

## **PERHITUNGAN KEEKONOMIAN AKSELERATOR ELEKTRON**

(Mochamad Nasrullah, Arnold Y. Soetrisnanto)<sup>\*)</sup>

### **Abstrak**

**PERHITUNGAN KEEKONOMIAN AKSELERATOR ELEKTRON.** Perhitungan keekonomian sangat dibutuhkan pada setiap perusahaan agar dapat mengetahui proyek yang akan atau sedang dilaksanakan apakah layak secara ekonomis atau tidak. Demikian juga halnya dengan proyek akselerator elektron, dimana jasa perhitungan keekonomian terhadap akselerator elektron tersebut sangat diperlukan untuk mengetahui kelayakan ekonominya. Perbandingan biaya iradiasi pada kasus referensi dengan kasus Indonesia serta analisis sensitivitasnya dapat dipakai untuk mencari pemecahan yang optimal dalam pengambilan keputusan. Diasumsikan nilai tukar sebesar Rp.6500 tiap 1 US dollars, umur ekonomis 20 tahun dan data referensi yang sudah disesuaikan dengan keadaan sekarang. Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan nilai NPV, IRR dan B/C untuk masing-masing kasus. Kesimpulan yang dapat diambil bahwa kasus referensi sebaiknya tidak diambil sebab tidak layak secara ekonomi, karena NPV negatif, B/C kurang dari 1. Demikian halnya dengan kasus Indonesia walaupun biaya iradiasi lebih tinggi dari kasus referensi, tetapi untuk NPV, B/C, maupun IRR sama dengan kasus referensi oleh karena itu tidak layak juga secara ekonomi. Untuk layak secara ekonomi sebaiknya menggunakan kasus referensi dengan biaya iradiasi minimal sebesar-Rp1432 / kg, karena NPV menjadi positif, B/C lebih dari 1. Demikian juga untuk kasus Indonesia sebaiknya menggunakan biaya iradiasi minimal sebesar Rp. 2600 / kg, agar layak secara ekonomi.

### **Abstract**

**ECONOMIC CALCULATION OF ELECTRON ACCELERATOR.** In general, economic calculation is needed in all of industrial development, in order to know that a project will be economically feasible or not. The same process has to be applied in the electron accelerator project, where this process will be considered in the feasibility study of the project. Comparison study of irradiation cost between reference case, Indonesian case and the sensitivity analysis could be used to find out the optimal solution for decision making. It is consider as assumption that exchange rate is 1 US\$ for Rp. 6.500,- and all of economic data are adjusted to the present value. The Calculation is performed to find out the values of NPV, IRR and B/C for each case. The result obtained show that the reference case is not economically feasible to be applied, because the NPV value is negative and B/C less than one. The same result is obtained for the Indonesian case. Nevertheless, the reference case will become economically feasible if the irradiation cost has to be increased to Rp. 1.432,-/kg. For this value, the NPV value becomes positive and B/C more than one. The Indonesian case will become economically feasible if the irradiation cost is increased to Rp. 2.600,-/kg.

---

<sup>\*)</sup> *Bidang Sistem Energi P2EN-BATAN*

## **I. PENDAHULUAN**

### **I.1. Latar Belakang Masalah**

Dalam rangka mewujudkan tujuan pembangunan nasional, yaitu meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan mencerdaskan kehidupan bangsa, maka Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sebagai salah satu lembaga penelitian berupaya untuk melaksanakannya, hal tersebut tercermin dalam upaya untuk memanfaatkan, mengembangkan dan menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi. Pusat Pengembangan Energi Nuklir (P2EN) sebagai salah satu Pusat di BATAN mempunyai tugas untuk menjabarkannya, antara lain dengan produk pelayanan jasa yang dihasilkannya. Produk pelayanan jasa di lingkungan P2EN tersebut antara lain jasa perhitungan keekonomian dan pendanaan proyek, jasa perhitungan neraca penyediaan dan kebutuhan energi, harga energi dan keekonomiannya serta jasa perhitungan pembangkitan sistem kelistrikan dan pengaruhnya terhadap lingkungan pada keseluruhan rangkaian rantai bahan bakar dari sumberdaya energi. Salah satu jasa yang akan dibahas pada makalah ini adalah jasa perhitungan keekonomian proyek khususnya yang membahas tentang perhitungan keekonomian proyek yang berorientasi pada proyek non PLTN. Diantaranya adalah menghitung tekno ekonomi akselerator, yang penggunaannya memerlukan jasa mengenai perhitungan keekonomian proyek yang akan dapat dimanfaatkan untuk kepentingan BATAN sendiri maupun untuk kalangan luar yang memerlukan jasa tersebut, sehingga upaya untuk memanfaatkan, mengembangkan dan menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi dapat diwujudkan. Tujuan pembuatan makalah ini adalah untuk menghitung biaya ekonomi dari penggunaan akselerator, dan mencari biaya iradiasi pada penggunaan akselerator yang layak secara ekonomi. Pendekatan yang dilakukan untuk menghitung hal tersebut adalah dengan menghitung komponen-komponen, diantaranya adalah biaya investasi, operasi, kapasitas produksi, pembayaran hutang, parameter keuangan. Pemecahannya adalah membandingkan biaya iradiasi pada kasus referensi dengan kasus Indonesia dan dibandingkan dengan analisis sensitivitas untuk mencari pemecahaan yang layak secara ekonomi yang berguna dalam pengambilan keputusan. Diharapkan dengan adanya harga yang layak yang ditetapkan tersebut dapat dijadikan untuk pertimbangan dalam mengambil keputusan khususnya dalam penggunaan akselerator.

### **I.2. Asumsi dan Metode Perhitungan**

Pendekatan dilakukan dengan menghitung kapasitas produksi serta biaya iradiasi dengan menggunakan data dan asumsi sebuah akselerator elektron yang sudah beroperasi secara komersial

**I.2.1. Asumsi dan Data Masukan**

Data diambil dari akselerator elektron tipe Dynamitron (Sumitomo Heavy Industries Ltd) yang digunakan untuk Litbang sterilisasi bahan makanan untuk tujuan komersial di Jepang [5]

**Tabel 1. Data Akselaerator Elektron**

No.	Akselerator	Keterangan
1.	E	5 MeV
2.	Kuat Arus	40 mA
3.	Panjang Celah	140 cm
4.	Dosis radiasi	1 kGy
5.	Power berkas	200 kW
6.	Efisiensi	60%
7.	Waktu Operasi	6800 jam/tahun
8.	Biaya perawatan/tahun	5% x Investasi total [4]
9.	Pajak dan asuransi/tahun	2% x Investasi total [4]
10.	Mortalitas (alat & Gedung)	20 tahun [4]

**I.2.2. Metode Perhitungan**

Pendekatan dalam menghitung ekonomi akselerator adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Biaya tetap dan operasi tahunan dihitung berdasarkan metode yang dikemukakan oleh *CLELAND* dan *PAGEAU* [2], setelah disesuaikan dengan kondisi lokal seperti harga bangunan, tanah, perizinan dan upah kerja.
2. Untuk menghitung besarnya power berkas iradiasi dari akselerator elektron setelah dikonversikan menjadi sinar X dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_x \text{ (kW)} = E \text{ (MeV)} \times I \text{ (mA)} \times \text{faktor konversi} \quad (1)$$

Dimana:

- $P_x$  = Power berkas iradiasi sinar X (kW)
- $PEB$  = Power berkas iradiasi akselerator (kW)
- $E$  = Energi Akselerator (MeV)
- $I$  = Arus berkas akselerator (mA)

Untuk  $E = 3-5$  MeV digunakan faktor konversi sebesar 5-8%.

3. Biaya iradiasi per kg produk dapat dihitung dengan mengetahui kapasitas produk yang diradiasi menurut rumus sebagai berikut:

$$M \text{ (kg)} = \frac{3600 \times P \text{ (kW)} \times n \times T \text{ (jam)}}{D \text{ (kGy)}} \quad (2)$$

Atau

$$Q \text{ (kg/jam)} = \frac{3600 \times P \text{ (kW)} \times n}{D \text{ (kGy)}} \quad (3)$$

Dimana:

- M = massa bahan yang diiradiasi (kg)
- P = power berkas iradiasi (kW)
- n = efisiensi iradiasi
- T = waktu iradiasi (jam)
- Q = kapasitas produksi persatuan waktu (kg/jam).

4. Perhitungan analisis keuangan, dengan menggunakan modal pinjaman komersial luar negeri, maka pengembalian modal untuk kontrak selama masa operasi 20 tahun dihitung berdasarkan program spread sheet EXCEL dan untuk mengetahui layak dan tidaknya proyek secara ekonomi dapat dilihat dari *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Benefit Cost Analysis (B/C)* dengan menggunakan spread sheet EXCEL juga.

## II. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari perhitungan dapat dilihat sebagai berikut. Pada Tabel 2 menunjukkan biaya tetap akselerator elektron 5 MeV, 30 mA, dimana biaya investasi total sebesar Rp. 174.020 juta dan yang paling besar adalah biaya sumber Linac, jasa teknis dan peralatan radiasi.

**Tabel 2. Perhitungan Biaya Tetap Akselerator Elektron 5 MeV, 30 mA**

No.	Biaya tetap sebuah akselerator elektron 5 MeV, 30 mA	Jumlah Juta (Rp)
1	Bangunan	2.164
2	Perisai radiasi : harga bangunan	8.672
3	Peralatan radiasi	31.258
4	Ventilasi+AC	2.168
5	Jasa Teknis	62.633
6	Sumber Linac 5 MeV	65.121
	Sub total	172.016
7	Tanah & perijinan	2.003
	Investasi Total	174.020

Pada Tabel 3 menunjukkan biaya operasi tahunan, dan biaya yang paling besar adalah suku cadang sebesar Rp.174.345 dan jumlah biaya total operasi tahunan adalah Rp. 259.374.

**Tabel 3. Biaya Operasi Tahunan**

No	Biaya operasi tahunan	Jumlah Juta (Rp)
1	Perawatan	34,869
2	Pajak dan asuransi	13,947
3	Gaji	769
4	Honor operator	288
5	Suku cadang	174,345
6	Penggunaan listrik	686
7	Depresiasi	34,467
	Jumlah biaya operasi	259,374

Pada Tabel 4 menunjukkan angsuran investasi akselerator elektron dalam 20 tahun, dengan bunga 4% / semester, jumlah angsuran 2 kali tiap tahun. Total angsuran Rp. 8,9 milyar

**Tabel 4. Pembayaran Angsuran Investasi Akselerator Elektron dalam 20 Tahun**

No	Pembayaran angsuran investasi akselerator elektron dalam 20 tahun	Keterangan
1	Bunga/semester (%)	4
2	Jumlah angsuran per tahun (kali)	2
3	Harga kontrak total (Milyar Rp.)	174
4	Uang muka (30%) (Milyar Rp.)	52,2
5	Besar angsuran tiap kali (Milyar Rp.)	4,5
	Jumlah angsuran total (Milyar Rp.)	8,9

Pada Tabel 5 menunjukkan perhitungan kapasitas produksi dengan studi kasus referensi, dimana power berkas radiasi 16 KW, efisiensi iradiasi 60%, kapasitas produksi 34.560 kg/jam, waktu operasi 6.800 jam/tahun, dengan jumlah biaya tahunan Rp. 268,3 Milyar, biaya iradiasi sebesar Rp.1.142 /kg

**Tabel 5. Perhitungan Kapasitas Produksi dengan Studi Kasus Referensi**

No.	Perhitungan Kapasitas Produksi	Keterangan
1	Power berkas radiasi (KW)	16
2	Efisiensi iradiasi (%)	60
3	Q = kapasitas produksi (kg/jam)	34.560
4	Waktu operasi (jam/tahun)	6.800
	Q = kapasitas produksi (kg/tahun)	235 juta
	Q = kapasitas produksi (ton/jam)	0,23 juta
	Biaya tahunan	
5	Operasi tahunan	Rp. 259,4 Milyar
6	Angsuran per tahun	Rp. 8,92 Milyar
7	Jumlah (Rp)	268,3 Milyar
8	Biaya iradiasi (Rp/kg)	1142

Pada Tabel 6 menunjukkan hasil analisis keuangan untuk kasus referensi dan kasus Indonesia, dimana NPV negatif, IRR sama yaitu 17,47% dan B/C kurang dari 1, yaitu 0,831 dan biaya iradiasi untuk kasus referensi Rp.1.142 /Kg sedangkan untuk kasus Indonesia lebih besar yaitu Rp. 2.074 /Kg.

**Tabel 6. Hasil Analisis Keuangan Kasus Referensi dengan Indonesia**

No.	Rasio Keuangan	Kasus Referensi	Kasus Indonesia
1.	NPV (Milyar Rp.)	-402,6	-402,6
2.	IRR	17,47%	17,47%
3.	B/C	0,831	0,831
4.	Biaya Iradiasi (Rp/Kg)	1142	2074

Pada Tabel 7 menunjukkan perhitungan kapasitas produksi, dimana waktu operasi lebih pendek yaitu 3.744 jam/tahun dibandingkan dengan waktu operasi kasus referensi 6.800 jam/tahun. Biaya iradiasi akan lebih besar dibandingkan kasus referensi, yaitu sebesar Rp. 2.074 /Kg.

**Tabel 7. Perhitungan Kapasitas Produksi dengan Studi Kasus Indonesia**

No.	Perhitungan Kapasitas Produksi	Keterangan
1	Power berkas radiasi (KW)	16
2	Efisiensi iradiasi (%)	60
3	Q = kapasitas produksi (kg/jam)	34.560
4	Waktu operasi (jam/tahun)	3.744
	Q = kapasitas produksi (kg/tahun)	129,4 juta
	Q = kapasitas produksi (ton/jam)	0,13 juta
	Biaya tahunan	
5	Operasi tahunan (Milyar Rp.)	259,4
6	Angsuran per tahun (Milyar Rp.)	8,9
	Jumlah (Rp)	268,3 Milyar
7	Biaya iradiasi (Rp/kg)	2.074

Pada Tabel 8 menunjukkan analisis sensitivitas dari kasus referensi maupun kasus Indonesia dimana diambil sensitivitasnya dari biaya iradiasinya yaitu Rp. 1.432 /Kg untuk kasus referensi dan Rp. 2.600 /Kg untuk kasus Indonesia.

**Tabel 8. Analisis Sensitivitas**

No.	Keterangan	Biaya iradiasi (Rp/kg)
1	Kasus Referensi	1.432
2	Kasus Indonesia	2.600

Pada Tabel 9 menunjukkan hasil analisis keuangan dari sensitivitas yang dilakukan untuk NPV kasus referensi lebih besar dari kasus Indonesia dan keduanya bernilai positif. Untuk IRR keduanya memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 17,76%. Sedangkan untuk B/C untuk kedua kasus menunjukkan lebih besar dari 1, tetapi untuk kasus referensi lebih besar sedikit dibandingkan dengan kasus Indonesia. Sedangkan untuk biaya iradiasi terlihat bahwa untuk kasus referensi (Rp. 1.432 /Kg) lebih kecil dari pada kasus Indonesia (Rp. 2.600 /Kg).

Tabel 9. Hasil Analisis Keuangan Studi Sensitivitas

No.	Rasio Keuangan	Kasus Referensi	Kasus Indonesia
1.	NPV	Rp. 5,1 Milyar	Rp. 4,45 Milyar
2.	IRR	17,76%	17,76%
3.	B/C	1,0005036	1,00024
4.	Biaya Iradiasi (Rp/Kg)	1.432	2.600

### III. KESIMPULAN

Untuk kasus referensi biaya iradiasi sebesar Rp. 1.142 / kg tidak layak secara ekonomi, karena NPV Rp. -402,6 Milyar (negatif), B/C 0.831 (kurang dari 1). Pada kasus Indonesia biaya iradiasi sebesar Rp. 2.074 / kg, sedangkan untuk NPV, B/C, maupun IRR sama dengan kasus referensi oleh karena itu tidak layak juga secara ekonomi. Dengan adanya perbedaan waktu operasi pada akselerator elektron akan menyebabkan perbedaan dalam biaya iradiasinya, semakin pendek waktu operasinya, maka semakin besar biaya iradiasinya.

Untuk layak secara ekonomi sebaiknya menggunakan biaya iradiasi minimal sebesar Rp1.432/kg, karena NPV Rp. 5,1 Milyar (positif), B/C 1.0005036 (lebih dari 1). Pada kasus Indonesia biaya iradiasi minimal sebesar Rp. 2.600 / kg, karena NPV Rp. 4,45 Milyar (positif) B/C 1.00024 (lebih dari 1) dan semakin kuat nilai tukar rupiah terhadap US dollar dari asumsi yang digunakan (Rp. 6.500/US \$), maka semakin kecil biaya iradiasi yang dikeluarkan semakin kuat nilai tukar rupiah terhadap US dollar dari asumsi yang digunakan (Rp. 6.500/US \$) maka semakin kecil biaya iradiasi yang dikeluarkan. Semakin besar pengaruh E, power berkas radiasi, dan efisiensi iradiasi, maka semakin kecil biaya iradiasinya, sebaliknya semakin besar biaya tahunannya (biaya operasi dan angsuran) maka semakin besar biaya iradiasinya

### DAFTAR PUSTAKA

1. ABDULLAH, Nazir, Pengawetan Bahan Makanan dengan Proses Iradiasi-Suatu Alternatif yang perlu dipertimbangkan, Risalah Seminar Nasional Pengawetan Makanan Dengan Iradiasi, Jakarta 6-8 Juni 1983, Badan Tenaga Atom Nasional, Jakarta, 1984
2. CLELAND, M.R. And PAGEAU, G.M., Electrons Versus Gamma rays-Alternative Sources for Irradiation Processes. In: Food Irradiation Processing, IAEA, Vienna, 1985

3. MORRISON, R.M., Economics of Food Irradiation : Comparison Between Electron Accelerators and Cobalt-60, Radiat. Phys. Chem, 1990
4. MORRISON, R.M., Economics of Sale in Single-Purpose Food Irradiators, In: Food Irradiation Proc., IAEA, Vienna, 1985
5. SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES Ltd., Electron Beam Processing, Tsukuba-shi, Ibaragi, Japan, 1990
6. Majalah BATAN Vol. XXVII No.1/2 Januari/April 1994 - ISSN - 0303 – 2876, Jakarta, 1994
7. DJAMIN, Zulkarnain, Perencanaan & Analisa Proyek, Edisi 2, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta, 1993.