BAB II
URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES

II.1 Macam Proses

Dalam produksi mononitrotoluena secara komersial menggunakan bahan baku toluena dan asam nitrat dikenal 2 macam proses, yaitu:

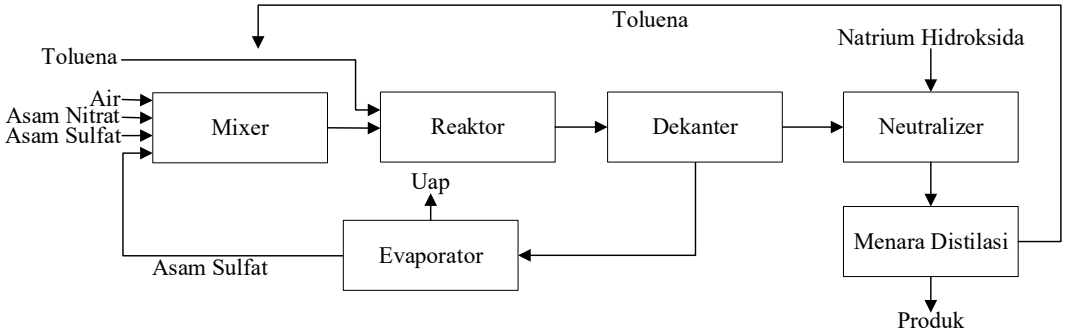
1. Proses Batch
2. Proses Kontinu

II.1.1 Proses *Batch*

Proses nitrasi toluena secara batch menggunakan bahan baku yang terdiri dari toluena, asam nitrat, dan asam sulfat. masing-masing disimpan pada tangki penyimpanan dengan suhu 25 ℃ dan tekanan 1 atm. Sebelum masuk reaktor, asam nitrat dan asam sulfat dicampur dengan air dalam mixer hingga diperoleh konsentrasi campuran sebesar 52 - 56% b/b H_2SO_4, 28 - 32% b/b HNO_3, dan H_2O hingga 100% b/b. Campuran asam tersebut diumpankan menuju reaktor untuk direaksikan dengan toluena pada suhu 35 - 40 ℃ dan tekanan 1 atm selama 2 jam. Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah sebagai berikut:

$$C_7H_8\,(l) + HNO_3(aq) \xrightarrow{H_2SO_4\,(aq)} C_7H_7NO_2(l) + H_2O(l) \quad (3)$$

Produk dari reaktor dialirkan menuju dekanter untuk memisahkan fase organik yang terdiri atas mononitrotoluena dan toluena dan fase anorganik yang terdiri atas asam sulfat, asam nitrat, dan air. Fase organik dinetralisasi menggunakan bantuan NaOH dan dialirkan ke menara distilasi. Dalam distilasi, toluena akan di *recycle* menuju reactor. Sedangkan hasil keluaran dari menara distilasi ini berupa mononitrotoluena dengan yield 96% (Kirk Othmer, 2005). Diagram alir proses batch ditunjukkan pada gambar II.1 sebagai berikut:



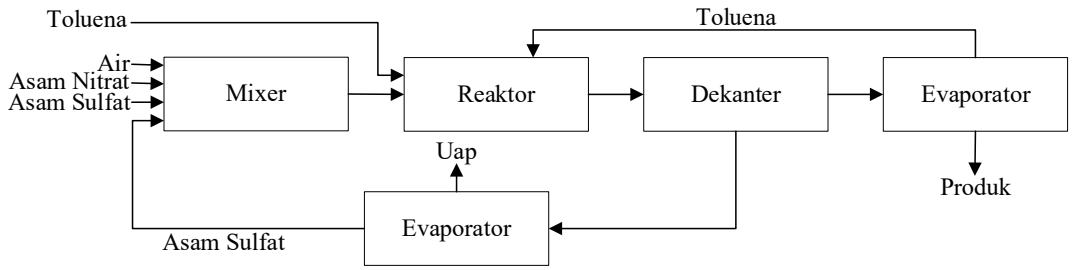
Gambar II. 1 Diagram Alir Proses Batch

II.1.2 Proses Kontinu

Proses nitrasi toluena secara kontinu menggunakan bahan baku toluena, asam nitrat, dan asam sulfat yang disimpan dalam tangki penyimpanan masing-masing pada suhu 25 °C dan tekanan 1 atm. Sebelum masuk ke reaktor, asam nitrat dan asam sulfat dicampur dengan air dalam mixer hingga diperoleh konsentrasi campuran sebesar 58 - 74% b/b H_2SO_4, 1 - 8% b/b HNO_3, dan H_2O hingga 100% b/b. Campuran tersebut kemudian diumpankan ke dalam reaktor bersama toluena secara adiabatik pada suhu operasi 40 - 90 °C dan tekanan 1 atm selama 5 menit. Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah sebagai berikut:

$$C_7H_8\,(l) + HNO_3(aq) \xrightarrow{H_2SO_4\,(aq)} C_7H_7NO_2(l) + H_2O(l) \quad ___\,(4)$$

Produk dari reaktor dialirkan menuju dekanter untuk memisahkan fase organik yang terdiri atas mononitrotoluena dan toluena dan fase anorganik yang terdiri atas asam sulfat, dan air. Fase anorganik dialirkan menuju flash evaporator untuk memisahkan asam sulfat dari air, sebelum kemudian di *recycle* ke dalam mixer. Sedangkan fase organik diumpankan menuju vaporizer untuk memisahkan toluena yang kemudian di *recycle* menuju reaktor. Produk utama berupa mononitrotoluena dengan yield sebesar 98% (US Patent, 1997). Diagram alir proses kontinu ditunjukkan pada gambar II.2 sebagai berikut::



Gambar II. 2 Diagram Alir Proses Kontinu

II.2 Seleksi Proses

Dari uraian jenis-jenis proses dan seleksi proses pembuatan mononitrotoluena, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Tabel II. 1 Seleksi Uraian Proses

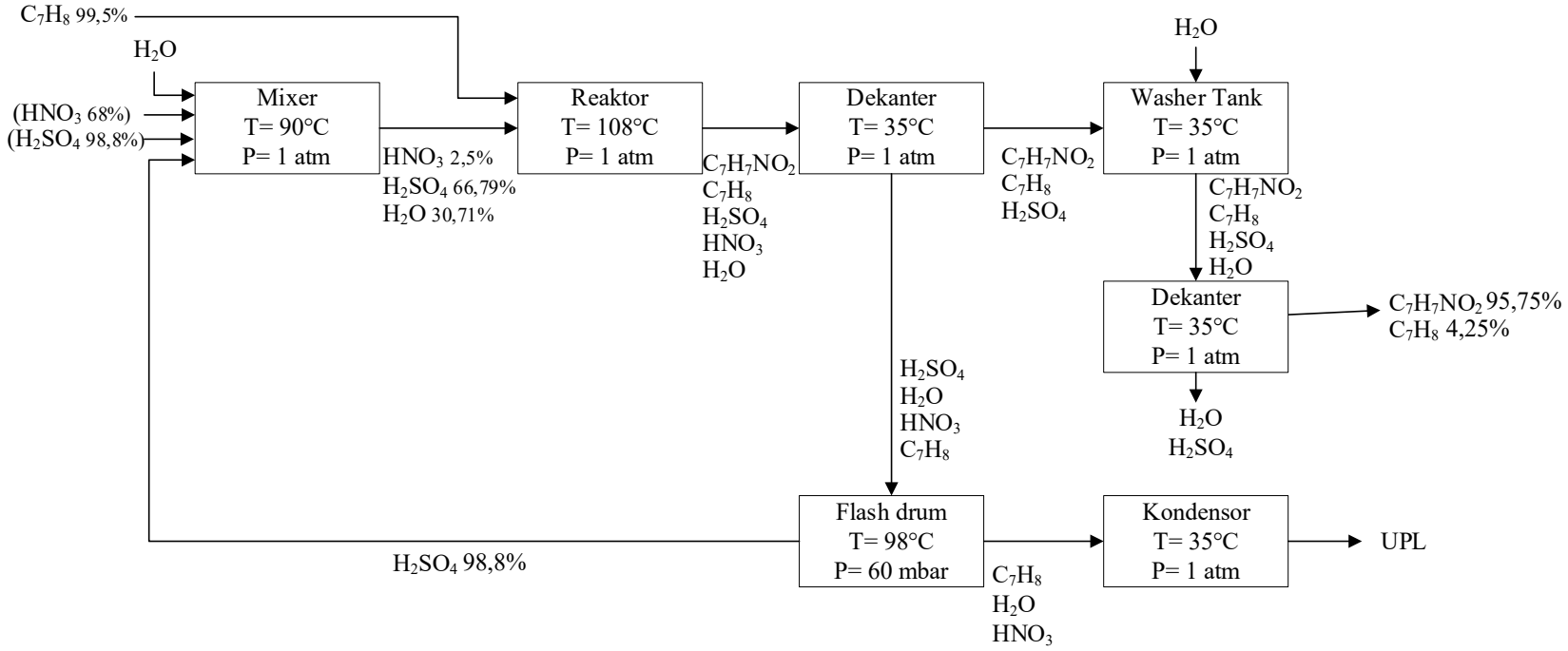
Parameter	**Macam-macam Proses**	
	Proses Batch	**Proses Kontinu**
Bahan Baku	Toluena, asam nitrat, asam sulfat, dan NaOH	Toluena, asam nitrat, dan asam sulfat
Temperatur operasi	35-40 °C	90-125 °C
Kecepatan Reaksi	2 jam	5 menit
Tekanan operasi	1 atm	1 atm
Yield	96%	98%

Berdasarkan tabel II.1, maka dipilih proses kontinu dengan asam campuran sebagai metode produksi mononitrotoluena. Pemilihan ini didasarkan pada beberapa keunggulan, antara lain:

1. Proses lebih sederhana memungkinkan penggunaan bahan baku efisien.
2. Tingkat keamanan lebih tinggi dengan reaksi yang berlangsung cepat berkat pengadukan yang efektif.
3. Penggunaan alat yang lebih sedikit mengurangi biaya investasi, pemeliharaan, dan menyederhanakan proses produksi.
4. Yield produk yang dihasilkan mencapai 98%.

II.3 Diagram Alir Pembuatan Mononitrotoluena

Proses produksi mononitrotoluena melibatkan reaksi nitrasi toluena menggunakan campuran asam nitrat (HNO_3) dan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai katalis. Diagram alir pada gambar II.3 ini menggambarkan tahapan utama proses, meliputi persiapan bahan baku, reaksi nitrasi, pemisahan, hingga pemurnian produk akhir.adalah sebagai berikut:



Gambar II. 3 Diagram Alir Proses Pembuatan Mononitrotoluena

II.4 Uraian Proses

II.4.1 Proses persiapan bahan baku

Toluena dari tangki penyimpanan (T-121) pada suhu 30 °C dialirkan ke heater (E-123) untuk dipanaskan hingga mencapai 90 °C sebelum dimasukkan ke reaktor (R-120). Asam sulfat dari tangki penyimpanan (T-112) terlebih dahulu dicampurkan dengan asam sulfat hasil *recycle* dari tangki akumulator-1 (T-115). Sebelum campuran asam tersebut dan asam nitrat dari tangki penyimpanan (T-111) memasuki *static mixer* (M-110), air proses dialirkan terlebih dahulu sebagai aliran awal untuk memastikan proses pencampuran berlangsung stabil dan terkontrol. Selanjutnya, air proses, campuran asam sulfat–*recycle*, dan asam nitrat dicampurkan di dalam *static mixer* hingga diperoleh campuran asam dengan komposisi 66,79% b/b H_2SO_4, 2,50% b/b HNO_3, dan 30,71% b/b H_2O. Karena proses pencampuran bersifat eksotermis, static mixer dilengkapi jaket pendingin untuk menjaga suhu campuran tetap konstan pada 90 °C sebelum dialirkan menuju reaktor (R-120).

II.4.2 Proses reaksi nitrasi

Campuran asam dari *mixer* (M-110) dialirkan secara kontinu menuju *plug flow reaktor* (R-120) yang beroperasi secara *adiabatic*. Pada reaktor ditambahkan toluena dengan rasio mol HNO_3 dan toluena adalah 1:1,05. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$C_7H_8\,(l) + HNO_3(aq) \xrightarrow{H_2SO_4\,(aq)} C_7H_7NO_2(l) + H_2O(l) \quad _____ (5)$$

Reaksi nitrasi berlangsung pada suhu awal 90 ℃ dan suhu akhir mencapai 108 ℃ pada tekanan 1 atm. Produk utama dari reaksi ini adalah mononitrotoluena dengan produk samping berupa air, sisa toluena, dan katalis asam sulfat. Produk keluar reaktor kemudian dialirkan menuju tahap pemurnian.

II.4.3 Proses pemurnian hasil

Proses pemurnian hasil terdiri atas tiga tahapan utama, yaitu:

1. Pemisahan Fase Organik dan Anorganik.

Produk keluar reaktor terlebih dahulu diturunkan suhunya menggunakan *cooler* (E-212) untuk diturunkan suhunya menjadi 35°C, kemudian dialirkan menuju dekanter (D-210) untuk memisahkan fase organik dan anorganik berdasarkan kesetimbangan larutan. Fase organik (toluena dan MNT) sebagai fase ringan keluar melalui bagian atas dan dialirkan ke *washer tank* (M-230) untuk tahap pencucian. Sedangkan fase anorganik (larutan asam) keluar melalui bagian bawah dan dikirim ke *flash drum* (FD-220) untuk proses *recycle*.

2. Pemurnian Fase Anorganik

   Fase anorganik dari dekanter (D-210) dialirkan menuju *heater* (E-215) untuk dipanaskan hingga 98°C sebelum kemudian dialirkan menuju dimasukkan ke flash drum (FD-220) untuk diuapkan dan dipekatkan dengan menurunkan tekanan hingga 60 mbar. Uap yang terbentuk berupa air dan impuritas dikondensasikan di kondensor (CD-224) lalu dialirkan menuju tangki akumulator-2 (T-226) sebelum diteruskan ke unit pengolahan limbah (UPL), sedangkan asam sulfat yang tertinggal di bagian bawah dialirkan menuju tangka akumulator-1 (T-115) untuk dicampurkan dengan *fresh feed* asam sulfat untuk digunakan kembali sebagai katalis.

3. Pemurnian Fase Organik

   Fase organik dari dekanter (D-210) dimasukkan ke *washer tank* (M-230) untuk pencucian menggunakan air agar menghilangkan jejak asam yang tersisa. Campuran hasil pencucian kemudian dialirkan ke dekanter kedua (D-240) untuk dipisahkan kembali. Fase atas yang mengandung air dan impuritas langsung dialirkan menuju tangki akumulator-2 (T-226) sebelum diteruskan ke unit pengolahan limbah (UPL), sementara fase bawah berupa toluena dan MNT 95% dialirkan menuju tangki penyimpanan produk (T-243).