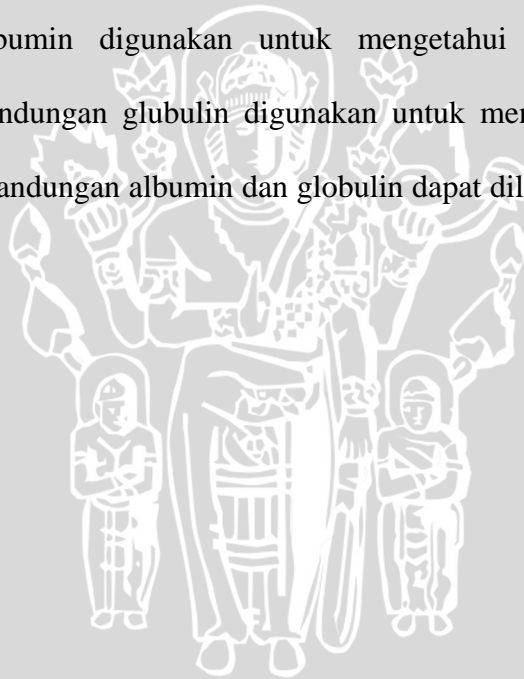
#### 4. Fungsi ginjal test

Untuk mengetahui adanya gangguan fungsi pada ginjal dilakukan uji kreatinin serum. Adapun cara penentuan kreatinin serum dalam darah dengan metode Jaffe dapat dilihat pada Lampiran 4.

#### 5. Uji globulin dan albumin

Pengujian kadar albumin digunakan untuk mengetahui adanya gangguan metabolik dan pengujian kandungan glubulin digunakan untuk mengetahui kerusakan kronik. Prosedur pengujian kandungan albumin dan globulin dapat dilihat pada Lampiran

5.



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 F1 (Turunan Induk) Mencit

Susunan morfologi dan biokimia sistem biologi dari F1 (keturunan) ditentukan oleh induk dari masing-masing anggota individu. Sistem genetika secara keseluruhan pada setiap individu dipindahkan pada keturunannya lewat sistem reproduksi. Sepanjang siklus reproduksi pada induk untuk menghasilkan F1 (keturunan), toksikan dapat bekerja langsung pada sistem reproduksi atau secara tidak langsung lewat organ endrokrin tertentu. Dalam sistem reproduksi betina untuk menghasilkan F1 (keturunan), masa oosit dan telur dalam ovariumlah yang rentan dipengaruhi oleh toksikan. Biasanya telur yang telah dibuahi yang dipengaruhi secara langsung atau tidak langsung melalui pengrusakan terhadap rahim. Sedangkan pada masa embriologi, pada tahap embrio dan tahap janinlah yang rentan terhadap toksikan.

Pada tahapan embrio, sebagian besar organogenesis terjadi, akibatnya embrio sangat rentan terhadap efek teratogen. Periode ini biasanya berakhir setelah beberapa waktu, yaitu pada hari ke 10 sampai hari ke 14 pada hewan pengerat. Sedangkan pada tahapan janin, teratogen tidak mungkin menyebabkan cacat morfologik, tetapi dapat mengakibatkan kelainan fungsi karena pada masa ini ditandai dengan perkembangan dan pematangan fungsi (Lu, 1995).

Sebaliknya, pada mencit jantan, kerentanan masa reproduksi terhadap toksikan dapat diminimalisir karena testis mengandung enzim yang dapat mengaktifkan dan mendetoksifikasi. Selain itu ada sistem perbaikan DNA yang efisien dalam sel spermatogenikpra-meiosis, tetapi tidak ada dalam spermatid dan spermatozoa (Lu, 1995). Lu (1995) juga menambahkan pada tikus jantan pengaruh toksikan baru terlihat pada



periode spermatogenesis (60-80 hari). Sedangkan pada tikus betina, toksikan sudah terlihat pada masa perkembangan telur (16 hari). Sehingga pada masa embriologi mencit betina lebih rentan terpapar toksikan daripada mencit jantan.

Ketidaknormalan yang dinyatakan sebagai perubahan morfologi atau kemampuan yang berubah untuk mengatur sintesis protein mengawali terjadinya mutasi (Loomis, 1978). Mutasi (gen yang berubah) dapat mempengaruhi kemampuan F1 dalam melakukan fungsi vitalnya. Mutasi genetika pada sel dapat menyebabkan kekurangan jumlah atau kekurangsempurnaan molekul enzim atau protein nirenzim. Loomis (1978) menambahkan bahwa suatu mutasi dapat disebabkan oleh paparan sel reproduktif dengan radiasi energi tinggi dengan formaldehida. Hal tersebut berkaitan dengan kemampuannya untuk mengakibatkan ketidaknormalan yang nyata pada organisme biologi, gen, yang dimutasikan mungkin bersifat dominan atau pasif. Adapun data persentase kelahiran F1 dan kematian induk dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8 dibawah ini :

**Tabel 7. Persentase Kleahiran dan Kematian Anak Mencit (F1) Dari Induk yang Terpapar 0.5 Ppm Ikan Nila Berformalin 3 Bulan**

Paparan	Perlakuan	$\Sigma$ induk bunting	$\Sigma$ anak mencit	Rata-rata anak/kelahiran	$\Sigma$ anak mencit mati	% kematian anak mencit	$\Sigma$ anak mencit hidup	% anak mencit hidup
3 bulan	Kontrol	4	42	10.5	1	2.4	41	97.6
	0.5 IF	9	53	5.9	26	49	37	51

**Tabel 8. Persentase Kehidupan dan Kematian Induk Mencit Betina**

Paparan	Perlakuan	$\Sigma$ Induk	$\Sigma$ Induk mati	Persentase kematian	$\Sigma$ Induk hidup	Persentase mencit hidup
3 bulan	Kontrol	8	0	0	8	100
	0.5 IF	14	2	14.29	12	85.72

Efek toksikan mencit betina yang terpapar 0,5 ppm ikan berformalin selama 1 bulan dari induk yang terpapar 0,5 ppm ikan berformalin selama 3 bulan secara umum memiliki perbedaan respon yang lebih spesifik daripada induknya. Suatu zat kimia berkeja sebagai mutagen (mutasi genetik) bila kinerjanya dapat mengubah sifat genetika sel. Pada keadaan tersebut terjadi perubahan kimia molekul DNA sehingga sifat genetika sel anak berubah (Ariens, *et al.*, 1986).

## 4.2 Analisa Deskriptif

Dari hasil observasi deskriptif mencit betina yang terpapar 0,5 ppm ikan berformalin selama 1 bulan secara oral dari induk yang terpapar 3 bulan didapatkan data respon toksikan observasi klinis yang lebih tinggi daripada induknya namun tingkat kematian dan observasi makroskopis organ yang lebih rendah. Donatus (2001) menjelaskan bahwa respon toksik yang timbul sebagai akibat aksi racun, terwujud sebagai perubahan atau kekacauan biokimia, fungsional maupun struktural dengan sifat tertentu.

### 4.2.1 Observasi Klinis Mencit

Pengamatan secara umum observasi klinis hewan uji F1 mencit betina yang diberi paparan ikan berformalin dengan konsentrasi 0,5 ppm menunjukkan beberapa tingkat keabnormalitas dan respon yang lebih spesifik dengan persentase yang lebih tinggi daripada induknya. Berdasarkan observasi klinis F1 mencit betina yang terpapar selama 1 bulan, diperoleh data yang dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut :

**Tabel 9. Persentase Gejala Klinis Mencit Betina selama 1 Bulan**

Perlakuan	Mata berair	Gerak memutar	Lemas	Rambut berdiri	Penurunan berat badan
Kontrol	0	0	0	0	0
0,5 ppm IF	0	0	5,55%	33,33%	5,55%



Berdasarkan tabel di atas terlihat dengan adanya gejala klinis berupa rambut berdiri 33,33 %, tubuh lemas 5,55 % dan penurunan berat badan 5,55 %. Gejala klinis rambut berdiri diduga bahwa formaldehid diserap oleh sel jaringan rambut. Menurut Lu (1995) suatu zat kimia dapat diserap lewat folikel rambut atau kelenjar-kelenjar keringan disekitar rambut sehingga mempengaruhi sistem saraf. Pada folikel terdapat jaringan saraf dan otot polos (*arecto pili*) yang dapat menarik semua rambut ke atas (Republika, 2003). Respon abnormal yang menyebabkan rambut berdiri diduga karena formaldehid bereaksi dengan DNA protein membentuk crosslinks sehingga menyebabkan kekacauan dalam sistem saraf pada folikel rambut yang menyebabkan rambut berdiri. Gejala klinis rambut berdiri dapat dilihat pada Gambar 12.

Pada gejala klinis lemas diduga karena formaldehid dapat menyebabkan iritasi pada organ pencernaan sehingga penyerapan nutrisi sebagai bahan dasar pembentukan energi terganggu. Selain itu hal tersebut juga dikarenakan nafsu makan mencit berkurang akibat kontak langsung formaldehid dengan cairan mukosa organ pencernaan yang menyebabkan asupan nutrisi berkurang. Menurunnya asupan nutrisi dan berkurangnya kualitas dan kuantitas penyerapan nutrisi dapat mengakibatkan pembentukan energi terganggu, sehingga menyebabkan badan mencit lemas.



**Gambar 13. Gejala Klinis Badan Lemas**



Sedangkan pada observasi klinis penurunan berat badan, selain diduga akibat nafsu makan turun yang dapat berakibat pada malnutrisi sehingga berat badan menurun, juga dapat disebabkan adanya mutasi gen (mutasi titik). Mutasi gen (mutasi titik) dapat mengakibatkan merubahnya urutan asam amino pada protein, dan dapat mengakibatkan berkurangnya, berubahnya atau hilangnya fungsi enzim (Anonymous, 2007). Perubahan fungsi enzim tersebut disinyalir sebagai asal muasal terganggunya fungsi metabolisme dalam tubuh yang dapat menyebabkan malnutrisi. Akibat adanya malnutrisi, dalam rangka mempertahankan hidupnya, sel mengalami atrofi sebagai bentuk mekanisme adaptasi sel, sehingga semua seluruh jaringan sel dalam tubuh mengalami penurunan ukuran maupun jumlah sel sehingga berat badan menjadi turun.

Dibandingkan dengan induknya data respon toksikan observasi klinis lebih tinggi namun variasi respon toksikannya lebih rendah. Hal tersebut diduga karena adanya efek penumpukan toksik pada tubuh mencit akibat paparan berulang selama 1 bulan ditambah lagi dengan efek paparan berulang selama 3 bulan dari induknya yang diduga menyebabkan mutasi genetic yang diwariskan. Donatus (2001) menjelaskan bahwa efek penumpukan toksikan dalam gudang penyimpanannya secara perlahan dapat terlepas ke sirkulasi dan meningkatkan kadarnya yang ada didalam cairan tubuh sehingga meningkatkan efek respon.

#### 4.2.2 Kematian Mencit

Persentase kematian mencit merupakan petunjuk tingkat toksisitas suatu toksikan.

Persentase kematian mencit dapat dilihat pada Tabel 10 sebagai berikut :

**Tabel 10. Persentase Jumlah Kematian Mencit Selama 1 Bulan**

Perlakuan	Kematian (%)
Kontrol	0 %
0,5 ppm ikan berformalin	0 %

Berdasarkan tabel di atas persentase kematian mencit yang terpapar selama 1 bulan adalah 0 % atau diasumsikan tidak ada kematian. Sedangkan pada induk yang terpapar selama 3 bulan persentase kematiannya sebesar 14,3 %. Perbedaan tersebut diduga karena adanya sistem perbaikan DNA (*DNA-repaired*) pada F1, sehingga dapat memperbaiki rusaknya DNA yang mengakibatkan mutasi sel yang diduga terjadi pada F1 (keturunan). Selain itu hal tersebut juga diduga karenakan tingginya tingkat toleransi toksikan pada mencit terhadap formaldehid karena mutasi induknya. Menurut Loomis (1978) toleransi diartikan sebagai kemampuan makhluk hidup tertentu untuk memperlihatkan respon yang kurang terhadap dosis khas zat kimia daripada yang diperlihatkan sebelumnya dengan dosis yang sama. Secara luas toleransi diakibatkan karena adanya gangguan translokasi zat kimia, misalnya gangguan absorpsi atau distribusi atau meningkatnya ekskresi atau perubahan metabolik zat kimia dalam organisme. Loomis (1978) juga menambahkan berbagai perubahan dalam berbagai proses metabolik pada organisme tertentu yang terjadi secara genetika dapat mengakibatkan perlindungan organisme tersebut dari efek berbahaya suatu zat kimia.

#### 4.2.3 Observasi Makroskopis Organ

Sedangkan persentase hasil observasi makroskopis yang dilakukan pada F1 mencit betina yang terpapar selama 1 bulan diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 11 sebagai berikut :

**Tabel 11. Persentase Observasi Makroskopis Organ Mencit**

Perlakuan	Jenis kelainan (%)			
	Lambung	Usus	Hati	Ginjal
Kontrol	0	0	0	0
0,5 ppm Ikan Berformalin	0	0	0	0

Berdasarkan tabel di atas, secara makroskopis tidak ada observasi organ karena tidak ada tingkat kematian pada mencit. Hal tersebut diduga karena proses perbaikan DNA (*DNA-repaired*) dan tingginya tingkat toleransi mencit akibat mekanisme adaptasi. Penyebab toleransi adalah meningkatnya kecepatan metabolisme dari suatu zat, namun penyebab utamanya adalah terjadinya adaptasi dari sel-sel sistem syaraf terhadap daya kerja suatu zat sebagai respon biokimiawi (Tjay dan Rahardja, 1978).

### 4.3 Berat Organ

Pemeriksaan berat organ merupakan salah satu pemeriksaan pasca mati dan harus diukur karena merupakan indikator yang berguna untuk mengetahui toksisitas toksikan. Banyak zat kimia menjalani biotransformasi metabolik di dalam tubuh. Tempat yang terpenting dalam proses tersebut adalah hati, lambung, usus, ginjal, kulit dan paru-paru (LU, 1995). Data berat organ mencit betina setelah perlakuan terdapat pada Tabel 12 sebagai berikut :

**Tabel 12. Rerata Berat Organ Mencit setelah Perlakuan**

Parameter uji	Kontrol	0,5 ppm ikan berformalin
Lambung (g/bb)	0,58	0,46
Usus (g/bb)	3,28	3,63
Hati (g/bb)	1,10	0,95
Ginjal (g/bb)	0,25	0,23

#### 4.3.1 Lambung

Toksikan dapat masuk keseluruh saluran pencernaan bersama makanan dan air minum atau secara sendiri sebagai zat kimia lain. Zat kimia yang amat merangsang mukosa tidak menimbulkan efek tosik kecuali kalau mereka diserap. Lambung merupakan tempat penyerapan yang penting, terutama untuk asam-asam lemah yang akan berada dalam



bentuk non ion yang larut lipid dan mudah berdifusi (Lu, 1995). Kerusakan organ lambung dapat ditandai dengan perubahan secara makroskopis berat organ. Rerata berat lambung ditunjukkan pada Tabel 13 sebagai berikut :

**Tabel 13. Rerata Berat Lambung (g/bb)**

Perlakuan	Rerata ± SD (g/bb)	Notasi
Kontrol	0,58±0,1893	a
0,5 ikan berformalin	0,46± 0,0792	a

Berdasarkan tabel diatas rerata berat lambung mencit setelah perlakuan 0,5 ppm ikan beformalin sebesar 0.46 g/bb sedangkan pada kontrol 0.58 g/bb. Dari hasil yang didapatkan menunjukkan rerata berat lambung pada perlakuan lebih rendah daripada kontrol. Hal tersebut didga akibat asupan formaldehid yang toksik sehingga mengakibatkan berat organ lambung mengalami keabnormalan berupa penyusutan jumlah maupun ukuran sel (*atrofi*).

Berdasarkan uji t berpasangan menunjukkan bahwa perlakuan tidak berbeda nyata ( $p>0.05$ ). Hal tersebut diduga selain karena pengaruh waktu paparan 0.5 ppm ikan berformalin selama 1 bulan, sehingga relatif lebih singkat daripada induknya juga karena efek *DNA-repaired* dari mutasi genetik yang diturunkan induknya. Lu (1995) menambahkan bahwa efek toksikan dapat berpulih (*reversiblle*) bila tubuh terpajan pada kadar yang rendah atau untuk waktu yang singkat.

#### 4.3.2 Usus

Usus merupakan organ penyerapan makanan penting dalam tubuh (Loomis, 1978). Pertambahan berat organ merupakan indikator kerusakan organ (Lu, 1995). Usus merupakan tempat utama masukan dan juga merupakan tempat ekskresi, ini meliputi

ekskresi melalui empedu yang berasal dari sel-sel hati (Baron, 1984). Dalam usus terjadi berbagai macam absorpsi antara lain absorpsi air, absorpsi ion dan absorpsi gizi (monosakarida dan sedikit disakarida, asam amino, monogliserida dan asam lemak bebas (Guyton, 1983). Menurut hasil uji t berpasangan menunjukkan bahwa perlakuan paparan selama 1 bulan terhadap mencit tidak berbeda nyata ( $p>0.05$ ). Menurut Lu (1995) toksikan tidak mempengaruhi organ secara merata. Pada umumnya, mekanisme yang mendasari adalah lebih peka suatu organ atau besar tidaknya kadar bahan kimia atau metabolitnya di organsasaran. Kadar yang lebih tinggi dapat meningkat pada berbagai keadaan rerata berat usus mencit dapat dilihat pada Tabel 14.

**Tebel 14. Rerata Berat Usus (g/bb)**

<b>Perlakuan</b>	<b>Rerata <math>\pm</math> SD (g/bb)</b>	<b>Notasi</b>
Kontrol	3.28 $\pm$ 0.531	a
0.5 ppm ikan berformalin	3.63 $\pm$ 0.357	a

Berdasarkan tabel diatas rerata berat usus mencit setelah perlakuan 0.5 ppm ikan berformalin sebesar 3.63 g/bb sedangkan pada kontrol 3.28 g/bb. Dari hasil yang didapatkan menunjukkan rerata berat usus pada perlakuan 0.5 ikan berformalin lebih besar daripada kontrol. Hal tersebut diduga karena formaldehid menimbulkan iritasi dan dapat menghasilkan banyak gas dalam saluran cerna sehingga menimbulkan pembengkakan (Schulte, *et al.*, 2006).

#### **4.3.3 Hati**

Hati terlibat dalam metabolitme zat makanan serta sebagian besar zat toksikan. Berat organ hati merupakan petunjuk yang sangat peka pada efek toksiknya. Meski suatu efek tidak selalu menunjukkan toksisitas, dalam kasus tertentu peningkatan berat hati

merupakan kriteria paling peka untuk toksisitas (Lu, 1995). Rerata berat hati mencit dapat dilihat pada Tabel 15.

**Tabel 15. Rerata Berat Hati**

<b>Perlakuan</b>	<b>Rerata ± SD (g/bb)</b>	<b>Notasi</b>
Kontrol	1.10±0.1615	a
0.5 ppm ikan berformalin	0.95±0.1574	b

Berdasarkan tabel di atas rerata berat hati mencit setelah perlakuan 0.5 ppm ikan berformalin sebesar 0.95 g/bb sedangkan pada kontrol 1.10 g/bb. Dari hasil yang didapatkan menunjukkan rerata berat hati pada perlakuan lebih rendah dari pada kontrol. Hal tersebut diduga karena adanya indikasi efek toksik sehingga berat hati mengalami keabnormalan penyusutan ukuran maupun jumlah sel (*atrofi*) sebagai bentuk mekanisme adaptasi sel untuk mempertahankan hidup. Hal tersebut diduga selain karena efek toksik juga dikarenakan efek mutasi genetik yang diturunkan induk kepada F1 mencit betina yang bersifat negatif sehingga berat organ hati menyusut sebagai indikasi efek toksik pada lambung meningkat. Menurut Donatus (2001) bahwa dampak negatif dari cacat genetik dapat terjadi akibat penumpukkan racun. Donatus (2001) juga menambahkan bahwa penumpukkan racun akibat akibat dari tidak sempurnanya atau tidak adanya sistem enzim metabolisme suatu racun terjadi bila yang bersifat toksik adalah zat kimia induk dari racun tersebut.

Hasil berpasangan uji t menunjukkan bahwa perlakuan selama 1 bulan terhadap mencit betina dari induk yang terpapar 3 bulan tersebut berbeda nyata ( $P < 0.05$ ) terhadap perubahan berat hati. Hal tersebut diduga karena berdasarkan satuan berat volume, aliran darah di hati cukup tinggi. Akibatnya organ tersebut paling banyak terpajan toksikan.



Lagipula fungsi metabolisme dan ekskresi pada hati cukup besar sehingga sangat peka terhadap toksikan. Selain itu hati merupakan tempat utama biotransformasi sehingga sangat rentan terhadap pengaruh toksikan (Lu, 1995).

Dari perbandingan antara data induk dan mencit yang terpapar selama 1 bulan diketahui terdapat perbedaan yang signifikan. Pada hasil analisa ragam induk tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata ( $p < 0.05$ ), sedangkan pada F1 mencit betina dengan menggunakan uji t diketahui berbeda nyata. Hal tersebut diduga karena mencit betina yang terpapar selama 1 bulan memiliki efek nirpulihan (*irreversible*) pada hati akibat mutasi sel akibat paparan dengan kadar yang tinggi dan waktu yang lama. Menurut Lu (1995), efek nirpulihan (*irreversible*) dapat dihasilkan pada pajanan dengan kadar yang lebih tinggi atau waktu yang lama.

Selain itu hal tersebut bisa diduga karena pengaruh mutagen pada induknya. Mutasi genetik pada mencit yang bersifat negatif. Menurut Donatus (2001) dampak negatif dapat terjadi karena penumpukan atau perpanjangan aksi racun akibat cacatnya sistem enzim permetabolisme xenobiotika ataupun perubahan kerentanan tempat aksi racun. Donatus (2001) menambahkan bahwa mutasi genetik dalam suatu jenis makhluk hidup dapat menyebabkan kekurangan jumlah atau kekurangsempurnaan molekul enzim atau protein nirenzim.

#### 4.3.4 Ginjal

Ginjal adalah organ sasaran utama dari efek toksik dan merupakan organ yang lebih peka terhadap toksikan karena ginjal memiliki fungsi metabolisme dan ekskresi yang lebih tinggi, mengkonsentrasikan toksikan pada filtrat, membawa toksikan melalui sel tubulus, kemudian menonaktifkan toksikan tertentu (lu, 1995). Berdasarkan hasil penelitian rerata berat ginjal mencit dapat dilihat pada Tabel 16. sebagai berikut :

**Tabel 16. Rerata Berat Ginjal**

Perlakuan	Rerata $\pm$ SD (g/bb)	Notasi
Kontrol	0.25 $\pm$ 0.0186	a
0.5 ppm ikan berformalin	0.23 $\pm$ 0.01367	a

Rerata berat ginjal kontrol 0.25 g/bb dan perlakuan 0.23 g/bb. Dari data diketahui rerata perlakuan lebih rendah daripada kontrol. Hal tersebut diduga akibat efek toksikan yang mengakibatkan keabnormalitasan berupa penyusutan berat organ baik jumlah maupun ukuran sel (*atrofi*) sebagai bentuk mekanisme adaptasi sel. Hasil berpasangan uji t menunjukkan bahwa perlakuan selama 1 bulan terhadap mencit betina dari induk yang terpapar selama 3 bulan tidak berbeda nyata ( $p > 0.05$ ). Hal tersebut diduga karena kemampuan kompensasi ginjal yang sangat tinggi yang dimana salah satu fungsi ginjal adalah mengekskresikan xenobiotik dan metabolisemenya. Lu (1995) menjelaskan bahwa setelah beberapa perubahan yang cukup penting pada fungsi dan morfologi ginjal, organ tersebut dapat mengkompensasi dan tetap berfungsi secara normal.

Selain hal tersebut juga dapat diduga karena mencit betina memiliki efek DNA repaired sehingga sanggup berpulih (*reversible*). Menurut Lu (1995) efek toksik disebut berpulih (*reversible*) jika efek itu dapat hilang dengan sendirinya karena tubuh terpajan pada kadar yang rendah atau untuk waktu yang singkat.;

#### 4.4 Kimia darah

Rasio kadar zat kimia di dalam jaringan dengan kadarnya di dalam darah pada waktu tertentu akan melambangkan suatu indeks keefektifan atau kekurangefektifan membran untuk mempengaruhi translokasi senyawa tersebut (Loomis, 1978). Kimia darah yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah serum darah meliputi : tes fungsi hati

meliputi : SGOT (*serum glutamic oxaloacetic transaminase*), SGPT (*serum glutamic piruvat transaminase*), albumin dan globulin; tes fungsi ginjal yaitu kadar kreatinin dan kadar formaldehid dalam serum darah serta tes kadar formaldehid dalam serum darah. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh rerata hasil pengujian kimia darah dapat dilihat pada Tabel 17. sebagai berikut :

**Tabel 17. Data Analisa Kimia Darah Mencit yang Terpapar 1 Bulan**

Perlakuan	Parameter Uji					
	Kreatinin	SGOT	SGPT	Albumin	Globulin	Formaldehid
Kontrol	0.34	271.33	96.67	3.10	3.05	0.0001270
0.5 ppm IF	0.31	194.33	75.33	2.75	2.85	0.0002442

#### 4.4.1 SGOT (*Serum Glutamic Oxaloacetic Transaminase*)

Kenaikan kadar transaminase serum merupakan petunjuk paling peka dari nekrosis sel-sel hati (Soemoharjo, *dkk.*, 1983). Rerata kadar SGOT dapat dilihat pada Tabel 18. berikut ini :

**Tabel 18. Rerata Kadar SGOT Serum**

Perlakuan	Rerata ± SD (U/I)	Notasi
Kontrol	271.3±27.1	a
0.5 ppm ikan berformalin	194.3±43.2	b

Berdasarkan hasil uji t berpasangan menunjukkan bahwa perlakuan berbeda nyata ( $p < 0.05$ ). Adanya kenaikan kadar SGOT diduga karena terjadi infeksi hati sehingga enzim-enzim yang terdapat pada organ hati akan bercampur dalam darah pada perlakuan ikan berformalin. Dimana organ hati memiliki fungsi sebagai alat pendetoksifikasi yang utama



dalam tubuh. Price dan Wilson (1989) fungsi hati dalam detoksifikasi, bertanggung jawab atas biotransmormasi zat-zat yang berbahaya menjadi zat-zat yang tidak berbahaya kemudian diekskresi oleh ginjal.

Rerata kadar SGOT darah mencit yang dihasilkan setelah perlakuan 194.33 U/I. Sedangkan terhadap kontrol 271.33 U/I. Dari hasil yang didapatkan menunjukkan perlakuan lebih rendah daripada kontrol. Menurut Linawati dkk (2006) perubahan biokikimiawi karena kerusakan hati diwujudkan dengan adanya kenaikan aktivitas *glutamat oksaloasetat transminase* (SGOT) sebesar 10-150 kali harga normal.

Hal tersebut diduga karena adanya efek toksik berupa keabnormalitasan penurunan fungsi enzim yang menyebabkan penurunan kadar SGOT dalam darah. Penurunan enzim ini diduga akibat penumpukan racun pada mencit yang terpapar 1 bulan dan induknya yabng terpapar 3 bulan yang mengakibatkan mutasi gen yang menurun. Donataus (2001) menjelaskan penumpukan atau perpanjangan aksi racun diakibatkan karena cacatnya sistem enzim permetabolisme xenobiotika ataupun perubahan kerentanan tempat aksi racun.

#### 4.4.2 SGPT (*Serum Glutamic Piruvat Transaminase*)

Setiap peradangan hati dapat menyebabkan peningkatan SGPT (Spiritia, 2005). Rerata SGPT pada serum mencit dapat dilihat pada Tabel 19. berikut :

**Tabel 19. Rerata Kadar SGPT Serum**

Perlakuan	Rerata $\pm$ SD (U/I)	Notasi
Kontrol	96.7 $\pm$ 12.5	a
0.5 ppm ikan berformalin	75.3 $\pm$ 25.4	a

Rerata SGPT darah mencit yang dihasilkan setelah perlakuan 75.33 U/I sedangkan terhadap kontrol 96.67 U/I. Dari hasil yang didapatkan menunjukkan rerata perlakuan lebih

rendah daripada kontrol. Menurut Linawati dkk (2006) perubahan biokimiawi karena kerusakan hati diwujudkan dengan adanya kenaikan aktivitas glutamat piruvat transminase (GPT) sebesar 20-200 kali. Hal tersebut hampir sama dengan SGOT yaitu diduga karena penurunan fungsi enzim akibat penumpukkan racun mencit yang terpapar 1 bulan dan mutasi sel induknya terpapar 3 bulan yang mengakibatkan cacat genetik yang menurun.

Berdasarkan hasil uji t berpasangan menunjukkan bahwa perlakuan tidak berbeda nyata ( $p>0.05$ ). padahal menurut analisa ragam, perlakuan 0.5 ppm ikan berformalin pada induk sangat berpengaruh nyata terhadap SGPT. Hal tersebut diduga karena paparan 0.05 ikan berformalin yang terlalu singkat jika dibandingkan induknya. Dalam penelitian ini mencit betina hanya terpapar selama 1 bulan, sedangkan induknya terpapar selama 3 bulan. Lu (1995) menambahkan bahwa efek toksikan dapat berpulih bila tubuh terpajan pada kadar yang rendah atau waktu yang singkat.

Selain itu hal tersebut bisa diduga karena pengaruh mutasi genetik pada induknya. Menurut Ariens (1986) suatu zat kimia bekerja sebagai mutasi genetik bila zat tersebut mengubah sifat genetika sel. Pada keadaan tersebut terjadi perubahan kimia molekul DNA yang dapat merubah sifat DNA sehingga sifat genetika sel anak berubah. Efek senyawa mutagen hanya terjadi bila dua individu dengan mutasi yang sama menyilang. Sedangkan pada penelitian ini hanya induk betina yang terpapar ikan nila berformalin, indukan jantan tidak terpapar sehingga perbedaan pengaruh antara induk dan anaknya juga diduga bahwa mutasi genetik yang menurun dapat bersifat resesif pada turunannya.

#### **4.4.3 Albumin**

Hasil uji t berpasangan menunjukkan bahwa perlakuan paparan terhadap mencit berbeda nyata ( $p<0.05$ ). Sedangkan rerata albumin pada perlakuan adalah 2.75 g/dl dan

kontrol 3.10 g/dl. Rerata kadar albumin dalam serum terdapat pada Tabel 20 sebagai berikut :

**Tabel 20. Rerata Kadar Albumin**

Perlakuan	Rerata $\pm$ SD (g/dl)	Notasi
Kontrol	3.10 $\pm$ 0.0942	a
0.5 ppm ikan berformalin	2.75 $\pm$ 0.0950	a

Berdasarkan hasil rerata tersebut dapat diketahui bahwa rerata perlakuan lebih rendah dari kontrol. Hal tersebut diduga karena terganggunya sintesis albumin yang memerlukan asam-asam amino pada mencit yang terkena paparan ikan berformalin. Meskipun demikian, kadar albumin semua perlakuan masih pada taraf normal. Menurut Kusumawati (2004), kadar albumin mencit normal berkisar antara 2,52-4,84 g/dl.

#### 4.4.4 Globulin

Peningkatan kadar globulin dalam tubuh diduga disebabkan adanya infeksi dalam tubuh yang memacu pembentukan sistem imun. Perubahan tersebut tergantung pada parah dan lamanya penyakit hati. Rerata kadar globulin serum terdapat pada Tabel 21. sebagai berikut:

**Tabel 21. Rerata Kadar Globulin**

Perlakuan	Rerata $\pm$ SD (g/dl)	Notasi
Kontrol	3.05 $\pm$ 0.1232	a
0.5 ppm ikan berformalin	2.85 $\pm$ 0.2007	a



Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa rerata kadar globulin perlakuan adalah 2.85 g/dl dan kontrol 3.05 g/dl. Dari data diketahui rerata kadar globulin dalam serum mencit lebih rendah daripada kontrol. Namun batasannya masih dalam taraf normal. Dalam Medlineplus (2007), kadar globulin dalam serum normal adalah 2.00-3.5 g/dl.

Berdasarkan hasil uji t berpasangan menunjukan bahwa paparaan 0.5 ppm ikan berformalin tidak berbeda nyata ( $p>0.05$ ). sedangkan pada induknya menurut analisa ragam memberikan pengaruh yang nyata. Hal tersebut selain dikarenakan lamanya pajanan F1 yang lebih singkat daripada induk juga diduga akibat mutasi genetik yang bertindak secara resesif sebab pada induk hanya induk betina yang terpapar, sedangkan induk jantan tidak terpapar.

#### 4.4.5 Kadar Kreatinin (Tes Fungsi Ginjal)

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan bahwa kadar kreatinin darah pada perlakuan 0.31 mg/dl sedangkan pada kontrol 0.34 mg/dl. Hasil uji t berpasangan menunjukkan bahwa perlakuan tidak berbeda nyata ( $p<0.05$ ). rerata kadar kreatinin setiap perlakuan ditunjukkan pada tabel 22 sebagai berikut

**Tabel 22. Rerata Kadar Kreatinin**

Perlakuan	Rerata $\pm$ SD (mg/dl)	Notasi
Kontrol	0.34 $\pm$ 0.0141	a
0.5 ppm ikan berformalin	0.31 $\pm$ 0.0383	a

Berdasarkan tabel diatas kadar kratinin kontrol lebih besar daripada perlakuan. Menurut Mitruka (1981) dan Loeb (1989) dalam Kusumawati (2004), kadar kreatinin mencit normal berkisar antara 0.30-1.00 mg/dl. Sehingga batasan pada perlakuan maupun kontrol tersebut dalam masih dalam batas normal.

#### 4.4.6 Formaldehid dalam Darah

Berdasarkan analisa statistik uji t berpasangan terhadap kandungan formalin dalam serum darah mencit, diperoleh hasil bahwa perlakuan berbeda nyata ( $p < 0.05$ ). rerata kadar formaldehid dalam serum tercantum dalam Tabel 23 sebagai berikut

**Tabel 23. Rerata Kadar Formaldehid dalam Darah**

Perlakuan	Rerata $\pm$ SD (mg/dl)	Notasi
Kontrol	0.000127 $\pm$ 0.000027	a
0.5 ppm ikan berformalin	0.000244 $\pm$ 0.000023	b

Pada dasarnya secara alami formaldehid memang sudah ada dalam metabolisme tubuh. Formalin dapat dengan cepat dimetabolisir menjadi asam format dalam jaringan tubuh, khususnya pada hati dalam sel dalam merah. Asam format kemudian dapat diekskresikan dalam bentuk karbon dioksida dan air atau dapat juga dikeluarkan lewat urine (IARC 2004). Namun formaldehid bebas yang tidak bereaksi justru merupakan toksik yang berbahaya dalam tubuh.

Berdasarkan data diketahui kadar formaldehid pada perlakuan lebih besar daripada kontrol. Hal tersebut diduga bahwa formaldehid yang terkandung dalam perlakuan tidak termetabolisme dengan sempurna sehingga masih terdapat formaldehid bebas dalam darah yang kemungkinan dapat bereaksi dengan protein dalam tubuh yang bisa menyebabkan berbagai macam tingkat keabnormalitasan formaldehid bebas yang tidak habis bereaksi dengan protein pada makanan akan bereaksi dengan gugus DNA atau RNA sehingga data informasi genetik menjadi kacau (Murrachman 2006). Keadaan ini diduga sebagai penyebab perubahan genetik fisiologis yang dapat diturunkan terhadap keturunannya karena perubahan genetik bersifat dapat diwariskan.





## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Pemberian perlakuan pada ginjal, lambung dan usus tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kenaikan berat organ. Sedangkan pemberian perlakuan pada hati memberikan pengaruh yang nyata terhadap kenaikan berat organ.
- Sedangkan pemberian perlakuan pada analisa kimia darah, pada uji SGPT, albumin, globulin dan kreatinin tidak memberikan pengaruh yang nyata, sedangkan pada formalin dan SGOT memberikan pengaruh yang nyata terhadap parameter uji analisa kimia darah mencit.

### 5.2 Saran

- Dihimbau pada masyarakat umum supaya tidak menggunakan formalin dengan dosis sekecil apapun sebagai pengawet makanan.
- Perlu dilakukan kajian dan penelitian tentang efek mutasi akibat paparan ikan berformalin dengan msa waktu yang lama (kronis) terutama dalam hubungannya dengan efek syaraf pada tubuh.