

ANALISA KELAYAKAN PABRIK PUPUK ORGANIK CAIR BERBASIS MIKROORGANISME LOKAL DARI LIMBAH CAIR TAHU KAPASITAS 4200 TON/TAHUN

Annisa Nuris Fajaria, Hardjono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
annisanuris27@gmail.com ; [hardjono@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Analisa kelayakan digunakan untuk mengetahui pra rancangan pabrik pupuk organik cair berbasis mikroorganisme lokal dari limbah cair tahu telah melengkapi aspek produk layak diperjualbelikan, lokasi strategis, dan keuntungan ekonomi. Tahapan analisa kelayakan adalah tinjauan pendirian pabrik meliputi lokasi pabrik, ketersediaan bahan baku, pemasaran dan utilitas, uraian proses pra rancangan pabrik, analisa ekonomi. Tinjauan pendirian pabrik berada di kabupaten Pasuruan dikarenakan ketersediaan bahan baku utama limbah cair tahu berada di kota Probolinggo, serta kemudahan dalam transportasi dan pemasaran. Uraian proses pra rancangan pabrik pupuk organik cair terdapat 6 unit proses, yaitu unit persiapan, unit fermentasi, unit pemisahan, unit nitrifikasi I, unit nitrifikasi II, unit evaporasi. Hasil analisis ekonomi, nilai *Return On Investment* sebelum pajak sebesar 25,51% dan setelah pajak 22,94%. Nilai *Pay Out Time* sebelum pajak diperoleh 3,9 tahun dan sesudah pajak 4,4 tahun. Nilai *Break Even Point* adalah 50,51% dan nilai *Shut Down Point* diperoleh 27,65%. Nilai dari *Internal Rate of Return* sebesar 27%.

Kata kunci: analisa ekonomi, analisa kelayakan, pra rancangan pabrik, pupuk organik cair

ABSTRACT

Feasibility analysis is used to determine the pre-design of a liquid organic fertilizer plant based on local microorganisms from tofu liquid waste has met the aspects of the product being traded, strategic location, and economic benefits. The feasibility analysis stages are factory establishment review including factory location, availability of raw materials, marketing and utilities, pre-factory design process description, economic analysis. This review of the establishment of the factory in Pasuruan Regency is due to the availability of the main raw material for tofu liquid waste in the city of Probolinggo, as well as the ease of transportation and marketing. The description of the pre-design process for a liquid organic fertilizer plant consists of 6 process units, namely the preparation unit, the fermentation unit, the separation unit, the nitrification unit I, the nitrification unit II, and the evaporation unit. The results of economic analysis, the value of Return on Investment before tax is 25,51% and after tax 22,94%. Pay Out Time value before tax is obtained for 3,9 years and after tax for 4,4 years. The Break Even Point value is 50,51% and the Shut Down Point value is 27,65%. The value of the Internal Rate of Return is 27%.

Keywords: economic analysis, feasibility analysis, liquid organic fertilizer, pre-factory design

1. PENDAHULUAN

Pupuk organik cair bersubsidi pada sektor pertanian di Indonesia sepanjang 2021 mencapai 1,9 juta ton atau setara 21 persen dari alokasi total sebesar 9,04 juta ton dan 1,5 juta liter [1]. Salah satu limbah buangan pabrik yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik cair adalah limbah cair tahu dikarenakan karakteristik dari limbah

cair tahu mengandung bahan organik berupa protein yang dapat terdegradasi menjadi bahan anorganik yang jika didekomposisi akan menghasilkan senyawa nitrit dan nitrat [2].

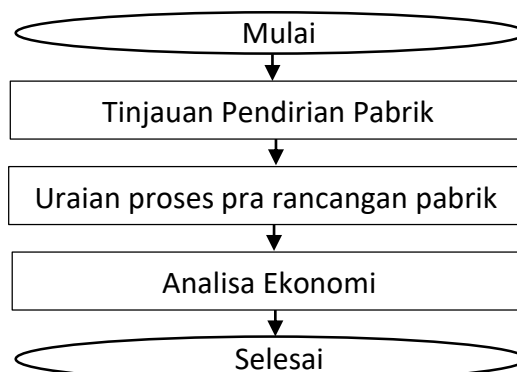
Pupuk organik cair adalah larutan hasil dekomposisi bahan organik berasal dari sisa tanaman, limbah industri, dan kotoran hewan yang mengandung unsur hara lebih dari satu [3]. Pupuk organik cair dibuat dari bahan organik cair (limbah organik cair) seperti limbah cair tahu, dengan cara memberi aktivator dan difermentasi sehingga dapat dihasilkan pupuk organik cair yang stabil dan mengandung unsur hara lengkap. Penggunaan pupuk organik cair memiliki keunggulan yaitu tidak merusak tanah dan kualitas tanaman karena memiliki kandungan unsur hara (NPK) dan bahan organik lainnya [4].

Pembuatan pupuk organik cair berbasis mikroorganisme lokal dilakukan dengan proses fermentasi, pemisahan, nitrifikasi dan evaporasi. Pupuk organik cair difermentasi selama 14 hari menggunakan fermentor pada suhu 30°C dalam kondisi anaerob. Selanjutnya, pupuk organik cair dipisahkan antara ampas padat dan ampas cair menggunakan *centrifuge decanter*. Pupuk organik cair yang telah dipisahkan dari padatnya akan dinitrifikasi untuk menguraikan bahan organik menjadi bahan anorganik yang stabil. Proses nitrifikasi berlangsung dalam kondisi aerob. Selanjutnya, pupuk organik cair di evaporasi pada suhu 105°C menggunakan evaporasi tipe *double pipe heat exchanger* (DPHE). Pada produk atas evaporasi keluar *steam* yang akan dikondensasi menggunakan kondensor tipe *double pipe heat exchanger* (DPHE) sedangkan pada produk bawah evaporasi keluar pupuk organik cair yang akan didinginkan menggunakan *cooler* tipe *shell and tube heat exchanger* (STHE) sampai suhu 30°C. Pupuk organik cair yang dihasilkan akan dialirkan menuju silo.

Analisa kelayakan pabrik yang telah dilakukan sebelumnya yaitu pra rancangan pabrik pembuatan pupuk organik cair dari limbah cair industri tahu kapasitas 18.000 ton/tahun, telah dilakukan analisa ekonomi dan didapatkan nilai *Interest Rate of Return* (IRR) sebesar 51,025% dan nilai *Pay Out Time* (POT) selama 2,4 tahun [5]. Tujuan analisa kelayakan ini adalah mengetahui kelayakan pendirian pabrik pupuk organik cair berbasis mikroorganisme lokal dari limbah cair tahu kapasitas 4200 ton/tahun dan mengetahui faktor kelayakan analisa ekonominya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan dari analisa kelayakan pendirian pabrik pupuk organik cair berbasis mikroorganisme lokal dari limbah cair tahu kapasitas 4200 ton/tahun adalah tinjauan pendirian pabrik meliputi lokasi pabrik, ketersediaan bahan baku, pemasaran dan utilitas, uraian proses pra rancangan pabrik, analisa ekonomi.



Gambar 1. Diagram alir analisa kelayakan pendirian pabrik pupuk organik cair (POC)

2.1. Tinjauan Pendirian Pabrik

Tinjauan pendirian pabrik didasarkan pada beberapa aspek-aspek yang termasuk dalam pra rancangan pabrik antara lain: lokasi pabrik, ketersediaan bahan baku, pemasaran, dan utilitas.

2.2. Uraian Proses Pra Rancangan Pabrik

Uraian proses pada pra rancangan pabrik pupuk organik cair terdapat 6 unit proses antara lain: unit persiapan, unit fermentasi, unit pemisahan, unit nitrifikasi I, unit nitrifikasi II dan unit evaporasi.

2.3. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi pabrik bertujuan untuk mengetahui kelayakan pendirian suatu pabrik yang ditinjau dari segi faktor ekonomi. Faktor-faktor ekonomi yang akan ditinjau meliputi *Total Capital Investment (TCI)*, *Total Production Cost (TPC)*, *Return of Investment (ROI)*, *Pay Out Time (POT)*, *Break Even Point (BEP)*, *Shut Down Point (SDP)*, *Internal Rate of Return (IRR)*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tinjauan Pendirian Pabrik

a. Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting dalam melakukan desain pabrik. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang ada, kami memilih lokasi pabrik berada di Jl. Raya Pantura, Kecamatan Grati, Pasuruan, Jawa Timur. Pemilihan lokasi pendirian pabrik berdasarkan dua faktor yaitu faktor utama dan faktor pendukung. Faktor utama meliputi sumber bahan baku, pemasaran, transportasi, dan utilitas. Sedangkan faktor pendukung meliputi tenaga kerja, peraturan pemerintah, tanah dan iklim.

b. Ketersediaan Bahan Baku

Pada pra rancangan pabrik pupuk organik cair ini, bahan baku utama yang dibutuhkan adalah limbah cair tahu. Jumlah air proses dan limbah cair tahu yang dikeluarkan sebesar 45 dan 43,5 liter tiap kilogram bahan baku kacang kedelai. Pada sebagian industri tahu, limbah cair tersebut (khususnya *whey*) diolah kembali sebagai bahan penggumpal [6]. Ketersediaan bahan baku lebih baik dekat dengan pendirian pabrik yang akan dibangun dikarenakan memperpendek waktu pengangkutan dan biaya transportasi lebih murah. Penyedia bahan baku yang akan digunakan berlokasi di kota Probolinggo dengan menghasilkan limbah cair tahu sebanyak 1,8 -3,7 juta liter per tahunnya.

c. Pemasaran

Luasnya wilayah pertanian dan perkebunan di Kota Batu Jawa Timur memberikan pangsa pasar yang kuat pada penjualan pupuk organik cair (POC) ini dikarenakan biayanya yang murah dan menguntungkan. Selain itu, pupuk organik cair juga tidak memiliki efek samping jika digunakan secara berlebihan ke tanaman. Sedangkan jika menggunakan pupuk kimia pasti ada risikonya. Penjualan pupuk organik cair (POC) yang kami produksi ditujukan untuk sektor pertanian, perkebunan dan industri tanaman hias seperti pasar bunga, tanaman hias *petite plants* di Kota Batu Jawa Timur.

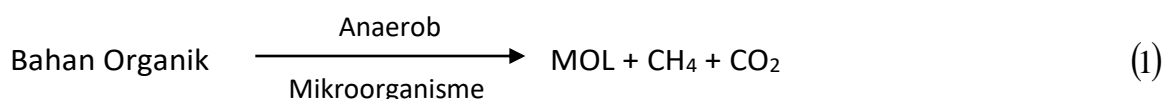
d. Utilitas

Utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam suatu industri kimia. Suatu proses produksi dalam suatu pabrik tidak akan berjalan lancar jika tidak terdapat utilitas karena itu utilitas memegang peranan penting dalam pabrik. Utilitas yang dibutuhkan pada pabrik pupuk organik cair meliputi unit kebutuhan steam, unit kebutuhan air, unit kebutuhan tenaga listrik dan unit kebutuhan bahan bakar. Ketersediaan air proses dipasok dari PDAM daerah tersebut dan listrik dipasok dari PLTU Paiton.

3.2. Uraian Proses Pra Rancangan Pabrik

a. Unit Persiapan

Pada unit persiapan, bahan-bahan yang harus disiapkan yaitu limbah cair tahu, aktivator EM-4 dan mikroorganisme lokal (MOL). Limbah cair tahu disaring dengan *bar screen* kemudian dinetralkan dengan NaOH 50% di tangki penetralan. Limbah cair tahu bersifat asam dengan pH 5, sehingga perlu ditambahkan NaOH agar pH limbah cair tahu menjadi 7. Pada pembuatan MOL, bahan-bahan seperti pisang, air cucian beras, gula merah dan air dicampurkan ke dalam fermentor MOL dan difermentasi selama 14 hari pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dalam kondisi anaerob. Proses fermentasi MOL ini menghasilkan hasil samping berupa sisa padatan bahan dan gas metana. Dengan reaksi sebagai berikut.



Pada fermentor MOL terjadi reaksi eksotermis, yaitu reaksi yang melepaskan energi dari sistem dalam bentuk panas sehingga membutuhkan air pendingin untuk menstabilkan suhu pada reaktor. Selanjutnya, MOL disaring dengan *bar screen* dan kemudian ditampung ke tangki penampungan masing-masing bahan.

b. Unit Fermentasi

Pada unit fermentasi, bahan-bahan yang telah siap seperti yaitu limbah cair tahu, aktivator EM-4 dan MOL akan menuju ke fermentor anaerobik pupuk untuk dicampurkan dan difermentasi selama 14 hari pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dalam kondisi anaerob. Proses fermentasi pupuk organik ini menghasilkan hasil samping berupa sisa padatan bahan dan gas metana. Dengan reaksi sebagai berikut:



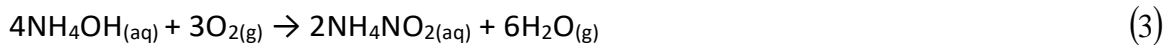
Pada fermentor pupuk terjadi reaksi eksotermis, yaitu reaksi yang melepaskan energi dari sistem dalam bentuk panas sehingga membutuhkan air pendingin untuk menstabilkan suhu pada fermentor.

c. Unit Pemisahan

Pada unit pemisahan, hasil dari pupuk yang telah difermentasi akan menuju ke *centrifuge decanter* untuk dipisahkan antara ampas cair dan ampas padat. Ampas cair yang dihasilkan oleh *centrifuge decanter* akan dimasukkan dalam reaktor nitrifikasi I pada suhu 35°C selama 24 jam, dengan penambahan udara dimana perbandingan ampas cair masuk dengan udara adalah 4:3 [7].

d. Unit Nitrifikasi I

Pada unit nitrifikasi I, dekomposisi atau fermentasi bahan-bahan organik pembuatan pupuk organik cair pada dasarnya melalui dua tahap yaitu bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik yang stabil, misalnya amoniak mengalami oksidasi menjadi nitrit dan nitrat [2]. Sehingga pada unit nitrifikasi I terjadi reaksi:



Pada reaksi nitrifikasi I terjadi reaksi eksotermis, yaitu reaksi yang melepaskan energi dari sistem dalam bentuk panas sehingga membutuhkan air pendingin untuk menstabilkan suhu pada reaktor. Pupuk organik cair tersebut akan *diclarifier* di *filter press* untuk memisahkan ampas cair yg masih terkandung ampas padat lain. Kemudian pada unit nitrifikasi I ditambahkan udara yang berfungsi untuk mempengaruhi kecepatan proses nitrifikasi sehingga proses berlangsung secara aerob. Kecepatan dari proses nitrifikasi ini sangat bergantung pada keberadaan bakteri nitrifikasi. Sehingga udara sangat penting untuk menunjang proses nitrifikasi.

e. Unit Nitrifikasi II

Pada unit nitrifikasi II, pupuk organik cair yang telah *diclarifier* akan dimasukkan ke reaktor nitrifikasi II selama 24 jam pada suhu 35°C dengan penambahan udara dimana perbandingan umpan masuk dengan udara adalah 1 : 0,5 [5]. Sehingga pada unit nitrifikasi II terjadi reaksi:



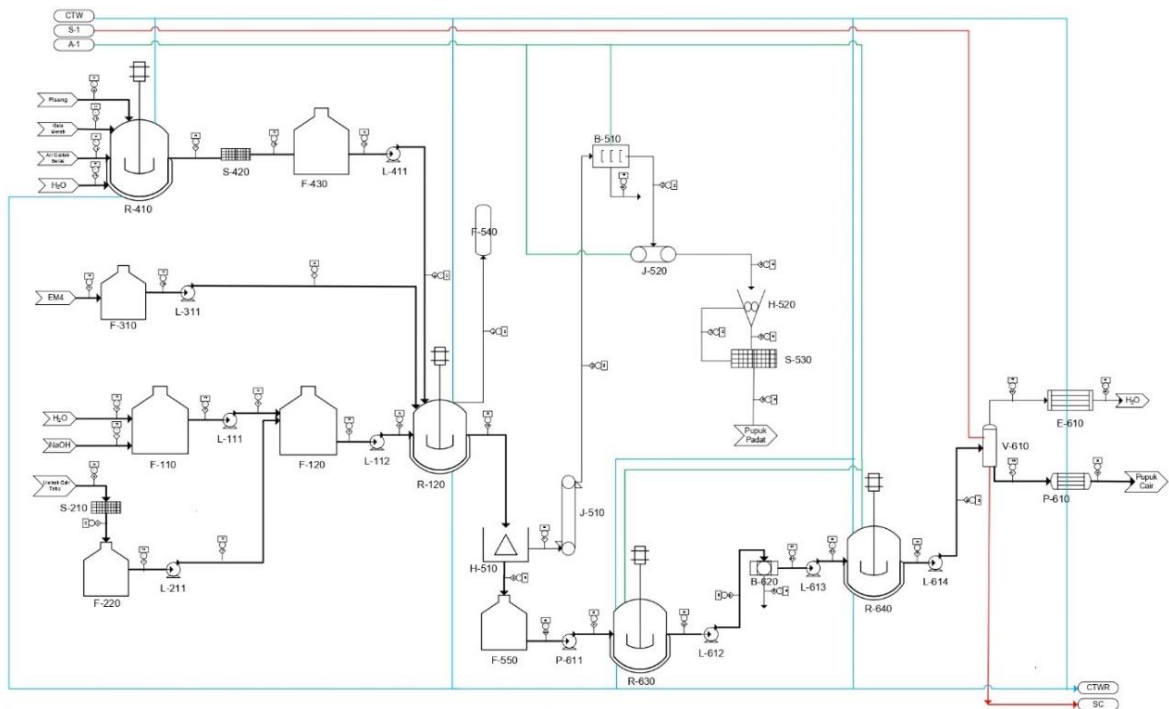
Pada reaksi nitrifikasi II juga terjadi reaksi eksotermis, yaitu reaksi yang melepaskan energi dari sistem dalam bentuk panas sehingga membutuhkan air pendingin untuk menstabilkan suhu pada reaktor. Kemudian pada unit nitrifikasi II ditambahkan udara yang berfungsi untuk mempengaruhi kecepatan proses nitrifikasi sehingga proses berlangsung secara aerob. Kecepatan dari proses nitrifikasi ini sangat bergantung pada keberadaan bakteri nitrifikasi. Sehingga udara sangat penting untuk menunjang proses nitrifikasi.

f. Unit Evaporasi

Proses evaporasi berfungsi untuk memekatkan larutan dan untuk meningkatkan konsentrasi dari zat *non volatile* dari pelarut yang mudah menguap. Pada unit evaporasi, pupuk organik cair tersebut akan dievaporasi pada suhu 105°C untuk dikurangkan kandungan H₂O dalam pupuk cair tersebut. Pada unit evaporasi ditambahkan *steam* yaitu *steam saturated* karena *steam saturated* (panas laten) untuk menguapkan kandungan H₂O yang terkandung dalam pupuk cair. Pada produk atas evaporasi, *steam* akan dikondensasi dengan kondensor pada suhu 30°C menjadi H₂O. Kemudian, pupuk organik cair akan keluar dari produk bawah evaporasi dan menuju *cooler* dengan didinginkan *cooling water* sampai suhu 30°C. Produk utama pupuk cair yang dihasilkan akan dialirkan ke silo.

Pada Gambar 1. Terdapat beberapa notasi diantaranya yaitu: S (*Steam*), CTW (*Cooling Water*), A (*Air*), CD (*Condensate*), CTWR (*Cooling Water Return*), F (*Storage Tank*), S (*Screening*), H (*Centrifuge Decanter*), B (*Filter Press*), L (*Pump*), R (*Reaktor*), T (*Storage Tank*), P (*Cooler*), E (*Kondensor*) dan V (*Evaporator*) garis merah menunjukkan

aliran *steam*, garis biru menunjukkan aliran *cooling water*, garis hijau menunjukkan aliran udara, dan garis hitam menunjukkan aliran proses utama.



Gambar 2. Process flow diagram pabrik pupuk organik cair (POC)

3.3. Analisa Ekonomi

a. Total Capital Investment

Total Capital Investment (TCI) adalah jumlah keseluruhan modal yang diperlukan untuk merancang suatu pabrik, TCI dibagi menjadi dua yaitu *Fixed Capital Investment* (FCI) dan *Working Capital Investment* (WCI). FCI adalah modal yang dibutuhkan untuk mendirikan suatu pabrik. FCI terdiri atas *direct cost* meliputi pengadaan alat, harga *Free On Board* (FOB), harga *cost* dan *freight* serta harga *Cost, Insurance and Freight* (CIF) sedangkan untuk *indirect cost* meliputi konstruksi pabrik, ongkos kontraktor, dan biaya tak terduga meliputi pengadaan alat, pemasangan alat serta fasilitas lain yang menunjang pabrik beroperasi. WCI adalah modal yang dibutuhkan untuk menjalankan suatu pabrik yang siap beroperasi meliputi ketersediaan bahan baku dan gaji karyawan. *Total Production Cost* (TPC) adalah jumlah biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan suatu produk. TPC dibagi menjadi dua yaitu *Manufacturing Cost* dan *General Expenses*. *Manufacturing Cost* adalah biaya yang dikeluarkan untuk mengolah bahan baku menjadi produk terdiri atas *direct production cost*, *fixed charges*, dan *plant overhead cost* sedangkan *general expenses* adalah biaya yang dikeluarkan tidak berhubungan langsung dengan pengolahan bahan baku menjadi produk. Hasil perhitungan *Total Capital Investment* (TCI) dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Total capital investment

No.	Keterangan	Biaya Total
1	Utilitas	Rp2.002.751.928
2	Bahan baku	Rp73.860.387.096
3	Harga produk	Rp560.000.000.000
4	Gaji karyawan	Rp8.545.091.941
5	Harga peralatan	Rp6.475.117.171
6	<i>Total Capital Investment</i>	
	<i>Direct Cost</i>	Rp70.139.673.568
	<i>Indirect Cost</i>	Rp23.379.891.189
	<i>Working Capital</i>	Rp23.379.891.189
7	<i>Total Production Cost</i>	
	<i>Direct Production Cost</i>	Rp93.365.613.033
	<i>Fixed Charges</i>	Rp11.689.945.595
	<i>Plant Overhead Cost</i>	Rp11.461.257.685
	<i>General Expenses</i>	Rp18.144.922.898

Setelah menghitung *Total Capital Investment* (TCI) dan *Total Production Cost* (TPC), maka dapat diketahui modal yang harus dikeluarkan dan biaya produksi suatu pabrik. Selanjutnya menghitung analisa profitabilitas untuk menentukan apakah pendirian pabrik pupuk organik cair berbasis mikroorganisme lokal dari limbah cair tahu kapasitas 4200 ton/tahun layak didirikan atau tidak.

b. Analisa Profitabilitas

Analisa profitabilitas pada pra rancangan pabrik sangat penting dilakukan karena untuk mempertimbangkan kelayakan pendirian pabrik serta menguntungkan atau tidak pabrik tersebut berdiri. Selain itu, dapat memperkirakan modal yang diinvestasikan dapat kembali sesuai titik impas [8]. Parameter yang harus dihitung pada analisa profitabilitas seperti *Return of Investment* (ROI), *Pay Out Time* (POT), *Break Even Point* (BEP), *Shut Down Point* (SDP) dan *Internal Rate of Return* (IRR).

1) *Return of Investment* (ROI)

Return of Investment adalah laju pengembalian modal yang dihitung dari laba penjualan per tahun dibagi modal awal. Jika *plant* berkategori *medium risk* nilai ROI berkisar antara 16%-24% [9].

2) *Pay Out Time* (POT)

Pay Out Time adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal awal suatu pabrik yang dihitung dari modal dibagi *cash flow* setelah pajak. Nilai POT pada pendirian pabrik maksimal 5 tahun.

3) *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point adalah kapasitas suatu pabrik pada kondisi tidak untung atau tidak rugi, artinya total penjualan sama dengan total produksi. Nilai batasan BEP berkisar antara 40%-60% [10].

4) *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point terjadi apabila jumlah kerugian sama dengan pengeluaran tetap atau titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik masih boleh beroperasi. Nilai SDP dikatakan layak apabila berkisar antara 20%-30% [10].

5) *Internal Rate of Return* (IRR)

Internal Rate of Return adalah nilai presentase keuntungan yang diperoleh TCI melebihi tingkat bunga yang berlaku di bank. IRR dapat dihitung menggunakan *discount cash flow*. Nilai IRR dikatakan layak apabila nilai IRR minimal 24% [10]. Hasil perhitungan analisa profitabilitas dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Analisa profitabilitas

No.	Keterangan	Biaya Total
1	Laba kotor	Rp23.856.535.824
2	Pajak penghasilan	Rp2.400.653.582
3	Laba bersih	Rp21.455.882.242
4	<i>Cash flow</i> setelah pajak	Rp9.372.414.855
5	ROI sebelum pajak	25,51%
6	ROI setelah pajak	22,94%
7	POT sebelum pajak	3,9 tahun
8	POT setelah pajak	4,4 tahun
9	<i>Break Even Point</i>	50,51%
10	<i>Shut Down Point</i>	27,65%
11	<i>Internal Rate of Return</i>	27%

Setelah menghitung analisa profitabilitas didapatkan nilai ROI sebelum dan setelah pajak, nilai POT setelah pajak, nilai BEP, nilai SDP dan nilai IRR telah memenuhi kriteria dalam pendirian pabrik, artinya pabrik pupuk organik cair berbasis mikroorganisme lokal dari limbah cair tahu kapasitas 4200 ton/tahun layak didirikan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan tinjauan pendirian pabrik pupuk organik cair berbasis mikroorganisme lokal dari limbah cair tahu kapasitas 4200 ton/tahun berlokasi di daerah Pasuruan karena ketersediaan bahan baku berada di daerah Probolinggo sehingga lebih baik dekat dengan pendirian pabrik agar memperpendek waktu pengangkutan dan biaya transportasi lebih murah. Proses pra-rancangan pabrik meliputi: unit persiapan, unit fermentasi, unit pemisahan, unit nitrifikasi I, unit nitrifikasi II dan unit evaporasi.

Hasil analisa ekonomi menunjukkan *Return of Investment* (ROI) sebelum dan setelah pajak 25,51% dan 22,94%; *Pay Out Time* (POT) sebelum dan setelah pajak 3,9 tahun dan 4,4 tahun; *Break Even Point* (BEP) 50,51%, *Shut Down Point* (SDP) 27,65%, *Internal Rate of Return* (IRR) 27%. Analisa kelayakan sesuai dengan kriteria kelayakan pendirian pabrik, maka pabrik pupuk organik cair berbasis mikroorganisme lokal dari limbah cair tahu kapasitas 4200 ton/tahun layak didirikan. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu mengenai pembuatan pupuk organik cair berbasis mikroorganisme lokal dari limbah cair tahu serta mencari referensi lain terkait proses pembuatan pupuk organik cair yang ada pada industri.

REFERENSI

- [1] Kementerian. Pertanian, *Permentan Nomor 49 Tahun 2020*. 2020
- [2] E. Hefni, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius, 2003.

- [3] N. Tanti, N. Nurjannah, dan R. Kalla, "Pembuatan Pupuk Organik Cair Dengan Cara Aerob," *ILTEK J. Teknol.*, vol. 14, no. 2, hal. 2053–2058, 2020, doi: 10.47398/iltek.v14i2.415.
- [4] A. Rasmito, A. Hutomo, dan A. P. Hartono, "Pembuatan Pupuk Organik Cair dengan Cara Fermentasi Limbah Cair Tahu, Starter Filtrat Kulit Pisang Dan Kubis, dan Bioaktivator EM4," *J. IPTEK*, vol. 23, no. 1, hal. 55–62, 2019, doi: 10.31284/j.iptek.2019.v23i1.496.
- [5] N. Cendana, "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Bahan Baku Limbah Cair Industri Tahu dengan Kapasitas Produksi 18.000 Ton/Tahun", Universitas Sumatera Utara, Medan, 2012.
- [6] N. Pohan, "Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Aerobik", Universitas Sumatera Utara, Medan, 2008.
- [7] W. Widayat, S. Suprihatin, dan A. Herlambang, "Penyisihan Amoniak Dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Air Baku Pdam-Ipa Bojong Renged Dengan Proses Biofiltrasi Menggunakan Media Plastik Tipe Sarang Tawon," *J. Air Indones.*, vol. 6, no. 1, 2018, doi: 10.29122/jai.v6i1.2456.
- [8] S. Ekawati, B. R. R. Gayatri, P. Prakoso, dan A. Chumaidi, "Analisa Ekonomi Prarancangan Pabrik Kimia Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Randu (Ceiba Pentandra) Menggunakan Katalis Heterogen Cao Dengan Kapasitas 22.000 Ton/Tahun", *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 6, no. 2, hal 241-248, 2020, doi: 10.33795/distilat.v6i2.77.
- [9] M. S. Peters, K. D. Timmerhaus, dan R. E. West, *Plant Design And Economic for Chemical Engineer*, 5th Edition, New York: McGraw Hill, 2003.
- [10] R. S. Aries dan R. D. Newton, *Chemical Engineering Cost Estimation*, New York: McGraw Hill, 1955.