

## **KAJIAN TEKNOEKONOMI PERANGKAT PENCACAH RADIOIMMUNOASSAY (RIA) IP.8**

Joko Waluyo<sup>\*)</sup>, Hari Nurcahyadi<sup>\*\*)</sup>, Agus Ariyanto<sup>\*\*\*)</sup>

Pusat Kemitraan Teknologi Nuklir – BATAN<sup>\*)</sup>

Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir – BATAN<sup>\*\*)</sup>

Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka – BATAN<sup>\*\*\*)</sup>

### **ABSTRAK**

**KAJIAN TEKNOEKONOMI PERANGKAT PENCACAH RADIOIMMUNOASSAY (RIA) IP.8.** Kajian ini mempunyai tujuan untuk menentukan nilai ekonomis dari suatu perangkat pencacah RIA IP.8. Hal ini diperlukan sebagai bahan pertimbangan kelayakan investasi bagi para investor yang ingin mengembangkan usaha untuk memproduksi perangkat ini. Pada kajian ini dilakukan beberapa tahapan kegiatan. Tahap awal yaitu penyiapan larutan standar Aflatoksin B1 yang bersifat karsinogenik sebagai bahan kit RIA yang akan dilakukan ujicoba pencacahan. Tahap selanjutnya adalah ujicoba mesin pencacah kit RIA IP.8 dengan menggunakan sampel kit RIA Aflatoksin B1. Tahap akhir adalah melakukan perhitungan teknoekonomi berdasarkan seluruh biaya yang digunakan dalam pembuatan, penyiapan dan pengujian perangkat pencacah RIA IP.8 serta asumsi-asumsi yang diperlukan. Kajian teknoekonomi dengan asumsi modal yang digunakan 70% berasal dari pinjaman bank, diperoleh hasil sebagai berikut: Net Present Value (NPV) 1.873.632.901, Internal Rate of Return (IRR) 45,5%, Payback Period (PP) 3 tahun, Benefit/Cost Ratio (B/C) 3,8 sehingga peluang investasi ini layak dipertimbangkan untuk dilakukan.

### **ABSTRACT**

**TEKNOEKONOMI ENUMERATOR STUDY THE RADIOIMMUNOASSAY (RIA) IP.8.** This study has the objective to determine the economic value of an enumerator device IP.8 RIA. It is necessary for consideration the feasibility of investment for investors who want to develop the business to manufacture these devices. In this study conducted a few stages. The early stages of the preparation of standard solutions which are carcinogenic aflatoxin B1 as a RIA kit will do tests enumeration. The next step is testing thrasher IP.8 RIA kit using RIA kit Aflatoxins B1 samples. The final stage is to perform calculations based on the total cost teknoekonomi used in the manufacture, preparation and testing of the enumerators RIA IP.8 and assumptions required. Studies teknoekonomi assuming capital employed 70% from bank loans, obtained the following results: Net Present Value (NPV) 1873632901, Internal Rate of Return (IRR) of 45.5%, Payback Period (PP) 3 years, Benefit / Cost Ratio (B / C) 3.8 so this investment opportunity worth considering to do.

## 1. PENDAHULUAN

Di kalangan masyarakat masih ada anggapan bahwa radiasi adalah sesuatu yang berbahaya, tidak bermanfaat dan malah merugikan bagi kehidupan manusia. Oleh karena khawatir akan dampak yang ditimbulkan, maka banyak orang yang menjauhi segala sesuatu yang berhubungan dengan radiasi. Akan tetapi yang perlu diketahui adalah radiasi juga mempunyai dampak positif yang bermanfaat bagi kehidupan. Salah satu radiasi yang dimanfaatkan di bidang kedokteran adalah radiasi yang ditimbulkan oleh bahan *Radiopharmaceutical*.

Sifat radiasi tidak dapat dideteksi secara langsung oleh sistem panca indera manusia baik dilihat, dicium, didengar, maupun dirasakan. Untuk dapat mengendalikan bahaya radiasi adalah dengan mengetahui besarnya radiasi yang dipancarkan oleh suatu sumber radiasi, baik melalui pengukuran maupun perhitungan. Berdasarkan hal tersebut, manusia memerlukan peralatan khusus yang mampu mendeteksi keberadaan radiasi dan mengukur besar radiasi yang dipancarkan. Setelah diketahui keberadaan dan berapa besarnya, maka selanjutnya radiasi dapat digunakan untuk hal-hal yang bermanfaat dalam berbagai bidang kehidupan.

Pencacah RIA adalah alat di bidang kedokteran nuklir dan dibidang peternakan untuk menganalisis zat-zat yang ada di dalam cairan tubuh, diantaranya urin, hormon, dan lain-lain atau kultur media yang berkadar rendah dan matriksnya kompleks. Teknik pengukuran RIA berdasarkan pada reaksi imunologi dengan menggunakan radioisotop sebagai perunutnya.

Teknik RIA adalah termasuk studi *invitro*, pertama kali ditemukan pada tahun 1960 oleh Yallow dan Berson. Teknik ini digunakan untuk mengetahui kandungan zat biologik tertentu dalam tubuh yang jumlahnya sangat kecil, misalnya hormon

insulin, tiroksin, enzim dan lain-lain. Prinsip pemeriksaan RIA adalah kompetisi antara antigen (bahan biologiyang diperiksa) dengan antigen radioaktif dalam memperebutkan antibodi yang jumlahnya sangat terbatas. Saat ini juga dikenal teknik lain yang serupa dengan RIA yang disebut *immunoradiometric assay* (IRMA). Dalam teknik ini yang ditandai dengan radioaktif bukan antigen, tetapi antibodinya.

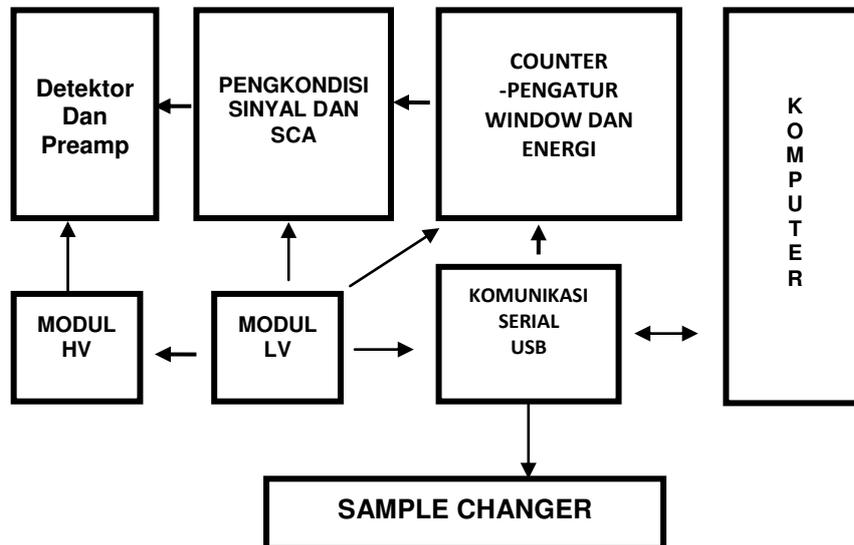
Radioisotop yang digunakan dalam teknik kedokteran nuklir berumur paro ( $T_{1/2}$ ) sangat pendek, mulai dari beberapa menit sampai beberapa hari saja. Di samping berwaktu paro pendek, juga berenergi rendah dan diberikan dalam dosis yang kecil, mengingat ada efek samping dari radiasi yang merugikan terhadap tubuh apabila radioisotope tersebut tinggal terlalu lama di dalam tubuh. Sistem pencacah RIA terdiri dari Detektor Scintilasi NaI(Tl), tegangan tinggi, penguat awal, penguat linier, Penganalisa saluran tunggal dan pencacah.

Pemanfaatan teknik nuklir terutama adalah yang bertujuan untuk kedamaian dan kesejahteraan telah banyak digunakan dan diaplikasikan. Salah satu contohnya adalah pemanfaatan teknik nuklir dalam bidang kesehatan peternakan dan pertanian. Aplikasi teknik nuklir dengan teknik Radioimmuno Assay (RIA) di bidang kesehatan digunakan dalam diagnosis beberapa penyakit seperti Hepatitis B, Kelenjar Gondok, Kanker payudara dan dibidang peternakan teknik RIA dapat digunakan untuk mendeteksi hormon progesteron, merupakan satu cara untuk memberi dukungan dalam rangka peningkatan efisiensi reproduksi ternak, terutama yang berkaitan dengan adanya kelainan saluran reproduksi, dan dilakukan melalui deteksi konsentrasi hormon progesterone dalam susu atau serum. (Totti Ciptosumirat). Sedangkan dibidang pangan teknik RIA juga dapat diaplikasikan untuk penentuan kandungan Aflatoksin B1 dalam bahan pangan dan produk pangan.

## 2. PERANGKAT PENCACAH RIA IP.8

Pencacah RIA IP.8 merupakan alat pencacah gamma buatan BATAN digunakan untuk mengukur radioaktifitas dalam sampel yang diukur menggunakan metode RIA. Alat ini menggunakan detektor radiasi gamma yang dirangkai dengan suatu sistem instrumentasi dan banyak diaplikasikan di bidang kedokteran nuklir terutama untuk menganalisis cuplikan bahan biologis berkadar rendah dengan matriksnya kompleks yang terdapat dalam cairan tubuh diantaranya urin, hormone, dan lain-lain.

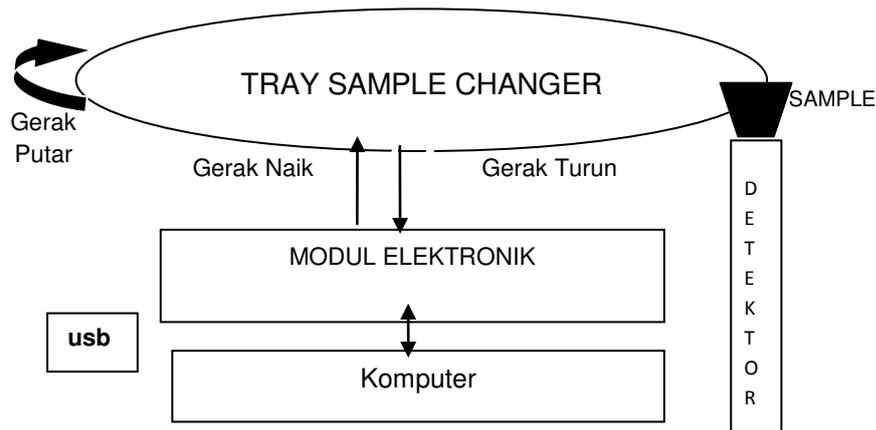
Pembuatan sistem pencacahan RIA *Sample Changer* meliputi modul elektronik, sistem mekanik dan uji gerak. Adapun koneksi ke komputer menggunakan interface USB card dan bahasa yang digunakan visual basic. dalam perancangan ini akan dibuat sistem cuplikan sampelnya dengan teknologi otomatisasi. Sistem otomatisasi tersebut dikontrol melalui driver yang terkoneksi dengan Komputer.



Gambar 1. Blok Rancangan

Detektor yang digunakan adalah NaI(TI) yang banyak dipasaran dengan ukuran yang cukup besar. Kolimator, dudukan detektor dan posisi motor penggerak vial disesuaikan dengan ukuran detektor tersebut. Motor yang digunakan adalah motor Servo satu fasa 220 Volt AC

dengan torsi 0,64 Nm, Detektor diberi catu daya tegangan tinggi sebesar 1000 V. Pulsa-pulsa yang keluar dari detektor perlu diolah dan diteruskan ke level SCA dengan lebar pulsa sebesar 0,5  $\mu$ s kemudian dicacah oleh komputer melalui module counter USB.



Gambar 2. Sistem Alat

Sistem gerak sample changer dikendalikan oleh motor dan mekanisasi dari sample changer, yaitu karousel. Vial berbentuk lingkaran dengan hole sebanyak 50 buah. Gerakan dibuat secara berurutan dan pendeteksian sample dilakukan secara turun naik. Triger untuk menggerakkan motor melalui KOMPUTER dirancang driver motor. Komponen utama rancangan driver motor ini adalah transistor 2N2222 dan relay omron MY2 yang tegangan kerjanya 12 V. Transistor 2N2222 pada rangkaian ini sebagai pengatur jalan masukan untuk mengfungsikan relay. Dan relaynya bekerja sebagai on-off nya motor.

Sistem mekanik sample changernya dibuat tanpa banyak menggunakan switch. Sistem ini juga berfungsi sebagai kontrol jalan tray sample changer. Sistem elektronik yang dibuat merupakan sistem pencacah nuklir non pencitraan, yaitu modul pengkondisi sinyal dan pengolah sinyal, modul tegangan tinggi, dan modul counter timer. Adapun modul berupa card, yaitu : modul usb tipe devasys, modul i2c ADDA dari innovative electronic serta low voltage dari power supply computer. Sistem elektroniknya handal karena mampu mengeluarkan pulsa TTL sebesar 0,5 s sehingga dengan mudah dapat dibaca oleh komputer. Sistem interfacingnya menggunakan teknologi terkini yaitu USB sehingga pemrosesan data dapat dengan cepat dikirim atau diterima Komputer.

### 3. KIT RIA AFLATOKSIN B1

Aflatoksin khususnya AFB<sub>1</sub> adalah merupakan mikotoksin yang bersifat racun dan karsinogenik. Dari berbagai penelitian ditemukan bahwa efek toksik aflatoksin pada hewan (juga diasumsikan dapat terjadi pada manusia) dapat berupa efek kronis dan akut. Efek kronik dapat timbul bila aflatoksin terkonsumsi dalam kadar rendah sampai dengan sedang secara terus menerus. Efek kronis ini secara klinis agak sulit dikenali namun dapat dikenali beberapa simpton seperti adanya penurunan kemampuan sistim pencernaan, dan juga penurunan penyerapan makanan dan lambatnya pertumbuhan. Sementara itu, efek akut dapat timbul bila aflatoksin terkonsumsi dalam kadar sedang sampai dengan yang cukup tinggi. Efek akut ini dapat berupa *hemorrhage*, kerusakan akut pada hati (seperti *necrosis*, *cirrhosis* dan *carcinoma*), *edema*, penurunan kemampuan sistim pencernaan, dan juga penurunan penyerapan makanan dan metabolisme tubuh dan juga kematian dalam 72 jam. Penelitian di beberapa negara di Asia dan Afrika memberikan bukti adanya korelasi positif antara diet yang mengandung aflatoksin dengan adanya kasus kanker hati. Berdasarkan beberapa penemuan diatas pada tahun 1988 International Agency for Research on Cancer (IARC) menetapkan aflatoksin B1 sebagai bahan yang bersifat karsinogenik.

Bahan pangan dan pakan ternak yang mempunyai resiko tinggi terkontaminasi aflatoksin adalah biji-bijian seperti jagung, kacang tanah dan biji kapas. Kontaminasi aflatoksin juga dapat ditemukan dalam susu, telur dan produk daging. Kontaminasi ini merupakan kontaminasi terikat yang disebabkan oleh terkontaminasinya pakan ternak oleh aflatoksin. Dalam rangka penyediaan bahan pangan dan pakan ternak yang sehat dan tidak membahayakan kesehatan manusia Food and Drug Administration (FDA) telah menetapkan kadar aflatoksin yang diperbolehkan dalam makanan dan pakan ternak. Misalnya kadar aflatoksin yang diperbolehkan dalam semua bahan makanan kecuali susu adalah  $< 20$  ng/g, sementara untuk susu adalah  $< 0,5$  ng/g. Untuk pakan ternak selain jagung yang diperbolehkan adalah  $< 20$  ng/g. Kandungan aflatoksin yang diperbolehkan pada jagung sebagai pakan ternak adalah antara  $20 - 300$  ng/g, tergantung jenis dan tujuan penggunaan ternak.

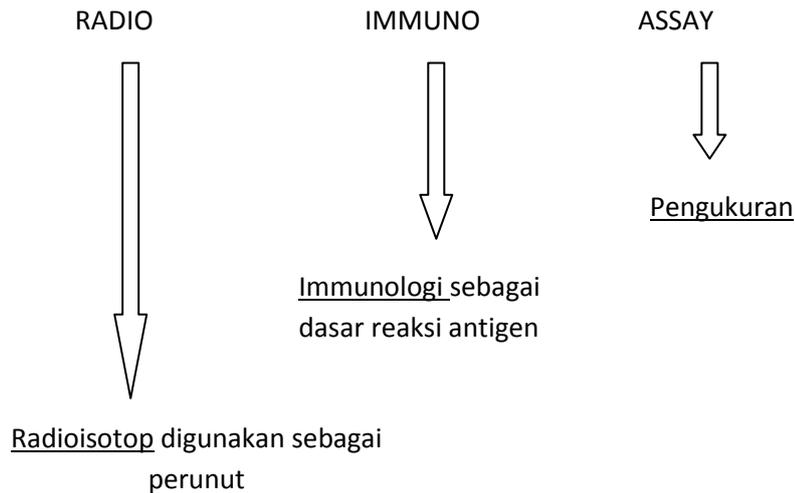
Penentuan aflatoksin pada bahan pangan dan berbagai komoditi pertanian dapat dilakukan dengan beberapa cara. Pemeriksaan visual untuk menduga adanya kontaminasi dilakukan berdasarkan adanya spora dari kelompok jamur *A. flavus*, tetapi hal bukanlah merupakan suatu metoda pengujian yang baku bahan-bahan terkontaminasi. Teknik analisa dengan KCKT dan KLT merupakan teknik yang akurat dan sangat berguna untuk pemeriksaan kualitatif dan kuantitatif aflatoksin. Oleh karena kedua metoda analisa ini membutuhkan cuplikan yang cukup murni maka kedua metoda memerlukan prosedur pemurnian yang cukup panjang dan rumit serta mahal untuk suatu analisa cuplikan.

Imunokimia adalah metoda yang berdasarkan kemampuan antibodi mengikat secara spesifik pada berbagai

substansi. Asosiasi reversibel antara antibodi dengan antigen korespondennya disebut reaksi imunologis. Kekuatan ikatan antigen dan antibodi melibatkan ikatan hidrogen dan hidrofobik. Antigen dikarakterisasikan oleh imunogenisitasnya atau antigenisitasnya yang mampu menginisiasi produksi antibodi pada hewan dan selanjutnya berinteraksi atau mengikat antibodi. Molekul peptida kecil seperti mikotoksin dan molekul kecil non peptida fiktoksin bukan imunogenik yang disebut juga sebagai haptan. Apabila haptan terkonjugasi dengan protein maka sifatnya menjadi imunogenik. Metoda imunogenik yang sensitif dikembangkan dengan melibatkan teknik penandaan untuk mengukur pembentukan kompleks yang sifatnya analitis seperti mikotoksin dan fiktoksin yang konsentrasinya terdapat pada skala ug-mg/ml.

Beberapa teknik penandaan yang digunakan dalam immunoassay yaitu seperti radioimmunoassay (RIA), enzyme immunoassay (EIA) dan enzyme linked immunoabsorbent assay (ELISA). Keseluruhan tampilan perangkat immunoassay fungsinya tidak hanya berprinsip pada imunologis tetapi juga pada sifat reagen, sifat matriks cuplikan, rancangan assay, dan percobaan. Prinsip dasar ini menentukan sensitivitas, spesifisitas, akurat, dan presisi dari assay (pengujian).

RIA merupakan salah teknik *immunochemical assay* yaitu teknik pengukuran yang didasarkan pada reaksi imunologi dan menggunakan radioisotop sebagai perunut (Gambar 3). Teknik ini merupakan teknik analisis yang didasarkan pada prinsip imunologi dan menggunakan perunut radioaktif.



Gambar 3. Prinsip RIA menggunakan perunut radioaktif

### 3.1 Pembuatan Perunut Aflatoksin B<sub>1</sub>

Pembuatan perunut AfB1-CMO-<sup>125</sup>I Histamin dilakukan dengan penandaan tidak langsung. Penandaan dilakukan dua tahap, pertama histamin ditandai dengan <sup>125</sup>I kemudian dikonjugasikan dengan AfB1-CMO yang sudah diaktifasi.

#### 3.1.1 Penandaan histamin dengan <sup>125</sup>I

Sejumlah 10 ul histamin (22 ug/ml) ditambah 20 ul Na<sup>125</sup>I (~ 2 mCi) dan 10 ul khloramin-T (5 mg/ml), kemudian campuran dikocok dengan vorteks selama 1 menit. Reaksi dihentikan dengan penambahan 10 ul larutan Na metabisulfit (30 mg/ml) dan diperiksa rendemen penandaan. Bila rendemen histamin bertanda <sup>125</sup>I lebih dari 45 %, dilanjutkan dengan konjugasi dengan AfB1-CMO yang sudah diaktifasi.

#### 3.1.2 Konjugasi AfB1-CMO dengan <sup>125</sup>I-histamin

Sebanyak 2 mg AfB1-CMO diaktifasi dengan cara dilarutkan dalam 50 ul dioksan bebas air lalu ditambah dengan 10 ul tributilamin yang telah dilarutkan dalam dioksan (1:5) dan didinginkan sampai 10 °C. Selanjutnya campuran ditambah dengan 10 ul isobutylkloroformat (1:10 dalam dioksan) dan diinkubasi selama 30 menit pada temperatur 10 °C dengan pengadukan. Campuran di atas diencerkan

dengan dioksan sampai 2,8 ml, kemudian 50 ul larutan tersebut dimasukkan ke dalam larutan histamin bertanda <sup>125</sup>I dan diaduk selama 2 jam. Setiap 1 jam pH diperiksa dan pH campuran tetap dijaga pada pH 8. Selanjutnya hasil konjugasi ini dimurnikan dengan ekstraksi pelarut.

#### 3.1.3 Pemurnian konjugat AfB1-CMO-<sup>125</sup>I – histamin

Hasil konjugasi AfB1-O- CMO dengan <sup>125</sup>I- Histamin diasamkan dengan 1 ml HCl 0,1 N dan diekstraksi dengan 1 ml etil asetat (ekstrak I). Fasa air ditambah 1 ml NaOH 0,1 N dan 1 ml natrium metabisulfit (1 mg/ml) dalam 0,5 M dapar fosfat dan selanjutnya diekstraksi lagi dengan 0,5 ml etil asetat (ekstrak II). Jumlah radioaktivitas yang terdapat pada ekstrak I dan II di bagi radioaktivitas awal dikalikan 100 % adalah rendemen penandaan. Ekstrak I dan II tidak dicampur karena biasanya tingkat imunologinya berbeda. Masing-masing ekstrak selanjutnya diperiksa kemurnian radiokimianya menggunakan kromatografi lapis tipis silika gel dengan fase gerak campuran toluen - metanol – asam asetat dengan perbandingan (75:24:1)[5].

### 3.2 Pembuatan Larutan Standar Aflatoksin B<sub>1</sub>

Sebanyak 0,15 mg AfB<sub>1</sub> dilarutkan dalam 1,5 ml metanol sehingga didapatkan larutan AfB<sub>1</sub> dengan konsentrasi 0,1 mg/ml disebut sebagai larutan stok A. Dari larutan stok A diambil 50 ul diencerkan dengan 2450 ul dapar fosfat salin 0,05 M pH 7,5 sehingga diperoleh larutan standar AfB<sub>1</sub> konsentrasi 2000 ng/ml (larutan stok B). Sebanyak 2000 ng/ml larutan stok standar AFB<sub>1</sub> (stok B) diencerkan menjadi beberapa konsentrasi berikut : 1 ng/ml, 2,5 ng/ml, 5 ng/ml, 10 ng/ml, 20 ng/ml, 40 ng/ml dan 80 ng/ml menggunakan larutan dapar fosfat 0,05 M pH 7,4 sebagai matrik atau pelarutnya.

### 3.3 Imobilisasi Antibodi Aflatoksin B<sub>1</sub> Pada Permukaan Bagian Dalam Tabung Polistiren

Diambil 300 ul poliklonal antibodi aflatoksin B<sub>1</sub> yang telah diketahui titernya dilarutkan dalam 60 ml dapar bikarbonat 0,05 M pH 8,5 (titer 1 : 2000). 750 ul dari larutan diatas di dispensing kedalam tabung polistiren berdasar bintang sehingga didapatkan sebanyak 930 tabung. Selanjutnya tabung-tabung tersebut di inkubasikan semalam pada temperatur 4 °C. Setelah itu buang cairan dalam tabung lalu dicuci dengan 1 ml larutan pencuci (campuran akuades yang mengandung 0,1 % tween 20). Tabung-tabung yg sudah disalut dengan antibodi selanjutnya dibloking dengan 750 ul dapar bikarbonat 0,05 M pH 8,5 yang mengandung 1 % BSA dan 0,05 % sodium azida dan di inkubasi semalam pada temperatur 4 °C. Dekantasi cairan didalam tabung-tabung tersebut dan dikering kan pada temperatur kamar. Selanjutnya tabung-tabung *coated tube* siap untuk digunakan.



Gambar 4. Coated tube Aflatoksin B<sub>1</sub>



Gambar 5. Kit RIA Aflatoksin B<sub>1</sub>

Selanjutnya kit RIA Aflatoksin B<sub>1</sub> siap di ujicobakan menggunakan alat pencacah gamma buatan PRPN-BATAN.

## 4. ANALISA TEKNOEKONOMI

Kajian teknoekonomi dilakukan dengan tujuan untuk membantu pengguna dalam memanfaatkan hasil litbang BATAN terhadap produk-produk terpilih yang siap didayagunakan dilengkapi dengan kajian teknoekonomi dan untuk memberi gambaran kelayakan dilihat dari sisi teknis dan dilihat dari sisi ekonomi. Kelayakan teknis diperhitungkan dari umur teknis produk dan masa penggunaan teknologi dikaitkan dengan perkembangan teknologi pada umumnya, serta umur komponen pendukung produk yang berkaitan juga dengan besarnya biaya perawatan yang harus dikeluarkan dan ketersediaan komponen komponen pendukung tersebut dipasar lokal. Kelayakan ekonomi tidak terlepas dari biaya (*cost*) dan manfaat (*benefits*) yang dihasilkan oleh proses industri tanpa mengurangi kualitas dan unjuk kerja alat atau produk. Dalam hal pemilihan dan penggunaan suatu teknologi harus selalu

mempertimbangkan faktor ekonomi. Suatu proses industry dapat berlangsung kontinu bila memenuhi persyaratan efisiensi dan efektif usaha seperti tenaga kerja, teknologi, sarana dan prasarana, pasar atau pemasaran dan mampu mengantisipasi serta menghadapi tantangan perubahan/inovasi.

Kajian teknoekonomi produk hasil litbang BATAN dimaksudkan untuk memberikan informasi baik ke produsen/pengembang, dan pengusaha yang tertarik untuk memproduksi massal produk hasil litbangyasa BATAN, maupun ke konsumen sebagai pengguna produk hasil litbang BATAN, sehingga produsen/pengembang, dan pengusaha tertarik untuk berinvestasi. Apakah investasi layak dijalankan, hal tersebut dapat dilihat dari beberapa criteria kelayakan finansial.

Ukuran kelayakan usaha yang umum digunakan adalah Net Present Value (NPV), Internal Rate of Ratio (IRR), Benefit Cost Ratio (BCR), dan Payback Periode (PP).

**Net Present Value (NPV)**

Net Present Value adalah nilai sekarang dari arus kas usaha pada masa yang akan datang yang didiskontokan dengan biaya modal rata-rata yang digunakan kemudian dikurangi dengan nilai investasi yang telah dikeluarkan.

$$NPV = \sum_{t=0}^{(C)t} \frac{-----}{(1+i)^t} - (Co)t$$

Dimana,

- (C)t = Aliran kas masuk tahun ke t
- (Co)t = Aliran kas keluar tahun ke t
- n = Umur unit usaha hasil proyek
- i = Arus pengembalian(rate of return)
- t = Waktu

Artinya,

- NPV positif → layak
- NPV negatif → tidak layak

**Internal Rate of Return (IRR)**

Internal Rete of Return adalah discount rate yang menyampaikan nilai sekarang (pesent value) dari arus kas masuk dan nilai investasi suatu usaha.

IRR adalah discount rate yang menghasilkan NPV sama dengan nol. Persamaan yang digunakan adalah

$$IRR = r_1 + (r_2 - r_1) \times \frac{NPV}{NPV_1 + (NPV_2)}$$

Dimana,

- r<sub>1</sub> = discount rate → NPV positif
- r<sub>2</sub> = sembarang discount rate R<sub>2</sub> > R<sub>1</sub>
- mungkin NPV negatif (NPV<sub>2</sub>)

Apabila,

- Biaya modal suatu usaha > IRR → NPV negatif → usaha tidak layak
- Biaya modal suatu usaha < IRR → NPV positif → usaha sangat layak

**Benefit Cost Ratio (B/C Ratio)**

Analisis manfaat terhadap biaya biasanya menggunakan metode Benefit Cost Ratio. Persamaan yang digunakan adalah

$$BCR = \frac{(PV) B}{(PV) C}$$

Dimana,

- (PV) B = Nilai sekarang benefit
- (PV) C = Nilai sekarang biaya
- Semakin tinggi rasio manfaat dibandingkan biaya akan semakin menarik.
- Apabila,
- BCR > 1 Layak
- BCR < 1 tidak layak
- BCR = 0 Tidak untung

**Payback Periode (Periode Pengembalian)**

Periode pengembalian yaitu jangka waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal suatu proyek, dihitung dari aliran kas bersih per tahun.

Semakin cepat investasi dikembalikan semakin baik proyek tersebut. Persamaan yang digunakan adalah

$$PP = \frac{\text{Initial Investment}}{\text{Annual Cash In Flow}} = \frac{C_0}{C}$$

Dimana,

C = Aliran kas masuk

Co = Aliran kas keluar

Kajian teknoekonomi ini dilakukan untuk investasi selama 5 (lima) tahun dengan data-data masukan dan asumsi-asumsi sebagai berikut :

- Biaya atau aset tetap adalah sebesar Rp. 1.125.000.000,- dengan asumsi biaya modal terdiri dari biaya sendiri sebesar 30% dan sisanya adalah biaya pinjaman dari Bank sebesar 70% dengan bunga 12%. Jangka waktu penyelesaian proyek adalah 10 bulan. Biaya Pemasaran adalah 30% terhadap penjualan.
- Kapasitas produksi yang dapat dihasilkan adalah sebanyak 2 (dua) unit dalam satu bulan dengan demikian dalam satu tahun mesin pencacah ini kapasitas produksinya sebanyak 24 (dua puluh empat) buah. Harga jualnya adalah sebesar Rp. 200.000.000,- / unit dengan kenaikan 10% tiap tahunnya.

Nilai keuntungan dapat diperoleh dari selisih antara penerimaan dikurangi dengan pengeluaran. Komponen penerimaan diperoleh dari jumlah unit yang diproduksi kemudian dapat dijual dikalikan dengan

harga jual perunitnya. Komponen pengeluaran antara lain terdiri dari : biaya tetap atau biaya investasi, biaya produksi, biaya tenaga kerja, biaya pemasaran dan biaya lainnya.

Dari data dan asumsi tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan analisa keuangan dengan menggunakan perangkat lunak untuk simulasi kelayakan usaha berbasis Exel sehingga diperoleh hasil seperti terlihat pada Tabel Kajian Teknoekonomi perangkat pencacah RIA IP.8.

Tabel 1. Fixed Asset

Asumsi kenaikan biaya investasi		10.0%
No.	Kegiatan	Biaya (Rp)
1	Pembebasan Lahan	200,000,000
2	Bangunan Gedung	500,000,000
3	Instalasi	50,000,000
4	Kendaraan	300,000,000
5	Inventaris	75,000,000
Total		1,125,000,000

Tabel 2. Upah Langsung

Operator	15	orang
Upah/Bulan	2,000,000	Rp/Bulan
Kenaikkan Upah	10%	per tahun

Tabel 3. Harga Bahan Baku

No.	Bahan Baku	Rp/Unit
1	Detektor NaTI	70,000,000
2	Modul Elektronik	30,000,000
3	Modul High Voltage	5,000,000
4	Modul Mekanik	7,000,000
5	Personal Computer	8,000,000
6	Software	20,000,000
Jumlah		140,000,000

Tabel 4. Upah Tak Langsung

No.	Jabatan	Jumlah Karyawan (Orang)	Upah (Rata-rata) (Rp/Bulan)	Upah (Rp/Bulan)	Upah (Rp/Tahun)
1	Manager Pabrik	1	10,000,000	10,000,000	130,000,000
2	Supervisor	2	6,000,000	12,000,000	156,000,000
3	Logistik	1	4,000,000	4,000,000	52,000,000
4	Sopir	2	1,500,000	3,000,000	39,000,000
5	Satpam	3	1,000,000	3,000,000	39,000,000
6	QC	4	2,500,000	10,000,000	130,000,000
7	Sekretaris	1	2,000,000	2,000,000	26,000,000
Jumlah		14		44,000,000	572,000,000

Tabel 5. Biaya Gaji (Operasional)

No.	Jabatan	Jumlah Karyawan (Orang)	Upah (Rata-rata) (Rp/Bulan)	Upah (Rp/Bulan)	Upah (Rp/Tahun)
1	Manager Umum	1	12,500,000	12,500,000	162,500,000
2	Staf Keuangan	3	2,500,000	7,500,000	97,500,000
3	Manager Keuangan	1	10,000,000	10,000,000	130,000,000
4	Staf Pemasaran	5	8,000,000	40,000,000	520,000,000
5	Staf Adiministrasi	2	2,000,000	4,000,000	52,000,000
6	Pesuruh	2	2,000,000	4,000,000	52,000,000
Jumlah		14		78,000,000	1,014,000,000

Tabel 6. Asumsi Biaya Operasi

No.	Jenis Biaya	Biaya Rata-rata Per Bulan (Rp)	Biaya Rata-rata Per Tahun (Rp)	Kenaikkan Biaya (%/Tahun)	Tahun				
					1	2	3	4	5
1	Biaya Telepon dan Telekomunikasi	8,000,000	96,000,000	10.00%	96,000,000	105,600,000	116,160,000	127,776,000	140,553,600
2	Biaya Listrik	10,000,000	120,000,000	10.00%	120,000,000	132,000,000	145,200,000	159,720,000	175,692,000
3	Biaya Air	2,000,000	24,000,000	10.00%	24,000,000	26,400,000	29,040,000	31,944,000	35,138,400
4	Biaya ATK	1,500,000	18,000,000	10.00%	18,000,000	19,800,000	21,780,000	23,958,000	26,353,800
5	Biaya Transportasi	5,000,000	60,000,000	10.00%	60,000,000	66,000,000	72,600,000	79,860,000	87,846,000
6	Biaya Perawatan	5,000,000	60,000,000	10.00%	60,000,000	66,000,000	72,600,000	79,860,000	87,846,000
7	Biaya Lain-lain	500,000	6,000,000	10.00%	6,000,000	6,600,000	7,260,000	7,986,000	8,784,600
Jumlah			384,000,000		384,000,000	422,400,000	464,640,000	511,104,000	562,214,400

Tabel 7. Proyeksi Laba Rugi

	0	1	2	3	4	5
Penjualan	0	4,620,000,000	5,082,000,000	5,856,400,000	6,442,040,000	7,086,244,000
Harga Pokok Penjualan	0	1,111,989,750	1,214,801,900	1,349,772,330	1,476,425,154	1,615,752,064
Laba Kotor	0	3,508,010,250	3,867,198,100	4,506,627,670	4,965,614,846	5,470,491,936
Biaya Operasi						
Biaya Gaji	0	1,014,000,000	1,115,400,000	1,226,940,000	1,349,634,000	1,484,597,400
Biaya Telepon dan Telekomunikasi	0	96,000,000	105,600,000	116,160,000	127,776,000	140,553,600
Biaya Listrik	0	120,000,000	132,000,000	145,200,000	159,720,000	175,692,000
Biaya Air	0	24,000,000	26,400,000	29,040,000	31,944,000	35,138,400
Biaya ATK	0	18,000,000	19,800,000	21,780,000	23,958,000	26,353,800
Biaya Penyusutan	0	33,825,000	33,825,000	33,825,000	33,825,000	33,825,000
Biaya Amortisasi	0	43,500,000	43,500,000	43,500,000	43,500,000	43,500,000
Biaya Sewa	0	0	0	0	0	0
Biaya Transportasi	0	60,000,000	66,000,000	72,600,000	79,860,000	87,846,000
Biaya Perawatan	0	60,000,000	66,000,000	72,600,000	79,860,000	87,846,000
Biaya Asuransi	0	508,750	508,750	508,750	508,750	508,750
Biaya Pemasaran	0	1,386,000,000	1,524,600,000	1,756,920,000	1,932,612,000	2,125,873,200
Biaya Lain-lain	0	6,000,000	6,600,000	7,260,000	7,986,000	8,784,600
Total Biaya Operasi	0	2,861,833,750	3,140,233,750	3,526,333,750	3,871,183,750	4,250,518,750
Laba Operasi (EBIT)	0	646,176,500	726,964,350	980,293,920	1,094,431,096	1,219,973,186
Biaya Bunga	60,541,250	143,582,733	129,317,845	115,138,895	97,285,072	77,206,760
Pendapatan (Biaya) Lain-lain	-8,662,500	-2,697,315	-2,967,434	-3,419,778	-3,761,953	-4,138,353
Keuntungan (Kerugian) Kurs	0	0	0	0	0	0
Laba Sebelum Pajak	-69,203,750	499,896,452	594,679,071	861,735,247	993,384,071	1,138,628,073
Pajak	0	149,968,936	178,403,721	258,520,574	298,015,221	341,588,422
Laba Bersih	-69,203,750	349,927,516	416,275,349	603,214,673	695,368,850	797,039,651

Tabel 8. Hasil Perhitungan Kelayakan (NPV, IRR, Payback Period, dan B/C Ratio)

			0	1	2	3	4	5
<b>CASH INFLOW</b>								
EBIT (1-T)			0	452,323,550	508,875,045	686,205,744	766,101,768	853,981,230
Depresiasi dan Amortisasi			0	156,250,000	156,250,000	156,250,000	156,250,000	156,250,000
Nilai Sisa Fixed Asset			0					673,750,000
Nilai Sisa Modal Kerja			0					591,193,263
Jumlah Cash Inflow			0	608,573,550	665,125,045	842,455,744	922,351,768	2,275,174,494
<b>CASH OUTFLOW</b>								
Fixed Assets		1,237,500,000	0	0	0	0	0	0
Incremental Modal Kerja		0	385,330,750	38,588,425	64,620,511	48,882,138	53,771,440	53,771,440
Jumlah Cash Outflow		1,237,500,000	385,330,750	38,588,425	64,620,511	48,882,138	53,771,440	53,771,440
<b>NET CASH FLOW</b>		<b>-1,237,500,000</b>	<b>223,242,800</b>	<b>626,536,620</b>	<b>777,835,233</b>	<b>873,469,630</b>	<b>2,221,403,053</b>	
PVIF	11.6%	1.0000	0.8962	0.8032	0.7198	0.6451	0.5782	
Present Value		-1,237,500,000	200,074,207	503,238,368	559,923,300	563,510,978	1,284,386,048	
Net Present Value	1,873,632,901	<b>LAYAK</b>						
IRR	45.5%							
Payback Period	3.0	Tahun						
BC Ratio	3.8							

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan uraian dan hasil analisa yang telah dilakukan, diketahui bahwa perangkat pencacah RIA IP.8 dengan Teknik Radioimmunoassay kit RIA dapat digunakan untuk menganalisis zat-zat yang ada di dalam cairan tubuh, diantaranya urin, hormon, dan lain-lain atau kultur media yang berkadar rendah dan matriksnya kompleks. Teknik pengukuran RIA berdasarkan pada reaksi imunologi dengan menggunakan radioisotop sebagai perunutnya.

Dari analisa perhitungan keuangan diperoleh hasil Net Present Value (NPV) 1.873.632.901, Internal Rate of Return (IRR) 45,5%, Payback Period (PP) 3 tahun, Benefit/Cost Ratio (B/C) 3,8 sehingga dari data-data tersebut peluang investasi ini layak untuk dilakukan karena memenuhi persyaratan antara lain : NPV diatas nol, IRR diatas bunga bank, B/C Ratio diatas 1, PP dibawah umur investasi.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. **BOGART, R. And TAYLOR, R.E.**, "Scientific Farm Animal Production, 2<sup>nd</sup> Edition", Macmillan Publishing

Company – Newyork, Collier Macmillan Publisher – London, (1983), pp: 98-108.

2. **TJIPTOSUMIRAT, T.**, "Aplikasi Teknik Nuklir Untuk Peningkatan Penampilan Reproduksi Ternak Ruminansia Besar", Presentasi Ilmiah Peneliti Madya Bidang Pertanian PATIR-BATAN, 2010.
3. **ARIYANTO, A.**, "Prinsip Radioimmunoassay dan Spesifikasi Kit Ria Progesteron Produksi BATAN", Workshop KIT RIA Progesteron, Hotel Sahid Makassar, 2010.
4. **ZUBIR, Z.**, "Studi Kelayakan Usaha", Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI, 2006.
5. **ANONYM**, Self-Coating Progesteron Radioimmunoassay (RIA) kit, a Protocol Prepared by the Animal Production Unit, FAO/IAEA Agriculture Laboratory, Seibesdorf, Austria (1995).