

# PRARANCANGAN PABRIK RESIN NOVOLAK DARI PHENOL DAN FORMALDEHID DENGAN KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 19.000 TON/TAHUN

Rahmi Hidayati<sup>1\*</sup>, Gesit Satriaji Saputro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat  
Jalan A. Yani KM 36, Kampus Unlam Banjarbaru, Kalimantan Selatan

\*Corresponding Author: [rahmiars96@gmail.com](mailto:rahmiars96@gmail.com)

## Abstrak

Resin novolak atau disebut phenolic resin merupakan resin yang terbentuk dari reaksi antara phenol dan formaldehida dalam keadaan asam dengan jumlah phenol berlebih. Resin novolak biasanya digunakan dalam industri cat, industri plastik, industri mobil, industri perekat dan lain lain. Saat ini Indonesia masih mengimpor resin novolak dalam jumlah yang cukup besar karena ketersediannya di Indonesia sendiri masih sedikit. Peluang berkembangnya industri resin novolak di Indonesia cukup besar, maka perlu direncanakan studi prarancangan pabrik resin novolak dengan pertimbangan secara teknis, lingkungan, dan ekonomi agar dapat memenuhi kebutuhan resin novolak dalam negeri. Pabrik ini direncanakan beroperasi selama 330 hari/tahun dengan kapasitas produk resin novolak sebesar 19.000 ton/tahun dan rencana didirikan pada tahun 2023. Bahan baku utama yang diperlukan adalah fenol. Pabrik akan didirikan di Banjarmasin, Kalimantan Selatan dimana lokasi pabrik dekat dengan Sungai Martapura, sehingga sumber air untuk unit util berasal dari sungai tersebut.

Pemasaran resin novolak diutamakan untuk konsumsi dalam negeri. Bentuk perusahaan berupa Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi line dan staffs. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian menurut jam kerja yang terdiri dari shift dan non shift dengan tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 180 orang. Adapun hasil analisa ekonomi memberikan hasil investasi modal total (TCI) adalah sebesar Rp. 985.693.614.841,17,- dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar Rp 2.724.935.737.368,. Selain itu diperoleh juga Return of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 47 % dan Return of Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 31 %. Pay Out Time (POT) sebelum pajak yaitu 1,8 tahun dan Pay Out Time (POT) sesudah pajak sebesar 2,5 tahun. Sehingga diperoleh Break Event Point (BEP) sebesar 55 % dan Shut Down Point (SDP) sebesar 40 %. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik resin novolak dengan kapasitas 19.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lagi.

*Kata kunci : Resin novolak, fenol, formaldehid, asam sulfat, reaktor batch berpengaduk.*

## 1. Pendahuluan

Industri kimia merupakan salah satu industry yang mempunyai prospek dan peluang investasi yang besar. Produk yang dihasilkan, diharapkan tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri namun juga dapat diekspor untuk menambah pendapatan negara. Resin novolak merupakan salah satu industri kimia yang ketersediannya di Indonesia sendiri masih sedikit dan harus mengimpor dari luar negeri. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2017 kebutuhan resin novolak di Indonesia terus mengalami kenaikan. Data impor kebutuhan resin novolak pada tahun 2017 mencapai 9.571.803 kg. Mengingat kebutuhan resin

novolak merupakan resin yang digunakan dalam industri cat, industri plastik, industri mobil, industri perekat dan lain lain, diperkirakan konsumsi resin novolak akan terus meningkat sedangkan pabrik resin novolak di Indonesia masih sangat sedikit. Bahan baku fenol didapatkan dari PT Global Makassar, Makassar; bahan baku formalin dan bahan tambahan heksamin didapatkan dari PT Intan Wijaya, Banjarmasin dan Semarang; sedangkan bahan tambahan kalsium karbonat didapatkan dari Kalimantan Timur. Kebutuhan impor Resin Novolak di Indonesia pada tahun 2012 sampai dengan 2017 (BPS, 2018):



**Tabel 1** Kebutuhan Impor Resin Novolak di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2012	3.224,270	0
2	2013	4.617,299	43,20
3	2014	5.462,143	18,30
4	2015	6.014,216	10,11
5	2016	7.072,334	17,59
6	2017	9.571,803	35,34
Pertumbuhan Rata-rata			20,76

Pabrik Resin Novolak direncanakan dibangun pada tahun 2023. Berdasarkan perhitungan menggunakan *discuonted method* dengan persamaan sebagai berikut :

$$m_5 = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \quad \dots(1.2)$$

peluang kapasitas Resin Novolak yang akan didirikan pada tahun 2023 sebesar 19.000 Ton/tahun.

Pabrik Resin Novolak direncanakan berlokasi di Komplek UKA, Jl. Trisakti, Basirih, Banjarmasin Barat, Kota Banjarmasin, Kalimantan Selatan. Lokasi tersebut dipilih karena dekat dengan bahan baku, sumber air sebagai sarana utilitas, dan pemasaran produk. Perusahaan direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas dengan jumlah karyawan sebanyak 180 orang dengan struktur organisasi yang dapat dilihat pada Gambar 1.

## 2. Deskripsi Proses

Proses yang digunakan dalam pengolahan resin novolak berdasarkan parameter yang terdapat pada tabel berikut:

**Tabel 2** Karakteristik Proses Produksi Resin Novolak

Parameter	Proses
Waktu Reaksi	30-60 menit (Pilato, 2010)
Jenis Katalis	Homogen
Yield	96% (Pilato, 2010)
Harga Katalis	Rp 97.500/L (Phyedumedia, 2018)

Resin Novolak dibuat dalam tiga tahapan,

yaitu :

### 1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku berupa fenol (100%), formalin (37%) dan katalis asam sulfat (50%) disimpan dalam tangki penyimpan pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Sedangkan bahan tambahan berupa heksamin padat dan kalsium karbonat disimpan di dalam gudang. Kemudian bahan cair dipanaskan dalam *heater* hingga suhu 95 °C.

### 2. Tahap Pembentukan Novolak

Reaksi dilakukan di dalam reaktor Batch berpengaduk yang dilengkapi dengan *cooling jacket*. Karena reaksi yang bersifat eksotermis, suhu operasi dijaga dengan memasang pendingin



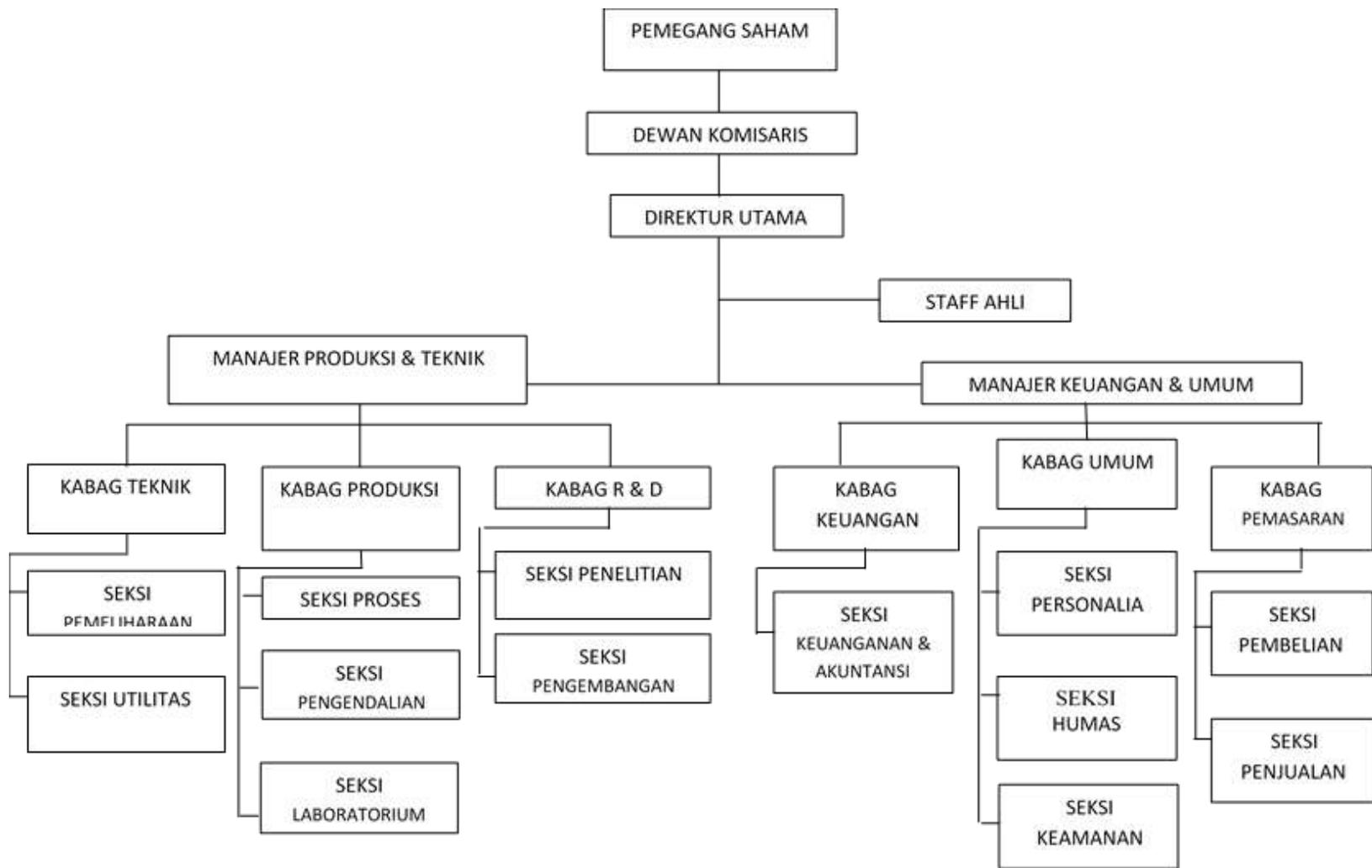
di luar reaktor untuk mencegah suhu operasi yang melebihi batas. Operasi dijalankan selama 60 menit pada suhu 95 °C dan tekanan 1 atm hingga semua formaldehid 37% habis bereaksi.

### 3. Tahap Pemurnian Produk

Produk hasil keluaran reaktor dimampakan menuju dehanter untuk dipisahkan dari air dan katalis asam sulfat. Selanjutnya, keluaran bawah dekanter dimurnikan kembali menggunakan *vaporizer* agar terpisah antara novolak dengan air dan fenol yang berlebih. Resin novolak selanjutnya dicampur dengan larutan heksamin 40%, kemudian dikeringkan menggunakan *rotary dryer*, selanjutnya dicampur dengan heksamin kering hingga 9% dan kalsium karbonat sebanyak 2%. Produk akhir resin novolak dikemas dan kemudian disimpan di gudang.

Suatu reaksi bersifat eksotermis atau endotermis apabila ditinjau berdasarkan termodinamika dengan data dan perhitungan pada table 3 (Coulson, 2005):





Gambar 1 Struktur Organisasi Perusahaan.

**Tabel 3** Daftar  $\Delta H_{298K}$  Komponen

Komponen	$\Delta H_{298}$ (kJ/mol)
Formalin	-115,89
Fenol	-96,36
Novolak	-136,80
Air	-285,84

$$\begin{aligned}\Delta H_{298} &= \sum \Delta H_{\text{produk}} - \sum \Delta H_{\text{reaktan}} \\ &= [\Delta H_{298}(\text{Novolak}) + \Delta H_{298}(\text{Air})] - \\ &\quad [\Delta H_{298}(\text{Formalin}) + \Delta H_{298}(\text{Fenol})] \\ &= [(-136,80) + (-285,84)] + [(-115,89) + \\ &\quad (-96,36)] \\ &= -4595,2648 - (-4438,5182) \\ &= -156,7467 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Reaksi pembentukan novolak bersifat eksotermis yang ditandai dengan  $\Delta H_f$  bernilai negative.

Reaksi pembentukan novolak merupakan reaksi orde 1 dengan perhitungan sebagai berikut (Fogler):

$$-r_A = k \cdot C_A$$

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt}$$

$$\frac{-dC_A}{dt} = k \cdot C_A$$

$$\frac{dC_A}{C_A} = k \cdot dt$$

diintegrasikan menjadi :

$$\ln C_{A0} - \ln C_A = k \cdot t$$

$$k \cdot t = -5,115 - (-7)$$

$$k = [(-5,115) - (-7)] / 1$$

$$k = 1,7958 \text{ /jam}$$

maka,

$$-r_A = k \cdot C_A$$

$$= 1,7958 \times 9,9e-4$$

$$= 0,00179 \text{ kmol/L.jam}$$

$$= 1,78996 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam}$$

sehingga, laju reaksi pembentukan novolak adalah sebesar 1,78996 kmol/m<sup>3</sup>.jam.

Berdasarkan perhitungan neraca masa, komposisi masuk dan keluar reactor dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5** Komposisi Masuk dan Keluar Reaktor

Komponen	Aliran Masuk (kg/jam)	Aliran Keluar (kg/jam)
Fenol	2.164,1488	359,2340
Formaldehid	577,4730	-
Novolak	-	2.114,2684
Air	988,5505	1256,6698
Katalis	5,2857	5,2857
<b>TOTAL</b>	<b>3.735,4580</b>	<b>3.735,4580</b>

### 3. Utilitas

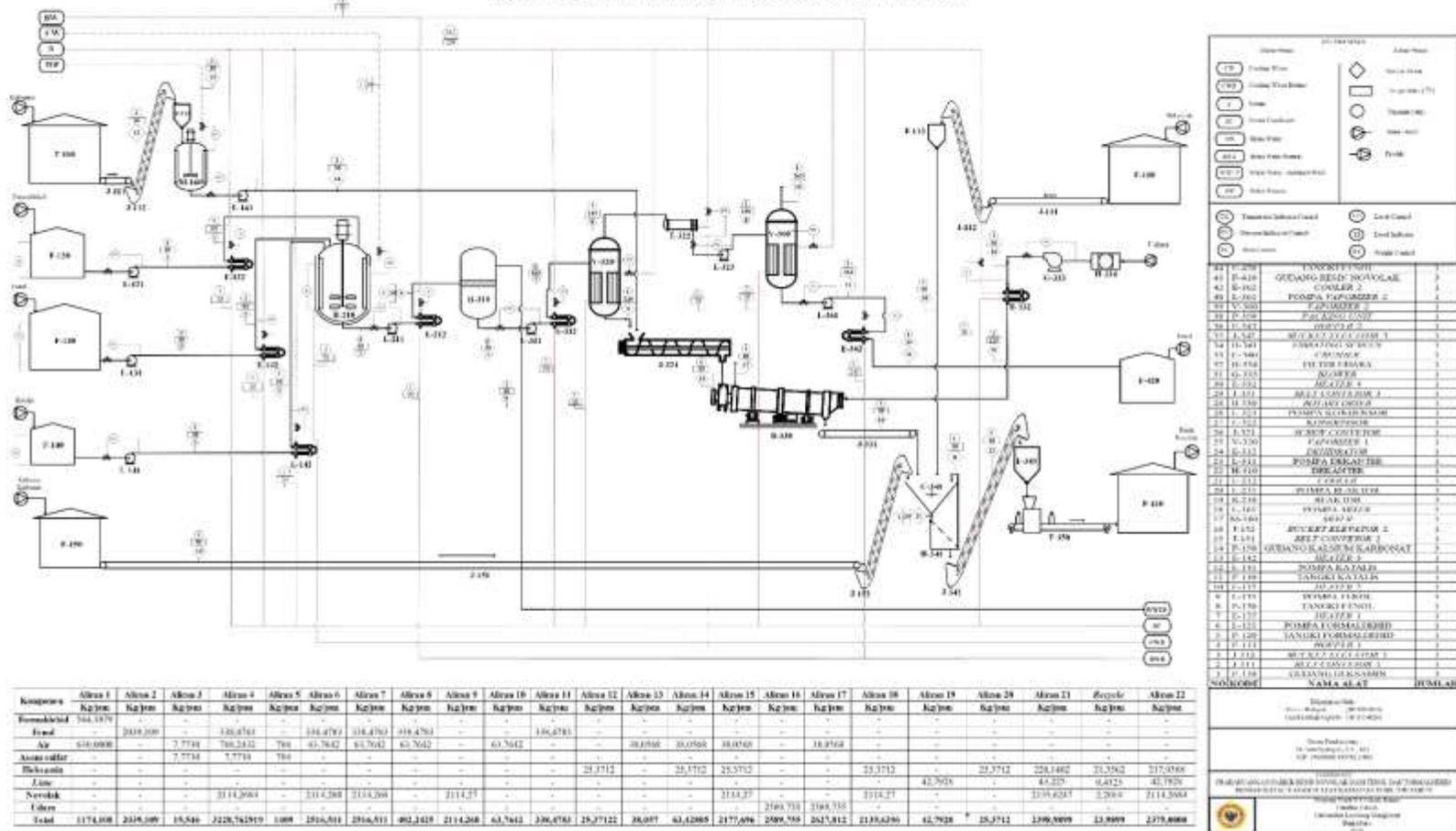
Utilitas merupakan unit pendukung dalam suatu pabrik untuk menyediakan kebutuhan *steam* dan air pendingin, listrik serta air sanitasi. Sumber air untuk pabrik novolak didapatkan dari Sungai Martapura. Pembangkit listrik utama pabrik menggunakan generator yang bahan bakarnya diperoleh dari PT. Pertamina dan ketersediaan listrik diatur oleh PT. PLN. Kebutuhan rutin yang diperlukan dalam kegiatan operasi pabrik novolak dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6** Kebutuhan Utilitas Pabrik Novolak

Kebutuhan	Jumlah (kg/jam)
Steam	778,6178
Air Pendingin	3091,9629
Air Proses	42,2854
Air Sanitasi	3483,3333
BBM	6,0882



**FLWSHEET**  
**PRARANCANGAN PABRIK RESIN NOVOLAK DARI FENOL DAN FORMALDEHID DENGAN KATALIS**  
**ASAM SULFAT KAPASITAS 19.000 TON/TAHUN**



Gambar 2 Flow Diagram Process Prarancangan Pabrik Resin Novolac dari Fenol dan Formaldehid dengan Katalis Asam Sulfat Kapasitas 19.000 Ton/Tahun.

## 4. Analisis Ekonomi

Berikut daftar harga bahan baku dan produk dapat dilihat pada Table 7.

**Tabel 7** Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (per kilogram)
Formaldehid	Rp 3.616
Fenol	Rp 8.679
Novolak	Rp 6.509
Katalis	Rp 2.893

Sumber : [www.molbase.com](http://www.molbase.com)

Pabrik resin novolak memerlukan modal dengan rincian seperti pada Tabel 8.

**Tabel 8** Jumlah Biaya Pendirian Pabrik Novolak

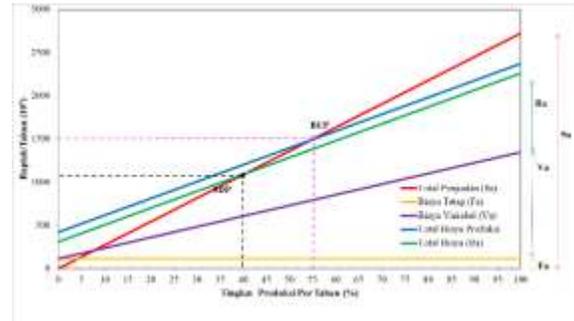
Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	600.699.052.041,12
DPC	414.275.208.304,2
TCI	985.468.101.582
WC	343.341.528.710

Suatu pabrik dikatakan baik jika dapat memberikan keuntungan yang layak bagi perusahaan. Prarancangan pabrik layak atau tidak untuk dibangun dapat diketahui melalui analisa ekonomi. Berdasarkan analisis tersebut dapat diambil keputusan untuk menjalankan proyek, menunda atau tidak menjalankannya (Prasetya et al., 2014). Beberapa faktor yang harus ditinjau dalam menganalisa kelayakan pendirian pabrik antara lain *persent Return On Investmen* (ROI), *Pay Out Time* (POT), *Interes Rate of Return* (IRR), *Break Event Point* (BEP) dan *Shut Down Poin* (SDP).

**Tabel 9** Analisis Ekonomi

Analisa Kelayakan	Nilai	Batasan	Ket
ROI	31%	Minimal 11%	Layak
POT	2,5th	Maksimal 5th	Layak
IRR	19,49%	> 12%	Layak
BEP	55%	40% - 60%	Layak
SDP	40%	20%-40%	Layak

Grafik kelayakan analisis ekonomi pabrik Butil Oleat dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2** Grafik SDP dan BEP Pabrik Resin Novolak Kapasitas 19.00 Ton/Tahun

## 5. Kesimpulan

Hasil analisa perhitungan prarancang pabrik resin novolak dari fenol dan formaldehid dengan katalis asam sulfat kapasitas 19.000 Ton/tahun, dapat disimpulkan bahwa pabrik layak untuk dibangun. Kelayakan pembangunan pabrik dapat dilihat dari beberapa factor hasil perhitungan analisa ekonomi, yaitu didapatkan nilai ROI 31%, POT 2,5 tahun, IRR 19,49%, BEP 55% dan SDP 40%.

## Ucapan Terimakasih

Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Isna Syauqiah. ST., MT. Selaku dosen pembimbing tugas akhir dan penelitian kami di Program Studi S-1 Teknik Kimia UNLAM yang telah sangat sabar membimbing dan sangat banyak memberikan bantuan berupa saran atau masukan yang berguna dalam kemajuan Tugas akhir ini.
2. Bapak Meilana Dharma Putra, S.T., M.Sc., Ph.D; dan Ibu Yuli Restianingsih, ST., M.Eng selaku dosen penunji sidang tugas akhir yang telah membantu kami dalam memberikan masukan, saran dan kritik untuk hasil yang terbaik pada Tugas akhir ini.
3. Bapak Meilana Dharma Putra, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Kaprodi S-1 Tehnik Kimia UNLAM yang telah memberikan masukan terhadap perkuliahan kami.
4. Dr. Isna Syauqiah ST., MT dan Bapak Chairul Irawan, Ph.D selaku dosen pembimbing akademik kami yang selalu membimbing kami tiap semesternya.
5. Ibu Dr. Isna Syauqiah ST., MT dan Ibu Lailan Ni'mah ST., M.Eng selaku pembimbing kerja praktek kami selama menyelesaikan kerja praktek.





6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam pengerjaan Tugas akhir ini dan senantiasa memberikan banyak ilmu yang bermanfaat untuk kami selama masa perkuliahan.
7. Seluruh staff Program Studi Teknik Kimia yang telah memberikan bantuan dalam urusan administrasi sebagai mahasiswa selama menuntut ilmu di UNLAM.
8. Orang tua tercinta dan seluruh keluarga besar kami yang telah memberikan segala bantuan, dukungan finansial, dukungan moral dan moril serta doa yang tiada henti kepada kami mulai dari awal kuliah sampai kami menyelesaikan perkuliahan.
9. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat angkatan 2014 yang selalu membantu, selalu dengan senang hati berbagi informasi dan tukar pendapat mengenai tugas akhir, tanpa kalian semua kami tidak akan menjadi seperti sekarang dan tanpa adanya kalian masa perkuliahan kami tidak akan bermanfaat, indah dan seberkah ini.
10. Teknisi Laboratorium Teknologi Proses dan Operasi Teknik Kimia.
11. HIMATEKKIM UNLAM organisasi yang telah membesarkan nama kami dan juga memberikan pelajaran di luar perkuliahan yang sangat berguna nantinya.
12. BEM FT UNLAM organisasi yang memberikan pelajaran yang berharga mengenai organisasi dan soft skill dan juga memberikan kami banyak teman dari prodi lain di Fakultas Teknik.
13. Seluruh civitas akademik dan orang-orang yang ada disekitar Fakultas Teknik UNLAM Banjarbaru yang memberikan kami pelajaran dan pengalaman yang berharga, mengenai masalah perkuliahan.
14. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, terimakasih untuk semua massukan, bantuan dan kerjasamanya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S. and Newtoon, R.D., 1955. Chemical Engineering Cost Estimation. New York: McGraw Hill Book Company inc.
- BPS. 2018. Badan Pusat Statistik Available: [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id) [Accessed 3 Maret 2018].
- Billmeyer, F.W., Jr. 1984. Text book of Polymer Science 3rd Ed. New York: Wiley-Interscience
- Brownell E.L., Young Edwin H. 1959. Process Equipment Design Vessel Design. New Delhi: Wiley Eastern Limited
- Coulson, J., Richardson, J., Backhurst, J. & Harker, J. 1991. Vol. 2: Particle technology and separation processes, Oxford [etc.]: Butterworth-Heinemann.
- Clark, Jim. 2004. The Acidity of Phenol. <http://www.chemguide.co.uk/orgaicprops/phenol/acidity.html>  
diakses pada tanggal 5 Mei 2018
- Frank H.G., Collin G. 1968. Steinkohlenteer. Berlin: Springer.
- Geankoplis, C.J. 1997. Transport Processes and Unit Operations. New Delhi: Prentice Hall.
- Hernandez O, Hoinbeg LR, Hogan K, Siegel-Scott C, Lai D, Grindstaff G. 1994. Risk Assessment of Formaldehyd. J Hazardous Materials 39: 161.
- Kern, D., Q. 1950. Process Heat Transfer. New Delhi: McGraw Hill International Book Company
- Kirk, K. E. and Othmer, D. F. 1981. Encyclopedia of Chemical Technology 3 edition, Volume 9. The Interscience Encyclopedia, John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Lei, Y., Wu Q. 2005. Cure Kinetics of Aqueous Phenol-Formaldehyd Resin Used for Oriented Strandboard Manufacturing: Analytical Technique. Louisiana: Wiley Interscience.
- Noyes Data Corp. 1988. Extremely Hazardous Substances, Superfund Chemical Profiles. Park Ridge: Noyes Data.
- Perry, R. H. & Green, D. W. 1999. Perry's chemical engineers' handbook, McGraw-Hill Professional.
- Pilato L. 2010. Phenolic Resins: A Century of Progress. New York: Springer.
- Timmerhaus, Klaus D. and Max S. Peters. 2004. Plant Design and Economics for Chemicals Engineers. New York: McGraw Hill.
- Timmerhaus, Klaus. and Max S. Peters. 1991. Plant Design and Economics for Chemicals Engineers. New York: McGraw Hill.
- Ulrich, G.D., 1984, A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. John Wiley and Sons, Inc.: New York.





- Coleman, G., A. 1954. US Patent Short Cure Phenolic Resin. No. 2.674.589
- Yawes, Carl L. 1999. Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environmental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals. New York : McGraw-Hill.

