

**PRARANCANGAN PABRIK SODIUM DODEKILBENZENA  
SULFONAT DARI DODEKILBENZENA DAN OLEUM 20%  
KAPASITAS 45.000 TON PER TAHUN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**Wisnu Subarkah Adi Prakoso**

**D500 100 051**

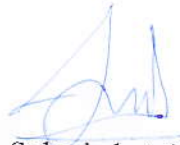
**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

PRARANCANGAN PABRIK SODIUM DODEKILBENZENA  
SULFONAT DARI DODEKILBENZENA DAN OLEUM 20%  
KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :



Wisnu Subarkah Adi Prakoso  
D 500 100 051

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen  
Pembimbing



Ir. Nur Hidayati. M.T., Ph.D  
NIK. 975

HALAMAN PENGESAHAN

PRARANCANGAN PABRIK SODIUM DODEKILBENZENA  
SULFONAT DARI DODEKILBENZENA DAN OLEUM 20%  
KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN

Oleh :

Wisnu Subarkah Adi Prakoso

D 500 100 051

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Jum'at, 11 November 2016

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Ir. Nur Hidayati, M.T., Ph.D.

(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D.

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Hamid Abdillah, S.T., M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



W. Sri Sunariono, M.T., Ph.D.

NIK. 682

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 17 Januari 2017

Penulis



Wisnu Subarkah Adi Prakoso

D 500 100 051

**PRARANCANGAN PABRIK SODIUM DODEKILBENZENA  
SULFONAT DARI DODEKILBENZENA DAN OLEUM 20%  
KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN**

**ABSTRAK**

Pabrik sodium dodekilbenzena sulfonat (SDBS) dengan bahan baku dari dodekilbenzena dan oleum 20%, kapasitas 45.000 ton per tahun ini direncanakan beroperasi selama 330 hari per tahun. Pabrik yang akan didirikan di Cilegon, Banten, ini membutuhkan lahan seluas 11.600 m<sup>2</sup> dan jumlah karyawan sebanyak 100 orang.

Proses pembuatan sodium dodekilbenzena sulfonat dilakukan dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan cara mereaksikan dodekilbenzena dan oleum 20%. Didalam RATB reaksi yang berlangsung adalah fase cair – cair, pada suhu operasi konstan 46°C dan tekanan 1 atm. Untuk menghasilkan sodium dodekilbenzena sulfonat 45.000 ton per tahun atau 8.430,44 kg per jam dibutuhkan bahan baku dodekilbenzena sebanyak 3.681,513 kg per jam, Oleum 20% sebanyak 4.537,465 kg per jam, dan NaOH sebanyak 645,06 kg per jam. Utilitas pendukung proses produksi meliputi penyediaan air yang berasal dari sungai sebesar 5602,58 kg per jam, kebutuhan steam sebesar 161,342 kg per jam, dengan bahan bakar solar sebesar 9,95 m<sup>3</sup> per jam, dan penyediaan tenaga listrik dari PLN dan generator sebesar 349,369 kW.

Biaya produksi pabrik sodium dodekilbenzena sulfonat sebesar Rp.795.236.197.387,30. Dari analisis ekonomi yang dilakukan, keuntungan sebelum pajak sebesar Rp.138.602.458.568,81 per tahun dan keuntungan setelah pajak 30% sebesar Rp.97.021.720.998,17 per tahun. *Percent return on investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 33,93% dan setelah pajak sebesar 23,75%. *Pay out time* (POT) sebelum pajak 2,27 per tahun dan setelah pajak sebesar 2,96 per tahun. *Break even point* (BEP) sebesar 49,99% dan *Shut down point* (SDP) sebesar 28,02%. *Internal Rate of Return* (IRR) terhitung sebesar 37,20%. Berdasarkan data di atas maka pabrik sodium dodekilbenzena sulfonat dari oleum 20% layak untuk didirikan.

**Kata kunci:** Sodium dodekilbenzena sulfonat, sulfonasi, RATB

**ABSTRACT**

*Plant of Sodium dodecylbenzene sulfonates with the raw materials of dodecylbenzene and oleum 20%, with capacity of 45,000 tons a year is planned for 330 days a year operation. The plant will be established in Cilegon, Banten, takes acres 11,600 m<sup>2</sup> and the number of employees who will be needed is 100 people.*

*The process of making sodium dodecylbenzene sulfonates performed in the continuous stirred tank reactor by way of reacting dodecylbenzene and 20% oleum. In the continuous stirred tank reactor, reaction that takes place is a liquid phase, on the constant operating temperature of 45 ° C and a pressure of 1 atm to produce sodium dodecylbenzene sulfonates for 45,000 tons a year or 8,430.44 kg per hour is required raw materials dodecylbenzene as 3,681.513 kg per hour, 20% Oleum 4,537.465 kg per hour, and 645.06 kg per hour NaOH. Supporting utilities production process includes provision of water comes from the river of 5602.58 kg per hour, needs 161.342 kg of steam per hour, with diesel fuel of 9.95 m<sup>3</sup> per hour, power and provision of PLN and generator of 349.369 kW.*

*The production cost of sodium dodecylbenzene sulfonates's plant is amount to Rp. 795.236.197.387 .30. From economic analysis, the profit before tax is Rp 138.602.458.568,81 per year and a profit after tax of 30% amounting to Rp. 97.021.720.998 General per year. Percent return on investment (ROI) before tax is 33.93% and after tax is 23,75%. Pay out time (POT) before tax is 2.27% per year and after tax is 2.96% per years. Break even point (BEP) is 49.99% and Shut down point (SDP) is 28,02%. Internal Rate of Return (IRR) calculate for 37,20%. Based on the data above, the plant of sodium dodecylbenzene sulfonates from 20% oleum is possible to set up.*

**Keywords :** *Sodium dodecylbenzene sulfonates, sulfonation, continous stirred tank reactor*

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Dengan berkembangnya teknologi saat ini dalam berbagai bidang, Indonesia dituntut agar dapat bersaing dengan negara-negara dalam bidang industri. Diperlukan berbagai sarana dan prasarana demi menunjang terwujudnya pembangunan nasional agar dapat menuju era industrialisasi. Banyak industri yang bergerak dalam bidang pembuatan bahan pembersih, salah satunya industri sodium dodekilbenzena sulfonat yang digunakan sebagai bahan aktif deterjen.

Kebutuhan akan dodekilbenzena sulfonat semakin tinggi, baik di dalam maupun di luar negeri. Penggunaan dodekilbenzena sulfonat sebagai bahan aktif deterjen lebih diminati, dikarenakan sifatnya yang mudah terurai sehingga mudah dirombak oleh mikroorganisme. Dengan demikian sifat dari dodekilbenzena sulfonat yang merupakan surfaktan ramah lingkungan. Untuk memenuhi kebutuhan sodium dodekilbenzena sulfonat yang semakin meningkat, maka diperlukan usaha demi meningkatkan produksi sodium dodekilbenzena sulfonat di Indonesia.

### **1.2. Kapasitas Perancangan Pabrik**

Untuk merancang kapasitas produksi pabrik sodium dodekilbenzena sulfonat harus mempertimbangkan beberapa faktor, yaitu:

#### **1.2.1 Kebutuhan sodium dodekilbenzena sulfonat di Indonesia**

Kebutuhan sodium dodekilbenzena sulfonat di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, berikut ini tabel data impor dodekilbenzena sulfonat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Statistik Impor Dodekilbenzena Sulfonat (BPS, 2015)

Tahun	Impor (Ton)
2006	5610,92
2007	5725,18
2008	6732,66
2009	5921,26
2010	6253,18
2011	7796,61
2012	6710,41

### 1.2.2 Ketersediaan bahan baku

Bahan baku utama yang digunakan untuk pembuatan dodekilbenzena sulfonat adalah dodekilbenzena dan oleum. Dodekilbenzena diperoleh dari pabrik dalam negeri, salah satunya adalah PT. Unggul Indah Cahaya yang berdiri di daerah Cilegon, Banten. Sedangkan oleum didapatkan dari produsen Pusat Aromatik Pertamina di Cilacap.

### 1.2.3 Kapasitas pabrik yang sudah beroperasi

Pabrik yang sudah berdiri dalam pembuatan dodekilbenzena sulfonat dengan kapasitas yang berbeda-beda. Perancangan kapasitas pabrik yang akan didirikan dipengaruhi oleh pabrik yang sudah berdiri dengan kapasitas yang sudah ada, yaitu 3 pabrik.

PT. Aktif Indonesia kapasitas 60.000 ton/tahun

PT. Unggul Indah Cooperation kapasitas 100.000 ton/tahun

BASF (Jerman) kapasitas 40.000 ton/tahun

Dengan adanya industri yang sudah beroperasi maka dirancang dengan kapasitas 45.000 ton/tahun. Diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, serta membuka kemungkinan untuk melakukan ekspor keluar negeri.

## 1.3. Tinjauan Pustaka

Proses pembuatan sodium dodekilbenzena sulfonat dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu:

Reaksi langsung dengan menggunakan  $H_2SO_4$

Reaksi dengan Oleum 20%

Reaksi dengan Gas  $SO_3$

Proses yang paling menguntungkan adalah proses sulfonasi dengan oleum 20% karena biaya operasional produksi lebih rendah dan menghasilkan  $H_2SO_4$  yang dapat dijual,





$$\begin{aligned} \tau &= \frac{C_{A0} X_A}{-r_A} \\ &= \frac{C_{A0} X_A}{k C_{A0}^2 (1 - X_A)(M - X_A)} \\ &= \frac{X_A}{k C_{A0} (1 - X_A)(M - X_A)} \end{aligned}$$

## 2.2. Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan menentukan sifat reaksi dan arah reaksi, sehingga perlu perhitungan dengan menggunakan panas pembentukan standar ( $\Delta H^{\circ}_f$ ) dari reaktan dan produk.

Berdasarkan reaksi (1) dan reaksi (2), maka pada suhu 46°C dodekilbenzena dengan oleum menghasilkan panas reaksi,  $\Delta H_r = -119,34$  kJ/mol dan reaksi netralisasi,  $\Delta H_r = -120,5$  kJ/mol. Sedangkan  $\Delta G^{\circ} = -76,86$  kJ/mol dan reaksi netralisasi  $\Delta G^{\circ} = 70,82$  kJ/mol (Yaws, 1999). Harga tetapan kesetimbangan (K1) =  $2,98 \times 10^{13}$  dan (K2) =  $2,25 \times 10^{14}$  (Van Ness, 1987).

Dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan sodium dodekilbenzena sulfonat adalah reaksi eksotermis atau mengeluarkan panas.

## 2.3 Langkah Proses

Proses pembuatan sodium dodekilbenzena sulfonat terdiri dari 5 tahap.

### Penyiapan Bahan Baku

Dodekilbenzena dan oleum 20%, DDB disimpan kedalam tangki penyimpanan (TP-01), sedangkan oleum 20% disimpan kedalam tangki penyimpanan (TP-02). Kedua bahan dialirkan menuju *Heat Exchanger* (HE-01 dan HE-02) dengan menggunakan pompa (P-01) dan pompa (P-02) untuk dinaikkan suhunya agar sesuai dengan suhu reaktor, yaitu pada suhu 46°C. Kemudian dodekilbenzena dan oleum 20% dialirkan menggunakan pompa (P-03 dan P-04) menuju reaktor (R-01) dengan perbandingan mol antara dodekilbenzena dan oleum 20% sebesar 4 : 7.

## Proses Sulfonasi

Dodekilbenzena dan oleum 20% direaksikan didalam reaktor alir tangki berpengaduk (R-01) dengan kondisi isothermal pada suhu 46°C dan tekanan 1 atm, karena yang terjadi bersifat eksotermis, dan proses dijalankan secara isothermal maka diperlukan sistem pendingin agar proses berjalan pada suhu tetap.

Produk reaksi yang keluar reaktan pada suhu 46°C, dan dialirkan oleh pompa (P-01) menuju *mixer* (M-01). Di dalam *mixer* (M-01), hasil reaksi ditambahkan air agar kadar asam sulfat yang terkandung didalam produk turun menjadi 78% dan asam sulfat dapat dipisahkan. Produk yang keluar dari *mixer* (M-01) dialirkan oleh pompa (P-08) ke dekanter (D-01).

## Proses Pemisahan

Proses pemisahan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 78 %) produk yang terjadi didalam dekanter sebagai fase berat yang dipompa (P-13) masuk kedalam tangki penyimpanan (TP-04) sebagai produk samping.

## Proses Netralisasi

Didalam netraliser (N-01) terjadi reaksi antara dodekilbenzena sulfonat dengan NaOH 20% membentuk sodium dodekilbenzena sulfonat, dan juga reaksi antara H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH menjadi Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Reaksi ini terjadi pada suhu 52°C dan pada tekanan 1 atm.

## Proses Pemurnian Produk

Hasil dari proses netralisasi dialirkan dengan pompa (P-14) untuk dikeringkan didalam *spray dryer* (SD-01). Didalam *spray dryer*, produk sodium dodekilbenzena sulfonat dikurangi kadar air hingga 4%. Kemudian produk tersebut dipompa (P-15) untuk disimpan ke gudang (G-01).

### 3 SPESIFIKASI ALAT PROSES

#### **Reaktor (R-01)**

Fungsi	: Tempat mereaksikan dodekilbenzena dan oleum
Jenis	: Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB)
Bahan	: <i>Stainless steel type 309/310</i>
Kondisi operasi	

Tekanan	: 101,3 kpa
Suhu	: 46°C
Diameter reaktor	: 4,66 m
Tinggi reaktor	: 6,59 m
Tinggi cairan	: 4,11 m
Volume	: 98,87 m <sup>3</sup>
Jenis pengaduk	: <i>Fixed – speed belt</i>
Diameter pengaduk	: 1,556 m
Tinggi pengaduk	: 0,311 m
Lebar pengaduk	: 0,389 m
Jumlah pengaduk	: 1
Jenis	: <i>6 blade disk standard</i>
Kecepatan putaran	: 47,79 rpm
Power motor	: 80 Hp
Tebal <i>shell</i>	: 0,25 in
Tebal <i>head</i>	: 0,25 in
Diameter koil	: 2,5 in
ID koil	: 2,46 in
OD koil	: 2,88 in
Jumlah lilitan koil	: 7 lilitan

### ***Mixer (M-01)***

Fungsi	: Mengencerkan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> yang keluar dari reaktor menjadi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 78%.
Jenis	: Tangki silinder berpengaduk
Kondisi operasi	
Tekanan	: 101,3 kpa
Temperatur	: 46°C
Waktu tinggal	: 10 menit
Volume	: 1,115 m <sup>3</sup>
Bahan	: <i>Carbon steel SA 285 grade C</i>
Diameter	: 1,19 m
Tinggi	: 1,74 m
Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in
Tebal <i>head</i>	: 3/16 in

Jumlah pengaduk : 1  
Jenis : 6 *blade disk* standard  
Kecepatan putar : 181, 354 rpm  
Power motor : 4 Hp  
Tebal Jacket : 0,142 m

***Decanter (DC-01)***

Fungsi : Memisahkan  $H_2SO_4$  78% dari campuran yang selanjutnya diambil sebagai hasil samping.  
Jenis : Tangki silinder tegak  
Kondisi operasi  
Tekanan : 101,3 kpa  
Temperatur : 43°C  
Bahan : *Stainless steel SA 302 Grade A*  
Diameter : 1,77 m  
Panjang : 6,05 m  
Tebal *shell* : 3/16 in  
Tebal *head* : 3/15 in  
Tinggi *head* : 14,53 in

***Mixer (M-02)***

Fungsi : Melarutkan dan mencampur NaOH 32% menjadi NaOH 20% sebelum direaksikan dalam netraliser.  
Jenis : Tangki silinder berpengaduk  
Kondisi operasi  
Tekanan : 101,3 kpa  
Temperatur : 30°C  
Waktu tinggal : 10 menit  
Volume : 0,323 m<sup>3</sup>  
Bahan : *Carbon steel SA 285 grade C*  
Diameter : 0,79 m  
Tinggi : 1,19 m  
Tebal *shell* : 3/16 in  
Tebal *head* : 3/16 in  
Jumlah pengaduk : 1

Jenis : 6 *blade disk* standard  
Kecepatan putar : 233,523 rpm  
Power motor : 2 Hp  
Tebal Jacket : 0,167 m

### **3.1 *Netralizer* (N-01)**

Fungsi : Menetralkan asam sulfonat (dodekilbenzena sulfonat) menjadi sodium dodekilbenzena sulfonat dengan NaOH 20%.

Jenis : RATB yang dilengkapi dengan koil pendingin.

Kondisi

Tekanan : 101,3 kpa

Temperatur : 43°C

Volume *Shell* : 35,19 m<sup>3</sup>

Bahan : *Stainless Steel* SA 302 Grade A

Diameter : 3,54 m

Tinggi : 5,06 m

Tebal *shell* : 5/16 in

Tebal *head* : 3/16 in

Jenis : Turbin dengan 6 *blade disk* standard

Kecepatan putar : 57,62 rpm

Power motor : 14 Hp

Jumlah pengaduk : 1 buah

Tebal jaket : 0,130 m

### **3.2 *Mixer* (M-03)**

Fungsi : Mencampurkan larutan dari netraliser dengan builder untuk meningkatkan kualitas produk.

Jenis : Tangki silinder berpengaduk

Kondisi

Tekanan : 101,3 kpa

Temperatur : 30°C

Waktu tinggal : 10 menit

Volume : 1,30 m<sup>3</sup>

Bahan : Carbon steel SA 285 Grade C

Diameter : 1,25m

Tinggi : 1,741 m

Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in
Tebal <i>head</i>	: 3/16 in
Jumlah	: 1 buah
Jenis pengaduk	: 6 <i>blade disk</i> standard
Kecepatan putar	: 179,60 rpm
Power motor	: 4 Hp
Jumlah pengaduk	: 1 buah

#### ***Spray Dryer (SD-01)***

Fungsi	: Mengeringkan <i>slurry</i> sebanyak 8430,44 kg/jam.
Jenis	: Silinder tegak dengan bagian bawah berbentuk <i>conical</i> .
Kondisi	
Tekanan	: 101,3 kpa
Temperatur	: 52°C
Suhu udara masuk	: 120°C
Kebutuhan udara pengering	: 205111,75 kg/jam
Waktu penguapan	: 0,004 jam
Volume chamber	: 1187,40 m <sup>3</sup>
Diameter <i>shell</i>	: 17,84 in
Tebal <i>shell</i>	: 1,60 in
Tebal konis	: 2,66 in

#### UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM

Unit pendukung proses atau biasa disebut unit utilitas adalah sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Unit pendukung proses yang dibutuhkan setiap tahunnya pada prarancangan pabrik ini meliputi penyediaan air yang diperoleh dari sungai sebesar 44.372,46ton air, 11.969,78 liter bahan bakar, dan penyediaan listrik yang diperoleh dari PLN dan generator set sebesar 500 kW sebagai cadangan (Hanum, 2002).

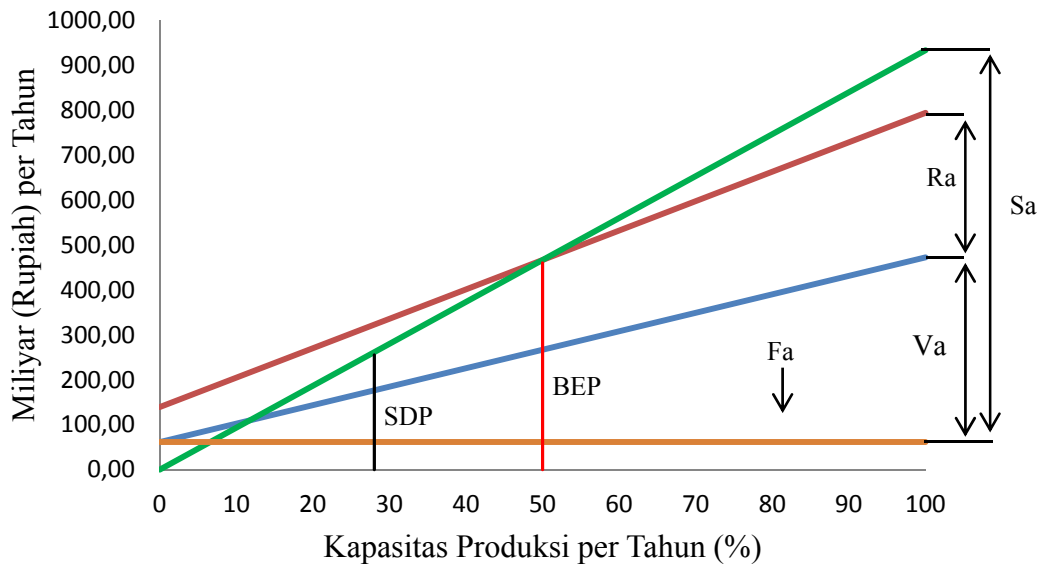
#### MANAJEMEN PERUSAHAAN

Pabrik sodium dodekilbenzena sulfonat direncanakan didirikan dengan bentuk manajemen Perseroan Terbatas (PT). Dengan kapasitas 45.000 ton/tahun yang akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten. Pabrik akan didirikan diatas tanah seluas 11.600 m<sup>2</sup> dan dengan jumlah karyawan 100 orang (Sukandar, 2011).

#### ANALISIS EKONOMI

Pabrik sodium dodekilbenzena sulfonat memerlukan biaya produksi sebesar Rp 795.236.197.287,30. Dari analisis ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan keuntungan

sebelum pajak sebesar Rp 138.602.458.568,81 per tahun, keuntungan setelah pajak sebesar 97.021.720.998.17 per tahun. *Percent return on investment* (ROI) sebelum pajak 33,93%. *Pay out time* (POT) sebelum pajak 2,27 tahun dan setelah pajak 2,96 tahun. *Break event point* (BEP) sebesar 49,99% dan *Shut down point* (SDP) sebesar 28,02%. *Internal rate of return* (IRR) terhitung 37,20%.



Gambar 1. Grafik Analisis Ekonomi

#### 4 PENUTUP

Dalam perancangan pabrik sodium dodekilbenzena sulfonat dari dodekilbenzena dan oleum 20% dengan kapasitas 45.000 ton/tahun diperoleh kesimpulan.

1. Perancangan pabrik sodium dodekilbenzena sulfonat dengan kapasitas 45.000 ton/tahun bertujuan untuk mengurangi nilai impor sodium dodekilbenzena sulfonat dari luar negeri, menyediakan bahan baku untuk pabrik lainnya, serta meningkatkan ekonomi Indonesia di era globalisasi.

2. Pabrik sodium dodekilbenzena sulfonat berbadan hukum Perseroan Terbatas yang direncanakan berlokasi di Kawasan Industri Cilegon, Banten, Jawa Barat, dengan tanah seluas 11.600 m<sup>2</sup>, jumlah karyawan 100 orang dan akan beroperasi selama 330 hari/tahun.

Hasil analisis ekonomi.

Keuntungan yang diperoleh.

Keuntungan sebelum pajak yaitu Rp. 138.602.458.568,81 dan keuntungan setelah pajak Rp. 97.021.720.998,17

*Return of Investment* (ROI).

Prosentase ROI sebelum pajak sebesar 33,93% dan ROI setelah pajak sebesar 23,75%. Syarat ROI untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 20%

*Pay Out Time (POT):*

POT sebelum pajak selama 2,27 tahun dan POT setelah pajak selama 2,96 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah, paling lambat 5 tahun

*Break Even Point (BEP)* pada 49,99%, sedangkan *Shut Down Point (SDP)* pada 28,02%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40-60%

*Internal Rate of Return (IRR)* sebesar 37,20%.

Berdasarkan analisis ekonomi, prarancangan pabrik sodium dodekilbenzena sulfonat ini menguntungkan dan layak untuk didirikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2015. *Statistic Indonesia*. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Diakses pada tanggal 26 Februari 2015 pukul 12:22 WIB
- Fogler, H.S. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. 4th ed. Pearson Education Inc. Massachusetts.
- Hanum, F. 2002. *Proses Pengolahan Air Sungai Untuk Keperluan Air Minum*. Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Levenspiel, O. 1972. *Chemical Reaction Engineering*. vol1.1. 2<sup>nd</sup> edition, A Willey Interscience Publication, John Wiley Sons Co. New York.
- Smith, J.M. and Van Ness, H.C., 1987, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 4th ed.*, Mc. Graw-Hill Book Co., New York.
- Sukandar, D. 2011. *Perseroan Terbatas*. <http://legalakses.com>. Diakses 10 September 2016. Pukul 15:24 WIB.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*.