



BAB II

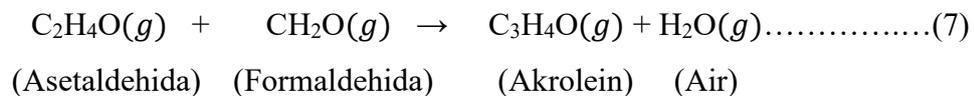
SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam – Macam Proses

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk memproduksi akrolein dengan memanfaatkan berbagai jenis bahan baku. Secara umum, terdapat tiga proses utama dalam pembuatan akrolein, yaitu proses kondensasi, proses oksidasi propilen, dan proses dehidrasi gliserol. Berikut penjelasan mengenai metode-metode tersebut:

II.1.1 Proses Kondensasi

Proses kondensasi merupakan salah satu metode utama dalam sintesis akrolein, di mana asetaldehid dan formaldehid bereaksi dalam fase uap dengan bantuan katalis.

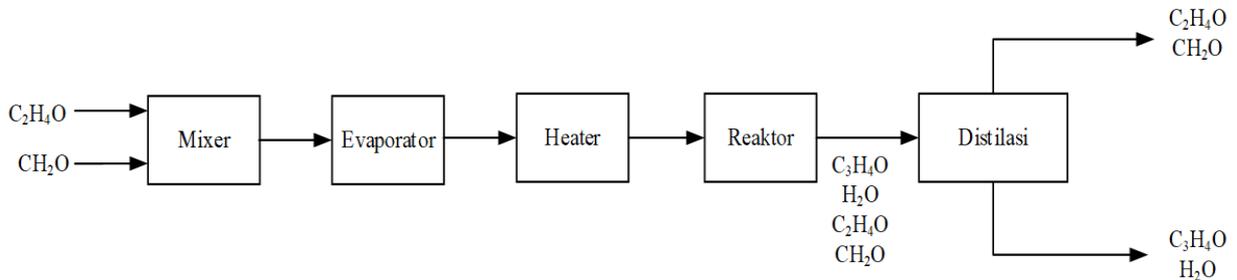


Reaksi ini berlangsung pada suhu tinggi, sekitar 300–320°C, dan menghasilkan akrolein serta air sebagai produk sampingan. Metode ini memiliki efisiensi yang cukup tinggi dengan perolehan akrolein mencapai 65% berdasarkan formaldehid dan 75% berdasarkan asetaldehid. Keunggulan dari proses ini adalah kemampuannya untuk menghasilkan produk dengan tingkat kemurnian yang baik, meskipun membutuhkan kontrol ketat terhadap suhu dan komposisi bahan baku untuk menghindari pembentukan produk sampingan yang tidak diinginkan. Tahapan proses diawali dengan pencampuran formaldehid (CH₂O) dengan asetaldehida (C₂H₄O) pada suhu 25°C. Campuran ini kemudian dialirkan ke evaporator dengan suhu operasi 130°C. Lalu diumpankan pada reaktor yang dilengkapi katalis seperti sodium silikat atau silika gel. Setelah proses reaksi selesai,



Pra Rancangan Pabrik
 “Pabrik Akrolein Dari *Glycerol* Dengan Proses Dehidrasi”

produk hasil reaksi dipisahkan menggunakan menara destilasi untuk memperoleh akrolein murni.



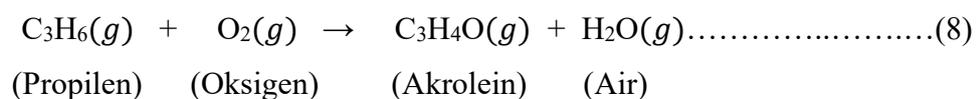
Gambar II. 1 Flowsheet Proses Kondensasi

(Sennewald, K. et al, Us. Patent, 1980)

II.1.2 Proses Oksidasi Propilen

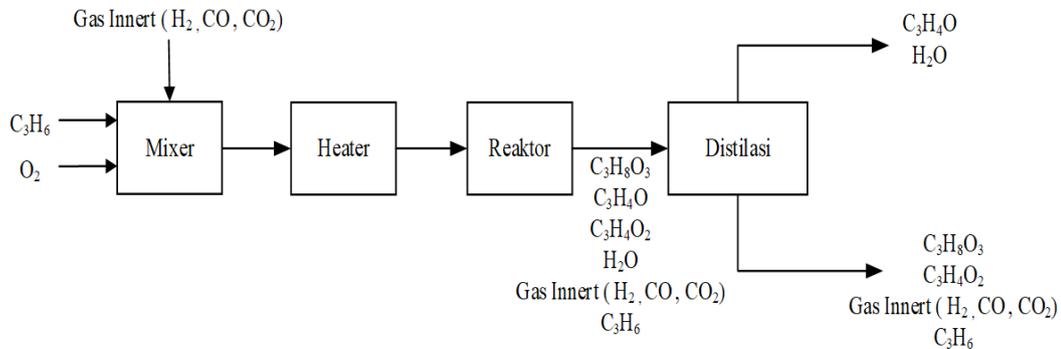
Shell adalah perusahaan pertama yang mengomersialisasikan proses produksi akrolein pada periode 1958-1980. Proses ini berlangsung pada suhu 350-400°C dengan katalis CuO/SiC dan I₂ sebagai promotor, menghasilkan selektivitas akrolein sebesar 75-80%. Dalam perkembangan selanjutnya, pada tahun 1957, Standard Oil of Ohio (SOHIO) berhasil menemukan katalis bismuth molybdate yang mampu menghasilkan akrolein dengan konversi tinggi pada tekanan rendah. Penemuan ini memicu banyak penelitian dan inovasi selama tiga dekade untuk meningkatkan efisiensi katalis dalam produksi akrolein.

Proses produksi akrolein dimulai dengan pencampuran propilen (C₃H₆), oksigen (O₂), dan gas inert (H₂,CO,CO₂) pada suhu 30°C. Hasil campuran dari mixer dialirkan menuju heater dengan suhu operasi 400°C. Oksidasi propilen menggunakan oksigen di dalam *fluidized bed reactor* yang menggunakan katalis yang telah diolah yaitu terdiri dari campuran V₂O₅, SnO₂, P₂O₅, dan SiO₂. Gas hasil reaksi kemudian dialirkan menuju kolom distilasi. Produk atas berupa akrolein (C₃H₄O) yang memiliki volatilitas lebih tinggi dan produk bawah berupa gas inert, propilena, dan asam akrilat.





Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik Akrolein Dari *Glycerol* Dengan Proses Dehidrasi”



Gambar II. 2 Flowsheet Proses Oksidasi Propilen

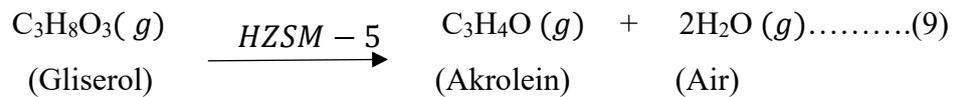
(Gorbunov et al, Us. Patent, 1967)

II.1.3 Proses Dehidrasi Gliserol

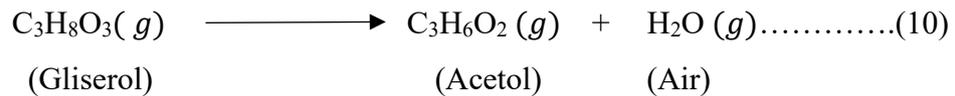
Proses dehidrasi gliserol menjadi akrolein adalah reaksi kimia yang mengubah gliserol ($C_3H_8O_3$) menjadi akrolein (C_3H_4O) dengan produk samping molekul air (H_2O). Proses ini terjadi melalui reaksi dehidrasi, yang merupakan jenis reaksi kimia di mana molekul air dihilangkan dari suatu senyawa. Dalam hal ini, gliserol yang mengandung tiga gugus hidroksil ($-OH$) mengalami penghilangan dua molekul air, menghasilkan senyawa organik yang lebih sederhana, yaitu akrolein. Proses dehidrasi gliserol biasanya dilakukan pada suhu tinggi ($250-330^\circ C$) dengan menggunakan katalis yang dapat mempercepat reaksi, yaitu HZSM-5. Katalis ini membantu dalam memecah ikatan kimia dalam gliserol dan mengarahkannya untuk membentuk akrolein, sekaligus mengurangi pembentukan produk sampingan yang tidak diinginkan. Reaksi dehidrasi ini sering dilakukan dalam fase gas, di mana gliserol diuapkan terlebih dahulu agar dapat bereaksi lebih mudah di dalam reaktor. Proses ini bersifat endotermis, artinya membutuhkan energi dalam bentuk panas untuk mengaktifkan reaksi kimia tersebut. Reaksi utama yang terjadi adalah sebagai berikut:



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik Akrolein Dari *Glycerol* Dengan Proses Dehidrasi”

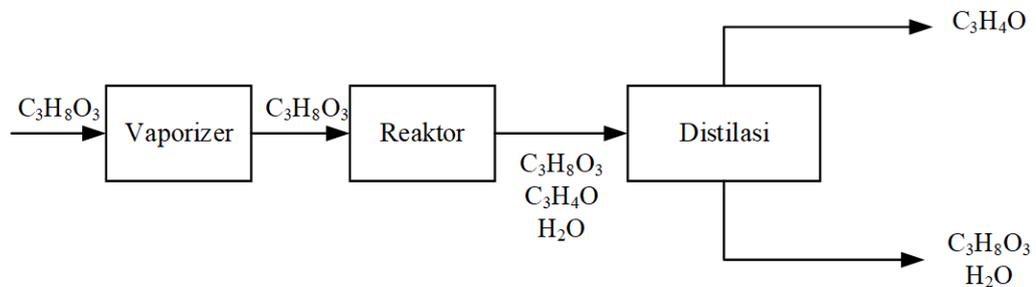


Dalam proses dehidrasi gliserol terdapat kemungkinan reaksi samping yaitu sebagai berikut :



(Kiakalaieh, 2015)

Tahapan dalam proses dehidrasi gliserol yaitu gliserol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$) dengan konsentrasi 10 wt% dialirkan menuju vaporizer dengan suhu operasi 300°C . Gliserol yang telah berubah fase dalam bentuk uap kemudian dilanjutkan ke tahap reaksi. Uap gliserol yang keluar vaporizer dialirkan ke Reaktor Fixed-Bed yang beroperasi pada suhu 300°C . Gliserol mengalami reaksi dehidrasi menghasilkan akrolein dan produk samping air (H_2O). Produk hasil reaktor masuk ke kolom distilasi. Pada tahap ini produk atas berupa akrolein ($\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$) yang memiliki volatilitas lebih tinggi dan produk bawah berupa sedikit gliserol dan air.



Gambar II. 3 Flowsheet Proses Dehidrasi Gliserol

(Neher et al, Us. Patent, 1995)



Pra Rancangan Pabrik
“Pabrik Akrolein Dari *Glycerol* Dengan Proses Dehidrasi”

II.2 Pemilihan Proses

Tabel II. 1 Perbandingan Beberapa Proses Pembuatan Akrolein

Parameter	Proses Kondensasi	Proses Oksidasi Propilen	Proses Dehidrasi Gliserol
Bahan Baku Utama	Asetaldehid dan formaldehid	Propilen dan oksigen	Gliserol
Katalis	Alumina, silika gel	Bismuth Molybdate, CuO	HZSM-5
Produk samping	CH ₂ O, C ₂ H ₄ O, H ₂ O	C ₃ H ₈ O ₃ , C ₃ H ₄ O ₂ , H ₂ , CO, CO ₂ , H ₂ O	H ₂ O, C ₃ H ₆ O ₂
Temperatur °C	300 - 320	350 - 400	250 - 340
Tekanan	1 – 2 bar	1 – 2 bar	1 – 2 bar
Efisiensi / selektivitas	65 – 75%	75 – 80%	80 – 99%
Kelebihan	Katalis pada proses ini mudah didapatkan	Biaya relatif rendah karena menggunakan oksidator berupa udara	Efisiensi dan selektivitas produk lebih tinggi dan bahan baku gliserol lebih murah
Kekurangan	Selektivitas dan konversi produk yang rendah	Memerlukan katalis khusus dan terdapat banyak produk samping yang harus diolah	Terdapat reaksi samping yang dapat mengurangi hasil akrolein

Proses dehidrasi gliserol dipilih sebagai metode produksi akrolein berdasarkan beberapa pertimbangan teknis dan ekonomis. Gliserol merupakan bahan terbarukan yang melimpah, murah, dan mudah diakses, sehingga lebih ekonomis dibandingkan bahan kimia lain seperti propilen atau formaldehid. Selain



Pra Rancangan Pabrik “Pabrik Akrolein Dari *Glycerol* Dengan Proses Dehidrasi”

aspek bahan baku, proses dehidrasi gliserol memiliki alur yang relatif sederhana. Proses utamanya melibatkan penguapan gliserol dan reaksi katalitik dalam satu tahapan utama, sehingga lebih efisien dalam hal waktu dan peralatan yang dibutuhkan. Produk samping utama dari reaksi ini adalah air, yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Hal ini menjadikan proses ini lebih ramah lingkungan dibandingkan metode lain yang menghasilkan limbah kimia yang sulit diolah. Proses dehidrasi gliserol juga memiliki konversi reaksi yang besar serta selektivitas tinggi terhadap akrolein. Dengan demikian, proses ini merupakan pilihan yang lebih efisien dan ramah lingkungan untuk produksi akrolein dalam skala industri.

II.3 Uraian Proses

Produksi akrolein dilakukan melalui proses dehidrasi gliserol. Bahan baku utama berupa gliserol ($C_3H_8O_3$) disimpan pada tangki penyimpanan 1 (F-110) dalam fase cair pada suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm, serta air (H_2O) dari *proses water* dalam fase cair pada suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm. Setelah itu, sebanyak 10% gliserol dan air dengan kadar 90% akan dilakukan pencampuran pada Mixer (M-120). Lalu dipanaskan di *vaporizer* (V-130) hingga mencapai suhu $300^\circ C$ sehingga berubah menjadi fase gas. Campuran dalam fase gas akan dialirkan menuju reaktor *fixed-bed multitube*. Produk reaksi utama berupa akrolein (C_3H_4O) dan produk samping seperti *acetol* ($C_3H_6O_2$), dan air (H_2O) selanjutnya dipisahkan melalui tahapan distilasi bertingkat. Berikut merupakan uraian tahapan-tahapan yang dilakukan dalam proses pembuatan akrolein yaitu :

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Gliserol dengan konsentrasi 99,7% dari tangki penyimpanan (F-110) dengan kondisi operasi suhu $30^\circ C$ dan tekanan 1 atm dialirkan menuju mixer (M-120) untuk proses pencampuran dengan air dari *processed water*. Kemudian gliserol dengan konsentrasi 10 wt% dalam fase cair dialirkan menuju heater 1 (E-122) hingga mencapai suhu $80^\circ C$. Kemudian akan dialirkan ke Heater 2 (E-123)



Pra Rancangan Pabrik “Pabrik Akrolein Dari *Glycerol* Dengan Proses Dehidrasi”

hingga mencapai suhu 140°C. Setelah itu dialirkan pada *Vaporizer* (V – 130), sehingga mencapai suhu 300°C dan mengalami perubahan fase menjadi fase gas. Gliserol dalam fase vapor kemudian dilanjutkan ke tahap reaksi.

2. Tahap Reaksi (Pembentukan Produk)

Gliserol dalam fasa vapor yang keluar dari *Vaporizer* (V – 140), dialirkan ke Reaktor Fixed-Bed Multitube (R-210) yang beroperasi pada suhu 300°C dan tekanan 1 atm. Di dalam Reaktor (R-210), gliserol mengalami reaksi dehidrasi menghasilkan akrolein dengan tingkat konversi mencapai 98,5%. Selain akrolein, produk samping yang dihasilkan meliputi *acetol* (C₃H₆O₂), dan air (H₂O). Hasil dari reaktor akan dilakukan pemisahan produk ditahap selanjutnya.

3. Tahap Pemisahan Produk

Proses pemisahan dilakukan dengan distilasi bertingkat untuk memisahkan akrolein dari komponen lainnya.

a) Distilasi Tahap Pertama (D - 310)

Produk hasil reaktor (R-210) dialirkan ke kolom distilasi I (D – 310). Pada tahap ini produk atas berupa akrolein (C₃H₄O) yang memiliki volatilitas lebih tinggi. Produk atas berupa akrolein dengan kemurnian mendekati 97% akan didinginkan, lalu disimpan di tangki penyimpanan akrolein (F - 350) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Sedangkan produk bawah berupa sedikit akrolein, air, *acetol*, dan gliserol yang akan diumpankan pada distilasi tahap kedua.

b) Distilasi Tahap Kedua (D – 320)

Produk bawah dari kolom distilasi pertama yaitu akrolein, air, *acetol*, dan gliserol dilakukan pemisahan pada kolom distilasi tahap kedua (D-320). Produk atas pada distilasi kedua berupa air disimpan pada tangki penyimpanan air sementara (F – 360). Air dari tangki akan digunakan untuk kebutuhan mixer 2 (M – 380) dan sebagian dialirkan menuju Unit



Pra Rancangan Pabrik “Pabrik Akrolein Dari *Glycerol* Dengan Proses Dehidrasi”

Pengolahan Air. Produk bawah berupa air, *acetol*, dan gliserol yang akan diumpankan pada distilasi tahap ketiga.

c) Distilasi Tahap Ketiga (D – 330)

Produk bawah (*Bottom*) dari kolom distilasi kedua akan dilakukan pemisahan menggunakan kolom distilasi tahap ketiga (D – 330) untuk memisahkan asetol dan gliserol. Produk atas distilasi tahap ketiga berupa asetol yang didinginkan terlebih dahulu kemudian dialirkan menuju *evaporator* untuk memekatkan produk *acetol* menjadi 97%. Produk *acetol* akan ditampung pada tangki penyimpanan (F - 370) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Produk bawah kolom distilasi 3 berupa gliserol akan didinginkan menggunakan *cooler* yang kemudian digunakan sebagai umpan pada mixer (M-380).

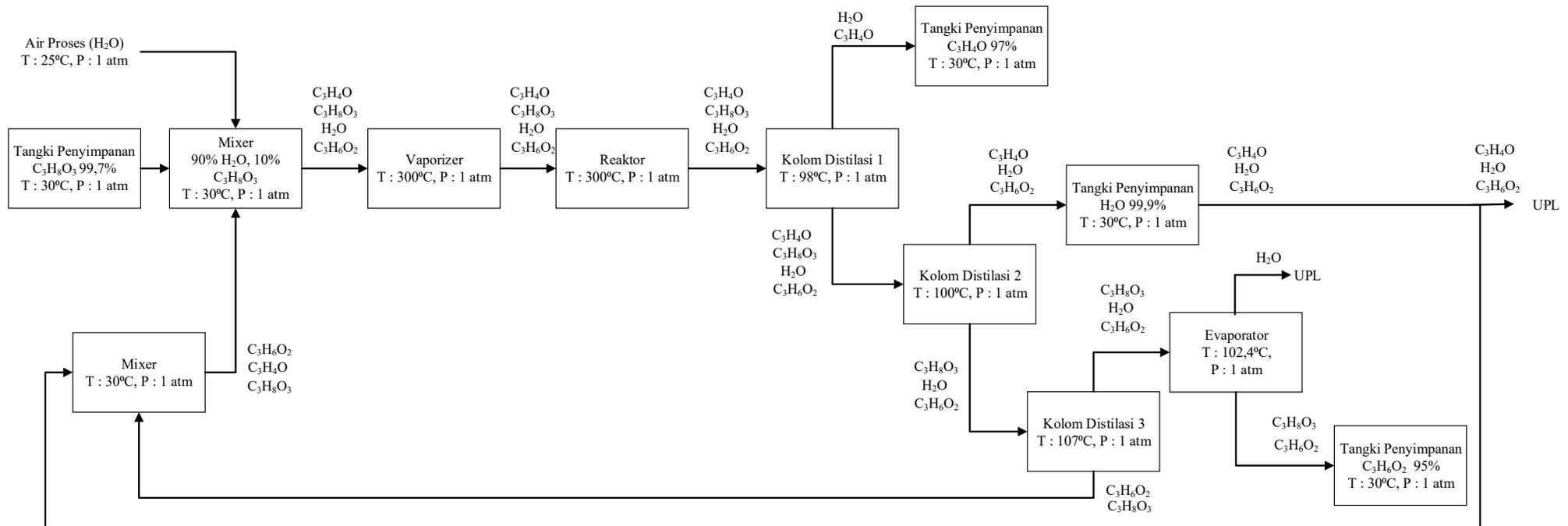
d) Pencampuran Produk Recycle Hasil Distilasi (Mixer – 380)

Air hasil dari proses ditilasi tahap kedua yang disimpan pada tangki penyimpanan air (F – 360) dan Gliserol hasil dari distilasi tahap ketiga (D-330) akan diumpankan menuju *mixer* (M-380) untuk proses pencampuran. Hasil dari pencampuran ini akan direcycle menuju *Mixer* (M-130).



Pra Rancangan Pabrik
"Pabrik Akrolein Dari Glycerol Dengan Proses Dehidrasi"

II.4 Diagram Alir



Gambar II. 4 Blok Diagram Alir