

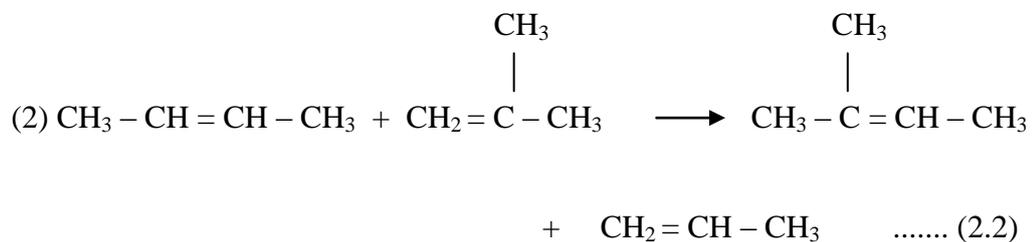
II. DESKRIPSI PROSES

A. Proses Pembuatan Trimetiletilen

Secara umum pembuatan trimetiletilen dapat dilakukan dengan 2 proses berdasarkan bahan baku yang digunakan, yaitu pembuatan trimetiletilen dari n-butena dengan isobutena pada fase uap serta dengan bahan baku metilbutena pada fase cair.

A.1 Trimetiletilen menggunakan bahan baku n-butena pada fasa uap

Reaksi yang terjadi terdiri dari 2 tahap, yaitu isomerisasi n-butena menjadi 2-butena (1), kemudian dilanjutkan dengan mereaksikan 2-butena dengan isobutena (2) :



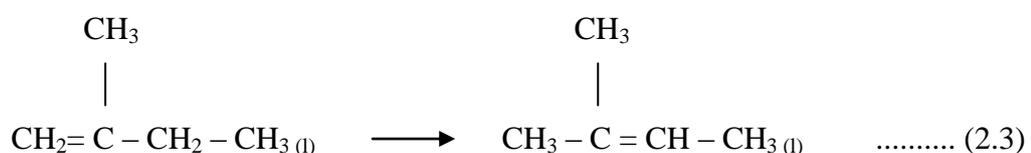
Bahan baku yang digunakan dalam proses ini adalah n-butena dan isobutena. Sebelum mereaksikan n-butena dengan isobutena, terlebih dahulu n-butena diubah menjadi 2-butena dengan proses isomerisasi yang dapat dilihat seperti persamaan (2.1). Selanjutnya 2-butena direaksikan dengan isobutena yang kemudian akan menghasilkan trimetiletilen dan propilen dengan menggunakan katalis nikel sulfida. Proses yang digunakan adalah proses polimerisasi adisi seperti pada persamaan (2.3).

Reaksi isomerisasi yang n-butena menjadi 2-butena dilakukan pada temperatur 15°C dan tekanan 1 atm. Pemilihan temperatur ini didasarkan kepada jenis katalis yang digunakan, yaitu jenis alkali metal yang dapat bekerja pada suhu 15°C. Pemilihan temperatur rendah juga didasarkan atas kesetimbangan termodinamika yang rendah antara n-butena dengan 2-butena. Konversi yang diperoleh pada reaksi isomerisasi ini adalah 90%

Setelah diperoleh 2-butena dari proses isomerisasi, kemudian dilanjutkan dengan mereaksikan 2-butena dan isobutena yang berkontak di dalam reaktor pada temperatur 110°C dan tekanan 11 atm. Konversi yang diperoleh pada reaksi polimerisasi adisi ini adalah sebesar 99,5%.

A.2 Trimetiletilen dari metilbutena dengan proses fasa cair

Reaksi pembuatan trimetiletilen dari metilbuten merupakan reaksi isomerisasi:



Isomerisasi adalah suatu proses perpindahan rantai karbon sehingga didapatkan rumus molekul yang sama tetapi rumus strukturnya berbeda. Proses isomerisasi ini dapat juga dilakukan pada olefin. Proses pembuatan trimetiletilen merupakan salah satu proses Isomerisasi Olefin (ISOFIN).

Isomerisasi Paraffin dan Naphta merupakan reaksi orde satu, dapat balik, eksotermis dan menggunakan katalis. Dengan menggunakan katalis asam, proses isomerisasi menjadi lebih cepat dan sederhana di dalam perancangan pabrik.

Dalam beberapa proses isomerisasi paraffin, biasanya menggunakan suhu antara 30-36°C pada tekanan 4 atm. Proses isomerisasi dalam skala komersial hanya dapat dilakukan untuk hidrokarbon yang mempunyai jumlah karbon sebanyak 5 dan 6 (C5 dan C6 paraffin). Proses isomerisasi ini menggunakan bahan baku metilbuten. Konversi yang diperoleh pada reaksi isomerisasi metilbuten menjadi trimetiletilen adalah sebesar 95%.

Hidrogenasi sederhana dari C5 olefin dihasilkan dari campuran isopentan dan 1-pentan pada tekanan uap yang tinggi dan nilai oktan rendah untuk gasolin, konversi dari C5 olefin menjadi TAME menghasilkan nilai oktan tinggi dan tekanan uap yang rendah, yaitu alkilasi dari C5 olefin.

Pada reaksi isomerisasi umumnya di dalam proses menggunakan temperatur yang rendah dan menggunakan fase cair, namun ada beberapa proses isomerisasi yang menggunakan fase gas, misalnya isomerisasi butene, pentan dan heksan. Tetapi untuk isomerisasi dalam fase gas menggunakan temperatur dan tekanan proses yang cukup tinggi. Dalam skala komersial C5 dan C6 paraffin dapat menaikkan angka oktan tinggi dengan titik didih yang lebih rendah. Partikel-partikel dalam gasoline yang mempunyai angka oktan yang tinggi diproduksi dengan *catalitik reforming*. Produk proses isomerisasi dapat langsung digunakan tanpa harus diolah lagi.

Proses pembuatan trimetiletlen dikembangkan pertama kali pada awal tahun 1966 sebagai bahan baku isopropen dan mulai dikenalkan secara komersial pada tahun 1968. Reaksi isomerisasi trimetiletlen adalah reaksi reversible, orde satu, endotermis, isothermal dan non adiabatik. Untuk itu katalis yang digunakan adalah asam sulfat.

B. Pemilihan Proses

Pemilihan proses dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti katalis yang digunakan, suhu operasi, tekanan operasi, panas reaksi, biaya bahan baku (perhitungan ekonomi kasar) dan harga pembuatan Trimetiletlen/kg.

1. Kelayakan Ekonomi

Tinjauan ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui bruto yang dihasilkan oleh pabrik ini selama setahun dengan kapasitas 35.000 ton/tahun. Berikut ini perbandingan beberapa harga bahan baku dan harga produk pada tahun 2014.

Tabel 2.1 Harga bahan baku dan produk

Bahan	Harga dalam \$	Harga dalam Rp.
Butena	2072 USD/ton	23.830.072/ton
Isobutena	1370 USD/ton	15.756.370/ton
Nikel Sulfida	20.039 USD/ton	230.468.539/ton
Metilbuten	920 USD/ton	10.580.920/ton
Asam Sulfat	295 USD/ton	3.392.795/ton
Trimetiletilen	1780 USD/ton	20.471.780/ton

Sumber: www.alibaba.com, 2013 dan www.icis.com, 2013

*nilai kurs \$1 = Rp 11.501 (www.bi.go.id)

A. Reaksi Menggunakan bahan baku Uap Butena :

Konversi : 99,5%

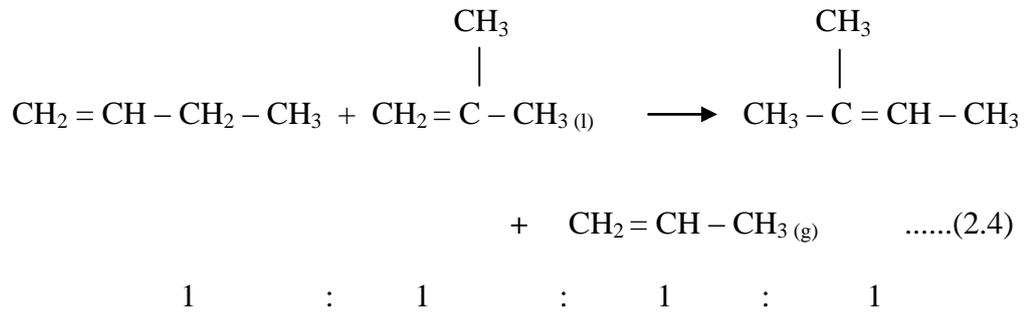
Kapasitas : 35.000 ton Trimetiletilen tiap tahun

$$\text{Mol Trimetiletilen} = \frac{\text{Massa Trimetiletilen (kapasitas)}}{BM}$$

$$\text{Mol Trimetiletilen} = \frac{35.000.000 \text{ kg}}{70,134}$$

$$\text{Mol Trimetiletilen} = 499.044,686 \text{ kmol}$$

Dengan Reaksi :



BM	56,1063 g/mol	56,1063 g/mol	70,134 g/mol	42,0797 g/mol
Mula	a	b		
Bereaksi	(499.044,686)	(499.044,686)	(499.044,686)	(499.044,686)
Sisa	(a-499.044,686)	(b-499.044,686)	(499.044,686)	(499.044,686)

Dari reaksi diatas, untuk menghasilkan 35.000 ton atau 499.044,686 kmol Trimetiletilen dengan konversi reaksi 99,5% maka dibutuhkan reaktan sebagai berikut

$$b = \frac{100\%}{99,5\%} \times 499.044,686 \text{ kmol} = 501.552,448 \text{ kmol}$$

$$a : b = 1 : 1 \text{ maka } a = 501.552,448 \text{ kmol}$$

- Mol Butena = 501.552,448 kmol

Butena yang dibutuhkan untuk menghasilkan 35.000.000 kg

Trimetiletilen

= mol butena * BM butena

= 501.552,448 kmol x 56,1063 kg/kmol

= 28.140.252,11 kg

= 28.140,2521 ton

- Mol Isobutena = 501.552,448 kmol

Isobutena yang dibutuhkan untuk menghasilkan 35.000.000 kg

Trimetiletilen

$$= \text{mol Isobutena} * \text{BM Isobutena}$$

$$= 501.552,448 \text{ kmol} \times 56,1063 \text{ kgr/kmol}$$

$$= 28.140.252,11 \text{ kg}$$

$$= 28.140,2521 \text{ ton}$$

Jumlah katalis (Nikel Sulfida) yang digunakan dalam proses ini sebanyak

1% dari bahan baku Uap Buten.

- Mol Nikel Sulfida = 1% x 501.552,448 kmol

$$= 5.015,52 \text{ kmol}$$

Nikel Sulfida yang dibutuhkan untuk menghasilkan 35.000.000 kg

Trimetiletilen

$$= \text{mol Nikel Sulfida} * \text{BM Nikel Sulfida}$$

$$= 5.015,52 \text{ kmol} \times 122,823 \text{ kg/kmol}$$

$$= 616.021,21 \text{ kg}$$

$$= 616,021 \text{ ton}$$

Jumlah harga bahan baku:

$$= (28.140,2521 \text{ ton} \times \$ 2072/\text{ton}) + (28.140,2521 \text{ ton} \times \$ 1370/\text{ton})$$

$$= \$ 96.858.747,73$$

Jumlah harga katalis :

$$= 616,021 \text{ ton} \times \$ 20.039/\text{ton}$$

$$= \$ 12.344.448,82$$

Harga produk Trimetiletilen:

$$= (35.000 \text{ ton} \times \$ 1780/\text{ton})$$

$$= \$ 62.300.000 /\text{tahun}$$

- Keuntungan per tahun = Harga Produk – (Harga Reaktan + katalis)

$$= \$ 62.300.000 - (\$ 96.858.747,73 + \$ 12.344.448,82)$$

$$= \$ -46.903.196,55$$

$$= \text{(minus) Rp. 539.433.663.500}$$

Harga produksi/kg Trimetiletilen :

$$= \frac{\text{harga bahan baku kapasitas setahun}}{\text{kapasitas pabrik}}$$

$$= \frac{\$ 96.858.747,73/\text{tahun}}{35.000.000 \text{ kg}/\text{tahun}}$$

$$= \$ 2,767/ \text{kg} = \$ 2.767/ \text{ton}$$

$$= \text{Rp. } 31.823,267/ \text{kg} (\$1 = \text{Rp } 11.501)$$

Harga pembuatan per kg Trimetiletilen dengan menggunakan proses ini sebesar \$ 2.767/ ton, lebih mahal dibandingkan harga jual Trimetiletilen sebesar \$ 1780 /ton.

B. Reaksi Menggunakan bahan baku Metilbuten :

Konversi : 95%

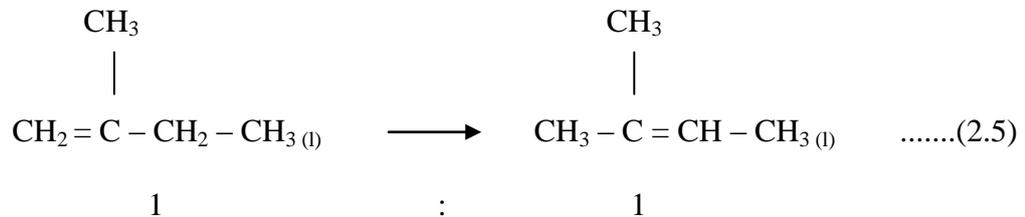
Kapasitas : 35.000 ton Trimetiletilen tiap tahun

$$\text{Mol Trimetiletilen} = \frac{\text{Massa Trimetiletilen (kapasitas)}}{BM}$$

$$\text{Mol Trimetiletilen} = \frac{35.000.000 \text{ kg}}{70,134}$$

$$\text{Mol Trimetiletilen} = 499.044,686 \text{ kmol}$$

Dengan Reaksi :



BM 70,134 g/mol

70,134 g/mol

Mula a

Bereaksi (499.044,686) (499.044,686)

Sisa (a-499.044,686) (499.044,686)

Dari reaksi diatas, untuk menghasilkan 35.000 ton atau 499.044,686 kmol

Trimetiletilen dengan konversi reaksi 95% maka dibutuhkan reaktan

sebagai berikut

$$a = \frac{100\%}{95\%} \times 499.044,686 \text{ kmol} = 525.310,196 \text{ kmol}$$

- Mol Metilbuten = 525.310,196 kmol

Metilbuten yang dibutuhkan untuk menghasilkan 35.000.000 kg

Trimetiletilen

= mol Metilbuten * BM Metilbuten

= 525.310,196 kmol x 70,134 kg/kmol

= 36.842.105,29 kg

= 36.842,1053 ton

Jumlah katalis (H_2SO_4) yang digunakan dalam proses ini sebanyak 0,2% dari bahan baku Metilbuten.

- $\text{Mol H}_2\text{SO}_4 = 0,2\% \times 525.310,196 \text{ kmol}$
 $= 1.050,62 \text{ kmol}$

H_2SO_4 yang dibutuhkan untuk menghasilkan 35.000.000 kg

Trimetiletilen

$$= \text{mol H}_2\text{SO}_4 * \text{BM H}_2\text{SO}_4$$

$$= 1.050,62 \text{ kmol} \times 98,086 \text{ kg/kmol}$$

$$= 103.051,113 \text{ kg}$$

$$= 103,0511 \text{ ton}$$

Jumlah harga bahan baku :

$$= 36.842,1053 \text{ ton} \times \$ 920/\text{ton}$$

$$= \$ 33.894.736,88$$

Jumlah harga katalis :

$$= 103,0511 \text{ ton} \times \$ 295/\text{ton}$$

$$= \$ 30.400,075$$

Harga produk Trimetiletilen:

$$= (35.000 \text{ ton} \times \$ 1780/\text{ton})$$

$$= \$ 62.300.000 /\text{tahun}$$

- Keuntungan per tahun = Harga Produk – (Harga Reaktan+katalis)

$$= \$ 62.300.000 - (\$ 33.894.736,88 + \$ 30.400,075)$$

$$= \$ 28.374.863,05$$

$$= \mathbf{Rp. 326.339.299.900}$$

Harga produksi/kg Trimetiletilen :

$$= \frac{\text{harga bahan baku kapasitas setahun}}{\text{kapasitas pabrik}}$$

$$= \frac{\$ 33.894.736,88 / \text{tahun}}{35.000.000 \text{ kg/tahun}}$$

$$= \$ 0,968/ \text{kg} = \$ 968/ \text{ton}$$

$$= \text{Rp. 11.132.968/ kg} (\$1 = \text{Rp 11.501})$$

Harga pembuatan per kg Trimetiletilen dengan menggunakan proses ini sebesar \$ 968/ ton, lebih murah hampir 2 kali lipat dibandingkan harga jual Trimetiletilen sebesar \$ 1780 /ton.

2. Kelayakan Teknis

Biasanya kelayakan teknik terhadap suatu reaksi kimia yang di tinjau adalah energi bebas gibbs (ΔG). Untuk reaksi isothermal :

$$\Delta G \text{ Reaksi} = \sum \Delta G_f^\circ \text{ Produk} - \sum \Delta G_f^\circ \text{ Reaktan}$$

Berikut data energi bebas gibbs pembentukan (ΔG_f°) dan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada keadaan standar ($T=298 \text{ K}$) :

Tabel 2.2 Nilai ΔG°_f dan ΔH°_f masing-masing Komponen

Komponen	ΔG°_f (kJ/mol)	ΔH°_f (kJ/mol)
n-Butena (uap)	59,7	20,88
2-Butena (uap)	63,61	-11,18
Isobutena (uap)	58,11	-16,91
Metilbuten (cair)	67,2	-51,6
Trimetiletilen (cair)	61,6	-41,0
Propilen (uap)	62,76	20,43

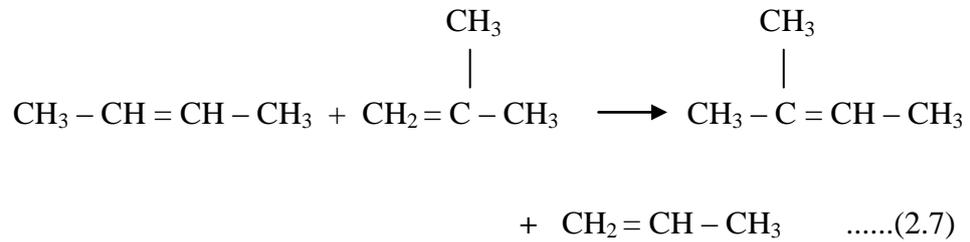
A. Reaksi Menggunakan bahan baku Uap Butena :

Reaksi Pada Reaktor I :



$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{Reaksi}} &= (\Delta H^\circ_f \text{ 2-butena}) - (\Delta H^\circ_f \text{ n-butena}) \\ &= (-11,18) - (20,88) \\ &= \mathbf{-32,06 \text{ kJ/mol}} \text{ (eksoterm)} \end{aligned}$$

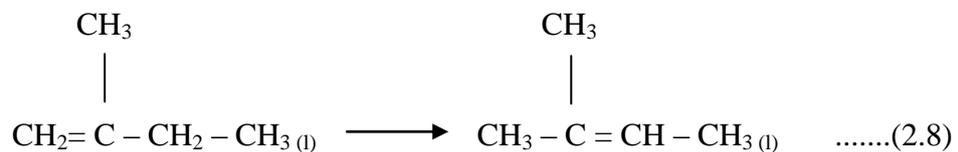
$$\begin{aligned} \Delta G_{\text{Reaksi}} &= (\Delta G^\circ_f \text{ 2-butena}) - (\Delta G^\circ_f \text{ n-butena}) \\ &= (63,61) - (59,7) \\ &= \mathbf{+3,61 \text{ kJ/mol}} \text{ (non-spontan)} \end{aligned}$$

Reaksi Pada Reaktor II :

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{Reaksi}} &= (\Delta H_f^{\circ} \text{ trimetiletilen} + \Delta H_f^{\circ} \text{ propilen}) - (\Delta H_f^{\circ} \text{ 2-butena} + \Delta H_f^{\circ} \text{ isobutena}) \\ &= (-41 + 20,43) - (-11,18 + (-16,91)) \\ &= +7,52 \text{ kJ/mol (endoterm)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G_{\text{Reaksi}} &= (\Delta G_f^{\circ} \text{ trimetiletilen} + \Delta G_f^{\circ} \text{ propilen}) - (\Delta G_f^{\circ} \text{ 2-butena} + \Delta G_f^{\circ} \text{ isobutena}) \\ &= (74,82 + 62,76) - (63,61 + 58,11) \\ &= +15,86 \text{ kJ/mol (non-spontan)} \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai ΔG^0 yang telah didapatkan sebesar +3,61 kJ/mol pada reaktor 1 dan +15,86 kJ/mol pada reaktor 2 menunjukkan bahwa reaksi pembentukan trimetiletilen dapat berlangsung dengan membutuhkan energi yang besar, karena diperoleh nilai $\Delta G^0 > 0$ (konsumsi energi besar).

B. Reaksi Menggunakan bahan baku Metilbuten :

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{Reaksi}} &= (\Delta H_f^{\circ} \text{ trimetiletilen}) - (\Delta H_f^{\circ} \text{ metilbuten}) \\ &= (-41) - (-51,6) \text{ kJ/mol} \\ &= +10,6 \text{ kJ/mol (endoterm)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G_{\text{Reaksi}} &= (\Delta G^{\circ}_f \text{ trimetiletilen}) - (\Delta G^{\circ}_f \text{ metilbuten}) \\ &= (61,6) - (67,2) \text{ kJ/mol} \\ &= \mathbf{-5,6 \text{ kJ/mol}} \text{ (spontan)}\end{aligned}$$

Berdasarkan nilai ΔG^0 yang telah didapatkan sebesar $-5,6 \text{ kJ/mol}$ menunjukkan bahwa reaksi pembentukan trimetiletien layak secara komersial, karena diperoleh nilai $\Delta G^0 < 0$.

Pemilihan proses dilakukan dengan membandingkan keuntungan dan kerugian semua proses pembuatan trimetiletilen yang telah diuraikan diatas sebagai berikut :

Tabel 2.3. Perbandingan proses pembuatan trimetiletilen

No.	Keterangan	Jenis Proses	
		1	2
1.	Bahan baku utama	Uap butena	Metilbutena
2.	Katalis	Nikel sulfida	Asam sulfat
3.	Temperatur Operasi	T = 15°C T = 110°C	T=32°C
4.	Tekanan Operasi	P = 1 atm P = 11atm	P = 4atm
5.	Konversi	90% 99,5%	95%
6.	ΔH°	-32,06 kJ/mol +7,52 kJ/mol	+10,6 kJ/mol
7.	ΔG°	+3,61 kJ/mol +15,86 kJ/mol	-5,6 kJ/mol

Maka dipilihlah proses pembuatan trimetiletilen yang ke 2, yaitu dengan menggunakan bahan baku metilbuten proses fasa cair, dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Reaksi berlangsung secara spontan, yang artinya membutuhkan energi yang lebih kecil dibandingkan proses pertama (proses fasa uap)
2. Temperatur reaksi lebih rendah
3. Tekanan operasi lebih rendah
4. Katalis yang digunakan lebih murah

Untuk produksi trimetiletilen dari metilbuten sendiri terdiri dari dua pilihan proses:

1. Proses tanpa *Recycle*

Keuntungan:

- Biaya pemipaan dan pompa kecil karena tidak ada arus yang dikembalikan lagi ke proses
- Beban di reactor kecil karena umpan masuk selalu fresh sehingga lebih mudah bereaksi
- Waktu reaksi lebih cepat karena impuritas dalam reactor kecil

Kerugian:

- Karena reaksi bersifat reversible maka konversinya rendah sehingga kebutuhan bahan baku besar
- *Working capital* lebih mahal
- Kurang aman di lingkungan karena limbah yang dibuang ke alam masih mengandung senyawa kimia dalam jumlah yang besar

2. Proses dengan *Recycle*

Keuntungan:

- Biaya bahan baku lebih murah karena umpan yang belum terkonversi menjadi produk dikembalikan ke reaktor
- Limbah lebih aman dibuang ke lingkungan karena senyawa yang terbangun non air kecil
- Biaya pengolahan limbah lebih murah

Kekurangan:

- Waktu reaksi lebih lama karena impuritas di dalam reaktor lebih besar sehingga kecepatan reaksi lebih lambat
- Diperlukan penambahan alat untuk transportasi dan pretreatment sebelum ke reaktor sehingga diperlukan investasi lebih besar
- Beban di reaktor besar karena umpan adalah campuran dari *fresh feed* dan *recycle* yang mengandung lebih banyak impuritas

Dari pertimbangan di atas dipilih proses *recycle* karena dari segi ekonomi lebih menguntungkan, meskipun investasi lebih besar. Hal ini disebabkan karena biaya pembelian alat *recycle* lebih kecil dari penghematan pembelian bahan baku selama pabrik berdiri. Selain itu juga dari segi pengolahan limbah, proses dengan *recycle* lebih menguntungkan karena biaya pengolahan limbah yang lebih murah yang disebabkan oleh bahan baku yang tidak terkonversi didalam reaktor tidak dibuang melainkan digunakan kembali sebagai *recycle*.

C. Uraian Proses

Proses pembuatan Trimetiletilen secara garis besar dibagi menjadi tahap proses yaitu:

1. Persiapan bahan baku

Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan trimetiletilen adalah metilbuten dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai katalis. Bahan baku metilbuten yang diimpor dari Cina memiliki konsentrasi 98% w/w dalam fase cair.

a. Persiapan Metilbuten

Metilbuten yang diimpor dari Cina memiliki konsentrasi 98% w/w dalam fase cair ditampung terlebih dahulu di tangki penyimpanan (ST-101) dengan kondisi 1 atm dan $30^\circ C$, dialirkan dan dinaikkan tekanannya dengan menggunakan pompa proses (P-101) hingga tekanannya menjadi 4 atm. Setelah itu, metilbuten dipanaskan oleh *heater* (HE-101) hingga temperatur $32^\circ C$ dan dialirkan menuju reaktor.

b. Persiapan Katalis

Katalis yang digunakan ialah Asam Sulfat (H_2SO_4) 65%. Katalis yang didapatkan dari PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur memiliki konsentrasi 96% w/w dalam fase cair ditampung terlebih dahulu di tangki penyimpanan (ST-102) dengan kondisi 1 atm dan $30^\circ C$.

Asam sulfat (H_2SO_4) konsentrasi 96% diumpangkan ke *mixing tank* (MT-101) untuk diencerkan terlebih dahulu dengan menggunakan air proses yang diperoleh dari unit utilitas sampai konsentrasi 65%.

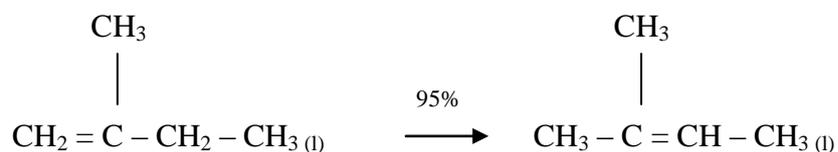
Dari *mixing tank*, larutan asam sulfat dialirkan dan dinaikkan tekanannya dengan menggunakan pompa proses (P-104) hingga tekanannya menjadi 4 atm. Setelah itu, asam sulfat dipanaskan oleh *heater* (HE-101) hingga temperatur 32°C dan dialirkan menuju reaktor (RE-201).

2. Tahapan Proses

Didalam reaktor (RE-201) terjadi reaksi isomerisasi metilbuten yang menghasilkan trimetiletilen dengan bantuan katalis asam sulfat. Reaksi yang terjadi dalam reaktor (RE-201) merupakan reaksi *isothermal* pada suhu 32°C dan tekanan 4 atm. Reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan konversi sebesar 95%.

Reaksi yang terjadi merupakan reaksi endotermis, sehingga diperlukan pemanas berupa koil yang dialiri air sebagai media pemanas dengan suhu masuk 40°C untuk menjaga suhu reaksi tetap pada 32°C .

Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah:



Cairan yang keluar dari reaktor (RE-201) berupa trimetiletilen 95%, metilbuten, 1-penten, air dan asam sulfat kemudian diumpangkan kedalam

Centrifuge (CF-301) untuk memisahkan asam sulfat dan air dari metilbuten, 1-penten dan trimetiletilen. Larutan Asam Sulfat tersebut kemudian *direcycle* kembali sebagai katalis pada reaktor (RE-201).

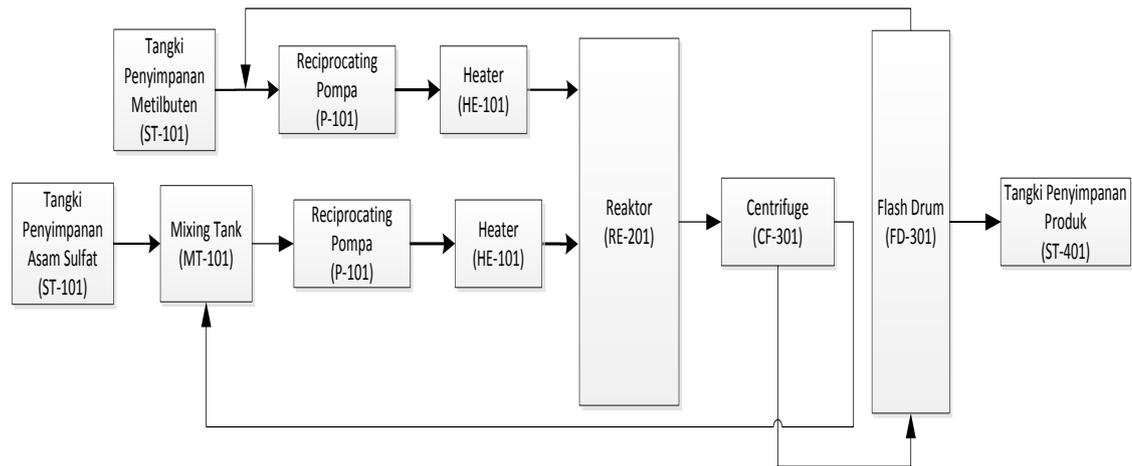
3. Pemurnian dan Penyimpanan Produk

Produk keluaran reaktor (RE-201) kemudian diumpankan kedalam *Centrifuge* (CF-301) untuk memisahkan asam sulfat dan air dari metilbuten, 1-penten dan trimetiletilen. Larutan Asam Sulfat dialirkan diumpankan ke *mixing tank* (MT-101) untuk dicampurkan dengan asam sulfat baru terlebih dahulu dan diencerkan dengan menggunakan air proses yang diperoleh dari unit utilitas sampai konsentrasi 65%. Setelah itu, asam sulfat dialirkan menuju pompa proses (P-104) untuk menaikkan tekanan sampai 4 atm dan *heater* (HE-102) untuk dipanaskan sampai suhu 32°C yang kemudian akan digunakan kembali sebagai katalis pada reaktor (RE-201).

Sedangkan metilbuten, 1-penten, trimetiletilen dan 0,2% H₂SO₄ dialirkan menuju *Distillation Column* (DC-310) untuk memisahkan produk trimetiletilen dari sisa reaktan. Produk atas yang diperoleh berupa metilbuten, 1-penten dan sedikit trimetiletilen kemudian diumpankan kembali (*direcycle*) menuju reaktor (RE-201), sedangkan hasil bawah berupa trimetiletilen, sedikit metilbuten, 1-penten, H₂SO₄ dan air dengan kemurnian trimetiletilen tinggi sekitar 99,97% dengan impurities berupa

0.013% metilbuten; 0,005% 1-penten; 0,002% asam sulfat dan 0.001% air dialirkan masuk ke tangki penyimpanan (ST-401).

Diagram alir proses dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Trimetiletilen