



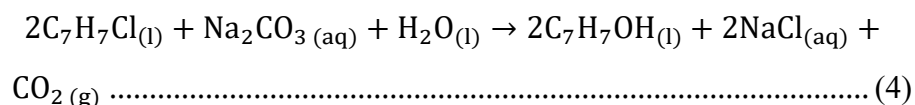
## BAB II

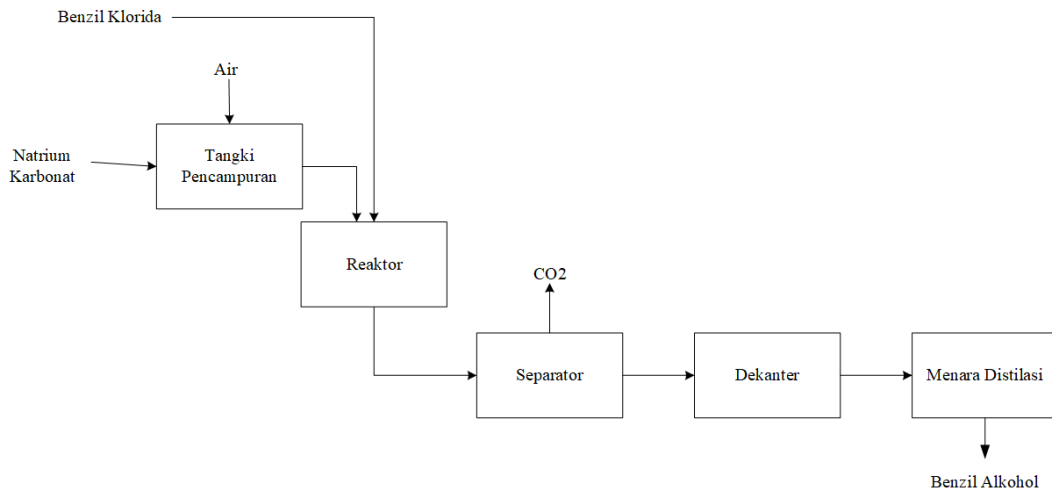
### SELEKSI DAN URAIAN PROSES

#### II.1 Macam-macam Proses

##### 1. Hidrolisis Benzil Klorida dengan Natrium Karbonat

Pada proses ini benzil klorida dihidrolisis menggunakan air dengan penambahan alkali berupa natrium karbonat. Penambahan natrium karbonat berperan untuk mencegah pembentukan HCl sebagai produk samping. Jumlah penambahan alkali yang direaksikan pada proses dapat bervariasi, perbandingan mol yang umum digunakan ialah 5-75 %berat diatas stoikiometri reaksi. Proses ini berlangsung pada kondisi operasi 150-350°C pada tekanan 17-20 atm setelah bahan baku berupa Benzil Klorida, Air, dan Natrium Karbonat direaksikan pada reaktor, produk berupa campuran benzil alkohol, NaCl, dan benzil klorida yang tidak ikut bereaksi dipisahkan didalam decanter, sedangkan produk gas CO<sub>2</sub> diolah pada unit pengolahan limbah, produk utama berupa benzil alkohol. Untuk memperoleh produk dengan kemurnian yang sangat tinggi, produk benzil alkohol dapat dipisahkan impuritiesnya dengan proses distilasi. Proses ini mengkonversi bahan baku menjadi benzil alkohol lebih dari 90% (US Patent 3577222).

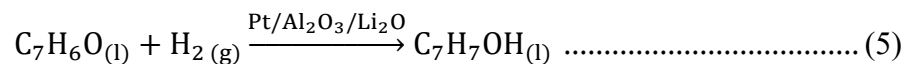




Gambar II. 1 Diagram Alir Proses Hidrolisis Benzil Klorida dengan Natrium Karbonat

## 2. Hidrogenasi dan Reduksi Benzaldehida

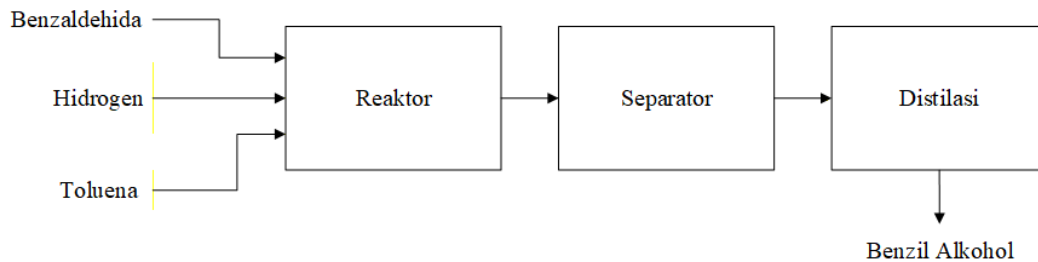
Benzaldehida dapat diubah menjadi berbagai produk melalui hidrogenasi, seperti benzil alkohol, toluena, hidroksimetil sikloheksana, dan metil sikloheksana, tergantung pada kondisi reaksi. Pada proses ini, benzaldehida direaksikan dengan hidrogen sehingga gugus aldehida (-CHO) tereduksi menjadi gugus alkohol (-CH<sub>2</sub>OH). Secara industri, hidrogenasi benzaldehida dilakukan pada suhu 70-200 °C dan tekanan hidrogen 1-4 Mpa secara kontinu. Katalis yang umum digunakan antara lain Raney nikel termodifikasi, nikel atau platina dengan fosfin, serta paladium dengan basa atau aditif tertentu. Metode reduksi lain seperti menggunakan natrium hidrida, seng, stanana, atau mikroorganisme tidak memiliki signifikansi industri, dan reaksi Cannizzaro sudah tidak digunakan lagi dalam produksi benzil alkohol skala besar.





## PRA RANCANGAN PABRIK

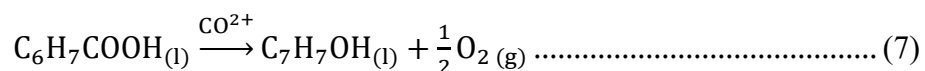
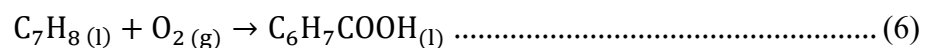
### “Pabrik Benzil Alkohol dari Benzil Klorida dan Natrium Karbonat dengan Proses Hidrolisis Kapasitas 45.000 Ton/tahun”

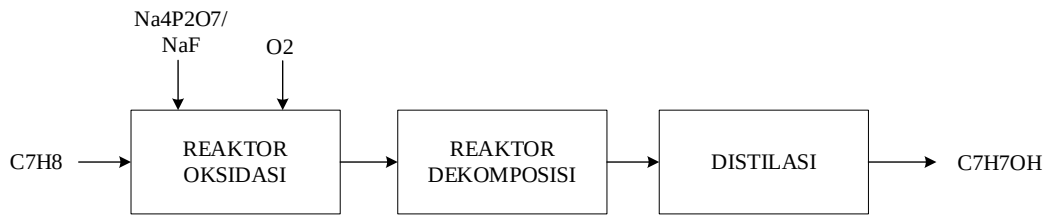


Gambar II. 2 Diagram Alir Proses Hidrogenasi dan Reduksi Benzaldehida

### 3. Oksidasi Toluena

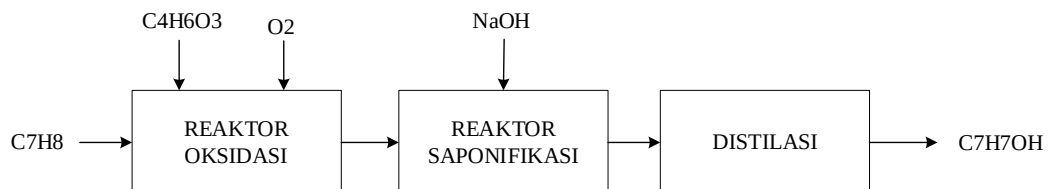
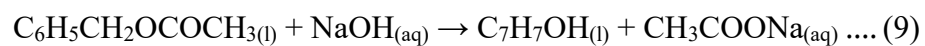
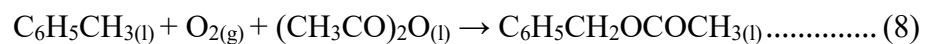
Oksidasi toluena memberikan konversi benzil alkohol yang cukup rendah karena kondisi reaksi yang mendukung oksidasi lebih lanjut menjadi benzaldehida dan asam benzoat. Oksidasi toluena menjadi benzil alkohol dilakukan melalui proses fase cair dengan udara minim oksigen pada suhu 170-220 °C dan tekanan yang cukup untuk mempertahankan medium tetap cair. Karena kondisi reaksi mudah mendorong oksidasi lanjut hingga membentuk benzaldehida dan asam benzoat, konversi toluena biasanya dibatasi maksimal sekitar 10% agar selektivitas terhadap intermediat utama, yaitu benzil hidroperoksida, tetap tinggi. Reaksi ini dijalankan dengan penambahan penstabil hidroperoksida organik seperti natrium pirofosfat atau natrium fluorida. Benzil hidroperoksida yang terbentuk kemudian didekomposisi pada sekitar 165 °C dengan bantuan garam kobalt terlarut untuk menghasilkan benzil alkohol, meskipun benzaldehida dan asam benzoat tetap terbentuk sebagai produk samping dalam jumlah cukup besar. Berikut merupakan reaksi oksidasi toluena melalui benzil hidroperoksida terlebih dahulu:





Gambar II. 3 Diagram Alir Proses Oksidasi Toluena melalui Hidroperoksida

Alternatif lain, oksidasi dapat dilakukan di hadapan anhidrida asam (misalnya anhidrida asetat) pada suhu 140-240°C dan tekanan 1 hingga 3 MPa sehingga terbentuk benzil ester seperti benzil asetat, yang selanjutnya disaponifikasi menjadi benzil alkohol. Proses oksidasi dihentikan ketika 10% toluena telah bereaksi. Namun, proses oksidasi toluena umumnya menghasilkan pengotor fenolik seperti kresol sehingga diperlukan tahap pemurnian tambahan, misalnya pencucian uap benzil alkohol dengan larutan benzilat alkali secara arus berlawanan dalam kolom. Berikut ini merupakan reaksi oksidasi toluene dengan bantuan anhidrida asam:



Gambar II. 4 Diagram Alir Proses Oksidasi Toluena dengan bantuan Anhidrida Asam

(Ullman, 2000)



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Benzil Alkohol dari Benzil Klorida dan Natrium Karbonat dengan Proses Hidrolisis Kapasitas 45.000 Ton/tahun”

### II.2 Pemilihan Proses

Berdasarkan Proses yang dilakukan terhadap proses pembentukan benzil alkohol, dapat dibuat perbandingan pada tabel II.1 sebagai berikut:

Tabel II. 1 Perbandingan Proses-Proses Pembentukan Benzil Alkohol

| No. | Parameter               | Hidrolisis<br>Benzil Klorida<br>dengan<br>Natrium<br>Karbonat | Hidrogenasi<br>dan Reduksi<br>Benzaldehida                                                      | Oksidasi<br>Toluena                                                                                   |
|-----|-------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Bahan baku              | Benzil klorida,<br>Natrium<br>karbonat, dan air               | Benzaldehida<br>dan Hidrogen                                                                    | Toluena,<br>Oksigen, dan<br>Anhidrida asetat<br>(metode ester)                                        |
| 2   | Fase                    | Cair-cair                                                     | Gas-cair                                                                                        | Cair-cair                                                                                             |
| 3   | Suhu operasi<br>reaktor | 150-350°C                                                     | 70-200 °C                                                                                       | 170-220°C atau<br>140-240°C<br>(ester)                                                                |
| 4   | Tekanan                 | 17-20 atm                                                     | 9,9-39,5 atm                                                                                    | 9,9-29,6 atm                                                                                          |
| 5   | Katalis                 | -                                                             | Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Li <sub>2</sub> O<br>(platinum-<br>alumina-litium<br>oksida) | Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , NaF,<br>asam, asil<br>klorida, atau<br>anhidrida asam |
| 6   | Konversi                | 99,961%                                                       | 65-70%                                                                                          | 10%                                                                                                   |



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “Pabrik Benzil Alkohol dari Benzil Klorida dan Natrium Karbonat dengan Proses Hidrolisis Kapasitas 45.000 Ton/tahun”

Berdasarkan perbandingan antara proses-proses yang telah dijelaskan pada tabel II.1, proses hidrolisis benzil klorida dengan natrium karbonat dipilih dengan alasan sebagai berikut:

- Proses ini berlangsung tanpa memerlukan gas bertekanan tinggi seperti pada proses hidrogenasi, sehingga risiko keselamatan dan kebutuhan peralatan bertekanan ekstrem dapat ditekan.
- Proses ini mampu mencapai konversi yang tinggi dibandingkan proses lainnya.
- Proses ini tidak memerlukan katalis, sehingga proses ini lebih ekonomis.

### II.3 Potensi Ekonomi

Bahan baku pembuatan benzil alkohol adalah benzil klorida dan natrium karbonat. Saat ini, benzil klorida dan natrium karbonat sebagai bahan baku utama masih dipasok dari China. Pemasok bahan baku pembuatan benzil alkohol ditunjukkan pada Tabel II.2.

Tabel II. 2 Bahan Baku Benzil Alkohol

| Bahan Baku       | Nama Perusahaan                      | Negara | Harga Produk (USD/kg) |
|------------------|--------------------------------------|--------|-----------------------|
| Benzil Klorida   | Yujiang Chemical (Shandong) Co. Ltd. | China  | 1,5                   |
| Natrium Karbonat | Dadao Chemicals Co., Ltd.            | China  | 1                     |

Perhitungan potensi ekonomi dalam pendirian pabrik benzil alkohol didasarkan pada konsep *Gross Profit Margin* (GPM). Konsep *Gross Profit Margin* (GPM) menunjukkan bahwa besarnya laba kotor sangat dipengaruhi oleh efisiensi pengendalian harga pokok produksi, terutama biaya bahan baku sebagai komponen utama biaya langsung. Semakin efisien perusahaan memperoleh dan mengelola bahan baku, maka semakin besar margin laba kotor yang dapat dicapai terhadap



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “Pabrik Benzil Alkohol dari Benzil Klorida dan Natrium Karbonat dengan Proses Hidrolisis Kapasitas 45.000 Ton/tahun”

penjualan (Saputri, 2022). Oleh karena itu, ketergantungan pasokan benzil klorida dan natrium karbonat dari China perlu menjadi pertimbangan strategis dalam pra rancangan pabrik, karena akan berdampak langsung terhadap struktur biaya produksi dan potensi pencapaian *Gross Profit Margin* yang optimal. *Gross Profit Margin* (GPM) pada pra rancangan pabrik benzil alkohol ditunjukkan pada tabel II.3.

Tabel II. 3 Perhitungan *Gross Profit Margin* Proses Produksi Benzil Alkohol

| Komponen          | Kebutuhan (/Kg) | Harga/kg (Rp) | Harga Beli (Rp) | Harga Jual (Rp) |
|-------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| <i>Bahan baku</i> |                 |               |                 |                 |
| Benzil Klorida    | 6.653,36        | Rp26.742      | Rp177.926.139   |                 |
| Natrium Karbonat  | 4.169,3932      | Rp17.828      | Rp74.332.777    |                 |
| <i>Produk</i>     |                 |               |                 |                 |
| Benzil Alkohol    | 5.681,8182      | Rp85.714      |                 | Rp487.012.987   |
| Karbon dioksida   | 1.156,1864      | Rp10.000      |                 | Rp11.561.864    |
| Total             |                 |               | Rp252.258.916   | Rp498.574.851   |
| Perbandingan      |                 |               | 1               | 2               |

Berdasarkan kebutuhan, perhitungan kebutuhan bahan baku dan produk yang dihasilkan menunjukkan bahwa proses produksi benzil alkohol menghasilkan perbandingan 1:2. Perbandingan tersebut menunjukkan perbandingan harga beli bahan baku dan harga jual produk dalam pendirian pabrik benzil alkohol. Hal ini menunjukkan bahwa perencanaan pendirian pabrik benzil alkohol memiliki potensi untung.

## II. 4 Uraian Proses

### 1. Tahap Penyimpanan Bahan Baku

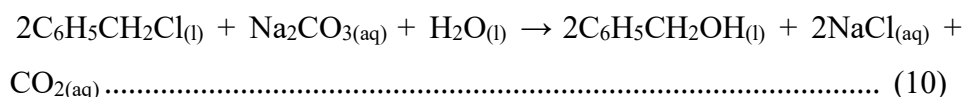
Bahan baku pembuatan benzil alkohol berupa benzil klorida 99,5% disimpan di dalam tangki penyimpanan dalam fase cair pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dialirkan menggunakan pompa menuju reaktor, serta



natrium karbonat 99,2% yang disimpan dalam gudang penyimpanan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm diangkut menggunakan *belt conveyor* dan *bucket elevator* ke hopper yang akan dilarutkan dengan air proses di dalam Mixer hingga mencapai konsentrasi 10%. Sebelum dialirkan ke reaktor, masing-masing larutan natrium karbonat dan benzil klorida dipanaskan menggunakan *heater* hingga mencapai suhu reaksi yaitu 190°C dan dinaikkan tekanannya hingga 17 atm.

## 2. Tahap Pembentukan Produk Benzil Alkohol

Benzil klorida dan larutan natrium karbonat 10% dialirkan secara kontinu pada reaktor *shell and tube* yang akan dihidrolisis dengan kondisi operasi 190°C dan tekanan 17 atm. Kedua aliran ini dicampur sehingga terbentuk campuran yang homogen antara fase organik (benzil alkohol) dan fase aqueous (natrium karbonat) dengan konversi 99,961% sehingga terbentuk benzil alkohol, natrium klorida, dan gas karbon dioksida yang terlarut. Reaksi yang terjadi yaitu:



Hasil campuran keluaran reaktor yang masih panas mengandung benzil alkohol, toluena, air, natrium klorida, natrium karbonat, karbon dioksida terlarut, dan sedikit sisa benzil klorida akan didinginkan terlebih dahulu sebelum menuju separator drum untuk memisahkan gas CO<sub>2</sub> yang terlarut dari fase cair. Suhu produk diturunkan dari 190°C menjadi 70°C dan bertekanan 16 atm menggunakan cooler sebelum diumpankan pada separator drum.

## 3. Tahap Pemurnian Produk

Produk reaktor diumpankan menuju flash drum, di mana terjadi pemisahan antara fase gas CO<sub>2</sub> yang terlarut dan fase cair (liquid). Pemisahan ini terjadi akibat penurunan tekanan (*pressure drop*) dari 16 atm menjadi 5,11 atm, sehingga gas CO<sub>2</sub> dan sedikit uap air akan terpisah dari



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “Pabrik Benzil Alkohol dari Benzil Klorida dan Natrium Karbonat dengan Proses Hidrolisis Kapasitas 45.000 Ton/tahun”

---

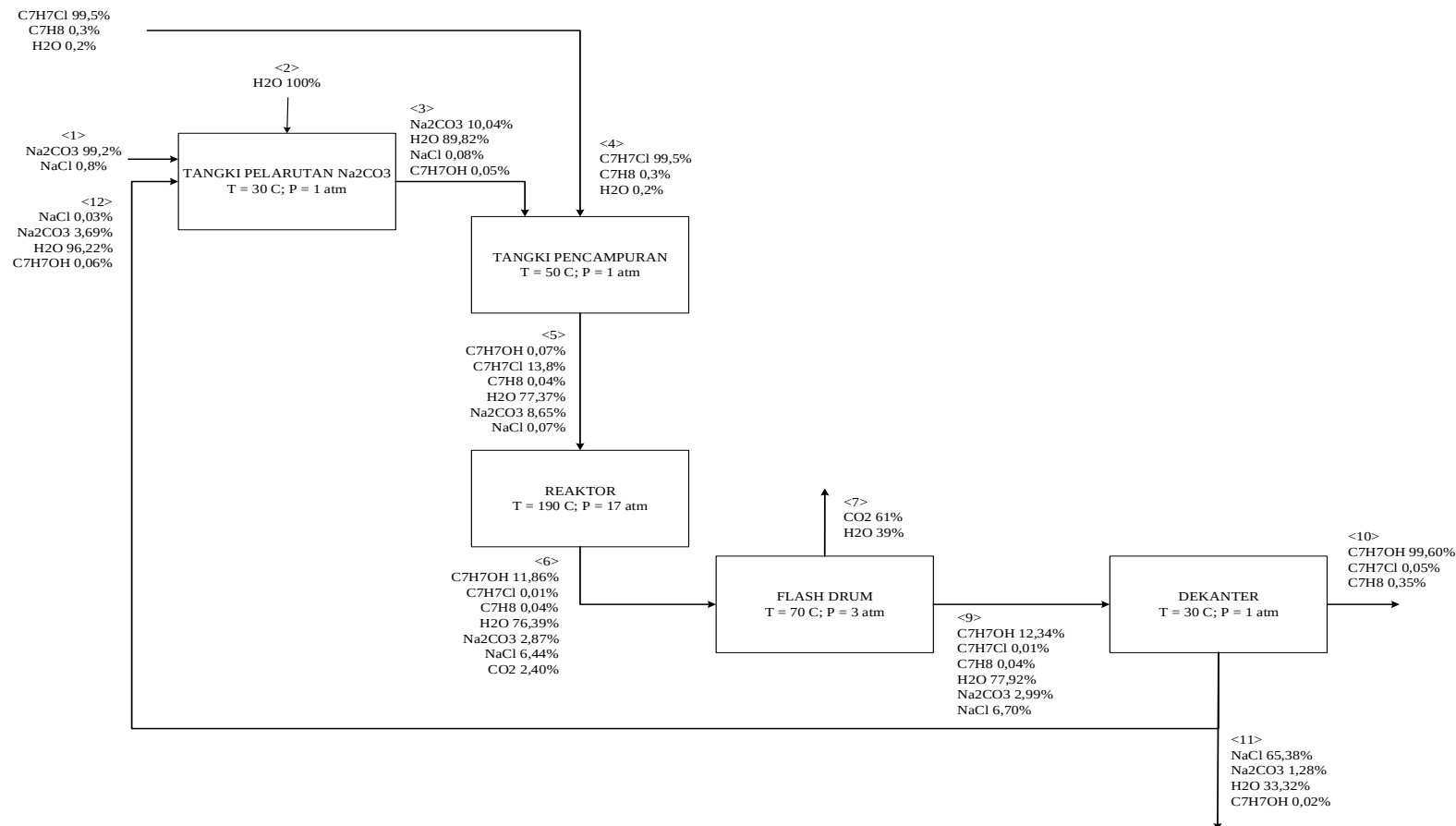
fase cair. Gas  $\text{CO}_2$  yang telah dipisahkan kemudian dikompresi dan ditampung pada Tangki Penampung  $\text{CO}_2$ .

Liquid keluaran flash drum kemudian dialirkan menuju dekanter untuk dipisahkan menjadi *oil phase* dan *aqueous phase*. Dekanter memisahkan fase berat dan fase ringan berdasarkan perbedaan densitas dan kelarutan. Fase berat (*aqueous phase*) terdiri atas air, natrium klorida, serta sedikit benzil alkohol dan benzil klorida. Fase yang berupa limbah garam tersebut akan diolah melalui pihak ketiga. Sementara itu, fase ringan (*oil phase*) berupa campuran benzil klorida, benzil alkohol, dan toluena yang dialirkan menggunakan pompa akan didinginkan terlebih dahulu sebelum disimpan di dalam Tangki Benzil Alkohol.



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “Pabrik Benzil Alkohol dari Benzil Klorida dan Natrium Karbonat dengan Proses Hidrolisis Kapasitas 45.000 Ton/tahun”



Gambar II. 5 Diagram Alir Proses Pembuatan Benzil Alkohol