

Aspek Kriteria Seleksi pada Pendirian Pabrik Elemen Bakar Nuklir Tipe PWR di Indonesia melalui Jalur Kering Terintegrasi

Bambang G Susanto

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN)-BATAN

Email: bgsusanto@cbn.net.id

ABSTRAK - ASPEK KRITERIA SELEKSI PADA PENDIRIAN PABRIK ELEMEN BAKAR NUKLIR TIPE PWR DI INDONESIA MELALUI KONVERSI JALUR KERING TERINTEGRASI. Telah dilakukan perhitungan aspek kriteria seleksi pada pendirian pabrik elemen bakar nuklir melalui konversi jalur kering terintegrasi kapasitas 710 ton UO_2 /tahun. Dari aspek kriteria seleksi yang telah dihitung, disimpulkan bahwa : periode pengembalian modal 3,39 tahun; pengembalian atas investasi (ROI) = 24,57%; rentabilitas usaha sangat baik, yaitu pabrik akan untung pada tahun pertama operasi dan akumulasi keuntungan selama 20 tahun adalah US \$ 2.109.316.500,-; nilai netto sekarang (NPV) pada capital cost 15% menunjukkan harga positif yaitu sebesar US \$ 153.936.400,-; arus pengembalian internal IRR sebesar 22,23 %; nilai indeks profitabilitas > 1 yaitu sebesar 1,585 yang mengindikasikan pabrik menarik untuk dibangun; benefit cost ratio (BCR) bernilai >1 yaitu 2,346 yang menunjukkan bahwa pabrik akan memberikan manfaat dan layak untuk dibangun.

Katakunci: kriteria seleksi, periode pengembalian, pengembalian atas investasi, nilai netto sekarang, BCR

ABSTRACT - CRITERIA SELECTION ASPECT ON THE ESTABLISHMENT OF NUCLEAR FUEL ELEMENT PLANT TYPE OF PWR IN INDONESIA THROUGH CONVERSION INTEGRATED DRY ROUTE. The calculation of selection criteria aspect on establishment of nuclear fuel element plant through conversion integrated dry route having capacity of 710 tons UO_2 /year has been conducted. From criteria selection aspect that has been calculated, is concluded that pay-back period is 3.39 year; return on investment (ROI) is 24.57%; rentability of the project is excellent that is the plant will give the profit since the first year and the accumulation of the profit after the year 20th is US \$ 2,109,316,500,-; net present value at capital cost 15% is US \$ 153,936,400,-; internal rate of return (IRR) is 22.23%, profitability index is 1.585 greater than 1,0 that indicate the project is interesting to be built; the benefit cost ratio (BCR) is 2.346 also greater than 1.0 shows that the plant will give the benefit and feasible to be built.

Keywords: selection criteria, pay back period, net present value (NPV), ROI, BCR

I. PENDAHULUAN

Pemerintah telah mengeluarkan PP Nomor 5 tahun 2005 tentang kebijakan energi, serta blue print pengelolaan energi tahun 2005 -2025 dan memasukkan opsi nuklir sebagai bauran energi dimasa yang akan datang^(1,2). Bila opsi PLTN dipilih untuk dibangun di

Indonesia, maka perlu dipikirkan sejak awal perencanaan tentang kesinambungan pasokan bahan bakar untuk PLTN itu dalam jangka panjang. Untuk menjawab masalah ini, PTBN-BATAN sejak tahu 2006 telah melakukan Pra Studi Kelayakan Pembangunan Pabrik Elemen Bakar Nuklir Tipe PWR^(3,4).

Proses pengambilan keputusan untuk membangun pabrik elemen bakar nuklir di Indonesia, perlu diuji dengan kriteria seleksi. Seleksi disini diartikan segala sesuatu yang berkaitan dengan menerima atau menolak usulan proyek tsb. Kadang pula dilakukan rangking, yang mengidentifikasi urutan usulan proyek investasi berdasarkan derajat menarik tidaknya usulan tersebut ditinjau dari segi finansial atau ekonomi. Kriteria seleksi yang lazim dipraktekkan bagi proyek pembangunan yang akan didirikan antara lain:

1. Yang tidak memperhitungkan nilai waktu dari uang misalnya:
 - a. Periode pengembalian (*pay-back periode*)
 - b. Pengembalian investasi (*return on investment*)
2. Yang memperhitungkan nilai waktu dari uang.
 - a. Perhitungan nilai netto (Net Present Value-NPV)
 - b. Internal Rate of Return (IRR)
 - c. Indeks profitabilitas
 - d. Benefit Cost Ratio (BCR)

Oleh karena itu sebelum diambil keputusan jadi tidaknya investasi pembangunan pabrik itu di Indonesia, salah satu syarat penting adalah perlu menguji proyek pembangunan itu melalui kriteria seleksi apakah menerima atau menolak usulan proyek tersebut. Mungkin langkah ini memerlukan waktu yang lama, ini bukan berarti memperlambat perusahaan untuk mencari peluang mengembangkan usaha, tetapi justru berupaya memilih dan menyaring jenis investasi yang memiliki potensi keberhasilan paling besar di kemudian hari⁽⁵⁾.

Ada sejumlah biaya yang diperlukan untuk mendirikan dan mengoperasikan suatu pabrik, khususnya pabrik elemen bakar nuklir, selain biaya operasi dan biaya pemasangan alat. Dalam praktek biasanya dalam pengembangan suatu desain yang pertama dilakukan adalah menentukan ukuran dari semua alat dan memperkirakan jumlah utilitas yang diperlukan. Selanjutnya harga peralatan dan utilitas dihitung termasuk didalamnya sarana pendukung seperti gedung

produksi dan lain-lain. Kalau perhitungan langsung sukar diperoleh harga yang pasti, maka dapat dilakukan pendekatan "Scale up" dan "cost index" untuk memperoleh harga taksir peralatan tersebut saat sekarang. Kemudian beberapa parameter biaya ditentukan dan akhirnya analisa untung rugi melalui kriteria seleksi dihitung dan ditetapkan^(3,4).

Dari kajian aspek teknologi pabrik yang akan didirikan mempunyai kapasitas 710 ton UO₂/tahun atau setara dengan 5 elemen bakar nuklir/hari untuk PLTN tipe PWR kapasitas 1000 MW. Kajian (Revisi 0) dilakukan untuk berbagai kemungkinan dibangunnya pabrik itu dimasa yang akan datang. Salah satu kajian yang telah dilakukan adalah kemungkinan dibangunnya fasilitas konversi UF₆ menjadi serbuk UO₂ melalui jalur "Integrated Dry Route" (IDR) atau Jalur Kering Terintegrasi (JKT) dilengkapi dengan fasilitas fabrikasi EBN, lokasi pabrik ada di PTBN-BATAN⁽⁴⁾.

Untuk mendukung pembangunan PLTN di Indonesia dengan skenario pembangkitan sampai tahun 2025 maksimum sebanyak 12.000 MW⁽⁶⁾, perlu dipikirkan skenario pembangunan pabrik elemen bakar nuklir yang sesuai dengan skenario tadi. Dari berbagai skenario yang diuraikan, akan diperoleh gambaran utuh bagi pengambil keputusan untuk menentukan skenario terbaik dibangunnya pabrik tersebut di Indonesia. Dalam makalah ini hanya akan diuraikan kriteria seleksi, bila pabrik yang akan dibangun dilengkapi dengan fasilitas konversi UF₆ menjadi serbuk UO₂ melalui jalur kering terintegrasi dan fasilitas fabrikasi EBN, dan lokasi pabrik di PTBN-BATAN Serpong. Skenario ini dipilih karena paling menarik dan paling menguntungkan dipandang dari sudut investasi dibandingkan yang lain⁽⁴⁾.

II. TATA KERJA/TAHAPAN PERHITUNGAN

Untuk memperoleh data aspek kriteria seleksi dari pabrik yang akan dibangun maka beberapa tahapan perhitungan dilakukan dengan menggunakan program 'PROFITABILITY ANALYSIS -1,1.xls' yang disusun oleh Holger Nickkich (2003) melalui justifikasi pemasukan data pada program sbb:

1. Program menghitung harga keluaran produk elemen bakar berdasar harga U diperkaya per kg setelah menjadi elemen bakar.
2. Perbandingan U produk dan U umpan adalah 1,0110
3. Berat kelongsong dan komponen elemen bakar lainnya dihitung sbb:
 - Dari Technical Report Series IAEA, No. 221⁽⁷⁾:
 1. Untuk PWR dengan kapasitas 1000 MW berat satu rakitan elemen bakar antara 480 – 840 kg
 2. Berat U per rakitan elemen bakar adalah 122 – 548 kg.
 3. Untuk elemen bakar yg kita rencanakan berat U per rakitan adalah 451,5 kg.
 4. Berat elemen bakar per satu rakitan yg direncanakan diperoleh dari ekstrapolasi sbb:

Berat rakitan satu elemen bakar:

$$480 + \frac{(451,5 - 122) \times (840 - 480) \text{ kg}}{(548 - 122)}$$

$$= 480 + (329,5 / 426) \times (360) \text{ kg}$$

$$= 758,45 \text{ kg.}$$

Jadi berat kelongsong +komponen =
(758,45 – 451,5) kg = 306,95 kg.

4. Berat kelongsong Zirlo dan komponen dibanding dengan berat U dalam satu elemen bakar adalah :
Berat Zirlo/Berat U = 306,95/451,5 = 0.6798.
5. Harga komponen dan cladding Zirlo/Zircaloy 4, berdasar penawaran harga dari CESUS, Areva Perancis tahun 2008 : **US \$ 482/kg.**
6. Pabrik beroperasi selama 300 hari per tahun, dengan faktor operasi 0,8219.
7. Konstruksi pabrik dimulai tahun 2013 dan akan selesai pada tahun 2016.
8. Pabrik elemen bakar nuklir yang direncanakan diperkirakan akan beroperasi selama 20 tahun.
9. Distribusi total permanen investasi adalah :
 1. Tahun 2013 = 10%
 2. Tahun 2014 = 15%
 3. Tahun 2015 = 25%
 4. Tahun 2016 = 50%.
10. Biaya *working capital* 100% diproyeksikan tahun 2016.
11. Harga UF6 alam menurut <http://www.uxc.com> per tanggal 31 Desember 07 adalah \$240/kg U, sedangkan harga SWU adalah US \$ 143/kg-SWU
 - Jumlah kg-SWU untuk mencapai pengkayaan sampai 4,51% dan sebanyak 632173,6 kg U menurut <http://www.fas.org> adalah : 4.356.962,144 kg SWU.
 - Harga bahan baku UF6 setelah diperkaya 4,51% adalah :
UF6 4,51% = US \$ 240/kg U + US\$ (4.356.962,144 kg SWU/632.173,6 U/ kg) x US 143 /kg-SWU.
= US 240/kg U + US 985.558/kg U
= **US \$ 1225.558/kg U.**
 - Biaya perizinan, transportasi dan asuransi sampai di Indonesia diperkirakan 5% dari setiap Kg Uranium diperkaya yg dibeli = 0,05 x US 1255.558 /k U = US 62.7779/Kg U
 - CEP Indeks Th 2007 = 547,08
 - CEP Indeks Th 2013 = 630
 - Harga UF6 tahun 2013 (sampai Indonesia) = US \$ (1225,558 + 62.78) (630/547,08) = US \$ 1483.609 /kg U
12. Masukkan kapasitas produksi Fabrikasi =
238/270 x 710 ton/th = 625,852 ton U/tahun dengan:
 - a. Berat Uranium per satu rakitan elemen bakar = 29,8 ton U/66 rakitan = 0,4515 ton U/rakitan
 - b. Jumlah rakitan elemen bakar total = 625,852 ton U/tahun / (0,4515 ton U/rakitan) = 1386 rakitan elemen bakar/tahun
13. Masukkan Harga Peralatan Fabrikasi tahun 2013 (perhitungan dengan cara scale-up) kedalam program, dan akan menjadi sbb⁽⁸⁾:
 - Total Equipment Cost (TEC) =
US \$ 4.000.000 (630/125,7) (1386/600)^{0,6} =

$$\begin{aligned} & \text{US \$ } 4.000.000 \times (5,02) \times (1,64328) = \\ & \text{US \$ } 32.997.062,4 \end{aligned}$$

Dibulatkan TEC = US \$. 33.000.000,-

14. Masukkan harga perhitungan alat konversi kedalam data input program sbb:

$$\text{Harga peralatan konversi} = \text{US \$ } 3.788.800,15.$$

15. Input untuk program yang lain diambil dari Tabel 17.1 (*Cost Sheet Outline*) dan ditunjukkan dalam lampiran 1⁽⁹⁾:

16. Dari Input yang telah disiapkan seperti dalam Tabel diatas, akan diperoleh data-data hasil perhitungan sbb:

- | | |
|--|--|
| 1. <i>Input Summary</i> ; | 5. <i>Fixed Cost Summary</i> |
| 2. <i>Cash Flow Summary</i> ; | 6. <i>Investment Summary</i> |
| 3. <i>Variable Cost Summary</i> ; | 7. <i>Profitability Measures</i> |
| 4. <i>IRR Analysis-Single Variable</i> ; | 8. <i>IRR Analysis-Two Variables</i> . |

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Periode Pengembalian (Pay-Back Periode)

Periode Pengembalian adalah jangka waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal suatu investasi, dihitung dari aliran kas bersih. Aliran kas bersih adalah selisih pendapatan (revenue) terhadap pengeluaran (expenses) per tahun. Periode pengembalian dapat dirumuskan sbb:

$$\text{Periode Pengembalian} = \text{Cf} / \text{A}$$

Dengan: Cf = Biaya Investasi Pertama

A = Aliran kas netto per tahun.

Bila aliran kas netto tahunan tidak sama, maka dapat dipergunakan aliran kas netto rata-rata selama umur pabrik (20 tahun).

Dari perhitungan, jumlah netto aliran kas tiap tahun selama 20 tahun sebesar US 2.530.140.700 dan aliran kas netto rata-rata nya adalah US \$ 126.507.035

$$\text{Periode Pengembalian} = \frac{\text{Biaya Total Investasi}}{\text{Aliran kas Rata2 / th}}$$

$$= \frac{\$ 429.303.400}{\$ 126.507.035} = 3,39 \text{ tahun}$$

B. Pengembalian Atas Investasi (Return On Investment)

Pengembalian atas investasi atau Return On Investment (ROI) dari pembangunan pabrik elemen bakar nuklir ini, dapat dihitung dari perbandingan pemasukan (income) per taun dengan dana investasi yang dipakai. Rumusnya adalah sbb:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Pemasukan}}{\text{Investasi}} \times 100\%$$

Beberapa variasi rumus untuk menghitung ROI dapat dinyatakan sbb:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Pemasukan Netto Sebelum Pajak}}{\text{Biaya Pertama}} \times 100\%$$

atau:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Pemasukan Netto Sebelum Pajak}}{\text{Rata-Rata Investasi}} \times 100\%$$

atau:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Pemasukan Netto Setelah Pajak}}{\text{Rata-Rata Investasi}} \times 100\%$$

Pendapatan bersih rata-rata tiap tahun adalah US \$ 105.465.825 dan rata-rata investasi adalah US \$ 429.303.400

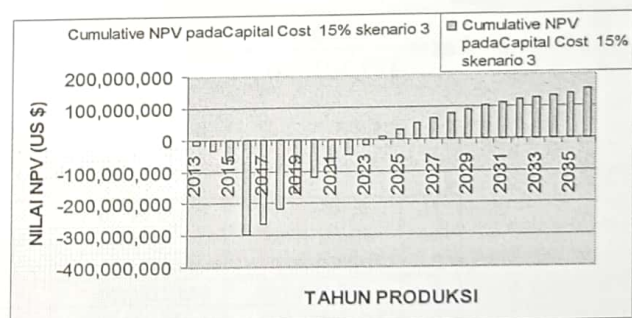
$$\text{ROI} = 105.465.825 / 429.303.400 = 24,57\%$$

C. Rentabilitas Usaha

Pada tahun 2017 Pabrik beroperasi pada kapasitas 50%, tahun 2018 pada 75% dan tahun 2019 100%, maka dari perhitungan yang diuraikan dalam Cash Flow Summary (Lampiran 2), pabrik akan menghasilkan laba sejak tahun pertama (Th 2017) sebesar US \$41.917.400,- Pada tahun ke dua (2018) pabrik menghasilkan laba US \$ 66.739.200,-. Dan pada tahun ke 20 (th 2036) pabrik menghasilkan laba US \$114.790.000 dan akumulasi keuntungan pada tahun 2036 (faktor inflasi belum dimasukkan dalam perhitungan) adalah sebesar US \$ 2.109.316.500,- (lihat Lampiran.3)

D. Perhitungan Nilai Netto Sekarang (Net Present Value-NPV)

Analisa nilai netto sekarang (Net present value) , didasarkan pada konsep mendiskonto seluruh aliran kas ke nilai sekarang. Dengan mendiskonto semua aliran kas masuk dan keluar selama umur pabrik ke nilai sekarang akan diketahui selisihnya dengan memakai dasar yang sama, yaitu harga (pasar) saat ini. Dari lampiran 2, hasil cash flow summary diperoleh *Cumulative Net Present Value* (NPV) pada capital cost 15% sebesar US \$ 153.936.400 yang menunjukkan nilai positif, berarti pabrik elemen bakar nuklir kapasitas 710 ton UO₂/th layak untuk didirikan. Pada Gambar 1 ditunjukkan nilai NPV versus tahun produksi pada capital cost 15% sbb:



Gambar 1. Nilai NPV Vs Tahun Produksi

E. Arus Pengembalian Internal (Internal Rate of Return =IRR)

Suatu analisis yang dapat menjelaskan apakah pembangunan pabrik elemen bakar nuklir dengan kapasitas 710 ton UO₂/tahun cukup menarik, dapat dilihat dari arus pengembalian internal (IRR). Dari hasil perhitungan (lampiran 3) , *Internal Rate of Return* (IRR), dapat disebut juga dengan *Investor Rate of Return* diperoleh nilai IRR sebesar 22,23 % .

F. Indeks Profitabilitas

Variasi lain untuk menentukan kelayakan suatu proyek adalah dengan menentukan indeks profitabilitas. Yaitu

suatu cara untuk menentukan kemampuan mendatangkan laba per satuan nilai investasi. Rumus untuk penentuan Indeks Profitabilitas adalah sbb:

$$\text{Indeks Profitabilitas} = \frac{\text{Nilai sekarang aliran kas masuk}}{\text{Nilai sekarang aliran kas keluar}}$$

Yang dimaksud dengan nilai sekarang aliran kas masuk adalah jumlah seluruh aliran kas netto sampai akhir proyek dengan dihitung nilainya dengan nilai sekarang. Sedangkan nilai sekarang aliran kas keluar adalah nilai investasi awal yang dipergunakan untuk membangun pabrik elemen bakar nuklir.

TABEL 1.
INDEKS PROFITABILITAS

No.	Aliran Kas Netto/tahun	Compound of Interest (15%/tahun)	Nilai Sekarang Kas (US \$)
1	56,049,200	0.8696	48740384.32
2	92,176,400	0.7561	69694576.04
3	122,238,400	0.6575	80371748
4	120,732,500	0.5718	69034843.5
5	119,529,900	0.4972	59430266.28
6	118,562,500	0.4323	51254568.75
7	118,133,800	0.3759	44406495.42
8	118,133,800	0.3269	38617939.22
9	118,139,000	0.2843	33586917.7
10	118,133,800	0.2149	25386953.62
11	116,424,000	0.2149	25019517.6
12	114,709,000	0.1869	21439112.1
13	114,709,000	0.1625	18640212.5
14	114,709,000	0.1413	16208381.7
15	114,709,000	0.1229	14097736.1
16	114,709,000	0.1069	12262392.1
17	114,709,000	0.0929	10656466.1
18	114,709,000	0.0808	9268487.2
19	114,709,000	0.0702	8052571.8
20	394,215,400	0.0611	24086560.94
Total			680.256.131

$$\text{Indeks Profitabilitas} = \frac{680.256.131}{429.303.400} = 1,585$$

Nilai Indeks Profitabilitas terhitung > 1, proyek Pembangunan Pabrik Elemen Bakar Nuklir menarik untuk dibangun.

G. Benefit Cost Ratio

Untuk menentukan kelayakan pembangunan pabrik elemen bakar nuklir kapasitas 710 ton UO₂/tahun, kriteria lain yang dipakai adalah *Benefit Cost Ratio*. Rumus *Benefit Cost Ratio* adalah sbb:

$$\text{BCR} = \frac{\text{Nilai Sekarang Benefit}}{\text{Nilai Sekarang biaya}} = \frac{(PV)B}{(PV)C}$$

Bila C pada rumus diatas dianggap sebagai biaya investasi pertama (Cf), maka rumusnya menjadi:

$$\text{BCR} = \frac{(PV)B}{Cf}$$

dengan: BCR = Benefit Cost Ratio atau perbandingan manfaat terhadap biaya.

(PV)B = Nilai sekarang *benefit*.

(PV)C = Nilai sekarang biaya.

Untuk proyek-proyek swasta, *benefit* umumnya berupa pendapatan minus biaya diluar biaya pertama (misalnya untuk operasi dan produksi) sehingga rumus menjadi:

$$\text{BCR} = \frac{[R - (C)_{op}]}{Cf}$$

dengan: R = Nilai sekarang pendapatan
(C)_{op} = Nilai sekarang biaya (diluar biayapertama)

Cf = Biaya pertama investasi.

Bila nilai BCR >1, maka proyek pembangunan pabrik elemen bakar nuklir kapasitas 710 ton UO₂/tahun layak diteruskan, tetapi bila harga BCR < 1, pembangunan pabrik elemen bakar nuklir tsb. tidak layak diteruskan.

Dari Tabel 2, nilai BCR = $\frac{[R - (C)_{op}]}{Cf} = \frac{1.007.254.945}{429.303.400} = 2,346 \rightarrow$ lebih besar dari 1. Karena nilai BCR >1, proyek pembangunan pabrik elemen bakar nuklir kapasitas 710 ton UO₂/tahun, akan memberikan manfaat dan layak untuk diteruskan.

TABEL 2.
PERHITUNGAN BENEFIT COST RATIO

Th ke	Pendapatan Kotor (US\$)	Biaya Produksi (US\$)	Pendapatan Bersih (US\$)	Compound Interest (15%)	Nilai Sekarang (US\$)
1	719.729.800	639.062.500	80.667.300	0,8696	70.148.284,08
2	1.079.594.700	948.222.200	131.372.500	0,7561	99.330.747,25
3	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,6575	119.716.087,8
4	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,5718	104.112.028,9
5	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,4972	90.529.032,44
6	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,4323	78.712.189,71
7	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,3759	68.443.007,43
8	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,3269	59.521.200,13
9	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,2843	51.764.690,11
10	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,2149	39.128.497,73
11	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,2149	39.128.497,73
12	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,1869	34.030.322,13
13	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,1625	29.587.626,25
14	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,1413	25.727.579,01
15	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,1229	22.377.349,33
16	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,1069	19.464.106,13
17	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,0929	16.915.018,33
18	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,0808	14.711.878,16
19	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,0702	12.781.854,54
20	1.439.459.600	1.257.381.900	182.077.700	0,0611	11.124.947,47
Total Nilai Sekarang					1.007.254.945

IV. KESIMPULAN

Dari perhitungan aspek kriteria seleksi yang telah diuraikan diatas, untuk pendirian pabrik elemen bakar nuklir tipe PWR di Indonesia melalui jalur kering terintegrasi dengan kapasitas 710 ton UO₂/tahun, sangat menarik untuk dibangun mengingat seluruh kriteria seleksi yang dihitung memenuhi syarat dibangunnya proyek tersebut. Kriteria seleksi tersebut adalah: periode pengembalian modal 3,39 tahun; pengembalian atas investasi (ROI) = 24,57%; rentabilitas usaha sangat baik, yaitu pabrik akan untung pada tahun pertama operasi dan akumulasi keuntungan selama 20 tahun adalah US \$ 2.109.316.500,-; nilai netto sekarang (NPV) pada capital cost 15% menunjukkan harga positif yaitu sebesar US \$ 153.936.400,-; arus pengembalian internal IRR sebesar 22,23 %; nilai indeks profitabilitas > 1 yaitu 1,585 yang mengindikasikan pabrik menarik untuk dibangun; *benefit cost ratio* (BCR) bernilai >1 yaitu 2,346 yang menunjukkan bahwa pabrik akan memberikan manfaat dan layak untuk dibangun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ANONYM, Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2005 , Tentang Kebijakan Energi Nasional, Jakarta 25 Januari 2006.
- [2] ANONYM, "Blue Print Pengelolaan Energy Nasional 2005-2025", <http://www.esdm.go.id>
- [3] SUSANTO, B.G. dkk , "Laporan Tim Pra Studi Kelayakan Pembangunan Pabrik Elemen Bakar Nuklir Tahun 2006", PTBN-BATAN. Serpong 2006.
- [4] SUSANTO , BG, dkk, "Pra Studi Kelayakan Pabrik Elemen Bakar Nuklir Tipe Pressurized Water Reactor (PWR) di Indonesia", Volume 1 dan 2, PTBN-BATAN, 5 Desember 2008
- [5] IMAM S, "Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional", Penerbit Erlangga, Jakarta 1995.
- [6] PERDANAHARIE., DR., "Energy Policy and Electric Power Regulation" Towards the Introduction of First NPP into Indonesia, Seminar on Nuclear Power for Public Information, Jakarta , 23 February 2005
- [7] Technical Report Series IAEA, No. 221, Guidebook on Quality Control of Water Reactor Fuel, Vienna 1983.
- [8] JOHNSON C.R, AND HEYBURN D.E., "The Manufacture of Fuel Elements and Their Assembly For PWR System", Commercial Nuclear Fuel Department Lynchburg, Virginia, 1970.
- [9] SEIDER W.D, SEADER J.D AND LEWIN D.L, "Product And Process Design Principles", Synthesis, Analysis and Evaluation, John Wiley and Sons, Inc. 2nd Edition, 2004.
- [10] <http://www.matche.com>
- [11] <http://www.wikipedia.com>
- [12] <http://www.world-nuclear.org>
- [13] <http://usuraniumstocks.com>
- [14] <http://www.uxc.com>
- [15] <http://www.fas.org/cgi-bin/calculators/sep.pl>
- [16] <http://www.globalsecurity.org>.

LAMPIRAN I.
Input Untuk Program Profitabilitas

No.	COST FACTOR	Typical Factor dalam SI Unit	Keterangan
1.	<u>Stok Bahan Baku:</u> 1. Utilitas: - Uap tekanan 150 psig - listrik - Cooling water - Process water	US \$ 8.80 /1000kg US\$ 0.040 /kw-hr \$ 0.050/1000 gal \$ 0.50/1000 gal	US \$ 0.0088/kg US \$ 0.0001 /kg US \$ 0.0001 /kg
2.	<u>Operating Labor:</u> 1. Direct wage and benefit (DWB) 2. Direct salary and benefit 3. Operating supplies and services 4. Technical Assistance to manufacturing 5. Control laboratory	US \$ 30/operator-jam 15% dari DWB 6% dari DWB \$ 52.000/(operator shift-tahun \$ 57.000/ (operator- shift)-tahun	Di Indonesia diambil US \$ 4/operator-jam Utk Indonesia diambil US\$ 400/(operator-shift)-tahun Untuk Indonesia diambil US\$ 750/(operator-shift)-th
3.	<u>Maintenance (M):</u> 1. Wage and Benefit (MWB) 2. Salary and benefit 3. Material and services 4. Maintenance overhead	4.5% dari C _{TDC} 25% dari MWB 100% dari MWB 5% dari MWB	C _{TDC} : Cost Total Depreciable Capital.
4.	<u>Operating Overhead:</u> 1. General plant overhead 2. Mechanical Dpt Services 3. Employee relation departm. 4. Business Services	7.1% dari M&O-SW&B 2.4% dari M&O-SW&B 5.9% dari M&O-SW&B 7.4% dari M&O-SW&B	M&O-SW&B =maintenance and operation salary, wages ,and benefits
5.	<u>Property taxes and insurance</u>	2% dari C _{TDC}	
6.	<u>Depreciation:</u> 1. Direct Plant 2. Allocated plant	8% dari (C _{TDC} -1.18C allocation) 6% dari 1.18 C _{allocated})	
7.	<u>General expense:</u> 1. Biaya penjualan (selling expense) 2. Direct Research 3. Allocated Research 4. Biaya administrasi 5. Management incentive compensation	3% dari penjualan 4.8% dari penjualan 0.5% dari penjualan. 2% dari penjualan 1.25% dari penjualan.	Untuk perhitungan diambil nilai 1%. Dalam perhitungan hanya diambil 1.5%.
8.	<u>Direct Permanent Investment:</u> 1. Cost site Preparation 2. Cost Service Facilities 3. Cost for Utility plants and related facilities 4. Cost of Contingencies and contractor fees 5. Cost of land 6. Cost of Royalties 7. Cost of plant start-up	0.5% Dari Total Bare Module Cost 3% dari Total Bare Module cost 8.5% dari total Bare Module Cost 15% dari Direct Permanent Investment 2% dari Total Depreciable Capital 2% dari Total Depreciable Capital 2% dari Total Depreciable Capital	
	<u>Working Capital:</u> 1. Inventory produk elemen bakar 2. Umpan UO ₂ serbuk 3. Bahan zircaloy dan komponen lainnya 4. Account Receivable 5. Cash Reserves 6. Account payable	Hanya untuk 4 hari Hanya untuk persediaan 1 bulan Operasi Hanya untuk satu bulan operasi Hanya diambil 30 hari. -tidak ada -tidak ada,	Harga bahan baku UO ₂ dan Zircaloy sangat mahal, jadi hanya diambil 30 hari persediaan UO ₂ dan Zircaloy di pabrik.
	<u>Depletion allowance</u>	0.5% dari penjualan	Biaya ini dimaksudkan untuk biaya decomissioning bila pabrik akan ditutup.

LAMPIRAN 2.

Hasil Perhitungan Airman kas Jalur IDR

PRA STUDI KELAYAKAN PEBN Kap 710 TON UO ₂ /tahun													
June, 2008													
Year	Percentage of Design Capacity	Sales	Capital Costs	Working Capital	Variable Costs	Fixed Costs	Depreciation Allowance	Depletion Allowance	Taxable Income	Income Tax Costs	Net Earnings	Annual Cash Flow	Cumulative Net Present Value at 15.0%
2013	0.0%	\$ 719,729,900	-\$14,979,700		-\$6,181,319,400	-\$20,743,100	-\$14,131,800.00	-\$3,598,649	\$66,535,500	-\$24,618,100	\$41,917,400	-\$14,979,700	-\$14,979,700
2014	0.0%	\$ 1,079,594,700	-\$22,469,600		-\$927,479,100	-\$20,743,100	-\$25,437,200.00	-\$5,397,974	\$106,935,300	-\$39,195,100	\$66,739,200	-\$22,469,600	-\$34,518,500
2015	0.0%	\$ 1,439,459,600	-\$37,449,300		-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$20,349,800.00	-\$7,197,298	\$161,727,900	-\$59,839,300	\$101,888,600	-\$37,449,300	-\$62,836,800
2016	0.0%	\$ 1,439,459,600	-\$74,898,500	-\$279,506,400	-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$16,279,800.00	-\$7,197,298	\$166,797,900	-\$61,345,200	\$104,452,700	-\$56,049,200	-\$295,882,600
2017	50.0%	\$ 719,729,900			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$10,415,100.00	-\$7,197,298	\$169,048,200	-\$62,547,800	\$106,500,400	-\$354,404,900	-\$654,404,900
2018	75.0%	\$ 1,079,594,700			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$171,662,600	-\$63,515,200	\$108,147,400	-\$56,049,200	-\$263,816,300
2019	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,821,400	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$380,879,000
2020	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$469,776,100
2021	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$558,673,000
2022	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$647,569,900
2023	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$736,466,800
2024	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$825,363,700
2025	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$914,260,600
2026	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$1,003,157,500
2027	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$1,092,054,400
2028	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$1,180,951,300
2029	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$1,269,848,200
2030	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$1,358,745,100
2031	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$1,447,642,000
2032	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$1,536,538,900
2033	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$1,625,435,800
2034	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$1,714,332,700
2035	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$1,803,229,600
2036	100.0%	\$ 1,439,459,600			-\$1,236,638,800	-\$20,743,100	-\$9,256,300.00	-\$7,197,298	\$172,807,200	-\$63,943,900	\$108,877,500	-\$122,236,400	-\$1,892,126,500

LAMPIRAN 3

Perhitungan IRR- Single Variable

IRR Analysis - Single Variable

PRA STUDI KELAYAKAN PEBN Kap 710 ton UO₂/th

June, 2008

Product Prices

Product Prices	\$1,955.00	\$2,012.50	\$2,070.00	\$2,127.50	\$2,185.00	\$2,242.50	\$2,300.00	\$2,357.50	\$2,415.00	\$2,472.50	\$2,530.00	\$2,587.50	\$2,645.00
Out of Range			6.27%	10.94%	15.07%	18.81%	22.23%	25.41%	28.39%	31.20%	33.65%	35.39%	38.50%

Variable Cost

Variable Cost	\$1,051,143,000.00	\$1,052,059,000.00	\$1,112,974,900.00	\$1,143,890,900.00	\$1,174,805,900.00	\$1,205,722,800.00	\$1,236,638,800.00	\$1,267,554,800.00	\$1,298,470,700.00	\$1,329,386,700.00	\$1,360,302,700.00	\$1,391,218,700.00	\$1,422,134,600.00
IRR	22.60%	22.54%	22.45%	22.42%	22.35%	22.2900000%	22.23%	18.95%	15.46%	11.73%	7.63%	Out of Range	Out of Range

Fixed Cost

Fixed Cost	\$17,631,700.00	\$18,150,200.00	\$18,668,800.00	\$19,187,400.00	\$19,706,000.00	\$20,224,500.00	\$20,743,100.00	\$21,261,700.00	\$21,780,300.00	\$22,298,900.00	\$22,817,400.00	\$23,336,000.00	\$23,854,600.00
IRR	22.60%	22.54%	22.46%	22.42%	22.35%	22.29%	22.23%	22.17%	22.11%	22.05%	21.99%	21.93%	21.56%

Initial Investment

Initial Investment	\$127,327,500.00	\$131,072,400.00	\$134,817,300.00	\$138,562,200.00	\$142,307,200.00	\$146,052,100.00	\$149,797,000.00	\$153,541,900.00	\$157,286,900.00	\$161,031,800.00	\$164,776,700.00	\$168,521,600.00	\$169,521,600.00
IRR	23.45%	23.24%	23.03%	22.83%	22.62%	22.43%	22.23%	22.04%	21.85%	21.57%	21.49%	21.31%	21.31%