

## **PENENTUAN SUHU MAKSIMAL PADA PROSES OKSIDASI PTHALIC ANHYDRIDE PT PETROWIDADA**

Sarah Nabila Damayanti<sup>1</sup>, Yanty Maryanty<sup>1</sup>, M.Ansar Aris<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia

<sup>2</sup>PT Petrowidada Gresik, Jl. Prof.Dr.Muhammad Yamin.SH, Kabupaten Gresik, Jawa Timur,  
Indonesia

Sarahnabila1010@gmail.com, [yantymaryanty@polinema.ac.id]

### **ABSTRAK**

PT Petrowidada Gresik ialah sebuah pabrik yang memproduksi *Pthalic Anhydride* (PA). *Pthalic Anhydride* adalah bahan utama dalam pembuatan plastik yang dapat digunakan untuk memproduksi lapisan seperti polimer yang cukup kuat. Pembuatan PA secara garis besar terdiri atas 5 tahap. Tahap pertama adalah pengolahan bahan baku berupa *o-xylene* dan udara. Tahap kedua adalah tahap oksidasi yang berlangsung dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan bantuan katalis. Tahap ketiga adalah tahap kondensasi gas keluaran reaktor di dalam *switch condenser*. Tahap keempat adalah pemurnian dan tahap terakhir adalah tahap pemadatan produk. Pada proses bagian reaktor *fixed bed multitube*, menyebabkan reaksi oksidasi secara parsial dengan bantuan katalis  $V_2O_5$ . Reaksi terjadi pada suhu 365-375°C (Reaksi eksoterm). Suhu maksimum dari reaksi tersebut digunakan untuk mengetahui kapasitas suhu pada reaktor. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui seberapa kapasitas suhu yang akan terjadi didalam *reaktor*, untuk mengantisipasi hal-hal yang nantinya tidak diinginkan. Suhu tersebut akan bereaksi dalam *reaktor* dengan cara menghitung awal  $T_{max}$  dengan mencari laju massa dan mol produk terlebih dahulu setelah menghitung kapasitas panas rata-rata dan melakukan trial suhu  $T_{max}$  dengan dasar panas boiler menggunakan cara *goal seek* sehingga didapatkan suhu maksimum nya ialah 1322,65°C.

**Kata kunci:** *pthalic anhydride, oksidasi, reaksi eksotermis*

### **ABSTRACT**

*PT Petrowidada Gresik is a factory that produces Pthalic Anhydride (PA). Pthalic Anhydride is a key ingredient in the manufacture of plastics that can be used to produce polymer-like coatings that are sufficiently strong. In general, PA making consists of 5 stages. The first stage is the processing of raw materials in the form of o-xylene and air. The second stage is the oxidation stage which takes place in a fixed bed multitube reactor with the help of a catalyst. The third stage is the condensation stage of the reactor gas output in the condenser switch. The fourth stage is purification and the last stage is the product compaction stage. In the process of the fixed bed multitube reactor, it causes a partial oxidation reaction with the help of a  $V_2O_5$  catalyst. The reaction occurs at a temperature of 365-375°C (exothermic reaction). The maximum temperature of the reaction is used to determine the temperature capacity of the reactor. The purpose of this study is to find out how much temperature capacity will occur in the reactor, to anticipate things that will not be desired. This temperature will react in the reactor by calculating the initial  $T_{max}$  by finding the mass rate and product moles first after calculating the average heat capacity and conducting a trial of  $T_{max}$  temperature on the basis of boiler heat using the goal seek method so that the maximum temperature is 1322,65°C.*

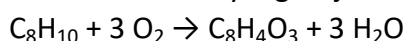
**Keywords:** *Pthalic Anhydride, Oxidation, Exothermic Reaction*

## 1. PENDAHULUAN

PT Petrowidada merupakan perusahaan kimia yang memproduksi *Phthalic Anhydride* (PA). Perusahaan ini berdiri pada tahun 1985 dengan komposisi kepemilikan saham yang ditandai oleh beberapa perusahaan. PT Petrowidada memiliki beberapa pabrik dengan kapasitas yang berbeda di setiap pabriknya. Pabrik 1 dibangun pada tahun 1987 dan berdiri pada tahun 1988 lalu dikomersialkan pada tahun 1989 dengan kapasitas produksi 30.000 MTPY, Pabrik 2 dibangun pada tahun 1996 dengan kapasitasnya 40.000 MTPY, lalu ada Pabrik 3 dibangun pada tahun 2001 dengan kapasitasnya 70.000 MTPY. Seiring berjalannya waktu, pada tahun 2004 Petrowidada mengalami *accident* kebakaran yang menyebabkan Pabrik 1 dan Pabrik 2 ikut terbakar. Sehingga, sampai saat ini yang beroperasi hanya Pabrik 3 saja [1]. Kejadian kebakaran pada pabrik 1 dan pabrik 2 membuat PT Petrowidada sangat menjaga aset yang tersisa dalam memproduksi PA. Salah satu pencegahan yang dilakukan ialah dengan melakukan rekayasa *engineering* pada bagian proses, terutama pada alat *distillation* dengan menambahkan alat pendukung yaitu *aging tank*, *topping column bottom*, dan *topping column vacum* untuk membantu proses pada Pabrik 3 agar proses yang terjadi dapat berjalan dengan baik dan meminimalkan bahaya yang akan terjadi.

*Phthalic Anhydride* adalah bahan utama dalam pembuatan plastik yang dapat digunakan untuk memproduksi lapisan seperti polimer yang cukup kuat. Reaksi pembentukan  $C_8H_4O_3$  (*phthalic anhydride*) adalah reaksi heterogen fase gas dengan katalis padat, dimana terjadi reaksi oksidasi  $C_8H_{10}$  (*o-xylene*) oleh oksigen yang berasal dari udara. Dalam reaksi oksidasi *o-xylene* oleh oksigen, selain reaksi utama pembentukan PA juga terjadi reaksi samping, yaitu terbentuknya  $C_4H_2O_3$  (*maleic anhydride*),  $C_7H_6O_2$  (*benzoic acid*),  $C_8H_8O_2$  (*toluic acid*),  $C_8H_6O_2$  (*phthalide*),  $C_5H_6O_4$  (*citraconic acid*),  $H_2O$ ,  $CO_2$ , dan  $CO$  [2]

Reaksi utama yang terjadi :



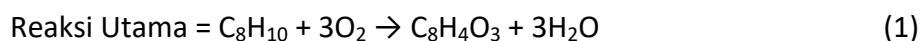
Pembuatan PA secara garis besar terdiri atas 5 tahap. Tahap pertama adalah pengolahan bahan baku berupa *o-xylene* dan udara. Bahan baku akan dipanaskan sampai suhu  $350^\circ C$  dan tekanan 6 atm sebelum masuk ke dalam reaktor. Tahap kedua adalah tahap oksidasi yang berlangsung dalam reaktor *fixed bed multitube* dengan bantuan katalis  $V_2O_5$ , reaksi terjadi pada suhu  $365-375^\circ C$  (reaksi eksoterm). Gas proses (campuran ortho-xylene dan udara) bersuhu  $155-160^\circ C$  dari Air Mixer dimasukkan ke dalam Multitube Packed Bed Reaktor untuk direaksikan dengan katalis. Gas proses pada bagian tube dalam reaktor terjadi reaksi oksidasi secara parsial dengan bantuan katalis. Dalam pembuatan gas sintesis dengan metode partial oxidation dilakukan dengan cara mengoksidasikan hidrokarbon dengan oksigen. Reaksi yang terjadi adalah eksotermis dan panas yang dihasilkan digunakan untuk menaikkan suhu reaktan yang akan memasuki reaktor [3]. Dalam menjaga suhu yang terjadi akibat reaksi eksotermis tersebut digunakan campuran leburan garam (salt) yang dipompa menggunakan *Molten salt pump* dari salt tank yang selanjutnya dialirkan ke *Salt agitator* dan disirkulasikan pada bagian *Shell Oxidation Reactor*, *Salt Circulation*, *Reactor Boiler*, dan *Electric Salt Heater* dengan pola aliran dari bawah ke atas. Leburan garam (salt) berfungsi sebagai penyerap panas yang timbul akibat reaksi eksotermis yang terjadi pada saat reaksi sedang berlangsung di dalam reaktor. Tahap ketiga adalah tahap kondensasi gas keluaran reaktor di dalam *switch condenser*. Tahap keempat adalah proses pemurnian dengan metode distilasi, distilasi merupakan suatu proses pemisahan campuran dengan menggunakan titik didih dan relative volatility nya [4]. Pemurnian hasil dengan *aging tank*

dan menara distilasi yang bertujuan untuk memisahkan PA dari komponen lain. Tahap terakhir adalah tahap pemadatan produk menggunakan *flaker*. Selanjutnya produk *flake phthalic anhydride* akan disimpan dalam *bin* sebelum di *packing*.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui seberapa kapasitas suhu yang akan terjadi didalam *reactor*, untuk mengantisipasi hal-hal yang nantinya tidak diinginkan. Penelitian yang dilakukan yaitu menghitung suhu maksimum yang dapat dicapai oleh reaksi eksotermis dari proses Oksidasi *ortho-xylene* berdasarkan reaksi utamanya.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk bisa mengetahui suhu maksimum yang nantinya dapat dicapai oleh reaksi tersebut dapat menggunakan perhitungan kalor yang akan ditukarkan ke *Salt Agitator* pada alat *Boiler*. Kalor yang dihasilkan oleh alat boiler sebesar 22.300.000 kcal/jam dan suhu yang nantinya akan keluar dari reaktor dijaga kondisinya pada suhu 350°C. Menghitung Tmax akan digunakan rumus *sensible* dari produk yang dihasilkan yaitu *Pthalide Anhydride* dan H<sub>2</sub>O. Untuk langkah awal menghitung Tmax dicari laju massa dan mol produk terlebih dahulu setelah itu menghitung kapasitas panas rata-rata dan yang terakhir melakukan trial suhu maksimum berdasarkan *Qboiler* atau panas pada boiler yang telah diketahui sebesar 22300000 kcal/jam menggunakan cara *Goal seek* pada Ms.excel.



$$Cp \text{ rata - rata} = \int_{T_1}^{T_2} Cp \, dT \quad (2)$$

$$Q_{\text{boiler}} = Q_{\text{PA}} + Q_{\text{H}_2\text{O}} \quad (3)$$

Mencari suhu maksimum dari reaksi eksotermis pada proses oksidasi *ortho xylene* dalam reaktor dari data *reboiler* (yang dihubungkan ke *salt agitator*) yang dihasilkan ialah dengan menghitung laju massa dan mol produk dengan mengetahui berat molekul dari *Ortho xylene* sebesar 106, Oksigen sebesar 32, *Pthalic Anhydride* sebesar 148 dan Air sebesar 18. Setelah didapatkan laju massa dan laju mol dari masing-masing komponen, dilanjutkan dengan menghitung Cp rata-rata dengan rumus :

$$Cp \text{ rata - rata} = \int_{T_1}^{T_2} Cp \, dT \quad (4)$$

Dilakukan integrasi Cp untuk *Pthalic Anhydride* dan H<sub>2</sub>O, didapatkan Cp dari *Pthalic Anhydride* dan Cp dari H<sub>2</sub>O.

$$Cp \text{ PA} = 29,7 \times (T_2 - T_1) + 0,043805 \times (T_2 - T_1)^2 - (0,0006172 \times (T_2 - T_1)^3)$$

$$Cp \text{ H}_2\text{O} = 3,47 \times (T_2 - T_1) + 0,000725 \times (T_2 - T_1)^2 - 12100 \times (T_2 - T_1)^{-1}$$

Setelah mendapatkan data Cp dari *Pthalic Anhydride* dan H<sub>2</sub>O, tahap berikutnya melakukan trial suhu Tmax berdasarkan *Qboiler* menggunakan *Goal Seek* pada Ms.Excel. *Qboiler* sudah diketahui dari awal sebesar 22300000 kcal/jam.

$$Q_{boiler} = Q_{campuran} \quad (5)$$

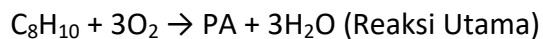
$$Q_{boiler} = Q_{PA} + Q_{H2O} \quad (6)$$

$$Q_{boiler} = m \int_{T_1}^{T_2} C_p PA dT + m \cdot R \int_{T_1}^{T_2} \left( \frac{C_p H_2O}{R} \right) dT \quad (7)$$

Dimana,  $C_p PA$  didapatkan dari PT Petrowidada dan  $C_p H_2O$  didapatkan dari buku *smith vannes* [5]. Serta  $R$  nya ialah 1,9872 kcal/kmol.<sup>0</sup>C.  $Q_{boiler}$  nya ialah 22300000 kcal/jam.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Oksidasi ialah reaksi kimia dari suatu zat yang melibatkan oksigen. Dalam proses pembuatan *Phthalic Anhydride*, PT Petrowidada menggunakan proses oksidasi *Ortho-xylene* dengan udara menggunakan teknologi Atochem, dimana proses ini dipilih karena memiliki banyak keuntungan. Dalam proses produksi *Phthalic Anhydride*, sifat dan kuantitas dari katalis yang digunakan serta kontrol suhu di reaktor harus relevan untuk dipertimbangkan dalam rangka mencapai produk akhir *Phthalic Anhydride* yang diinginkan[6]. Dalam proses pembuatan *Phthalic Anhydride* dengan oksidasi dari *ortho xylene* ini dibantu dengan katalis yang berguna untuk mempercepat proses reaksi *ortho xylene* dan udara didalam reactor. Vanadium pentaoxida ( $V_2O_5$ ) dengan Titanium dioxde ( $TiO_2$ ) ini merupakan campuran dari katalis yang digunakan dalam proses oksidasi ini. Proses pemanasan *ortho xylene* ini memiliki umpan berupa uap *ortho xylene* yang berkontak dengan udara panas yang nantinya akan dimasukkan kedalam reactor pada suhu operasi reactor yaitu 340-360<sup>0</sup>C [7]. Reaksi yang terjadi sangat eksotermis, sehingga keluaran produk ini harus didinginkan dalam kondensor. Jika suhu dibawah 340<sup>0</sup>C pada saat proses akan menyebabkan reaksi berkurang. Sedangkan jika suhu operasi diatas 360<sup>0</sup>C nantinya akan terbentuk  $CO_2$  dan  $H_2O$  yang lebih banyak, dimana reaksi ini akan mengurangi kualitas dalam pembentukan *Phthalic Anhydride* [2]. Oleh karena itu, dalam jurnal ini akan dibahas mengenai suhu maksimum dari reaksi eksotermis pada proses oksidasi *ortho xylene* yang bertujuan untuk bisa menghitung panas reboiler yang bisa dihasilkan jika feed *ortho xylene* nya diubah-ubah. Pada proses Oksidasi *ortho-xylene* untuk menghasilkan *Phthalic Anhydride (PA)*, persamaan reaksi utama yang terjadi ialah sebagai berikut:



Reaksi tersebut merupakan reaksi eksotermis yang dapat menghasilkan suhu yang sangat tinggi. Untuk dapat mengetahui suhu maksimum yang dapat dicapai oleh reaksi tersebut dapat menggunakan perhitungan kalor yang ditukarkan ke *Salt Agitator* yang ditukarkan ke alat *Boiler*. Kalor yang dihasilkan *boiler* diketahui yaitu sebesar 22.300.000 kcal/jam. Suhu keluar reaktor diketahui dijaga pada 350<sup>0</sup>C. Untuk menghitung  $T_{max}$ , dapat menggunakan rumus panas sensible dari produk yang dihasilkan yaitu berupa PA dan  $H_2O$ .

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan laju massa dan mol produk serta menghitung  $C_p$  rata-rata, diperoleh suhu maksimum dari reaksi eksotermis pada proses oksidasi *Ortho xylene* ialah mencapai 1322,65<sup>0</sup>C. Sehingga, diketahui kapasitas maksimum suhu didalam reaktor pada saat reaksi oksidasi antara *ortho xylene* dengan katalis  $V_2O_5$  sebesar 1322,65<sup>0</sup>C.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam jurnal ini dibahas mengenai proses oksidasi yang terjadi didalam reaktor yang mengalami reaksi eksotermis. Dalam proses oksidasi sudah diketahui suhu yang terjadi berkisar antara 340-360<sup>0</sup>C dan belum diketahui suhu maksimum dalam reaktor yang nantinya bisa untuk mengantisipasi hal yang tidak diinginkan. Setelah didapatkan dari perhitungan untuk mendapatkan suhu maksimum dalam reaktor dengan cara menghitung laju massa dan mol produk, menghitung Cp rata-rata, serta melakukan trial suhu pada Tmax dengan berdasarkan Qboiler menggunakan metode goalseek pada Ms.excel didapatkan suhu maksimum dari reaksi eksotermis pada proses oksidasi *orthoxylene* ialah mencapai 1322,65<sup>0</sup>C.

#### REFERENSI

- [1] Atofina, 1993 "*Operating Manual for Petrowidada Pthalic Anhydride Plant at Gresik, East Java, Republic of Indonesia*".
- [2] Qadrian.M.A, 2014, *Prarancangan Pabrik Pthalic Anhydride dari O-xylene dan Udara dengan Kapasitas 80.000 ton/tahun*, Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.
- [3] Andini, K.A, 2016, *Teknik Pengolahan Minyak dan Gas*, Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Bidang Bangunan dan Listrik, Medan.
- [4] Suharto, Muhammad, Wibowo, A.A, dkk, 2020, *Optimasi Pemurnian Etanol dengan Distilasi Ekstraktif Menggunakan Chemcad*, Jurnal Teknik Kimia, 6(1), hal 1-7.
- [5] Smith, H.C. Van Ness, 2005, *Introduction To Chemical Engineering Thermodynamics*, 7<sup>th</sup> Edition.
- [6] Rozi, Ainul, 2018, *Analisa Perbaikan Kualitas pada Produksi Pthalic Anhydride dengan Pendekatan DMAIC (Studi Kasus PT Petrowidada Gresik)*, Jurnal MATRIX, Vol 18, Hal 1-13.
- [7] Ayu, R.K, 2011, *Prarancangan Pabrik Pthalic Anhydride Proses Von Heyden Kapasitas 45.000 ton/tahun*, Yogyakarta, Universitas Islam Indonesia.