



## PRA RANCANGAN PABRIK

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

---

### BAB II

## SELEKSI DAN URAIAN PROSES

### II.1 Macam-Macam Proses

Proses produksi tributyl sitrat yang baik haruslah memenuhi kriteria teknis dan ekonomis yang tepat, untuk memenuhi kriteria itu, perlu meninjau bagaimana proses-proses yang terjadi dalam mengubah bahan baku asam sitrat dan butil alkohol menjadi produk tributyl sitrat. Faktor-faktor yang mempengaruhi setiap proses adalah kondisi operasi, prosedur, dan hasil konversi tributyl sitrat. Tributyl sitrat biasanya diproduksi dengan proses esterifikasi langsung. Namun yang membedakan proses tersebut adalah penggunaan katalis heterogen dan katalis homogen.

#### II.1.1 Esterifikasi katalis homogen

Kisaran suhu yang ideal untuk reaksi seri ini adalah 120 hingga 150°C menggunakan pengadukan dan rasio mol 3 banding 1 hingga 6 banding 1 antara butanol dan asam sitrat. Senyawa intermediet yang terdiri dari monobutyl dan dibutyl sitrat terbentuk secara instan. Pada suhu 120°C, terjadi konversi tributyl sitrat sebesar 96%. Asam metanesulfonat (MSA) adalah katalis homogen (Pascuas, 2015). Dalam operasi esterifikasi, asam metanesulfonat (MSA) sering digunakan sebagai katalis cair karena aktivitasnya yang kuat, korosivitasnya yang rendah jika dibandingkan dengan asam yang lebih kuat (klorida atau sulfat), dan berkurangnya kerusakan produk (warna berubah menjadi lebih gelap). Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dapat digunakan untuk menyelenggarakan reaksi. Distilasi dan pemisahan dapat digunakan untuk memisahkan produk tributyl sitrat dari kontaminan.

#### II.1.2 Esterifikasi katalis heterogen

Reaksi terjadi antara 80 dan 120°C dengan kecepatan pengadukan yang terus meningkat bertahap antara 500 dan 1100 rpm. Rasio mol antara asam sitrat dan butanol yang digunakan adalah 1:8 hingga 1:16. Padatan Amberlyst-70 digunakan sebagai katalisnya (Pascuas, 2015). Reaktor *fixed bed* atau reaktor alir tangki berpengaduk dapat digunakan untuk menjalankan reaksi. Produk tributyl



## PRA RANCANGAN PABRIK

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

sitrat dapat didistilasi, didekantasi, dan dinetralkan untuk menghilangkan kontaminan.

### II.2 Pemilihan Proses

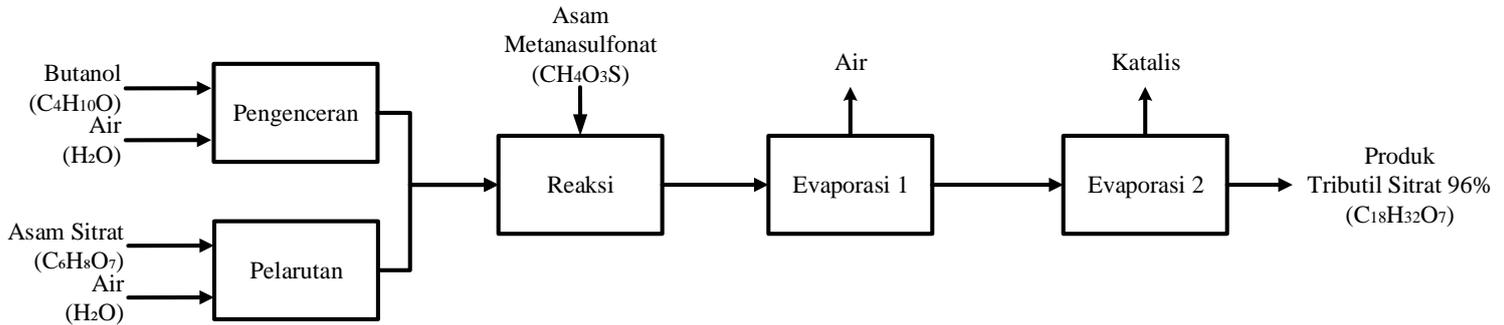
Beberapa hal yang dipertimbangkan dalam menentukan proses pembuatan tributyl sitrat adalah sebagai berikut :

Tabel II. 1 Pertimbangan Pemilihan Proses Pembuatan Tributyl Sitrat

Kondisi	Esterifikasi dengan Katalis Homogen	Esterifikasi dengan Katalis Heterogen
Suhu operasi	120-150°C	80-130°C
Katalis	Asam metanesulfonat	Amberlyst-70
Tekanan operasi	1 atm	1 atm
Konversi	90-97%	61-70%
Selektivitas Produk	95%	70%
Reaktor	Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB)	Fixed bed multitube reactor
Ketersediaan katalis	Diimpor dari Jerman	Diimpor dari Amerika Serikat (US)
Perbandingan	(+) Ketersediaan katalis dekat (+) Konversi tinggi (+) Selektivitas lebih tinggi	(-) Ketersediaan katalis jauh (-) Konversi rendah (-) Selektivitas rendah

Menurut pertimbangan yang diuraikan pada Tabel II.1, di mana proses pembuatan tributyl sitrat dengan proses esterifikasi menggunakan katalis homogen dan heterogen dipertimbangkan, maka dipilihlah proses esterifikasi dengan katalis homogen berupa asam metanesulfonat karena alasan konversi produk lebih tinggi, selektivitas terhadap lebih tinggi, dan lokasi penyedia katalis lebih dekat dibandingkan menggunakan katalis heterogen.

### II.3 Uraian Proses



Gambar II. 1 Diagram Alir Pembuatan Tributil Sitrat

Pada Pra Rancangan Pabrik ini, produksi Tributil Sitrat ( $C_{18}H_{32}O_7$ ) dari asam sitrat dan butanol dengan menggunakan proses esterifikasi, dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu:

1. Proses Persiapan Bahan Baku
2. Proses Reaksi
3. Proses Pemisahan
4. Proses Pemurnian

#### II.3.1 Proses Persiapan Bahan Baku

Bahan baku asam sitrat dibeli dari pabrik PT Bumi Prima Lestari dari mitra pemasok di Surabaya, butanol dibeli dari PT Petro Oxo Nusantara di Gresik, katalis asam metanesulfonat dari BASF SE, di Jerman. Persediaan bahan baku dekat dengan lokasi pabrik sehingga mudah dengan pengangkutannya.

Larutan butanol 99,5% disimpan dalam tangki (F-110) dijaga pada suhu  $30^{\circ}C$  dan 1 atm. Kemudian dialirkan menuju tangki pengenceran (M-120) untuk diencerkan menjadi 83%. Padatan asam sitrat 99,5% disimpan pada suhu  $30^{\circ}C$  dan tekanan 1 atm dalam gudang asam sitrat (F-130). Asam sitrat kemudian dikirim ke tangki pelarutan (M-140) dengan *screw conveyor* (J-131) untuk dilarutkan dengan air yang telah dipanaskan hingga  $80^{\circ}C$ . Campuran dari tangki pelarutan, tangki pengenceran, serta katalis asam metanesulfonat kemudian dipanaskan hingga  $120^{\circ}C$  menggunakan *heater* yang berbeda sebelum dialirkan ke reaktor pada tekanan 1 atm.

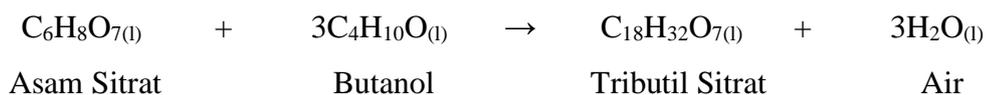


## PRA RANCANGAN PABRIK

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

### II.3.2 Proses Reaksi

Dalam reaktor aliran tangki berpengaduk, kedua aliran umpan direaksikan pada suhu 120°C dan tekanan 1 atm. Reaksi terjadi secara eksotermis, air pendingin yang disirkulasikan melalui *jacket* pendingin di reaktor diperlukan untuk menjaga suhu tetap konstan. Campuran bahan baku, produk tributyl sitrat, dan air ekstra dari reaksi esterifikasi membentuk produk keluar reaktor.



### II.3.3 Proses Pemisahan

Setelah campuran keluar dari reaktor (R-220), campuran tersebut mengalir melalui pemanas (E-222) untuk menaikkan suhu dari 120°C menjadi 135°C dan meningkatkan tekanan dari 1 menjadi 2 atm dengan dilewatkan melalui pompa. Campuran tersebut kemudian dilewatkan melalui evaporator (V-310), menghasilkan uap di bagian atas yang mengandung air dan butanol. Uap ini kemudian dilewatkan melalui *expansion valve* untuk menurunkan tekanan menjadi 1 atm sebelum memasuki UPL dan didinginkan dari suhu 135°C menjadi 30°C menggunakan kondensor (E-313). Produk bawah dari Evaporator (V-310) termasuk sisa air, produk tributyl sitrat, dan katalis asam metanesulfonat tersebut dilewatkan melalui pompa dengan suhu 135°C dan kemudian dipanaskan hingga 288°C di dalam *heater* (E-312).

### II.3.4 Proses Pemurnian

Campuran dari *heater* (E-312) masuk ke evaporator (V-320) untuk menghasilkan produk tributyl sitrat murni 96% dan menguapkan katalis asam metanesulfonat dalam bentuk *steam*. Uap didinginkan terlebih dahulu melalui kondensor (E-323) hingga suhu 30°C dari 288°C sebelum diumpankan ke UPL. Katalis yang sudah terpisahkan dari air dalam kondensor, selanjutnya diumpankan ke dalam tangki asam metanesulfonat (F-150) untuk digunakan kembali. Sebelum produk ditempatkan di tributyl sitrat *storage tank* (F-330), produk terlebih dahulu dialirkan ke *cooler* (E-324) untuk mendinginkan temperatur hingga 30°C.



## PRA RANCANGAN PABRIK

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

### II.4 Timeline Pendirian Pabrik Tributil Sitrat

Rencana pendirian pabrik selama 2 tahun mencakup beberapa tahapan kunci yang dirancang untuk memastikan proses pembangunan dan operasional yang efisien. Pada 2 tahun ini akan difokuskan pada perencanaan dan perizinan, termasuk studi kelayakan, desain pabrik, dan pengurusan dokumen legal. Setelah itu, selama 1 tahun, tahap konstruksi utama akan dimulai, melibatkan pembangunan fisik fasilitas, instalasi mesin, dan penyelesaian infrastruktur pendukung. Sisa waktu 8 bulan akan digunakan untuk fase persiapan operasional, termasuk pelatihan staf, uji coba mesin, dan pengaturan sistem manajemen kualitas. Dengan perencanaan yang matang dan pelaksanaan yang terkoordinasi, pabrik diharapkan dapat mulai beroperasi secara penuh dan efisien pada akhir periode tersebut.

Tabel II. 2 Timeline pendirian pabrik tributil sitrat

Kegiatan	Jan-21	Feb-21	Mar-21	Apr-21	Mei-21	Jun-21	Jul-21	Agp-21	Sep-21	Ok-21	Nov-21	Dek-21	Jan-22	Feb-22	Mar-22	Apr-22	Mei-22	Jun-22	Jul-22	Agp-22	Sep-22	Ok-22	Nov-22	Dek-22	Jan-23	Feb-23	Mar-23	Apr-23	Mei-23	Jun-23	Jul-23	Agp-23	Sep-23	Ok-23	Nov-23	Dek-23							
Survey lokasi pendirian pabrik	■	■																																									
Survey harga peralatan																																											
Pembelian dan pembebasan lahan		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Perizinan bangunan dan usaha																																											
Pembangunan pabrik dan fasilitas pendukung																																											
Pembelian peralatan																																											
Instalasi peralatan																																											
Pembelian bahan baku																																											
Uji skala laboratorium																																											
Pengecekan operasional alat																																											
Trial Tahap I																																											
Evaluasi dan perbaikan																																											
Trial Tahap II																																											
Training office																																											
	2 Bulan	4 Bulan	3 Bulan	18 Bulan																		6 bulan	2 Bulan	4 bulan	4 bulan																		

Pabrik siap beroperasi