

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telur

1. Pengertian telur

Telur merupakan kumpulan makanan yang disediakan induk unggas untuk perkembangan embrio menjadi anak ayam didalam suatu wadah. Isi dari telur akan semakin habis begitu telur telah menetas. Telur tersusun oleh tiga bagian utama: yaitu kulit telur, bagian cairan bening dan bagian cairan yang berwarna kuning.¹¹ Selain itu, telur juga merupakan produk peternakan yang memberikan sumbangan terbesar bagi tercapainya kecukupan gizi masyarakat. Dari sebutir telur didapatkan gizi yang cukup sempurna karena mengandung zat-zat gizi yang sangat baik dan mudah dicerna. Oleh karenanya telur merupakan bahan pangan yang sangat baik untuk pertumbuhan anak-anak karena di masa itu diperlukan asupan protein dan mineral dalam jumlah banyak, serta telur sendiri juga dianjurkan untuk dikonsumsi kepada orang yang sedang sakit agar dapat mempercepat proses kesembuhan.¹¹ Secara umum telur ayam merupakan telur yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat di Indonesia.¹¹

Telur ayam yang banyak dikonsumsi berasal dari ayam petelur. Telur konsumsi adalah telur yang belum mengalami proses fortifikasi, pendinginan, pengawetan dan proses pengeraman. Telur ayam konsumsi diklasifikasi berdasar: 1) warna kerabang yaitu sesuai dengan galurnya dan 2) bobot telur: kecil < 50 gram, sedang: 50-60 gram, besar > 60 gram.¹¹ Persyaratan mutu yang diatur mencakup: 1) persyaratan tingkatan mutu fisik, meliputi kondisi kerabang, kondisi kantung udara, kondisi putih telur, kondisi kuning telur dan bau. 2) persyaratan mutu mikrobiologis, dengan jenis

cemaran mikroba: *Total Plate Account* (TPC), *Coliform*, *Escherichia Coli* dan *Salmonella sp.* 3) cemaran residu antibiotik.¹²

Telur harus dikemas secara aman, tidak mengakibatkan penyimpangan/kerusakan telur selama penyimpanan dan pengangkutan. Penyimpanan telur konsumsi pada temperatur kamar dengan kelembapan antara 80-90 %, maksimum setelah 14 hari setelah ditelurkan atau pada temperatur antara 4⁰ C sampai 7⁰ C dengan kelembapan udara antara 60 dan 70 %, maksimum 30 hari setelah ditelurkan.¹³

2. Komponen telur



Gambar 2.1 Komponen Telur.¹⁴

Telur memiliki beberapa komponen didalamnya yaitu:¹⁵

a. Putih telur

Nama lain dari putih telur adalah albumen telur. Putih telur terdiri sepenuhnya oleh protein dan air. Dibandingkan dengan kuning telur, telur putih memiliki rasa (*flavor*) dan warna yang sangat rendah.

b. Kuning telur (*Yolk*)

Telur kuning sekitar setengahnya mengandung uap basah (*moisture*) dan setengahnya adalah kuning padat (*yolk solid*). Semakin bertambah umurnya telur, kuning telur akan mengambil uap basah dari putih telur yang mengakibatkan kuning telur semakin menipis dan menjadi rata ketika telur

dipecahkan ke permukaan yang rata (berpengaruh kepada *grade* dari telur itu sendiri).

c. Kulit telur (*Shell*)

Kulit telur memiliki berat sekitar 11 % dari jumlah total berat telur. Meskipun terlihat keras dan benar-benar menutupi isi telur, kulit telur itu sebenarnya berpori (*porous*). Dengan kata lain, bau dapat menembus kulit telur dan uap basah (*moisture*) dan gas (terutama karbon dioksida) dapat keluar.

Warna kulit telur terdiri dari warna cokelat atau putih, tergantung dari perkembangbiakan dari ayam. Ayam dengan bulu putih dan cuping putih menghasilkan telur dengan kulit putih, tetapi ayam dengan bulu berwarna merah dan cuping merah menghasilkan telur dengan kulit cokelat. Warna dari kulit tidak memiliki pengaruh kepada rasa, nutrisi dan kegunaan dari telur tersebut.

d. Rongga udara (*Air cell*)

Telur memiliki dua selaput pelindung diantara kulit telur dan putih telur. Sesudah telur diletakkan, rongga udara terbentuk diantara selaput telur. Semakin telur bertambah tua, kehilangan uap basah (*moisture*) dan menyusut maka rongga udara akan semakin membesar yang mengakibatkan telur yang sudah lama akan melayang apabila diletakkan ke dalam air.

e. *Chalaze*

Chalaze adalah tali dari putih telur yang mempertahankan kuning telur agar tetap di tengah-tengah telur.

3. Faktor kualitas telur

Kualitas fisik telur juga ditentukan oleh kuning telur, warna kuning telur tersebut disebabkan karena adanya kandungan *xantofil* pakan diserap dan disimpan dalam kuning telur. Kualitas telur secara keseluruhan ditentukan oleh kualitas isi dan kulit telur. Oleh karena

itu, penentuan kualitas telur dilakukan pada kedua bagian telur tersebut. Kualitas telur sebelumnya keluar dari organ reproduksi ayam dipengaruhi faktor: *kels*, *strain*, *family*, dan individu: pakan, penyakit, umur, obat dan suhu lingkungan. Kualitas telur sesudah keluar dari organ reproduksi dipengaruhi oleh penanganan telur dan penyimpanan (lama, suhu dan bau penyimpanan).¹⁶

Salah satu faktor penentu kualitas telur yang lainnya adalah dari pakan ternak. Pakan sendiri adalah material hasil campuran dari berbagai bahan (nabati, hewani) yang diolah sehingga dapat dikonsumsi sebagai sumber energi bagi hewan ternak yaitu ayam yang berguna untuk aktivitas hidup serta pertumbuhan ayam dalam bentuk daging (*biomassa*).¹⁶

4. Tingkatan Mutu Telur.¹³⁻¹⁶

Tabel 2.1 Tingkatan Mutu Telur

No	Faktor mutu	Tingkatan mutu		
		Mutu I	Mutu II	Mutu III
1.	Kondisi kerabang			
	a. Bentuk	Normal	Normal	Abnormal
	b. Kehalusan	Halus	Halus	Sedikit kasar
	c. Ketebalan	Tebal	Sedang	Tipis
	d. Keutuhan	Utuh	Utuh	Utuh
	e. Kebersihan	Bersih	Sedikit kotor	Banyak noda, kotor
2.	Kondisi kantung udara (dilihat dengan peneropong)			
	a. Kedalaman kantong udara	< 0,5 cm	0,5-0,9 cm	> 0,9 cm
	b. Kebebasan bergerak	Tetap ditempatnya	Bebas bergerak	Bebas bergerak
3.	Kondisi putih telur			
	a. Kebersihan	Bebas bercak darah, atau benda asing	Bebas bercak darah, atau benda asing	Ada sedikit bercak darah, tidak ada benda asing lainnya.
	b. Kekentalan	Kental	Sedikit encer	Encer , kuning telur belum tercampur dengan putih telur
	c. Indeks	0,134-0,175	0,092-0,133	0,050-0,091
4.	Kondisi kuning telur			
	a. Bentuk	Bulat	Agak pipih	Pipih
	b. Posisi	Di tengah	Sedikit bergeser dari tengah	Agak kepinggir
	c. Penampakan batas	Tidak jelas	Agak jelas	Jelas
	d. Kebersihan	Bersih	Bersih	Ada bercak darah
	e. Indeks	0,458-0,521	0,394-0,457	0,330-0,393
5.	Bau	Khas	Khas	Khas

Telur ayam merupakan salah satu hasil produksi ayam petelur, dimana telur ayam inilah yang nantinya banyak dikonsumsi oleh masyarakat sebagai produk protein hewani yang kaya akan manfaat dan kegunaan bagi yang mengkonsumsinya. Telur yang dimaksud adalah telur yang telah memenuhi kriteria dan syarat keamanan pangan. Mengandung zat gizi, aman untuk dikonsumsi, tidak mengandung patogen, dan zat beracun yang membahayakan manusia. Oleh karena telur ayam berperan sebagai sumber protein hewani yang banyak dikonsumsi tidak menutup kemungkinan telur juga bisa dianggap sebagai reservoir terjadinya *foodborne disease* masyarakat, terutama adalah residu antibiotik.¹⁷⁻¹⁸

B. Antibiotik

1. Definisi antibiotik

Antibiotik dikenal sebagai agen anti mikroba atau agen anti bakteri yang mampu melawan infeksi yang disebabkan oleh mikroba atau bakteri. Antibiotik merupakan zat anti bakteri yang diproduksi oleh berbagai spesies mikroorganisme (bakteri, jamur dan *actinomycota*) yang dalam jumlah kecil dapat menekan pertumbuhan dan atau membunuh mikroorganisme lainnya.¹⁹

Istilah “antibiotik” awalnya dikenal sebagai senyawa alami yang dihasilkan oleh jamur atau mikroorganisme lain yang membunuh bakteri penyebab penyakit pada manusia dan hewan.²⁰ Beberapa antibiotik merupakan senyawa sintesis (tidak dihasilkan oleh mikroorganisme) yang juga dapat membunuh atau menghambat pertumbuhan bakteri. Secara teknis, istilah “agen antibakteri atau agen antimikroba” mengacu pada kedua senyawa alami dan sintesis, akan tetapi banyak penggunaan antibiotik untuk merujuk keduanya. Meskipun antibiotik memiliki banyak manfaat, tetapi penggunaannya telah berkontribusi terhadap terjadinya resistensi.²⁰

2. Sumber dan Penggolongan Antibiotik.²⁰⁻²¹

a. Sumber antibiotik

Antibiotik sendiri berasal dari substansi yang dihasilkan oleh mikroorganisme, dalam konsentrasi rendah dapat menghambat ataupun membunuh mikroorganisme lain. Mikroorganisme penghasil antibiotik diantaranya meliputi: golongan bakteri, *actinomycetes*, fungi dan beberapa jenis mikroba lainnya, 70 % antibiotik dihasilkan oleh *actinomycetes*, 20 % fungi dan 10 % bakteri.²⁰

b. Penggolongan antibiotik

Penggolongan antibiotik dibedakan berdasarkan aktivitas, cara kerja maupun struktur kimianya.

1) Berdasarkan aktivitasnya di bagi menjadi dua golongan besar, yaitu: ²¹

a) Antibiotik kerja luas (*broad spectrum*), yaitu agen yang dapat menghambat pertumbuhan dan mematikan bakteri gram positif maupun gram negatif. Golongan ini diharapkan dapat menghambat pertumbuhan dan mematikan sebagian besar bakteri. Antibiotik yang termasuk golongan ini adalah *tetrasiklin* dan derivatnya: kloramfenikol, ampicillin, sefalosporin, carbapenem dan lain-lain.

b) Antibiotik kerja sempit (*narrow spectrum*) adalah golongan ini hanya aktif terhadap beberapa bakteri saja, yang termasuk golongan ini adalah penisillina, streptomisin, neomisin, basitrasin.

2) Berdasarkan cara kerja dan struktur kimianya, sebagai berikut: ¹⁹⁻²¹

a) Antibiotik yang menghambat sintesis dinding sel bakteri, termasuk golongan β -laktam misalnya: penicillin, sefalosporin, dan carbapenem dan bahan

lainnya seperti cycloserine, vankomisin, dan basitrasin.

- b) Antibiotik yang bekerja langsung pada membran sel mikroorganisme, meningkatkan permeabilitas dan menyebabkan kebocoran senyawa intraseluler, misalnya: nistatin dan amfoterisin B yang mengikat sterol dinding sel, dan daptomycin lipopeptide.
- c) Antibiotik yang mengganggu fungsi subunit ribosom 30S atau 50S untuk menghambat sintesis protein secara *reversible*, yang pada umumnya merupakan bakteriostatik misalnya: kloramfenikol, tetrasiklin, eritromisin, klindamisin, streptogramin, dan linezolid.
- d) Antibiotik berikatan pada subunit ribosom 30S dan mengganggu sintesis protein yang pada umumnya adalah bakterisida misalnya *aminoglikosida*.
- e) Antibiotik yang mempengaruhi metabolisme asam nukleat bakteri, seperti rifamycin misalnya, rifampisin dan rifabutin yang menghambat enzim RNA polymerase dan kuinolon yang menghambat enzim topoisomerase.
- f) Antimetabolit, seperti trimethoprim dan sulfonamide, yang menahan enzim-enzim penting dari metabolisme folat.

3. Klasifikasi Antibiotik

Secara umum antibiotik dikelompokkan berdasarkan toksisitas selektifnya, ada antibiotik yang tergolong bakterisid, yaitu jenis-jenis antibiotik yang bersifat membunuh bakteri dan ada yang tergolong bakteriostatik, yaitu jenis-jenis antibiotik yang menghambat pertumbuhan bakteri, yaitu: ²²

a Penghambat metabolisme sel

Kelompok ini termasuk golongan sulfonamide, trimetoprin, asam p-aminosalisilat (PAS) dan sulfon. Yang termasuk golongan sulfonamide antara lain: sulfisoksazol, sulfametoksazol, silfasitin, sulfametizol, sulfasalazine, suksinilsulfatiazol, sulfasetamid, Ag-sulfadiazin, mafenid, dan sulfadoksin.

b Penghambat sintesis dinding sel

Antibiotik yang termasuk kelompok ini antara lain:

1) Golongan *beta lactam*

a) Penicillin: penicillin G, penicillin V, nafsillin, oksasillin, kloksasillin, dikloksasillin, ampisillin, amoksisillin, karbenisillin, tikarsillin, piperasillin, mezlosillin, dan azllosillin.

b) Sefalosporin:

i. Generasi pertama antara lain: cefazolin, cefadroksil, cefaleksim, cefalotin, cefapirin, cefradin.

ii. Generasi kedua antara lain: cefaklor, cefamandol, cefonisid, cefmetazol, cefotetam, cefotoksitin, cefuroksim.

iii. Generasi ketiga antara lain: cefiksim, cefoperazon, cefotaksim, ceftazidim, ceftriakson, moksalaktam, cefdinir, cefditoren, cefpodoxim.

2) Golongan lain:

a) Golongan karbapenem yaitu: imipenem/cilastin, meropenem, ertapenem.

b) Golongan glikopeptida yaitu vankomisin dan teiklopanin.

- c) Golongan polipeptida yaitu: basitrasin, colistin dan polimiksin B.
- d) Golongan monobaktam contohnya azetronam.
- e) Sikloserin.

c Perusak keutuhan membran sel

Antibiotik yang termasuk golongan ini adalah golongan polimiksin dan polien.

d Pengacau sintesis protein

Bersifat bakterisid, yang termasuk golongan ini adalah: golongan *aminoglikosida* yang antara lain: amikasin, gentamisin, neomisin, streptomisin, tobramisin, dan kanamisin.

e Penghambat sintesis protein

Bersifat bakteriostatik, yang termasuk dalam kelompok ini adalah: golongan *tetrasiklin* antara lain tetrasiklin, minosiklin, doksisisiklin, demeklosiklin, dan oksitetrasiklin.

4. Penggunaan antibiotik

Pemakaian antibiotik yang belum banyak diketahui adalah penggunaan antibiotik pada hewan ternak, terutama pada peternakan ayam petelur. Penggunaan antibiotik yang tidak terkontrol mampu meningkatkan tingkat resistensi antibiotik yang begitu cepat sehingga mengakibatkan terjadinya *foodborne disease*. Dimana secara tidak langsung akan berpengaruh terhadap status kesehatan manusia yang mengonsumsi bahan pangan asal hewan tersebut yaitu telur.²³

Antibiotik yang sering digunakan dalam peternakan ayam petelur adalah antibiotik yang bertujuan untuk mengobati dan menghindari penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme, terutama infeksi oleh bakteri. Penggunaan antibiotik juga dipercaya dapat memperbaiki konversi pakan ternak sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi dan meningkatkan laju pertumbuhan sehingga mendekati pertumbuhan yang ideal sesuai

dengan potensi genetik yang dimiliki ternak. Hal ini menyebabkan antibiotik tersebut biasanya ditambahkan dalam makanan sebagai imbuhan pakan atau disebut sebagai *Antibiotic Growth Promotor* (AGP).²⁴

Antibiotik yang banyak dipakai dipeternakan antara lain adalah: *tetrasiklin*.²⁵ *Tetrasiklin* merupakan salah satu obat antimikroba yang banyak dipergunakan dalam peternakan terutama peternakan ayam yang berfungsi untuk menghambat sintesis protein mikroba. Sintesis protein berlangsung di ribosom, dengan bantuan mRNA dan tRNA. Pada bakteri, ribosom terdiri atas dua subunit yang berdasarkan konstanta sedimentasi dinyatakan sebagai ribosom 30S dan 50S.²⁵ Untuk berfungsi pada sintesis protein, kedua komponen ini akan bersatu pada pangkal rantai mRNA menjadi ribosom 70S.²⁵

Tetrasiklin merupakan basa yang sukar larut dalam air, tetapi merupakan bentuk garam natrium atau garam HCL-nya mudah larut. Dalam keadaan kering, bentuk basa dan garam HCL *tetrasiklin* bersifat relatif stabil. Dalam larutan *tetrasiklin* bersifat sangat labil sehingga cepat berkurang potensinya. Mekanisme kerja golongan *tetrasiklin* yaitu dengan cara menghambat sintesis protein bakteri pada ribosomnya. Paling sedikit terjadi 2 proses dalam masuknya antibiotik ke dalam ribosom bakteri gram-negatif, pertama yang disebut difusi pasif melalui kanal hidrofilik, kedua ialah sistem transport aktif. Setelah masuk maka antibiotik berikatan dengan ribosom 30S dan menghalangi masuknya kompleks tRNA-asam amino pada lokasi asam amino. Golongan *tetrasiklin* termasuk antibiotik yang terutama bersifat bakteristatik dan bekerja dengan jalan menghambat sintesis protein kuman.²⁵ *Tetrasiklin* memperlihatkan spektrum antibakteri yang luas meliputi kuman gram positif dan negatif, *aerob* dan *anareob*, selain itu juga aktif

terhadap spiroket, mikroplasma, rickettsia, klamidia, legionella, dan protozoa.²⁵

Absorpsi *tetrasiklin* sekitar 30-80% diserap dalam saluran cerna, absorpsi ini sebagian besar berlangsung di lambung dan usus halus bagian atas. Dalam plasma semua jenis *tetrasiklin* terikat oleh protein plasma dalam jumlah yang bervariasi. Distribusi *tetrasiklin* berlangsung ke seluruh tubuh kecuali jaringan. Afinitas yang besar terjadi pada jaringan dengan kecepatan metabolisme dan pertumbuhan yang cepat seperti hati, tulang, gigi, dan jaringan neoplasma.²⁶ Walaupun demikian, lama kerja suatu kelompok senyawa *tetrasiklin* ini tidak ditentukan oleh ikatan proteinnya, melainkan ditentukan oleh sifat-sifat kimia masing-masing senyawa. *Tetrasiklin* dapat berikatan dengan protein sebesar 65 %. Distribusi dalam plasenta dapat terjadi dengan mudah karena senyawa *tetrasiklin* dapat melewati plasenta. Kadar *tetrasiklin* yang tinggi juga terdapat dalam air susu.²⁶

Ekskresi golongan *tetrasiklin* diekskresi melalui urin dengan filtrasi glomerulus, dan melalui empedu. Pada pemberian peroral kira-kira 20-55 % *tetrasiklin* diekskresi melalui urin. Golongan *tetrasiklin* yang diekskresi oleh hati ke dalam empedu mencapai kadar 10 kali kadar dalam serum. Sebagian besar obat yang diekskresi ke dalam lumen usus ini mengalami sirkulasi enterohepatik: maka obat ini masih terdapat dalam darah untuk waktu lama setelah terapi dihentikan. Dan obat yang tidak diserap akan diekskresi melalui tinja.²⁶

Salah satu produk pangan asal hewan yang banyak dikonsumsi dan banyak mengandung zat gizi adalah telur. Banyak dari telur yang dikonsumsi oleh masyarakat adalah hasil produksi ayam petelur. Oleh sebab itu, tidak menutup kemungkinan penggunaan antibiotik pada produk ternak sebagai “*Antibiotic Growth Promotor*” berpotensi terjadinya *foodborne disease* akibat

adanya resistensi antibiotik terhadap bakteri atau mikroba yang telah terbukti dapat mentransfer gen resisten ke manusia melalui rantai makanan atau kontak secara langsung.²⁷

Pada umumnya usaha peternakan ayam petelur, sudah menggunakan imbuhan pakan (*food supplement*) yang digunakan untuk memacu pertumbuhan dan meningkatkan efisiensi pakan dengan mengurangi patogen serta meningkatkan populasi mikroba yang menguntungkan yang ada di dalam pencernaan hewan ternak tersebut.²⁸

Di Indonesia hampir semua pabrik pakan ternak menambahkan “obat hewan” berupa antibiotik ke dalam pakan ternak. Penggunaan obat hewan untuk keperluan pengobatan, pencegahan penyakit maupun sebagai pakan tambahan tidak dapat dihindari pada proses praproduksi ternak. Bahkan seringkali penggunaan obat hewan merupakan keharusan untuk mempertahankan dan meningkatkan produktivitas ternak. Oleh sebab itu, tidak menutup kemungkinan besar, pakan ternak yang di produksi dan yang diedarkan terdapat residu antibiotik.²⁹

Tabel 2.2 Jenis-jenis antibiotik yang sering digunakan pada hewan ternak.³⁰

Jenis Antibiotik	Jenis hewan ternak
Tetracycline	Ayam, kalkun, babi, sapi perah, kambing
Streptomycin	Ayam, sapi perah
Salinomycin	Ayam, sapi perah
Bacitracin	Ayam, kalkun, babi, sapi
Bambermycin	Ayam, kalkun, babi
Chlortetracycline	Ayam, kalkun, babi, sapi perah, kambing
Erytromycin	Ayam, kalkun
Hygromycin	Ayam, babi
Lasalocid	Ayam, babi
Monensin	Ayam, kalkun, babi
Neomycin	Ayam, kalkun, babi, sapi perah, kambing
Nystatin	Ayam, kalkun
Olendomycin	Ayam, kalkun, babi
Penicilline	Ayam, kalkun, babi
Tylosin	Ayam, babi, sapi perah
Virginiamycin	Ayam, kalkun, babi
Sulfanamides	Ayam, kalkun, babi

C. Antibiotik pada telur ayam

1. Residu Antibiotik

Residu obat antibiotik pada telur ayam diartikan sebagai sisa dari obat atau metabolitnya dalam jaringan organ hewan ternak ayam melalui telur setelah pemakaian “obat hewan”.³¹ Pemberian antibiotik sebagai pakan ternak yang diberikan dalam waktu yang cukup lama dengan tidak memperhatikan aturan pemberiannya akan terakumulasi di dalam jaringan tubuh ternak ayam yang dapat masuk sampai telur sehingga menyebabkan terdapatnya residu pada jaringan tubuh ternak termasuk didalam telur yang dihasilkannya.³¹ Residu antibiotik yang terakumulasi memiliki konsentrasi yang berbeda-beda antara jaringan dari tubuh ternak satu dengan bagian yang lainnya.³¹

Tabel 2.3 Residu obat hewan pada produk ternak asal beberapa daerah di Jawa.³²

Jenis produk ternak dan asalnya	Jumlah sampel	Sampel positif (%)	Jenis residu
Telur ayam (Bali)	50	38	Sulfa
Daging ayam (Bali)	50	8	Sulfa
Susu Pasteurisasi (Jabar)	206	32,5	Penisillin
Susu segar (Jateng)	91	5,5	Tetrasiklin
Hati ayam (Jatim)	40	82,5	Antibiotik

2. Mekanisme kerja antibiotik pada telur ayam

Parameter farmakologi pada hewan ternak ayam yaitu termasuk farmakodinamik dan farmakokinetik menggambarkan bagaimana obat yang dikonsumsi bereaksi dalam organ tubuh hingga masuk kedalam organ lainnya termasuk telur.³³ Fase ini meliputi waktu yang dibutuhkan obat untuk diangkut menuju organ yang telah ditentukan, yaitu mulai obat dilepaskan dalam bentuk sediaan kemudian diabsorpsi ke dalam darah dan segera di distribusikan ke masing-masing jaringan organ tubuh termasuk telur. Obat yang sering digunakan pada hewan ternak adalah antibiotik yang banyak

terkandung dalam pakan ternak dan vitamin yang diberikan melalui minuman.³³

Penambahan antibiotik pada pakan ternak, merupakan salah satu metode untuk meningkatkan sistem pertahanan tubuh hewan ternak termasuk untuk mengobati dan menghindari penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme yang diperoleh secara kimia. Antibiotik akan masuk dalam tubuh hewan ternak yang akan menimbulkan senyawa *xenobiotics*. Senyawa *xenobiotics* ini nantinya akan mengalami biotransformasi dengan tujuan dapat diekskresikan dari tubuh. Senyawa *xenobiotics* ini akan masuk didalam tubuh dan akan terjadi proses metabolisme terutama didalam hati. Metabolisme *xenobiotics* akan mengalami 2 fase: fase I sebagai katalisator oleh enzim sitokrom P450 hidroksilasi, dan fase II konjugasi akan larut dalam air dan akan diekskresi.³⁴

Efek biologis yang dapat timbul tergantung faktor : dosis, absorpsi, distribusi, toleransi, nasib/perlakuan fate, ekskresi, sensitivitas, dan kumulasi. Dosis sendiri merupakan jumlah *xenobiotics* yang masuk dalam tubuh hewan ternak. Besar/kecilnya dosis akan menentukan efek atau respon. Mekanisme *xenobiotics* tersebut akan mengalami proses dari portal entri/misi, absorpsi, distribusi, metabolisme, ekskresi, dan efek/respons tubuh terhadapnya.³⁴

Proses masuknya *xenobiotics* dalam proses pembentukan telur ayam. Absorpsi racun dari paparan *xenobiotics* masuk kedalam tubuh ayam, kemudian berlanjut ke proses distribusi *xenobiotics* ke organ tubuh. Proses distribusi tergantung dari afinitas *xenobiotics* memasuki peredaran darah ayam. Sebagian dari proses distribusi akan masuk kedalam jaringan reproduksi ayam sehingga memungkinkan *xenobiotics* ikut kedalam proses pembentukan telur ayam, yaitu tepatnya kedalam ovum.³⁴ Proses pembentukan telur ayam membutuhkan waktu sekitar 25-26 jam, sehingga ayam tidak

mampu bertelur lebih dari 1 butir/hari. Telur dilepaskan oleh ayam betina sehingga dapat memungkinkan senyawa *xenobiotics* tersimpan dalam telur ayam yang dapat mengakibatkan adanya residu antibiotik pada telur ayam, dimana organ reproduksi yang berperan penting adalah ovarium dalam proses tersimpannya residu antibiotik pada telur.³⁵ Berikut gambar organ reproduksi ayam betina dalam menghasilkan telur dan proses masuknya senyawa *xenobiotics* yang mengakibatkan adanya residu antibiotik.



Gambar 2.2 Organ reproduksi ayam betina.³⁵

Ovarium adalah organ primer reproduksi pada ayam betina dan salurannya dinamakan dengan oviduct. Adapun bagian-bagiannya adalah sebagai berikut:³⁵

a Infundibulum

Fungsi dari infundibulum adalah untuk menangkap ovum yang sudah matang. Bagian ini sangat tipis dan mempunyai panjang sekitar 9 cm, bentuknya seperti corong atau fimbria yang

berfungsi untuk menangkap ovum yang sudah matang. Disini telur kuning berdiam sekitar 15 sampai 30 menit.

b Magnum

Magnum merupakan saluran terpanjang dari oviduct, panjangnya sekitar 33 cm. Magnum sendiri merupakan tempat terjadinya sekresi albumen telur. Proses perkembangan telur dalam magnum sekitar 3 jam.

c Isthmus

Panjang isthmus sekitar 10 cm, disini tempat terbentuknya membran sel atau biasa kita sebut selaput kerabang lunak yang berfungsi untuk melindungi masuknya mikroorganisme kedalam telur, disini calon telur berdiam sekitar 1,5 jam.

d Uterus

Panjang uterus sekitar 10 cm sampai dengan 12 cm, disini tempat terjadinya pembentukan dan penyempurnaan kerabang telur. Waktu proses ini sekitar 20 jam sampai 21 jam.

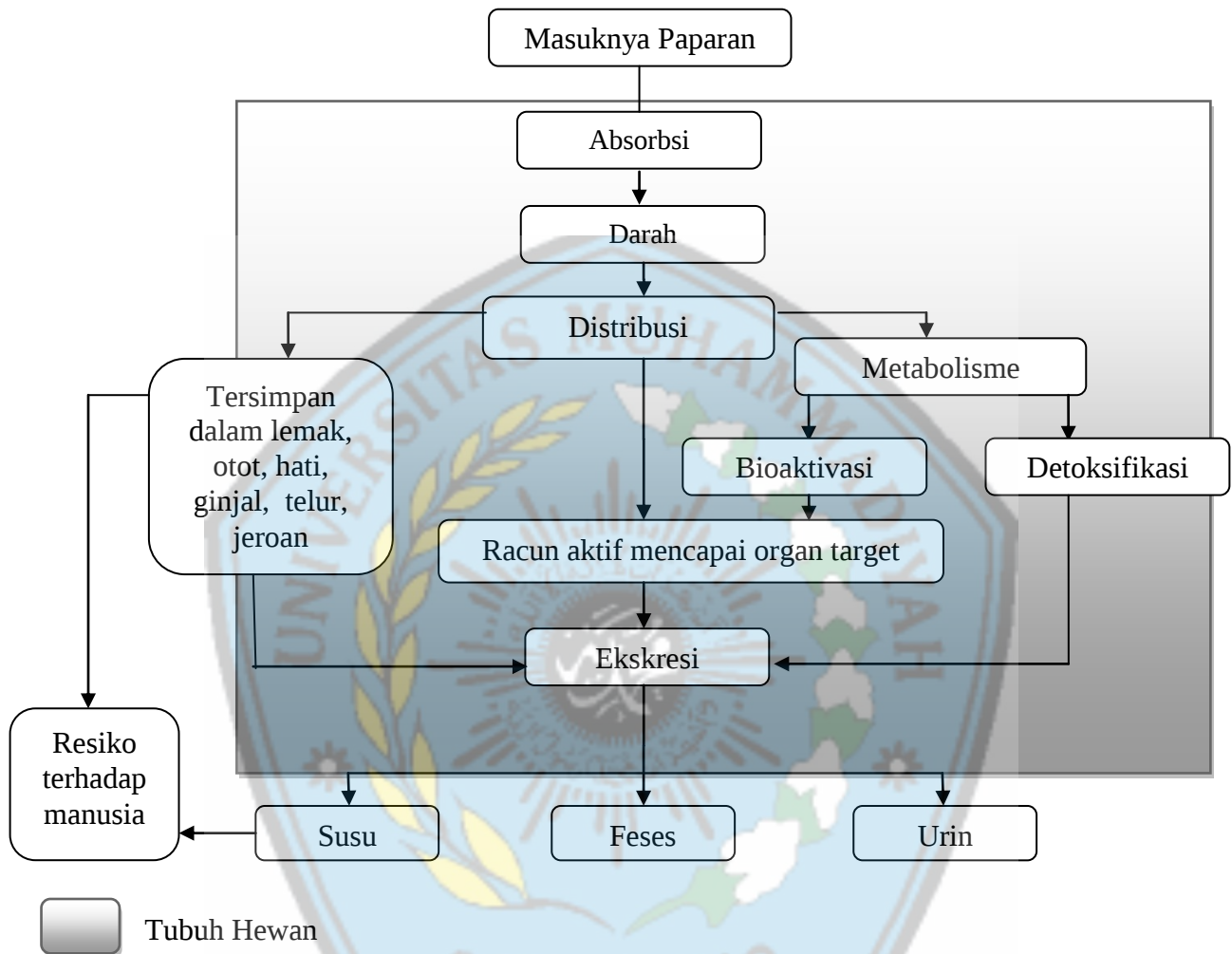
e Vagina

Panjang vagina sekitar 12 cm, telur dalam vagina hanya tinggal beberapa menit saja. Disini telur dilapisi dengan mucus yang berfungsi menyumbat pori-pori pada kerabang telur untuk mencegah infeksi bakteri.

f Kloaka

Merupakan bagian akhir dari saluran pencernaan, kloaka juga merupakan lubang pelepasan sisa digesti (corprodeum), urin. Dan dalam sistem reproduksi ayam betina kloaka merupakan paling ujung dari oviduct, disini telur dikeluarkan.

Berikut skema mekanisme farmakokinetik obat antibiotik dalam tubuh hewan ternak hingga mencapai kedalam telur.³⁴⁻³⁵



Gambar 2.3 Perjalanan racun dalam bahan makanan asal hewan dan resiko terhadap kesehatan manusia.³³⁻³⁵

Farmakokinetika antibiotik masuk didalam tubuh hewan ternak:³³⁻³⁵

a Portal entri

- 1) Portal entri sebagai pintu masuknya *xenobiotics* yaitu antibiotik dalam tubuh organisme.
- 2) Portal entri bisa melalui:
Saluran pencernaan

a) Mulut

Senyawa *xenobiotics* yaitu antibiotik sering dipakai melalui mulut/oral tetapi tidak mencapai ke peredaran darah, karena: dimulut akan bercampur dengan saliva yang mengandung enzim, sehingga dapat dicerna enzim alfa amilase dan ptialis.

b) Lambung

Mengandung asam lambung yang dapat menghancurkan senyawa *xenobiotics* yaitu antibiotik.

c) Usus halus

Mengandung enzim yang bersifat basa, *xenobiotics* ternetralisir oleh enzim: tripsin, khimotripsin, DNase, RNase, lipase, fosfatase.

d) Usus Besar

Terdapat dalam makanan yang berfungsi sebagai pengenceran.

e) Gerak Peristaltik

Xenobiotics akan terekskresikan.

b Absorpsi

1) Proses masuknya *xenobiotics* kedalam tubuh organisme dan menimbulkan efek secara efektif.

2) Mekanisme transport racun:

Difusi (pasif): mekanisme transpor racun yang mengikuti aliran cairan dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke daerah dengan konsentrasi rendah.

c Distribusi

1) Absorpsi racun ke dalam tubuh organisme berlanjut ke proses distribusi *xenobiotics* ke organ tubuh.

2) Tergantung dari afinitas *xenobiotics* memasuki peredaran darah.

d Metabolisme

- 1) Racun yang masuk akan mengalami metabolisme.
- 2) Metabolisme akan membuat transformasi zat/*xenobiotics* akibat proses seluler.
- 3) Terjadi pada hati, kulit, ginjal, pari-paru, jaringan.
- 4) Metabolisme melakukan transformasi agar *xenobiotics* menjadi lebih polar sehingga lebih mudah diekskresikan.
- 5) Akibat metabolisme: disimpan/akumulasi, diekskresikan, mengalami perubahan kimia.
- 6) Perlakuan yang didapat *xenobiotics* : detoksikasi (hidrolisis, reduksi, oksidasi, konjugasi).
 - a) Detoksikasi : transformasi mikrosomal yang terjadi karena ada enzim mikrosom.
 - b) Hasil detoksikasi seharusnya membuat racun menjadi kurang toksik, tetapi terkadang menjadi lebih toksik.

Tabel 2.4 Proses metabolisme antibiotik : ²⁹⁻³⁰

Reaksi kimia		Lokasi Intraseluler
Fase I	Oksidasi	RE, Mitokondria, sitoplasma
	Reduksi	RE
	Hidrolisis	Sitoplasma
Fase II	Konyugasi	RE, Sitoplasma

e Toleransi/resistensi

- 1) Turunnya toksisitas, menyebabkan toleransi/resistensi atau hipersensitivitas.
- 2) Toleransi: keadaan dimana organisme menjadi kurang peka terhadap zat atau menjadi tidak sensitif.
- 3) Resistensi: keadaan dimana organisme terpapar tidak dapat lagi terpengaruh oleh *xenobiotics*.
- 4) Hipersensitivitas: keadaan dimana seseorang menjadi lebih peka daripada biasanya terhadap *xenobiotics* tertentu.

f Akumulasi

Penumpukan zat dalam tubuh yang akan mengakibatkan jumlah yang diserap lebih besar dibandingkan dengan yang diekskresikan. Contohnya: DDT di dalam lemak yang dapat mengakibatkan masuknya *xenobiotics* tersebut dalam organ hewan ternak yaitu telur.

g Ekskresi

Ekskresi: mengeluarkan zat metabolit yang tidak terpakai oleh tubuh atau racun yang memasuki tubuh.

- 1.) Ginjal bentuk ekskresi adalah urin.
- 2.) Paru-paru bentuk ekskresi adalah gas.
- 3.) Kelenjar keringat, ludah, empedu yang diekskresikan: cairan khas
- 4.) Usus yang diekskresikan dalam bentuk padatan adalah feses.

3. Faktor- faktor yang mempengaruhi kadar residu antibiotik pada telur.

a Jenis pakan

Pakan memegang peranan terpenting dalam sistem keamanan pangan asal ternak karena mutu pakan akan tercermin dalam produk ternak yang dihasilkan. Pakan yang tercemar oleh berbagai senyawa toksik maupun yang mengandung obat hewan akan berinteraksi dengan jaringan (organ) dalam tubuh ternak. Pemberian jumlah pakan yang banyak akan mempengaruhi jumlah kandungan toksik sehingga mampu menimbulkan efek yang buruk bagi hewan ternak.³⁶ Kadar cemaran yang sedikit tidak mengakibatkan toksik secara langsung pada hewan ternak, akan tetapi akan berakibat kronis dan tetap berada dalam tubuh. Senyawa toksik ini sebagian akan ikut keluar bersamaan sistem ekskresi tubuh, namun sebagian lagi akan tetap tertinggal dalam tubuh hewan ternak yang dinamakan residu.³⁶

b Obat

Hampir semua pabrik pakan menambahkan obat hewan berupa antibiotik ke dalam pakan komersial, sehingga sebagian besar pakan komersial yang berada di Indonesia mengandung antibiotik. Dengan demikian apabila peternak yang menggunakan pakan ternak

tidak memperhatikan aturan pemakaiannya, diduga kuat produk ternak mengandung residu antibiotik yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Tingginya kadar residu antibiotik pada hewan ternak, tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya: kadar dosis obat yang diberikan, frekuensi atau keseringan pemberian obat pada hewan ternak, lama kontak hewan ternak terpapar oleh pemberian obat, serta tidak dipatuhinya waktu henti obat.³⁷

c. Umur

Semakin bertambahnya umur ayam tentunya berbeda dengan umur ayam yang masih muda, melihat dari frekuensi menerima obat dan jumlah pemberian pakan tentunya sudah berbeda. Oleh sebab itu, perlu ditelitinya kadar residu antibiotik melihat dari faktor umur dari ayam sebagai bahan pangan asal hewan.³⁷

4. Dampak Residu Antibiotik Terhadap Konsumen

Residu antibiotik yang terdapat di dalam bahan makanan dan penggunaannya berkaitan dengan aspek kesehatan. Ancaman potensial residu antibiotik dalam makanan terhadap kesehatan secara umum dibagi menjadi tiga kategori, yaitu aspek toksikologis, aspek mikrobiologis, dan aspek imunologis. Residu antibiotik bersifat toksik terhadap hati, ginjal dan pusat *hemopolitika* (pembentukan darah) bila ditinjau dari aspek toksikologis.³⁸ Dalam aspek mikrobiologis residu antibiotik dapat mengganggu/ membunuh mikroflora yang baik dalam saluran pencernaan (flora normal), dan menyebabkan resistensi mikroorganisme patogen yang dapat menimbulkan masalah kesehatan bagi manusia.³⁸

Bahaya potensial residu antibiotik dari aspek imunopatologis dapat menimbulkan reaksi alergi yang ringan dan lokal, hingga dapat menyebabkan shock yang berakibat fatal. Dampak negatif keberadaan residu antibiotik dalam bahan pangan dari aspek toksikologis pengelolaan dapat menghambat atau menggagalkan proses fermentasi yang menggunakan mikroba dalam pengolahannya.³⁸

Foodborne bakteri yang resisten terhadap antibiotik dapat mengakibatkan terjadinya resistensi antibiotik terhadap manusia. *Food borne* bakteri seperti *E.Coli* dan *Salmonella* dapat mengakibatkan infeksi pada manusia yang mengkonsumsinya, dan jika bakteri tersebut resisten terhadap antibiotik maka dapat mengakibatkan penyakit yang serius akibat kegagalan pengobatan dengan antibiotik, *withdrawl time* pemanjangan waktu sakit sehingga lama untuk mencapai kesembuhan, naiknya frekuensi kegagalan pengobatan dan naiknya infeksi yang berat.³⁸ Resistensi bakteri terhadap agen antimikroba disebabkan oleh tiga mekanisme umum, yaitu: (1) obat tidak mencapai target, (2) obat tidak aktif, atau (3) target tempat antibiotik bekerja diubah. Dan konsekuensi yang ditimbulkan akibat adanya resistensi antibiotik yang paling utama adalah peningkatan jumlah bakteri yang mengalami resistensi terhadap pengobatan lini pertama.³⁸

Tabel 2.5 Presentase resistensi beberapa antibiotik terhadap 3 reservoir *Salmonella* yang diisolasi dari manusia di perancis tahun 1994 dan 1997.³⁹

Antibiotik	<i>Salmonella</i> 1994	<i>Ente- ridis</i> 1997	<i>Salmo- nella</i> 1994	<i>Typhimu- rium</i> 1997	<i>Salmone- lla</i> 1994	<i>Hadar</i> 1997
Ampicillin	5	7	61	73	NA	72
CoAmoxiclav	3	5	48	66	NA	70
Gentamicin	0	1	0	2	NA	2
Amikasin	0	0	0	0	NA	3
Tetracycline	17	17	66	83		85
Nalidixic acid	2	4	3	5		92
Ofloxacin	1	0	0	2		15
Chloramphenicol	2	4	37	56		0
Trimethoprim	2	3	14	9		8

Melihat dampak negatif yang begitu banyak ditimbulkan bagi manusia, maka perlu dilakukan pengawasan untuk mencegah keberadaan residu antibiotik dalam telur dengan menetapkan batas maksimum residu antibiotik dalam telur sebagaimana dituangkan dalam Standar Nasional Indonesia.³⁹

D. Metode Uji Tapis (*Screening Test*) Residu Antibiotik

1. Definisi

Metode uji tapis ini pada umumnya merupakan uji *kualitatif* atau *semikuantitatif*. Uji ini didesain untuk memberikan hasil positif atau negatif yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya kandungan residu antibiotik. Uji tapis ini tidak dapat mengidentifikasi secara spesifik residu antibiotik yang ada pada sampel yaitu telur. Uji ini digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya kandungan residu antibiotik dengan cepat, mudah digunakan, dan relatif tidak mahal.⁴⁰

2. Prinsip pengujian *Bioassay*

Residu antibiotik akan menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada media agar. Penghambatan dapat dilihat dengan terbentuknya daerah hambatan disekitar kertas cakram atau *silinder cup* atau *agar well*. Besarnya diameter daerah hambatan menunjukkan konsentrasi residu antibiotik. Pengujian ini harus dilakukan secara aseptis dengan memperhatikan kaidah laboratorium yang baik di laboratorium mikrobiologi.⁴⁰

3. Media

a Kuman

Spora *Bacillus cereus* ATCC 11778 untuk golongan *tetrasiklin*.⁴⁰

b Media agar

Media agar untuk *Bacillus cereus* ATCC 11778 adalah: *yeast extract*, *beef extract*, *peptone*, *bacto agar*.⁴⁰

c Bahan

1) Baku pembanding

Baku pembanding Oksitetrasiklin hidroklorida untuk golongan *tetrasiklin*.⁴⁰

2) Bahan kimia/dapar

a) KH_2PO_4 (Kalium dihidrogen fosfat)

- b) Na_2HPO_4 (Dinatrium hidrogen fosfat)
- c) H_3PO_4 (Asam fosfat)
- d) NaOH (Natrium hidroksida)
- e) K_2HPO_4 (Dikalium hidrogen fosfat)
- f) HCl (Asam klorida)
- g) NaCl (Natrium klorida)

3) Bahan lainnya

Kertas cakram (*paper disk*) yang steril tebal (*thick*) yang mampu menyerap larutan minimal 75 μl dengan diameter 8 mm atau 10 mm. ⁴⁰

d Prosedur

1) Larutan baku pembanding. ⁴⁰

a) Larutan stok baku pembanding

Penimbangan baku pembanding harus dilakukan pada ruangan timbang yang terkendali suhu dan kelembapannya ($25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, $\leq 50\%$), terutama yang bersifat sangat higroskopis.

Cara pembuatan baku pembanding untuk *tetrasiklin*: larutkan sejumlah baku pembanding oksitetrasiklin hidroklorida dalam air suling hingga didapat konsentrasi 1000 $\mu\text{g/ml}$.

b) Larutan baku kerja

Untuk tetrasiklin, pipet 2 ml larutan stok baku tetrasiklin, diencerkan sampai dengan 20 ml dengan dapar nomor 2 dihomogenkan agar diperoleh larutan baku kerja 100 $\mu\text{g/ml}$. Selanjutnya lakukan pengenceran serial hingga diperoleh konsentrasi 1,0 $\mu\text{g/ml}$. cara pembuatan larutan dapar dapat dilihat dalam lampiran.

Tabel 2.6 Larutan Baku Kerja *Tetrasiklin*

Konsentrasi larutan (IU/ml)	Volume yang diambil (ml)	Diencerkan sampai dengan (ml)	Konsentrasi (IU/ml)
1.000	2	20	100
100	2	20	10
10	2	20	1*)

Keterangan:

*) konsentrasi yang dipakai sebagai larutan baku kerja.

2) Larutan kurva baku *tetrasiklin*

Tabel 2.7 Larutan Kurva Baku Kerja *tetrasiklin*.

Konsentrasi larutan (IU/ml)	Volume yang diambil (ml)	Diencerkan sampai dengan (ml)	Konsentrasi (IU/ml)
1.000	2	20	100
100	2	20	10
10	8	20	4*
4	10	20	2*
2	10	20	1*
1	10	20	0,5*
0,5	10	20	0,25*

Keterangan

*) Konsentrasi yang dipakai sebagai larutan kurva standar

4. Mekanisme kerja

Metode uji tapis ini menggunakan mikroorganisme untuk mendeteksi senyawa antibiotik yang masih aktif. Spesifitas dari metode dapat ditunjukkan dari tipe golongan antibiotik yang dapat dideteksi dengan melihat hambatan pertumbuhan bakteri. Bakteri tersebut adalah *Bacillus cereus* ATCC 11778 untuk golongan *tetrasiklin*.⁴⁰ Sensitifitas dari metode *bioassay* dapat ditunjukkan dengan konsentrasi minimum residu antibiotik yang bisa dideteksi. Limit deteksi *bioassay* terhadap golongan *tetrasiklin* adalah 1 ppm sampai 10 ppm.⁴⁰

E. HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*)/KCKT

1. Definisi

HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*)/ KCKT merupakan sistem pemisahan dengan kecepatan dan efisiensi yang tinggi karena didukung oleh kemajuan dalam teknologi kolom, sistem pompa tekanan tinggi, dan detektor yang sangat sensitif dan beragam sehingga mampu menganalisis berbagai cuplikan secara *kualitatif* maupun *kuantitatif*, baik dalam komponen tunggal maupun campuran.⁴¹ HPLC/KCKT ini digunakan untuk menganalisis senyawa obat, pengawasan proses sintesis dan penawasan mutu.⁴¹

HPLC/KCKT sering digunakan untuk menetapkan kadar senyawa-senyawa tertentu seperti asam-asam amino, asam-asam nukleat, dan protein-protein dalam cairan fisiologis, menentukan kadar senyawa-senyawa aktif obat, produk hasil samping proses sintesis, atau produk-produk degradasi dalam sediaan farmasi. Keterbatasan metode HPLC adalah untuk identifikasi senyawa, kecuali jika HPLC dihubungkan dengan *spectrometer massa* (MS). Keterbatasan lainnya adalah jika sampelnya sangat kompleks, maka resolusi yang baik sulit diperoleh.⁴¹

2. Prinsip kerja HPLC

Kegunaan umum HPLC adalah untuk: pemisahan sejumlah senyawa organik, anorganik, maupun senyawa biologis: analisis ketidakmurniaan (*impurities*): analisis senyawa-senyawa tidak menguap (*non-volatil*): penentuan molekul-molekul netral, ionik, maupun *zwitter ion*: isolasi dan pemurnian senyawa, pemisahan senyawa-senyawa yang strukturnya hampir sama. Pemisahan senyawa-senyawa dalam jumlah sekelumit (*trace element*), dalam jumlah banyak dan dalam skala proses industri. HPLC/KCKT merupakan metode yang tidak destruktif dan dapat digunakan baik untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif.⁴¹⁻⁴²

3. Mekanisme kerja HPLC/KCKT

Penggunaan kromatografi cair membutuhkan penggabungan secara tepat dari berbagai macam kondisi operasional seperti jenis kolom, fase gerak, panjang dan diameter kolom, kecepatan alir fase gerak, suhu, dan ukuran sampel.⁴¹⁻⁴²

Instrument HPLC/KCKT pada dasarnya terdiri atas enam pokok yaitu: ⁴¹⁻⁴²

a. Wadah fase gerak

Wadah fase gerak menyimpan sejumlah fase gerak yang secara langsung berhubungan dengan sistem. Wadah haruslah bersih dan inert, seperti botol pereaksi kosong maupun labu gelas, adalah hal yang penting untuk men-*degass* fase gerak sebelum digunakan karena gelembung gas kecil dalam fase gerak dapat berkumpul di *pump head* ataupun detektor sehingga akan mengganggu kondisi KCKT.

b. Pompa

Pompa yang dimaksud adalah instrument yang kokoh untuk menghasilkan tekanan tinggi hingga 350 bar atau bahkan 500 bar. Tipe pompa yang umum digunakan adalah pompa piston bersilinder pendek (*short-stroke piston pump*). Laju alir dapat bervariasi dari 0,1 hingga 5mL/menit. Kebanyakan pompa saat ini telah memiliki saluran pembilas yang biasanya air dapat bersirkulasi. Larutan ini berfungsi untuk membilas piston agar bersih dari garam dapar.

c. Alat untuk memasukkan sampel (*Injection*)

Ada tiga jenis macam injektor, yaitu: *syringe injector*, *sampling valve* dan *automatic injector*. *Syringe injector* merupakan bentuk injektor yang paling sederhana. *Sampling valve* atau *manual injector* mengandung 6 katup saluran dilengkapi dengan rotor, *sample loop* dan saluran jarum suntik (*needle port*). Larutan sampel akan disuntikkan ke dalam *sampel*

loop dengan jarum suntik gauge 22 pada posisi “*load*” dan larutan sampel yang ada di sampel *loop* kemudian akan dialirkan ke kolom dengan memutar rotor ke posisi “*inject*”. Ukuran sampel *loop* eksternal bervariasi antara 6 µl hingga 2 ml. *Automatic injector* atau disebut juga *autosampler* memiliki prinsip yang mirip, sistem penyuntikannya bekerja secara otomatis.

d. Kolom

Kolom merupakan jantung dari instrumen HPLC/KCKT karena proses pemisahan terjadi. Kolom umumnya terbuat dari 316-grade *stainless steel* dan dikemas dengan frasa diam tertentu. Ukuran panjang kolom untuk tujuan analitik berkisar antara 10 hingga 25 cm dan diameter dalam berkisar 3 hingga 9 mm, sedangkan untuk tujuan preparatif panjang berkisar antara 30 cm atau lebih dan diameter dalam berkisar 10 hingga 25,4 mm.

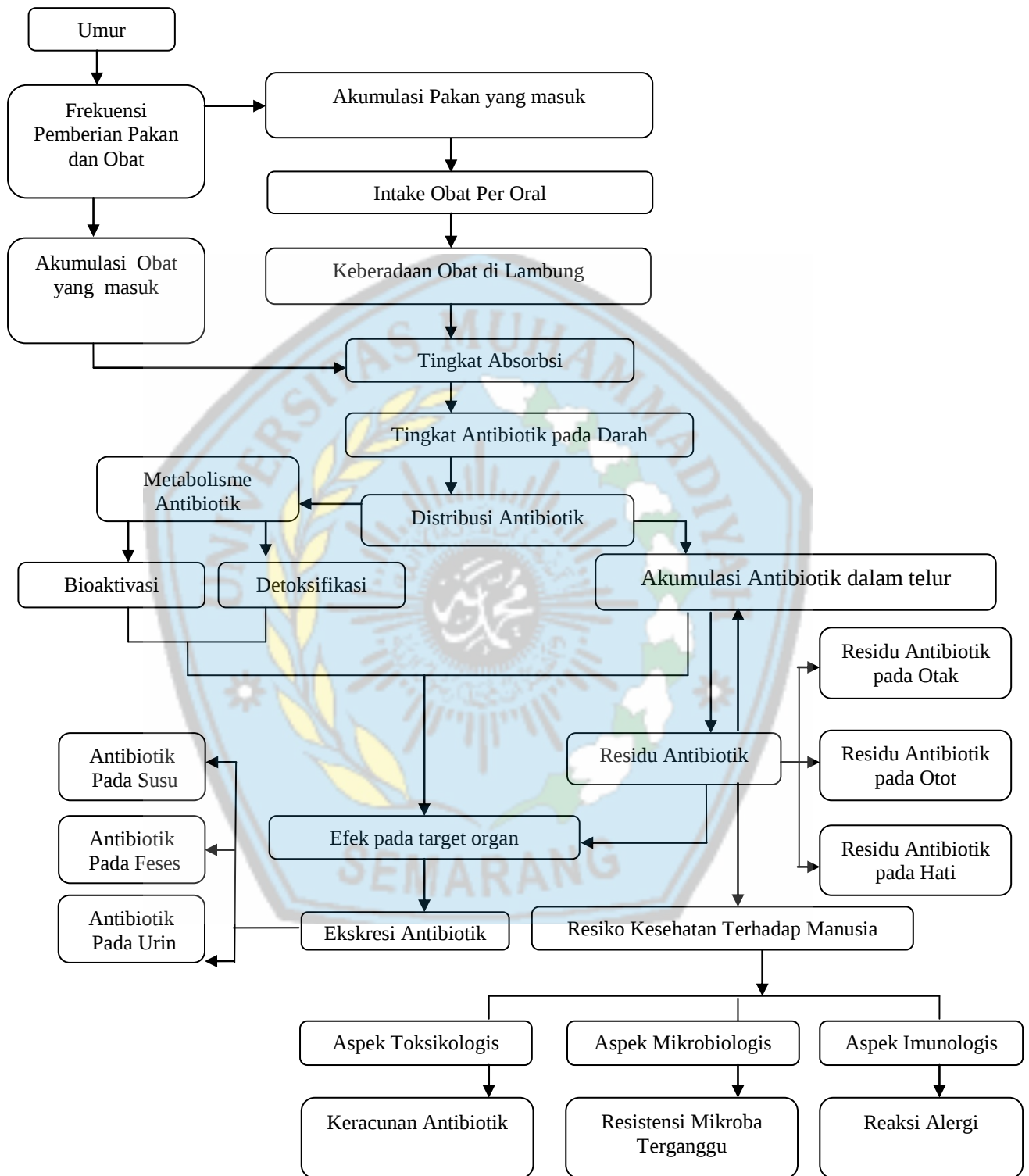
e. Detektor

Karakteristik detektor yang baik adalah sensitif, batas deteksi rendah, respon yang linier, mampu mendeteksi solut secara universal, tidak destruktif, mudah dioperasikan, memiliki *dead volume* yang kecil. Beberapa detektor yang paling sering digunakan dalam HPLC/KCKT adalah detektor *spektrofotometer UV-Vis*, *photodiode-array* (PDA), fluoresensi, indeks bias, *spektrometri massa* dan *detektor elektrokimia*.

f. Suatu komputer atau integrator atau perekam

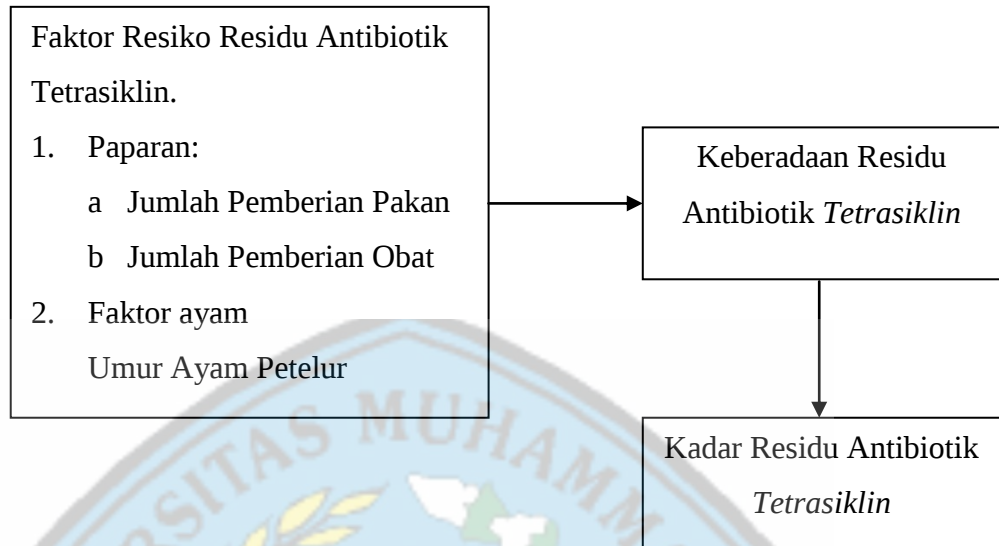
Alat pengumpul data seperti komputer, integrator dan rekorder dihubungkan dengan detektor. Alat ini akan menangkap sinyal elektronik dari detektor dan memplotkannya ke dalam kromatogram sehingga dapat dievaluasi oleh analis.

F. Kerangka teori



Gambar 2.4 Kerangka Teori.

G. Kerangka konsep



Gambar 2.5 Kerangka Konsep.