



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Prarancangan Pabrik Tributyl Sitrat dari Asam Sitrat dan Butil Alkohol Menggunakan Proses Esterifikasi”

---

### BAB I PENDAHULUAN

#### I.1 Latar Belakang

Pada era industrialisasi saat ini, perkembangan industri Indonesia semakin berkembang di segala bidang, khususnya industri kimia yang ditunjukkan dengan tren pertumbuhan yang cukup besar dari tahun ke tahun, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Perkembangan industri kimia di Indonesia telah mendorong pertumbuhan sektor perekonomian dalam negeri, karena industri kimia mempunyai peranan penting dalam produksi bahan baku industri manufaktur. Dengan pertumbuhan ini maka akan terjadi peningkatan permintaan terhadap bahan baku industri, bahan kimia, dan tenaga kerja. Namun industri dalam negeri belum sepenuhnya bisa memenuhi kebutuhan bahan kimia sehingga Indonesia masih bergantung pada produsen luar negeri. Salah satunya tributyl sitrat ( $C_{18}H_{32}O_7$ ) yang saat ini Indonesia sepenuhnya masih bergantung kepada impor karena tidak ada pabrik yang memproduksi tributyl sitrat di Indonesia.

Senyawa kimia tributyl sitrat terdiri dari tiga gugus butil dan satu gugus asam sitrat, tributyl sitrat telah menjadi komponen penting di dalam industri kimia. Kegunaannya sangat bervariasi membuat senyawa ini diminati dalam berbagai aplikasi industri. Sebagai pelarut, tributyl sitrat digunakan dalam proses produksi polimer dan plastik, memberikan kontribusi dalam membentuk sifat fisik dan mekanis yang diinginkan pada berbagai produk. Di sektor farmasi, senyawa ini berfungsi sebagai pelarut dalam formulasi obat-obatan. Selain itu, tributyl sitrat juga diterapkan sebagai bahan aditif makanan, bekerja sebagai pengemulsi dan pelembut, yang mendukung proses produksi makanan dengan memberikan tekstur dan stabilitas yang diinginkan (Khairunnisa, 2022).

Tributyl sitrat adalah senyawa organik pengganti dietilheksil ftalat (DEHP) dan digunakan terutama untuk *plasticizer* vinil resin dalam aplikasi seperti mainan, perangkat medis dan kemasan serta banyak digunakan dalam bahan bangunan dan konstruksi, perekat, plastik, produk karet dan lain-lain. Namun, karena kekhawatiran pada efek negatif yang dapat ditimbulkan oleh senyawa ftalat dalam kesehatan manusia dan risiko lingkungannya, penggunaan *plasticizer* semacam ini



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “Prarancangan Pabrik Tributyl Sitrat dari Asam Sitrat dan Butil Alkohol Menggunakan Proses Esterifikasi”

telah menurun dalam beberapa tahun terakhir. *Plasticizer* merupakan bahan yang memberikan karakteristik khusus daya tahan dan fleksibilitas pada polimer. Umumnya *plasticizer* digunakan sebagai aditif untuk bahan polimer selama transformasi dan pemrosesannya (Godwin, 2011).

Kebutuhan akan tributyl sitrat relatif meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini dapat dibuktikan dari data impor tributyl sitrat yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik pada tahun (2024), dimana dari data tersebut terlihat bahwa impor tributyl sitrat mengalami kenaikan dalam kurun waktu 5 tahun terakhir pada tahun 2019 sampai tahun 2023. Dengan melihat banyaknya kebutuhan tributyl sitrat di Indonesia, maka pabrik tributyl sitrat harus dibangun untuk menurunkan biaya impor tributyl sitrat dan memacu perkembangan industri yang mengandalkan tributyl sitrat sebagai sumber bahan baku maupun bahan penunjangnya, khususnya pada industri polimer dan plastik, serta dapat membuka lapangan pekerjaan bagi penduduk sekitar pabrik. Adapun beberapa faktor pendirian pabrik tributyl sitrat di Indonesia, yaitu :

- a. Pabrik tributyl sitrat masih belum tersedia di Indonesia, sehingga sebagian besar kebutuhan tributyl sitrat dalam negeri harus impor dari negara luar.
- b. Membuka peluang pertumbuhan industri baru yang menggunakan bahan baku atau bahan pembantu dari tributyl sitrat, terutama industri plastik dan polimer.
- c. Membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat sehingga dapat menekan angka pengangguran.

## I.2 Kegunaan Produk Tributyl Sitrat

Tributyl sitrat merupakan bahan yang memiliki kegunaan yang sangat luas di berbagai industri, berikut adalah beberapa kegunaan tributyl sitrat :

### 1. Industri farmasi

Tributyl sitrat dikenal sebagai pelarut organik dalam produksi farmasi dan sebagai bahan baku untuk pembuatan obat-obatan tertentu. Dalam penggunaannya tributyl sitrat digunakan dalam setiap tahap sintesis zat aktif atau terkadang digunakan dalam proses formulasi produksi obat (Joshi, 2019).



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Prarancangan Pabrik Tributyl Sitrat dari Asam Sitrat dan Butil Alkohol Menggunakan Proses Esterifikasi”

### 2. Industri plastik

Senyawa ini dapat digunakan dalam industri plastik sebagai bahan tambahan atau pelarut dalam pembuatan plastik dan polimer. Hal tersebut dikarenakan dalam senyawa tributyl sitrat memiliki kemampuan untuk meningkatkan fleksibilitas dan kelenturan bahan kemasan, terutama plastik, sehingga memudahkan proses produksi dan memberikan sifat-sifat yang diinginkan, seperti pada PT LCTN, polytama propindo, dan Chandra Asti Petrochemical.

### 3. Industri cat *flexographic*

Tributyl sitrat dapat digunakan sebagai bahan pembantu dalam cat dan pelapis untuk meningkatkan kelarutan dan stabilitas formulasi cat. Senyawa ini dapat digunakan dalam pengikat tinta pada industri *flexographic* (Ataman, 2020).

## I.3 Aspek Ekonomi

Seiring dengan perkembangan industri, kebutuhan impor tributyl sitrat ke Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal tersebut dikarenakan semakin besarnya permintaan masyarakat terhadap suatu produk, maka semakin besar pula kebutuhan bahan baku industri tersebut. Pembangunan pabrik tributyl sitrat di Indonesia merupakan hal yang mendesak, hal ini terlihat dari relatif tingginya laju pertumbuhan impor tributyl sitrat yang terdata oleh Badan Pusat Statistik di tabel I.1. dimana ditunjukkan bahwa Indonesia masih mengimpor tributyl sitrat dari luar negeri.

Tabel I. 1 Data Impor Tributyl Sitrat

| Tahun | Jumlah (Ton/Tahun) |
|-------|--------------------|
| 2019  | 10.217             |
| 2020  | 11.152             |
| 2021  | 11.527             |
| 2022  | 11.931             |
| 2023  | 12.146             |

(Badan Pusat Statistik (BPS), 2024).



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Prarancangan Pabrik Tributyl Sitrat dari Asam Sitrat dan Butil Alkohol Menggunakan Proses Esterifikasi”

Tabel 1.2 Data Konsumsi Tributyl Sitrat di Indonesia

| Tahun | Jumlah (Ton/Tahun) |
|-------|--------------------|
| 2019  | 20.765             |
| 2020  | 21.830             |
| 2021  | 22.189             |
| 2022  | 23.912             |
| 2023  | 24.289             |

(Badan Pusat Statistik (BPS), 2024).

### 1. Metode grafik

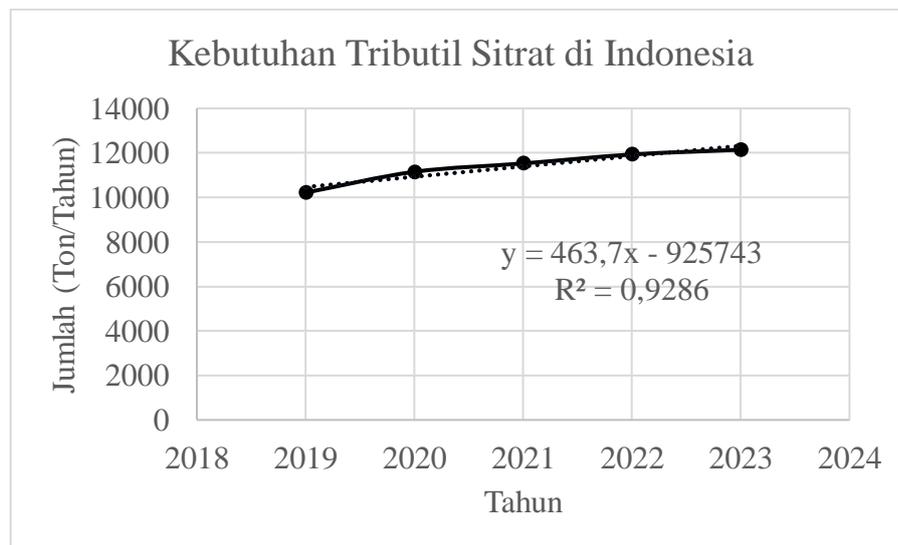
Dari data BPS di atas diketahui bahwa impor tributyl sitrat memiliki peningkatan tiap tahunnya. Oleh karena itu, digunakan metode trendline regresi linier pada microsoft excel, untuk mendapatkan persamaan untuk mencari kapasitas kebutuhan tributyl sitrat di Indonesia pada tahun tertentu dengan :

$$y = ax + b \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

y = jumlah kebutuhan (kg)

x = tahun



Gambar I. 1 Kebutuhan Tributyl Sitrat di Indonesia

Grafik tersebut menunjukkan bahwa impor tributyl sitrat pada mengalami kenaikan yang signifikan dari tahun 2019 sampai tahun 2023. Kebutuhan tributyl



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Prarancangan Pabrik Tributil Sitrat dari Asam Sitrat dan Butil Alkohol Menggunakan Proses Esterifikasi”

sitrat ini diperkirakan akan meningkat pada tahun-tahun berikutnya yang mana dapat dihitung dengan persamaan  $y = 463,7 x - 925.743$  yang didapatkan dari grafik. Pabrik ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2027, sehingga untuk kebutuhan tributil sitrat di Indonesia pada tahun 2027 adalah sebagai berikut :

$$y = 463,7(2027) - 925.743$$

$$y = 14.176,9 \text{ Ton/tahun}$$

Dari hasil perhitungan, didapat jumlah kebutuhan tributil sitrat di Indonesia pada tahun 2027 yaitu sebesar 14.176,9 ton. Adanya peningkatan dalam kebutuhan tributil sitrat tiap tahunnya menjadi pertimbangan untuk membangun pabrik di Indonesia. Selain itu terdapat pertimbangan lain dalam pendirian pabrik ini, yaitu dikarenakan China terus memimpin kawasan Asia-Pasifik dalam pembuatan tributil sitrat, dengan produksi tahunan rata-rata sebesar 50.000-100.000 ton.

### 2. Metode perhitungan

Tabel I. 2 Perhitungan Metode Peters dan Timmerhaus

| No. | X     | Y     | XY          | X <sup>2</sup> |
|-----|-------|-------|-------------|----------------|
| 1   | 2019  | 10217 | 20.628.123  | 4.076.361      |
| 2   | 2020  | 11152 | 22.527.040  | 4.080.400      |
| 3   | 2021  | 11527 | 23.296.067  | 4.084.441      |
| 4   | 2022  | 11931 | 24.124.482  | 4.088.484      |
| 5   | 2023  | 12146 | 24.571.358  | 4.092.529      |
| Σ   | 10105 | 56973 | 115.147.070 | 20.422.215     |

Dari tabel di atas dengan menggunakan metode regresi linier dari Peters dan Timmerhaus edisi 4, chapter 17, persamaan 21, didapat :

$$\sum(\bar{x}-x)^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} = 10$$

$$\sum(\bar{y}-y)^2 = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} = -6,28 \times 10^8$$

$$\sum(\bar{x}-x) \sum(\bar{y}-y) = \sum x \cdot y - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n} = 4.637$$

$$b = \frac{\sum(\bar{x}-x) \sum(\bar{y}-y)}{\sum(\bar{x}-x)^2} = 463,7$$

$$\text{Rata-rata } y \text{ (a)} = \sum y / n = 11.394,6$$

$$\text{Rata-rata } x \text{ (c)} = \sum x / n = 2021$$



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Prarancangan Pabrik Tributyl Sitrat dari Asam Sitrat dan Butil Alkohol Menggunakan Proses Esterifikasi”

Untuk kapasitas di tahun 2027 adalah :

$$Y(x) = a + b(x - c) \dots\dots\dots(2)$$

$$Y(2027) = 14.176,9$$

Jadi, dari hasil perhitungan menggunakan persamaan Peter dan Timmerhaus tersebut pada tahun 2027 diperkirakan kebutuhan tributyl sitrat di Indonesia adalah sebanyak 14.176,9 ton/tahun.

### 3. Metode *Discounted Method*

Adanya pendirian pabrik produksi tributyl sitrat harus didasari dari jumlah kebutuhan yang harus dipenuhi, hal ini dapat ditinjau dari pernyataan bahwa jumlah ekspor pada tahun pabrik dibangun dengan konsumsi dalam negeri lebih besar dari produksi di dalam negeri dan kebutuhan pada tahun pabrik dibangun  $((m_4 + m_5) > (m_1 + m_2))$ . Dengan begitu dapat diketahui besar kebutuhan produk yang belum tercukupi. Persamaan dari *discounted method* ini adalah :

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

Keterangan :

$m_1$  = Nilai impor dalam negeri di tahun pabrik dibangun (Ton/tahun)

$m_2$  = Produksi pabrik dalam negeri (Ton/tahun)

$m_3$  = Kebutuhan produksi tahun pabrik dibangun (Ton/tahun)

$m_4$  = Nilai ekspor tahun pabrik dibangun (Ton/tahun)

$m_5$  = Nilai konsumsi dalam negeri (Ton/tahun)

Penentuan nilai  $m_5$  menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$m = P(1 + i)^n \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

$m$  = Jumlah produk pada tahun pabrik dibangun (Ton)

$P$  = Besar impor tahun terakhir (Ton)

$i$  = Rata - rata kenaikan impor/ ekspor tiap tahun (%)

$n$  = Selisih tahun terakhir dengan tahun pabrik dibangun

#### 1. Penentuan nilai $m_1$ (impor) menggunakan persamaan (3) :

$$m_1 = P(1 + i)^n$$

$$m_1 = 12.146(1 + 12\%)^n$$

$$m_1 = 13.972,42 \text{ ton/tahun}$$



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Prarancangan Pabrik Tributyl Sitrat dari Asam Sitrat dan Butil Alkohol Menggunakan Proses Esterifikasi”

2. Penentuan nilai  $m_5$  (konsumsi) menggunakan persamaan (3) :

$$m_5 = P(1 + i)^n$$

$$m_5 = 24.289(1 + 12\%)^n$$

$$m_5 = 27.839 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan dasar perhitungan perkiraan jumlah impor pada tahun 2027 mendatang, maka dapat ditentukan nilai  $m_3$  (kebutuhan produksi tahun pabrik dibangun) dengan mengasumsikan nilai  $m_4$  adalah nol dan  $m_2$  adalah kapasitas produksi pabrik tributyl sitrat yang ada di Indonesia, karena pabrik tributyl sitrat di Indonesia saat ini masih belum tersedia maka nilai  $m_2$  adalah nol.

Penentuan nilai kapasitas produksi ( $m_3$ ) menggunakan discounted methode pada tahun 2027 sebesar :

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2)$$

$$m_3 = (0 + 27.941,38 \text{ ton/tahun}) - (13.972,42 \text{ ton/tahun} + 0)$$

$$m_3 = 13.968,96 \text{ ton/tahun}$$

Diperkirakan jumlah kebutuhan tributyl sitrat pada tahun 2027 adalah sebesar 13.968,96 ton/tahun, maka diambil set value 14.000 ton/tahun.

### I.4 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk dari Pabrik

Bahan baku utama dalam pembuatan tributyl sitrat adalah asam sitrat yang diperoleh dari PT Bumi Prima Lestari. Bahan lainnya n-butanol didapatkan dari PT Petro Oxo Gresik. Bahan baku penunjang berupa katalis asam metanesulfonat yang diperoleh dari PT. BASF Indonesia.

#### I.4.1 Bahan Baku

1. Asam Sitrat

a. Sifat Fisika

Warna : Tidak berwarna

Bentuk : Kristal

Titik leleh : 153°C

Titik didih : 310°C

Kelarutan : 62 gr/100 gr etanol

: 180 gr/100 ml air (30°C)



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Prarancangan Pabrik Tributil Sitrat dari Asam Sitrat dan Butil Alkohol Menggunakan Proses Esterifikasi”

---

### b. Sifat Kimia

|                  |                           |
|------------------|---------------------------|
| Rumus molekul    | : $C_6H_8O_7$             |
| Berat molekul    | : 192,12 gr/mol           |
| Densitas         | : 1,66 gr/cm <sup>3</sup> |
| Specific gravity | : 1,542                   |

(PT. Bumi Prima Lestari; PT. Aquatech Indonesia)

## 2. Butil Alkohol

### a. Sifat Fisika

|             |   |
|-------------|---|
| Warna       | : Tidak berwarna  |
| Bentuk      | : Cair  |
| Titik leleh | : -79,9°C   |
| Titik didih | : 117,7°C   |
| Kelarutan   | : Larut dalam air, aseton, etil eter, alkohol, dan pelarut organik lainnya. |

### b. Sifat Kimia

|                  |                           |
|------------------|---------------------------|
| Rumus molekul    | : $C_4H_9OH$              |
| Berat molekul    | : 74,123 gr/mol           |
| Densitas         | : 0,81 gr/cm <sup>3</sup> |
| Specific gravity | : 0,831-0,837             |

(PT. Petro Oxo Nusantara; PT. Gratama Bumi Indonesia)

## I.4.2 Bahan Penunjang

### 1. Katalis Asam Methanesulfonic (MSA)

#### a. Sifat Fisika

|             |  |
|-------------|--|
| Warna       | : Tidak berwarna   |
| Bentuk      | : Cair   |
| Titik leleh | : 20°C   |
| Titik didih | : 167°C  |
| Kelarutan   | : Larut dalam heksana, benzen, metil siklopentana, toluene, etil disulfida |

#### b. Sifat Kimia

|               |              |
|---------------|--------------|
| Rumus molekul | : $CH_4O_3S$ |
|---------------|--------------|



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Prarancangan Pabrik Tributil Sitrat dari Asam Sitrat dan Butil Alkohol Menggunakan Proses Esterifikasi”

Berat molekul : 96,11 gr/mol

Densitas : 1,48 gr/cm<sup>3</sup>

Specific gravity : 1,042

(PT. BASF Indonesia; PT. Ataman)

### I.4.3 Produk

#### 1. Tributil Sitrat

##### a. Sifat Fisika

Warna : Tidak berwarna atau kuning muda

Bentuk : Cair

Titik leleh : -20°C

Titik didih : 325°C

Kelarutan : Larut dalam air, etanol, dan pelarut organik lainnya.

##### b. Sifat Kimia

Rumus molekul : C<sub>18</sub>H<sub>32</sub>O<sub>7</sub>

Berat molekul : 360,4 gr/mol

Densitas : 1,043 gr/cm<sup>3</sup>

Acidity : 1,9

(National Institute of Health, 2023)

### I.5 Pemilihan Lokasi

Penentuan lokasi pabrik merupakan langkah krusial dalam menggarap sebuah proyek industri, dan keputusan yang bijak dalam hal ini dapat memberikan dampak signifikan terhadap kesuksesan operasional serta keberlanjutan perusahaan. Pertama, aspek logistik menjadi salah satu pertimbangan utama, memastikan aksesibilitas yang baik terhadap pasar, bahan baku, dan saluran distribusi. Kehadiran infrastruktur transportasi yang efisien akan meningkatkan efisiensi distribusi produk dan pengadaan bahan baku. Selain itu, aspek lingkungan dan sosial juga menjadi faktor penting, di mana perusahaan perlu memastikan kesesuaian dengan regulasi lingkungan setempat. Secara teoritis, pemilihan lokasi pabrik didasarkan pada beberapa faktor, yaitu :



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “Prarancangan Pabrik Tributyl Sitrat dari Asam Sitrat dan Butil Alkohol Menggunakan Proses Esterifikasi”

---

#### 1. Sumber Bahan Baku

Lokasi pabrik harus ditentukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor penting, salah satunya adalah bahan baku. Secara khusus, lokasi pabrik harus dekat dengan sumber bahan baku untuk memudahkan pengadaan dan transportasi bahan baku secara efisien. Bahan baku utama pabrik tributyl sitrat adalah asam sitrat yang diperoleh dari PT Bumi Prima Lestari, Komplek Pergudangan Margomulyo Permai Blok G/16, Surabaya. Bahan baku lainnya yaitu butanol yang diperoleh dari PT Petro Oxo Nusantara yang beralamat di Jl. Gubernur Suryo No.134, Lumpur, Tlogopojok, Kec. Gresik, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61118, dan bahan baku asam metanasulfonat yang diperoleh dari PT. BASF Indonesia yang berada di alamat Jl. Raya Daan Mogot No.KM.14, RT.1/RW.4, Duri Kosambi, Kecamatan Cengkareng, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11750.

#### 2. Lokasi

Lokasi pabrik tributyl sitrat direncanakan akan dibangun di Kawasan Industri JIPE Gresik, Jalan Raya Manyar KM 11 Manyarejo, Manyarsidorukun, Manyar Sido Rukun, Kec. Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61151. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PP) Nomor 71 Tahun 2021 tentang Kawasan Ekonomi Khusus Gresik berisi mengenai penetapan JIPE (Java Integrated Industrial and Ports Estate) sebagai salah satu Kawasan Industri yang kompetitif dan diminati oleh pelaku industri dalam dan luar negeri. JIPE adalah kawasan terintegrasi pertama di Indonesia, dengan total area 3.000 hektar, yang terdiri dari kawasan industri, pelabuhan umum multifungsi, dan hunian berkonsep kota mandiri. Harga tanah di kawasan industri JIPE Gresik sebesar Rp 3,5 juta per meter persegi pada tahun 2024.



Gambar I. 2 Lokasi Pendirian Pabrik Tributil Sitrat

### 3. Sarana Transportasi

Untuk mengangkut produk atau bahan baku, transportasi sangatlah penting dalam pendistribusian produk. Pemilihan lokasi pabrik Tributil Sitrat di Gresik, Jawa Timur, didasarkan pada fakta bahwa wilayah tersebut merupakan kawasan industri yang ditetapkan oleh pemerintah dan memiliki lahan dan infrastruktur yang memadai untuk memudahkan transportasi dan distribusi produk jadi melalui jalur darat. Faktor lain adalah bahwa lokasi tersebut dekat dengan pelabuhan, yang memungkinkan pengiriman bahan baku dari luar negeri atau dari luar kota ke pabrik. Dari 2.167 Ha luasan KEK Gresik (JIPE)  $\pm 400$  Ha adalah kawasan pelabuhan laut dalam yang berlokasi strategis di Selat Madura dan menjadi bagian dari Arus Perairan Barat Surabaya (APBS). Pelabuhan ini telah beroperasi sejak tahun 2015, saat ini Pelabuhan JIPE telah melayani cargo hingga 2 juta ton dan diproyeksikan mampu menangani cargo hingga 6 juta ton setelah dilakukan extension jetty pada bulan juni 2021.

### 4. Penyediaan Utilitas

Sumber daya utilitas termasuk air, bahan bakar, dan listrik. Kebutuhan listrik dapat dipenuhi dengan listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara). Sumber air lokal seperti Sungai Bengawan Solo.



## **PRA RANCANGAN PABRIK**

“Prarancangan Pabrik Tributyl Sitrat dari Asam Sitrat dan Butil Alkohol Menggunakan Proses Esterifikasi”

---

### 5. Tenaga Kerja

Dalam proses produksi, ketersediaan tenaga kerja berkualitas sangat penting. Tenaga kerja berkualitas tertentu dapat dengan mudah diperoleh, meskipun mereka mungkin tidak berasal dari Kecamatan Palang, tetapi mungkin dari daerah lain atau dari pendatang.