



PRA RANCANGAN PABRIK

“Prarancangan Pabrik Tributil 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 tributil sitrat ($C_{18}H_{32}O_7$) yang saat ini Indonesia sepenuhnya masih bergantung kepada impor karena tidak ada pabrik yang memproduksi tributil sitrat di Indonesia.

Senyawa kimia tributil sitrat terdiri dari tiga gugus butil dan satu gugus asam sitrat, tributil sitrat telah menjadi komponen penting di dalam industri kimia. Kegunaannya sangat bervariasi membuat senyawa ini diminati dalam berbagai aplikasi industri. Sebagai pelarut, tributil 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, tributil 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).

Tributil 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 Tributil 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 tributil 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*

Tributil 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 tributil 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 tributil sitrat di Indonesia merupakan hal yang mendesak, hal ini terlihat dari relatif tingginya laju pertumbuhan impor tributil sitrat yang terdata oleh Badan Pusat Statistik di tabel I.1. dimana ditunjukkan bahwa Indonesia masih mengimpor tributil sitrat dari luar negeri.

Tabel I.1 Data Impor Tributil 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 Tributil Sitrat dari Asam Sitrat dan Butil Alkohol Menggunakan Proses Esterifikasi

Tabel I.2 Data Konsumsi Tributil 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

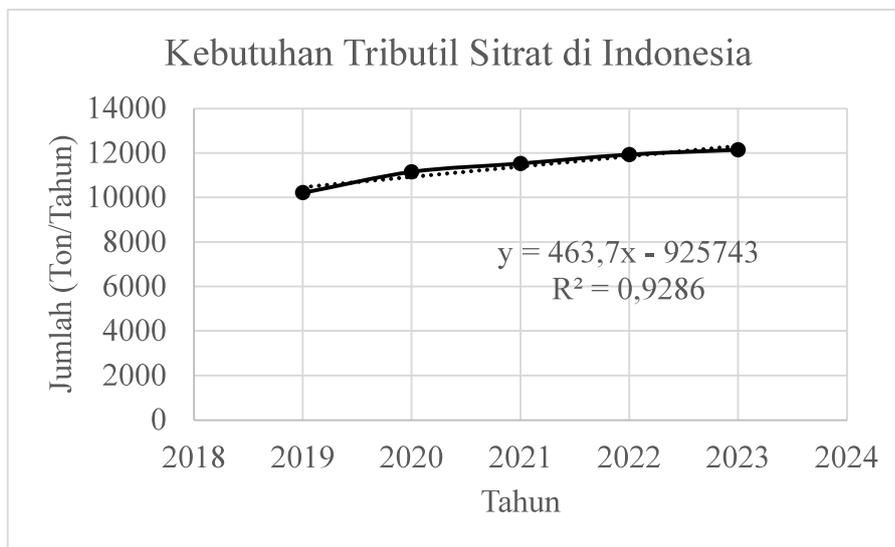
Dari data BPS di atas diketahui bahwa impor tributil sitrat memiliki peningkatan tiap tahunnya. Oleh karena itu, digunakan metode trendline regresi linier pada microsoft excel, untuk mendapatkan persamaan untuk mencari kapasitas kebutuhan tributil sitrat di Indonesia pada tahun tertentu dengan :

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

Keterangan :

y = jumlah kebutuhan (kg)

x = tahun



Gambar I.1 Kebutuhan Tributil Sitrat di Indonesia

Grafik tersebut menunjukkan bahwa impor tributil sitrat pada mengalami kenaikan yang signifikan dari tahun 2019 sampai tahun 2023. Kebutuhan tributil sitrat ini diperkirakan akan meningkat pada tahun-tahun berikutnya yang mana



PRA RANCANGAN PABRIK

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

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.3 Perhitungan Metode Peters dan Timmerhaus

No.	X	Y	XY	X ²
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 :

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

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

$$\Sigma(\bar{x}-x) \Sigma(\bar{y}-y) = \Sigma x.y - \frac{(\Sigma x)(\Sigma y)}{n} = 4.637$$

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

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

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

Untuk kapasitas di tahun 2027 adalah :



PRA RANCANGAN PABRIK

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

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

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

Jadi, dari hasil perhitungan menggunakan persamaan Peter dan Timmerhaus tersebut pada tahun 2027 diperkirakan kebutuhan tributyl sitrat di Indonesia adalah sebanyak 13.713,1 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 Tributil 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 tributil sitrat yang ada di Indonesia, karena pabrik tributil sitrat di Indonesia saat ini masih belum tersedia maka nilai m_2 adalah nol.

Penentuan nilai kapasitas produksi (m_3) menggunakan discounted method 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 tributil 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 tributil 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 BASF (Jerman).

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 ³
Specific gravity	: 1,542

(Perry, 2008).

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 ³
Specific gravity	: 0,831-0,837

(Perry, 2008).

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
Berat molekul	: 96,11 gr/mol



PRA RANCANGAN PABRIK

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

Densitas : 1,48 gr/cm³

Specific gravity : 1,042

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 : C₁₈H₃₂O₇

Berat molekul : 360,4 gr/mol

Densitas : 1,043 gr/cm³

Acidity : 1,9

(Merck, 2014).

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 :

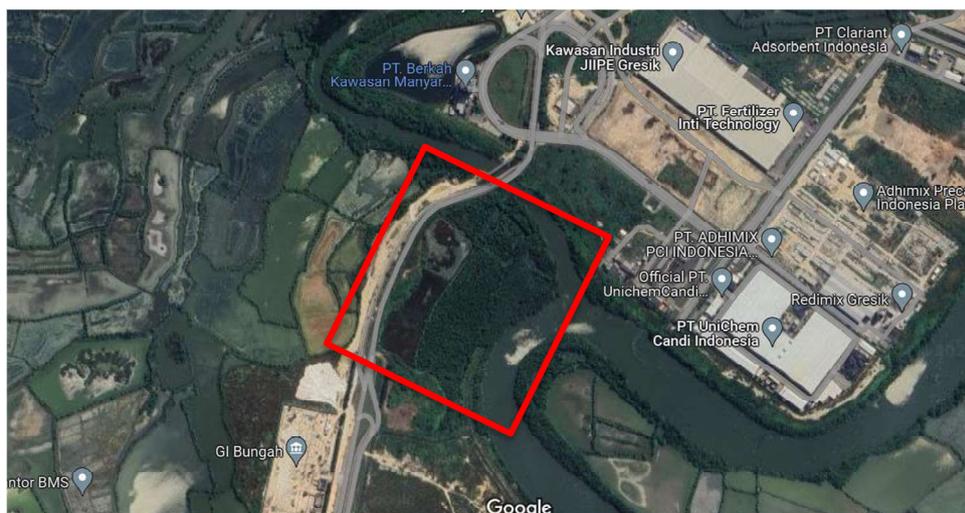
1. Sumber Bahan Baku

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 dengan kapasitas produksi sebesar 30.000 ton/tahun.

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 Tributyl Sitrat



PRA RANCANGAN PABRIK

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

3. Sarana Transportasi

Untuk mengangkut produk atau bahan baku, transportasi sangatlah penting dalam pendistribusian produk. Pemilihan lokasi pabrik Tributyl 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) ±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.

5. Tenaga Kerja

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