II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Medan Elektromagnetik

Medan elektromagnetik adalah medan yang terjadi akibat pergerakan arus listrik. Arus listrik statis hanya akan menghasilkan medan listrik. Apabila arus listrik tersebut bergerak akan dihasilkan pula medan magnet. Medan listrik juga dapat terbentuk akibat perubahan medan magnet. Medan magnet yang bergerak dapat menginduksi arus listrik bolak-balik atau dikenal dengan *alternating current* (AC) dan sebaliknya arus listrik ini juga dapat menghasilkan medan magnet. Interaksi antara medan listrik dan medan magnet tersebut menghasilkan medan elektromagnet. Jadi medan elektromagnet dihasilkan oleh medan listrik dan medan magnet (Anonim, 2009).

Medan elektromagnetik dapat dibedakan berdasarkan frekuensinya (Anonim, 2009) :

1. Medan elektromagnetik statik sebesar 0 Hertz (Hz). Sumbernya antara lain medan elektromagnet alam, MRI, elektrolisis industrial.

2. Medan elektromagnet *Extremely Low-Frequency* (ELF) sebesar 0 - 300 Hz. Terutama dihasilkan oleh alat listrik yang digunakan dalam keseharian.
3. Medan elektromagnet intermediate frequency sebesar 300 Hz - 1000 kilo Hertz (KHz). Sumbernya antara lain detektor metal, *hands free*, layar komputer, alat anti maling, dan alat sistem keamanan.
4. Medan elektromagnet *radio frequency* sebesar 100 KHz - 300 giga Hertz (GHz). Sumbernya antara lain gelombang televisi, radio, *microwave*, antena telepon selular dan radar.

Tabel 1. Karakteristrik Medan Listrik dan Medan Magnet (Anonim, 2009)

Medan Listrik	Medan Magnet
1. Medan listrik berasal dari tegangan listrik. Medan listrik tetap dapat dihasilkan walau tidak ada arus mengalir. Sehingga medan listrik tetap ada walaupun alat listrik dalam keadaan mati. 2. Kekuatan medan listrik diukur berdasarkan satuan volt per meter. 3. Kekuatan medan listrik semakin lemah bila semakin jauh dari sumbernya. 4. Kebanyakan material bangunan dapat menahan medan listrik dalam kekuatan tertentu.	1. Medan magnet berasal dari arus listrik. 2. Kekuatannya diukur berdasarkan satuan ampere per meter. Namun juga umunya dipakai satuan densitas fluks yaitu mikrotesla (μT) atau militesla (mT). 3. Medan magnet terjadi segera setelah medan listrik dinyalakan. 4. Kekuatan medan magnet semakin lemah bila semakin jauh dari sumbernya. 5. Kebanyakan material tidak memperlemah medan magnet.

Berdasarkan energi yang dimiliki, gelombang elektromagnetik dapat dibedakan menjadi radiasi pengion dan non pengion. Dikatakan radiasi pengion apabila energi yang dimiliki per kuantumnya mampu memecah ikatan antar molekul. Sebaliknya radiasi non pengion, tidak mampu memecah ikatan antar molekul (Anonim, 2009).

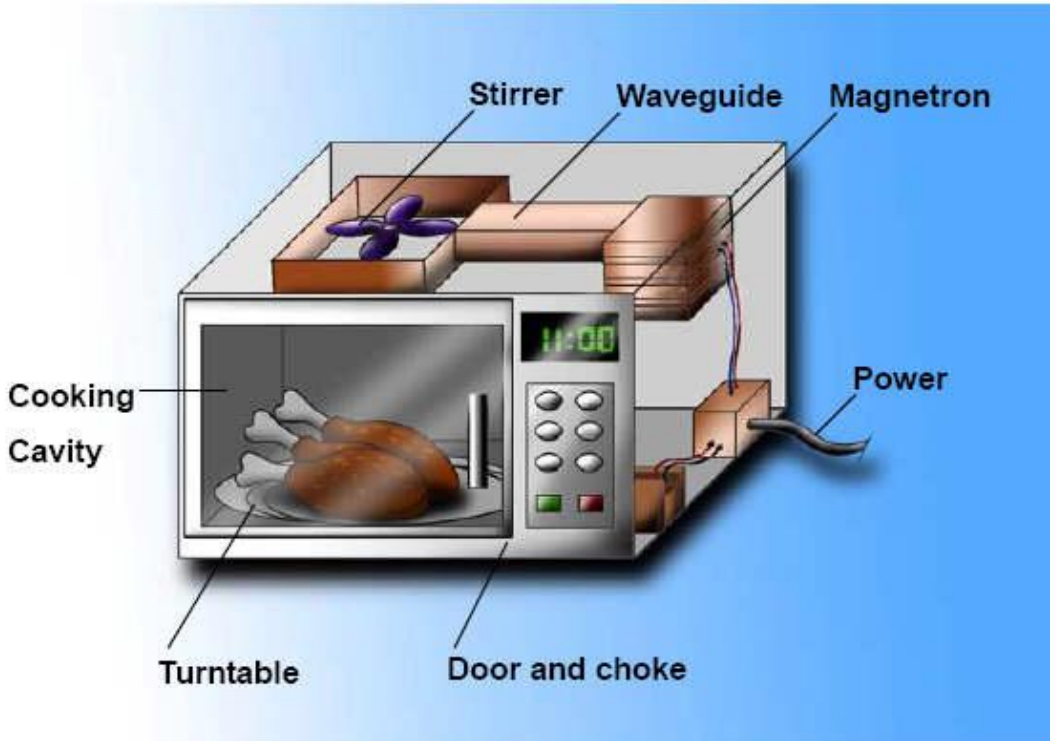
B. Microwave Oven

Microwave adalah sebuah peralatan dapur yang menggunakan radiasi gelombang mikro untuk memasak atau memanaskan makanan. *Microwave* bekerja dengan melewatkan radiasi gelombang mikro pada molekul air, lemak, maupun gula yang sering terdapat pada bahan makanan. Molekul-molekul ini akan menyerap energi elektromagnetik tersebut. Proses penyerapan energi ini disebut sebagai pemanasan dielektrik (*dielectric heating*). Molekul - molekul pada makanan bersifat elektrik dipol (*electric dipoles*), artinya molekul tersebut memiliki muatan negatif pada satu sisi dan muatan positif pada sisi yang lain. Akibatnya, dengan kehadiran medan elektrik yang berubah-ubah yang diinduksikan melalui gelombang mikro pada masing-masing sisi akan berputar untuk saling menyejajarkan diri satu sama lain. Pergerakan molekul ini akan menciptakan panas seiring dengan timbulnya gesekan antara molekul yang satu dengan molekul lainnya. Energi panas yang dihasilkan oleh peristiwa inilah yang berfungsi sebagai agen pemanasan bahan makanan di dalam dapur *microwave* (Surya, 2010).

Microwave adalah suatu istilah untuk mendefinisikan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi antara 300 MHz sampai 300 GHz terletak antara gelombang radio dan gelombang inframerah. Untuk keperluan industri, *Industrial Science and Medical Frequence* (ISM), memperbolehkan frekuensi tertentu agar tidak mengganggu frekuensi gelombang lainnya, karena *microwave* mendekati gelombang radio. Frekuensi 900 MHz dan 2450 MHz merupakan frekuensi yang umum digunakan di seluruh dunia, yang merupakan batas aman bagi manusia. *Microwave* merupakan suatu bentuk gelombang elektromagnet sebagai cahaya dan bergerak di udara setara dengan kecepatan cahaya (c = 2,9979 x 108 m/s) (Hartulistiyoso, 2001).

Microwave oven umumnya terdiri dari *Power supply, Magnetron, Wave guide, Stirrer, Turntable, Cooking cavity*, serta *Door and Choke*. *Power supply* mengontrol pemakaian tenaga listrik yang digunakan untuk menghidupkan *Microwave oven*. *Magnetron* adalah sejenis tabung hampa penghasil gelombang mikro. Fungsi *magnetron* adalah memancarkan gelombang mikro ke dalam *microwave*. *Wave guide* adalah sebuah pipa logam yang berfungsi sebagai penyalur *microwave* yang berasal dari magnetron menuju ruang pemasakan (*cooking cavity*). *Microwave* ini mempunyai tiga karakteristik. Pertama, gelombang ini mudah dipantulkan oleh logam. Kedua, gelombang ini dapat menembus bahan non logam tanpa harus memanaskan apalagi menghancurkannya. Ketiga, gelombang ini dapat diserap oleh air. (Food and Environmental Hygiene Department, 2005).

Stirrer atau pemutar biasanya digunakan untuk mendistribusikan gelombang mikro dari *wave guide* dan dapat menyeragamkan suhu pemanasan makanan. *Turntable* atau meja berputar memutar makanan di dalam ruang pemasakan sehingga pemanasan dengan *microwave* dapat terjadi secara merata di seluruh permukaan bagian makanan. Ruang pemasakan (*cooking cavity*) adalah sebuah ruang di dalam *microwave* yang berfungsi sebagai tempat pemasakan makanan. Pintu dalam *microwave* berfungsi untuk mencegah gelombang mikro keluar dan terekspos ke lingkungan (Surya, 2010). Struktur dasar *microwave oven* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Pemasakan dengan *Microwave Oven* (Guillen, 2011)

Energi *microwave* yang berasal dari magnetron dialirkan menuju *oven cavity* melalui bagian *wave guide*. Model pemutar menyebarkan energi *microwave* dapat bertambah atau berkurang di dalam *oven microwave*. Perubahan energi gelombang mikro menjadi panas dapat diketahui dari dua mekanisme, yaitu rotasi dua kutub (dipolar) dan konduksi ionik, sehingga hanya dua kutub dan molekul ionik yang dapat berinteraksi dengan gelombang mikro dan menghasilkan panas. Rotasi dua kutub terjadi apabila molekul yang mempunyai struktur dua kutub ditempatkan dalam medan osilasi listrik. Molekul tersebut akan mendapat energi rotasional sesuai dengan arah medan. Ketika medan tersebut dipasang, seluruh molekul akan berada sesuai dengan arah medan awal. Ketika medan dibalikkan maka molekul akan berputar terbalik dan menimbulkan tumbukan lebih lanjut dengan molekul yang ada di sekitarnya. Energi tumbukan ini akan menimbulkan peningkatan temperatur molekul (Guillen, 2011).

Pada saat gelombang mengenai bahan akan terjadi satu atau tiga kemungkinan yaitu 1) energi diserap, 2) energi yang dipantulkan, dan 3) energi yang dilewatkan. Sedangkan pemanasan makanan dengan *microwave* tersebut pada dasarnya terdiri dari medan elektromagnetik dan pengurangan absorbsi energi ke dalam produk. Oven gelombang mikro sangat dipengaruhi oleh ketebalan bahan yang dipanaskan. Ketebalan ini berhubungan dengan besarnya daya tembus gelombang mikro yang mengakibatkan daya tembusnya tidak merata di setiap titik ketebalan bahan, sehingga pemanasan pun tidak sama antara titik bahan. Jumlah sampel

akan sangat berpengaruh, semakin besar sampel yang dipanaskan oleh gelombang mikro maka semakin besar pula daya dan waktu yang dibutuhkan (Guillen, 2011).

Pemanasan *microwave* umumnya digunakan untuk bahan-bahan non konduktor dan energi termalnya terjadi karena efek polarisasi bahan pada frekuensi tersebut sebagai akibat penyesuaian bahan tersebut dalam medan magnet dan medan listrik. Energi panas yang dihasilkan relatif tinggi, molekul-molekul air pada bahan makanan dapat berfungsi sebagai penyerap energi dan energi yang dihasilkan lebih efektif. Pada proses pemasakan dengan *microwave oven*, gelombang diserap bahan yang dipanaskan kemudian menguapkan atau mengeluarkan molekul air dan lemak secara perlahan-lahan dan merata di seluruh permukaan bahan. Panas yang timbul disebabkan oleh adanya tumbukan atau perpindahan molekul (Food and Environmental Hygiene Department, 2005).

Kadar air merupakan faktor intern utama yang mempengaruhi kemampuan bahan dalam menyerap energi *microwave*. Biasanya semakin banyak air, semakin tinggi faktor *dielektric loss* dan menyebabkan pemanasan semakin membaik. Hal ini disebabkan *microwave* akan ditarik oleh molekul air. Namun demikian produk-produk dengan kadar air rendah dapat pula menjadi panas. Pada tingkat kadar air rendah, air terikat dan tidak dipengaruhi oleh kecepatan penggantian medan gelombang mikro. Kadar air yang melampaui kadar air kritis, memiliki kecenderungan meningkatkan kehilangan dielektrik sehingga produk menjadi lebih mudah menerima panas pada pemanasan dengan *microwave* (Ramaswamy dan Lin, 2011).

C. Mencit (*Mus musculus* L.)

1. Klasifikasi Mencit (*Mus musculus* L.)

Mencit (*Mus musculus* L.) diklasifikasikan sebagai berikut (Banks dkk., 2003):

Kingdom : Animalia

Phyllum : Chordata

Sub Phyllum : Vertebrata

Classis : Mamalia

Ordo : Rodentia

Sub Ordo : Myomorpha

Familia : Muridae

Genus : Mus

Spesies : *Mus musculus* L.

Gambar 4. Mencit (*Mus musculus* L.) (Garcia dkk., 2009)

2. Ciri Biologi Mencit (*Mus musculus* L.)

Mencit laboratorium merupakan turunan dari mencit rumah atau liar sesudah melalui peternakan selektif (Hanson, 2012). Mencit (*Mus musculus* L.) merupakan salah satu golongan hewan mamalia pengerat bersifat omnivorus, nokturnal, takut cahaya dan dapat hidup baik di ruangan dengan temperatur antara 20°-25° C dengan kelembapan ruang 45-55%. Ciri umum yang dimiliki mencit (*Mus musculus* L.) yaitu berwarna putih atau keabu-abuan dengan perut sedikit pucat, mata berwarna merah atau hitam dengan kulit berpigmen (Keane, 2011).

Berat badan yang dimiliki oleh mencit (*Mus musculus* L.) sangat bervariasi. Mencit laboratorium memiliki berat badan kira-kira sama dengan mencit liar. Pada saat lahir berat mencit umumnya hanya 1 gram,setelah beranjak dewasa atau berumur 6 bulan, berat badan mencit dapat mencapai 30-40 gram. Pemilihan mencit sebagai hewan percobaan didasari beberapa alasan diantaranya adalah mengenai waktu. Hal tersebut disebabkan karena mencit memiliki masa kebuntingan yang relatif singkat. Selain itu juga telah banyak diketahui tentang embriologi mencit (Berry, 2009).

Mencit yang berumur 6-8 bulan merupakan mencit dewasa dan sudah siap untuk dikawinkan (Yuwono dkk., 2002). Perkawinan terjadi pada fase estrus dengan fertilisasi ± 2 jam setelah kawin. Siklus estrus 4-5 hari dengan lama estrus 12-14 jam. Fase antara estrus dimulai antara jam 4 dan jam 10 malam. Ciri-ciri terjadinya perkawinan adalah ditemukannya sumbat vagina, yaitu cairan mani jantan yang menggumpal. Lama bunting 19-21 hari dan dewasa 35 hari. Mencit betina dapat melahirkan 6-15 ekor dengan berat 0,1-1 gram per ekor (Hanson, 2012).

3. Perkembangan Fetus Mencit

Masa embriogenik atau masa organogenesis adalah masa mudigah yang berlangsung dari perkembangan minggu ketiga hingga minggu kedelapan dan merupakan masa terbentuknya jaringan dan sistem organ yang spesifik dari masing-masing lapisan mudigah (Sadler, 2000). Masing-masing dari ketiga lapisan mudigah yaitu lapisan mudigah ektoderm, endoderm, dan mesoderm akan membentuk banyak jaringan dan organ yang spesifik (Cunningham, 2006).

Sedangkan fetus adalah makhluk yang sedang berkembang yang bentuk morfologinya menyerupai bentuk dewasa. Tahap perkembangan embrio secara sistematik meliputi tahap progenesis, embriogenesis, dan organogenesis (Roux, 2011).

Gambar 5. Morfologi Fetus Normal Mencit (Heupel dkk., 2008)

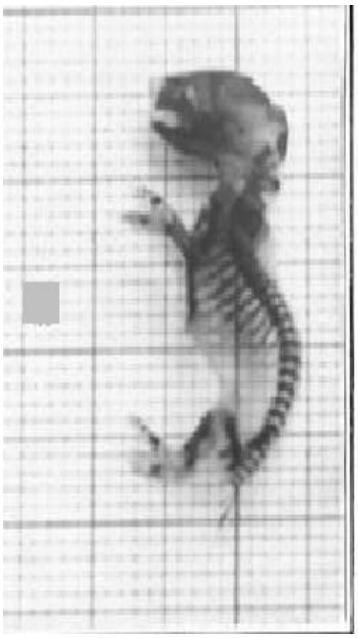
Individu baru terbentuk melalui proses fertilisasi antara sperma dan ovum. Fertilisasi terjadi di dalam oviduk, tepatnya satu per tiga bagian sebelah atas oviduk, dalam hal ini sperma biasanya dapat mencapai ovum karena gerakan dari sperma itu sendiri atau karena gerakan menggelombang uterus dan oviduk (Roux, 2011).

Tahap progenesis diawali dengan terjadinya proses gametogenesis yaitu dengan terbentuknya empat sperma pada jantan dan satu ovum pada betina. Gametogenesis terjadi pada individu dewasa yang kemudian dilanjutkan dengan adanya fertilisasi membentuk zigot. Pada masa ini, fetus yang terbentuk cenderung tidak memiliki respon teratogenik (Roux, 2011).

Tahap embriogenesis merupakan tahap yang diawali dengan proses pembelahan atau proliferasi yaitu pertambahan jumlah sel setelah terjadi pembuahan. Zigot berproliferasi dengan cara membelah diri secara mitosis sehingga menjadi blastomer, morula, blastula dan gastrula. Pembelahan ini disebut blastogenesis (Roux, 2011).

Pembelahan sel yang pertama pada tikus maupun mencit terjadi 24 jam (1 hari) setelah pembuahan. Pembelahan terjadi secara cepat di dalam oviduk dan berulang-ulang. Menjelang hari ke 2 setelah pembuahan fetus sudah berbentuk morula 16 sel Bersamaan dengan pembelahan, fetus bergulir menuju uterus.

Menjelang hari ke 3 kebuntingan fetus telah masuk ke dalam uterus, tetapi masih berkelompok-kelompok. Pada akhirnya fetus akan menyebar di sepanjang kandungan dengan jarak yang memadai untuk implantansi dengan ruang yang cukup selama masa pertumbuhan (Hanson, 2012).



Gambar 6. Rangka Fetus Mencit (*Mus musculus* L.) (Setyawati, 2009)

Pada akhir tahap pembelahan akan terbentuk blastula. Blastula akan membentuk massa sel sebelah dalam dan tropoderm yang akan berkembang menjadi plasenta. Massa sel akan berkembang menjadi hipoblas dan epiblas, dimana epiblas akan berkembang menjadi fetus sedangkan hipoblas akan berkembang menjadi selaput ekstra fetus. Blastomer akan terimplantansi pada hari ke-4 kebuntingan dan berakhir pada hari ke-6 kebuntingan. Kemudian

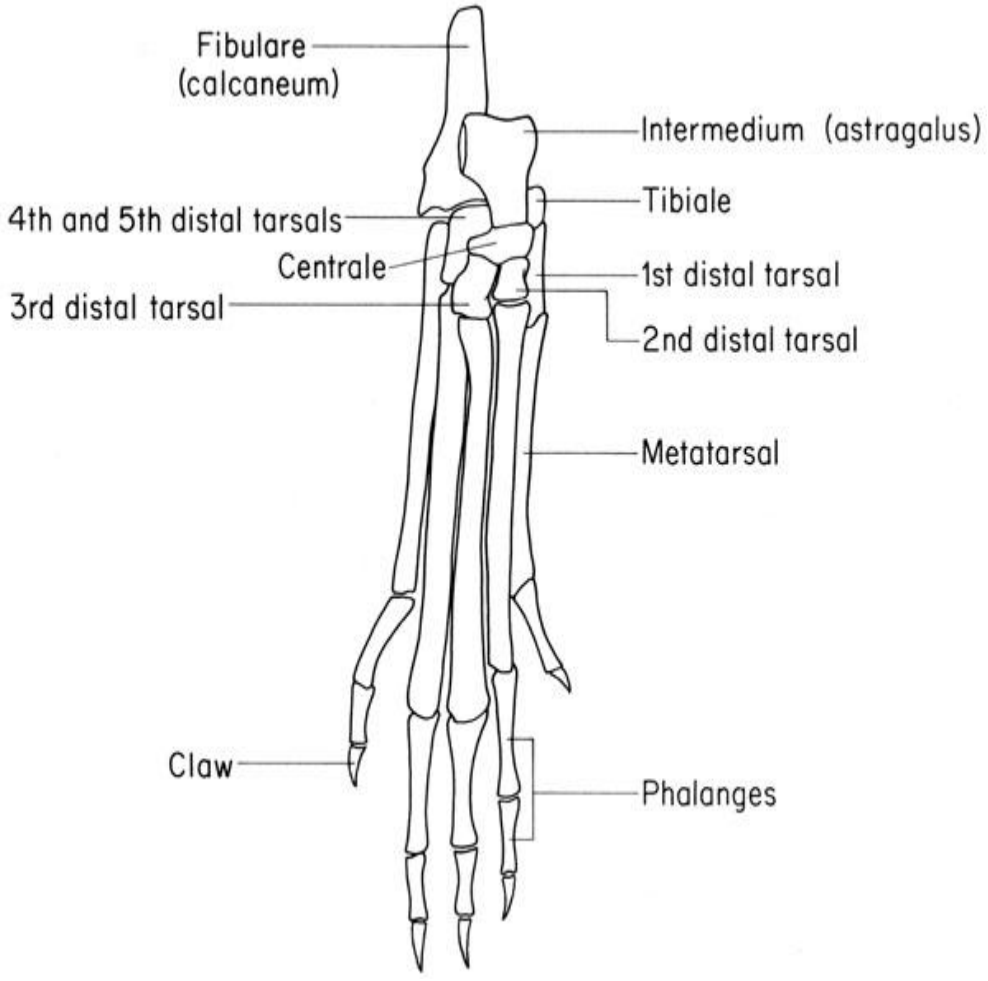
diikuti dengan proses gastrulasi, yakni adanya perpindahan sel dan differensiasi untuk membentuk lapisan ectoderm,endoderm dan mesoderm (Roux, 2011).

Selanjutnya pada kebuntingan hari ke-6 sampai hari ke-11 terjadi tahap organogenesis di mana terjadi proses pembentukan organ dari lapisan ektoderm, mesoderm dan endoderm. Lapisan ektoderm akan membentuk susunan saraf, lapisan epidermis kulit, bagian mulut dan anus. Lapisan mesoderm akan membentuk otot, pembuluh darah, dan jaringan pengikat. Lapisan endoderm membentuk lapisan saluran pencernaan dan berbagai organ pencernaan seperti hati dan pankreas. Fetus pada masa ini cenderung memiliki respon teratogenik (Jelodar dan Rodashtian, 2009).

4. Malformasi Anatomi

Malformasi kongenital, anomali kongenital, dan cacat lahir adalah istilah yang sama maknanya yang digunakan untuk menerangkan kelainan struktural, perilaku, faal, dan kelainan metabolik yang terdapat pada waktu lahir (Jelodar dan Rodashtian, 2009). Kejadian anomali ditandai dengan penyimpangan dari standar normal, terutama sebagai akibat dari defek kongenital (Dorland, 2010).

Perkembangan fetus tidak selalu terbentuk sempurna kadang terjadi penyimpangan atau kelainan. Kelainan yang dibawa sejak lahir dapat disebabkan oleh faktor genetik, atau karena faktor nirgenetis atau faktor lingkungan bisa berupa faktor internal dan eksternal. Teratogen karena faktor lingkungan berasal dari induksi ion Hg, Pb, Virus teratogenik juga karena pengaruh radiasi, ketidakseimbangan hormon, trauma fisik, kondisi stress (Jelodar dan Rodashtian, 2009).



Gambar 7. Tarsus Mencit (*Mus musculus* L.) (Margaret, 1965)

Ditinjau dari bentuk morfologiknya, maka kelainan kongenital dapat berbentuk suatu deformasi ataupun bentuk malformasi. Suatu kelainan kongenital yang berbentuk deformasi, secara anatomik susunannya masih sama tetapi bentuknya yang akan tidak normal. Sedangkan bentuk kelainan kongenital malformasi, susunan anatomik maupun bentuknya akan berubah (Prawirohardjo, 2007). Malformasi ini dapat timbul akibat dari proses perkembangan abnormal secara intrinsik (Dorland, 2010).

Sebab pasti malformasi tungkai sudah diketahui pada sebagian kasus. Faktor lingkungan salah satu penyebab terjadinya malformasi. Timbulnya malformasi tungkai dari faktor lingkungan dan sifatnya berkaitan dengan waktu periode terjadinya paparan intrauterin dan perbedaan penerimaannya pada berbagai sistem organ. Menurut Robbins (2009), faktor – faktor tersebut diantaranya :

1. Virus

   Adanya infeksi dari virus *rubella* yang menginfeksi sebelum usia kehamilan 16 minggu dapat menyebabkan defek pada jantung. Infeksi dari sitomegalovirus yang menyebabkan resiko tertinggi terjadinya malformasi.\

2. Obat dan zat kimia

   Agen teratogenik ini adalah talidomid, antagonis folat, hormon androgen, etanol, antikonvulsan, dan asam 13-cis-retinoat.

3. Radiasi

   Pajanan dosis tinggi selama organogenesis menyebabkan malformasi, meliputi mikrosefali, kebutaan, defek tengkorak, dan spina bifida.

Patogenesis berbagai malformasi kongenital adalah kompleks dan belum dipahami dengan baik. Namun waktu terjadinya proses teratogenik pranatal mempunyai dampak yang penting pada kejadian dan jenis malformasi yang dihasilkan. Teratogen dan defek genetik dapat bekerja pada beberapa tahap, baik pada tahap proliferasi sel, migrasi sel, diferensiasi, maupun pada organ yang sudah terbentuk dan terdiferensiasi (Robbins, 2009).

Menurut Roux (2011) terdapat 3 tahap perkembangan fetus yang sangat berpengaruh terhadap efek pemberian zat teratogen, yaitu :

a. Tahap Pradiferensiasi

   Tahap ini adalah tahap tahap dimana fetus tidak rentan terhadap zat-zat teratogen. Hal tersebut dikarenakan sel yang masih hidup akan menggantikan kerusakan yang diakibatkan efek teratogen tersebut dan akan membentuk fetus yang normal. Masa ini berlangsung antara 5-9 hari tergantung dari spesies.

b. Tahap Embrio

Pada tahap ini, sel secara intensif mengalami diferensiasi, mobilisasi dan organogenesis, akibatnya embrio sangat rentan terhadap efek teratogen. Pada mencit, sebagian besar embrio mulai rentan pada hari ke-8 dan berakhir pada hari ke-12 masa kehamilan.

c. Tahap Fetus

Tahap ini merupakan tahap lanjut embrio. Tahap ini ditandai dengan perkembangan dan pematangan fungsi, artinya selama tahap ini zat teratogen tidak akan menyebabkan cacat namun menyebabkan kelainan fungsi.