



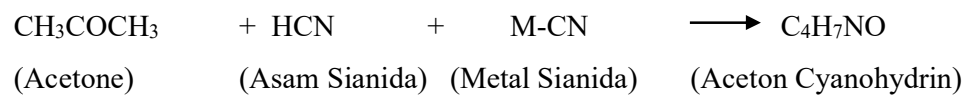
BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Seleksi Proses

Secara garis besar proses pembuatan Aseton Sianohidrin dapat dilakukan dengan beberapa proses yaitu :

1. Reaksi HCN dan Aseton dengan Penambahan Metal Sianida



Proses ini terdiri dari tiga langkah utama yaitu reaksi untuk membentuk Aseton Sianohidrin, stabilisasi Aseton Sianohidrin, dan pemurnian Aseton Sianohidrin. Aseton direaksikan dengan asam sianida dan metal sianida di dalam reaktor yang dilengkapi pendingin. Konsentrasi Acetone yang diumpankan kedalam reaktor dibuat berlebih untuk meningkatkan yield. Temperatur dalam reaktor dipertahankan antara 0°C sampai 50 °C. Pada proses ini pH dijaga pada rentang 7-8. Waktu tinggal di reaktor antara 15 sampai 120 menit. Produk Aseton Sianohidrin hasil reaksi kemudian distabilisasi dengan menambahkan asam organik atau asam anorganik, asam yang dapat digunakan misalnya Asam Sulfat ataupun Asam. Kemurnian Aseton Sianohidrin yang diharapkan lebih dari 90% sehingga diperlukan pemurnian dengan menggunakan filtrasi yang diikuti dengan proses distilasi atau stripper dimana sejumlah acetone, asam sianida, dan air yang dipisahkan dari produk selanjutnya dikembalikan ke reaktor.

Metal – sianida yang dapat digunakan pada proses ini terdiri dari sianida logam alkali, seperti NaCN atau KCN, atau sianida logam alkali tanah, seperti Ca(CN)₂ atau Mg (CN)₂. Komposisi sianida logam dapat mengandung zat penstabil logam hidroksida, misalnya NaOH.

Proses pembuatan Aseton Sianohidrin dari HCN dan Aseton dengan penambahan metal sianida memiliki kelebihan dapat mengurangi kebutuhan



HCN yang sulit penanganannya. Namun waktu operasi yang dijalankan pada proses ini cukup lama, jumlah produk samping yang dihasilkan tinggi dan banyaknya bahan baku yang dibutuhkan memerlukan peralatan yang banyak pula. selain itu, jumlah produk dan kemurnian yang diperoleh pada proses ini cukup rendah. (Stanley, 2003)

2. Reaksi Antara KCN dan Asam Asetat

Proses merupakan proses sintesis Aseton Sianohidrin untuk produksi skala mol dengan memanfaatkan teknologi mikroreaktor. KCN direaksikan dengan Asam Asetat yang mengandung Aseton dalam mikroreaktor dengan reaksi :



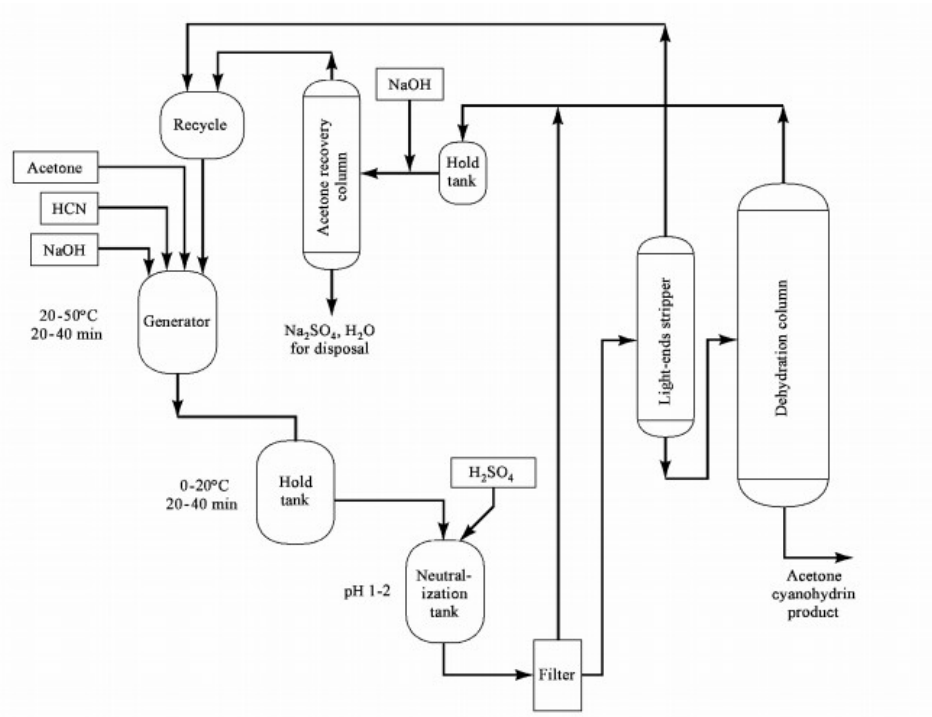
Laju alir umpan KCN terhadap Asam Asetat dengan perbandingan 1:1 sehingga yield dapat mencapai 99%. Rasio KCN terhadap Asam asetat yaitu 1, sedangkan acetone terhadap KCN yaitu 6.3. Temperatur reaksi dalam reaktor pada proses ini yaitu 30°C. Reaksi berjalan selama 16 menit. Penambahan 5 mol LiCl sebagai asam lewis pada larutan dapat mengaktifkan acetone sehingga dapat meningkatkan reaksi, namun yield akan turun seiring dengan kenaikan laju reaksi. Larutan kemudian diekstraksi dengan dietil eter dan dikeringkan dengan MgSO₄. Setelah Filtrasi, pemurnian dilakukan berdasarkan volatilitas dalam kondisi vakum pada 30°C sehingga menghasilkan Aseton Sianohidrin dengan kemurnian 98%.

(Heugebaert,2010)

Proses pembuatan Aseton Sianohidrin dari KCN dan Acetone dalam larutan Asam Asetat memiliki kelebihan proses yang sangat cepat serta lebih aman karena tidak membutuhkan HCN.(Galetti, 2011) namun proses ini hanya bisa dikembangkan dengan teknologi mikroreaktor yang proses pengoperasian nya cukup sulit, selain itu proses pemurnian produk memerlukan beberapa bahan tambahan.

3. Reaksi Langsung HCN dan Aseton dengan Katalis Basa

Aseton Sianohidrin diproduksi langsung oleh reaksi antara Aseton dengan HCN sesuai dengan mekanisme berikut



Gambar II.1 Proses Pembuatan Aseton Sianohidrin dengan Reaksi Langsung Asam Sianida dan Asetone dengan Katalis Basa

Berdasarkan diagram alir pada Gambar II. Aseton dan hidrogen sianida cair diumpankan secara kontinyu ke reaktor yang dilengkapi pendingin dengan sejumlah katalis basa. Katalis selanjutnya dinetralkan dengan asam sulfat untuk mencapai pH 1-2. Proses netralisasi menyebabkan terbentuknya garam NaSO_4 yang dihilangkan dengan filtrasi. Produk Aseton Sianohidrin yang belum murni



kemudian dimurnikan dalam dua tahap proses. Produk atas dari kolom pertama terdiri dari acetone dan hidrogen sianida, yang *direcycle* ke reaktor. Produk atas dari kolom kedua untuk menghilangkan air dan menyisakan aseton sianohidrin dengan kemurnian. (Kirk Othmer 4th, 2004)

Proses pembuatan Aseton Sianohidrin dari HCN dan Acetone dengan katalis basa memiliki kelebihan proses operasi yang cepat, jumlah produk yang di hasilkan cukup tinggi, produk samping yang dihasilkan sedikit, serta proses pemurnian tidak terlalu sulit. Agar pengoperasian dapat berjalan dengan aman bahan baku HCN dapat dibuat melalui metode modifikasi secara akurat, dapat diandalkan, mudah, dan murah dari Natrium Sianida melalui proses hidrolisis dengan air. (Ullmann, 2012)

Tabel II.1 Perbandingan Proses Pembuatan Aseton Sianohidrin

No	Parameter	Proses Reaksi HCN dan aseton dengan penambahan metal sianida ^a	Proses Reaksi Antara KCN dan Asam Asetat ^b	Proses Reaksi Langsung Asam sianida Dan Aseton Dengan Katalis Basa ^c
1	Temperatur Operasi	0-50°C	30°C	20-50°C
2	Waktu Operasi	120 menit	16 menit	20-40 menit
3	Jenis Reaktor	CSTR	Mikroreaktor	CSTR
4	Yield	90%	99%	>97%
5	Kemurnian	>90%	98%	>99%
6	Kelebihan	a) HCN yang dibutuhkan	a) Kemurnian produk	a) Jumlah produk samping



Pra Rencana Pabrik
Pabrik Aseton Sianohidrin dari Aseton dan Natrium Sianida

		tidak terlalu banyak.	mencapai 98% b) Yield Produk mencapai 99% c) Waktu reaksi sangat cepat yaitu 16 menit	garam yang dihasilkan dari proses netralisasi sedikit. b) Waktu reaksi relative cepat yaitu 20-40 menit c) Kemurnian 98-99,5%
	Kekurangan	a) Produk Aseton Sianohidrin dari reaktor memiliki kemurnian yang cukup rendah, sehingga biaya untuk pemurnian produk tinggi. b) Biaya operasi lebih tinggi karena adanya metal sianida sebagai bahan baku membutuhkan	a) Masih dikembangkan dalam skala mol dengan memanfaatkan teknologi mikroreaktor b) Proses pemurnian memerlukan beberapa bahan tambahan seperti Dietil eter dan $MgSO_4$	a) Dari segi safety bahan baku HCN yang digunakan termasuk dalam kategori hazard material sehingga sangat berbahaya jika terjadi kebocoran selama pengangkutan maka diperlukan penanganan khusus.



Pra Rencana Pabrik
Pabrik Aseton Sianohidrin dari Aseton dan Natrium Sianida

		penanganan dan peralatan tambahan pada proses produksi serta mahalnnya harga metal sianida. c) Waktu reaksi dapat mencapai 120 menit		
--	--	---	--	--

a) Stanley, 2003

b) Heugebaert, 2010

c) Kirk Othmer 4th , 2004

Berdasarkan perbandingan uraian tiga proses diatas maka dipilih proses reaksi langsung asam sianida dan aseton dengan katalis basa karena tidak membutuhkan bahan tambahan pada tahap reaksi dan purifikasi produk dan dapat menghasilkan produk dengan kemurnian dan yield yang lebih tinggi dari proses lain, serta waktu operasi cepat.



II.2 Uraian Proses

Proses pembuatan aseton sianohidrin dibagi menjadi 4 tahapan, meliputi :

1. Persiapan bahan baku
2. Hidrolisis natrium sianida
3. Pembentukan aseton sianohidrin
4. Pemurnian aseton sianohidrin

1. Persiapan bahan baku

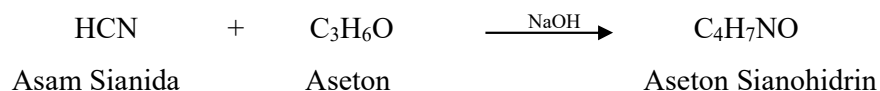
Proses pembuatan aseton sianohidrin menggunakan bahan baku Aseton dan NaCN. Aseton disimpan dalam tangki penyimpanan (F-130) pada fase cair dengan suhu 30 °C dan tekanan 1 atm (Usfi,2014). NaCN pada fase padat disimpan dalam bin (F-110) dengan kondisi 30 °C dan 1 atm (Orica,2019).

2. Hidrolisis natrium sianida

NaCN diangkut menggunakan *belt conveyer* (J-11) dan *bucket elevator* (J-112) kedalam tangki hidrolisis (M-120). NaCN dihidrolisis dengan air pada suhu 35 °C dan tekanan 1 atm menghasilkan NaOH dan HCN, karena pada kondisi tersebut proses hidrolisis berjalan dengan sempurna (Ullman,2012).

3. Pembentukan aseton sianohidrin

HCN dan NaOH dialirkan dengan pompa menuju reaktor (R-210). Aseton dialirkan menuju reaktor dengan pompa untuk direaksikan dengan HCN, kondisi operasi reaktor 35 °C dan tekanan 1,5 atm.



Berdasarkan (Kirk Othmer 4th,2004) . Reaksi berjalan eksotermis dan kontinyu sehingga tangki dilengkapi dengan jaket yang dialirkan air. Produk yang keluar dari reaktor berupa *liquid* masih mengandung campuran gas HCN yang harus dipisahkan dalam *flash drum* (H-220) karena terdiri dari campuran gas dan *liquid*,



kemudian campuran gas dikondensasi dan dikompersi (Subhrata,2020). Produk atas *flash drum* akan dikondensasi untuk *direcycle* ke reaktor, sedangkan produk bawah dialirkan menuju tangki netralisasi (M-230) dengan kondisi operasi 30 °C dan tekanan 1 atm dengan penambahan asam sulfat. Penambahan asam sulfat mengakibatkan terbentuknya natrium sulfat. (Kirk Othmer 4th,2004)

4. Pemurnian aseton sianohidrin

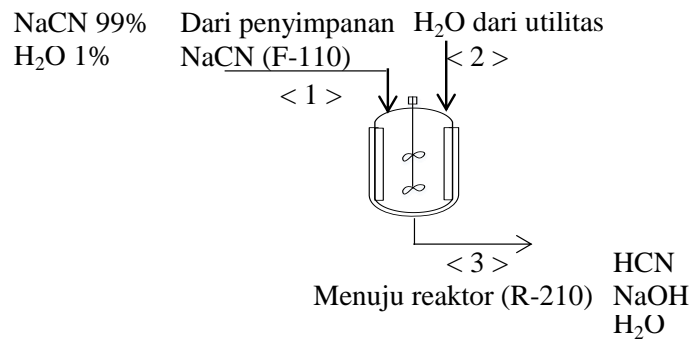
Produk yang keluar dari tangki netralisasi selanjutnya dialirkan menuju *centrifuge* (H-240). *Centrifuge* digunakan untuk memisahkan garam natrium sulfat dan produk aseton sianohidrin secara kontinyu (Walas, 2012). Garam natrium sulfat disimpan dalam bin (F-250) sedangkan *filtrate* dialirkan menuju unit pemurnian (D-310) dengan pemanasan menggunakan *pre-heater*. Komposisi produk yang akan dipisahkan dalam unit pemurnian terdiri dari : aseton, air dan aseton sianohidrin. Kolom distilasi dioperasikan pada suhu 110 °C dan tekanan 1 atm. Produk bawah berupa aseton sianohidrin 98,2150% yang akan disimpan pada tangki penyimpanan (F-320) sedangkan produk atas yaitu air dengan sedikit aseton yang akan dibuang ke unit pengolahan limbah.



BAB III NERACA MASSA

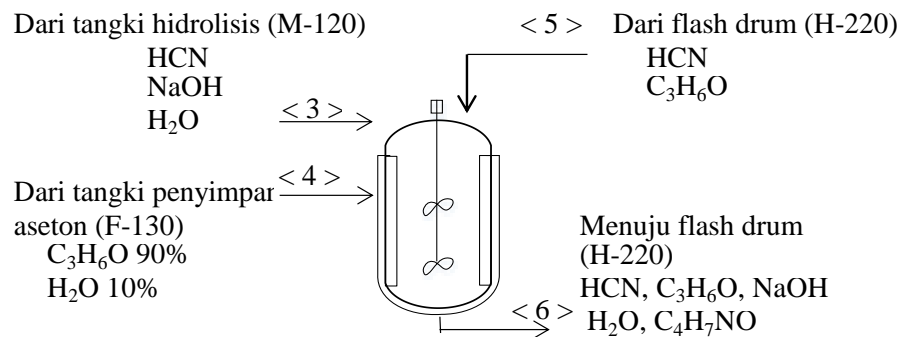
Satuan massa = kilogram
 Basis perhitungan = 1 jam operasi
 Waktu produksi = 330 hari
 Kapasitas produksi = 40000 ton/ tahun (BPS, 2019)

1. Tangki Hidrolisis NaCN (M-120)



Tangki Hidrolisis NaCN (M-120)			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari F-110 < 1 >		Ke reaktor (R-210) < 3 >	
NaCN	2909,0158	HCN	1603,1936
H ₂ O	29,3840	NaOH	2374,2223
	2938,3998	H ₂ O	45,4746
			4022,8904
H ₂ O dari utilitas < 2 >			
H ₂ O	1084,4906		
	1084,4906		
Total	4022,8904	Total	4022,8904

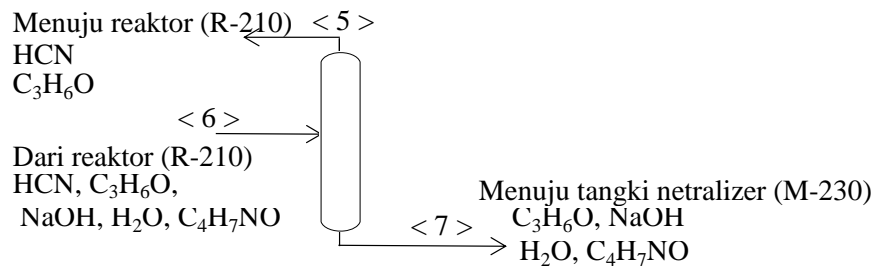
2. Reaktor (R-210)





Reaktor (R-210)			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari M-120 < 3 >		Ke H-220 < 6 >	
NaOH	2374,2223	NaOH	2374,2223
H ₂ O	45,4746	H ₂ O	448,4536
HCN	1603,1936	HCN	84,3786
	<u>4022,8904</u>	C ₃ H ₆ O	181,4375
		C ₄ H ₇ NO	5050,5051
			<u>8138,9970</u>
Dari F-130 < 4 >			
C ₃ H ₆ O	3626,8113		
H ₂ O	402,9790		
	<u>4029,7903</u>		
Dari H-220 < 5 >			
HCN	0,0000		
C ₃ H ₆ O	0,0000		
	<u>0,0000</u>		
Total	8052,6808	Total	8138,9970

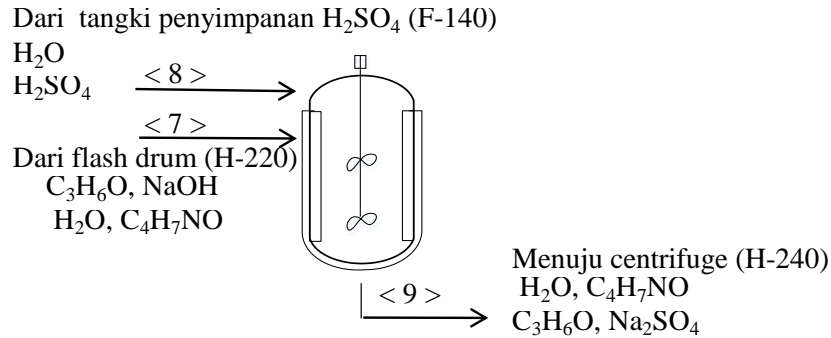
3. Flash Drum (H-230)



Flash Drum (H-220)			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari R-210 < 6 >		Ke M-230 < 7 >	
C ₄ H ₇ NO	5050,5051	C ₄ H ₇ NO	5050,5051
C ₃ H ₆ O	181,4375	C ₃ H ₆ O	179,5051
H ₂ O	448,4536	H ₂ O	448,4536
HCN	84,3786	HCN	0,0000
NaOH	2374,2223	NaOH	2374,2223
	<u>8138,9970</u>		<u>8052,6861</u>
		Ke R-210 < 5 >	
		C ₃ H ₆ O	1,9323
		HCN	84,3786
			<u>86,3109</u>
Total	8138,9970	Total	8138,9970

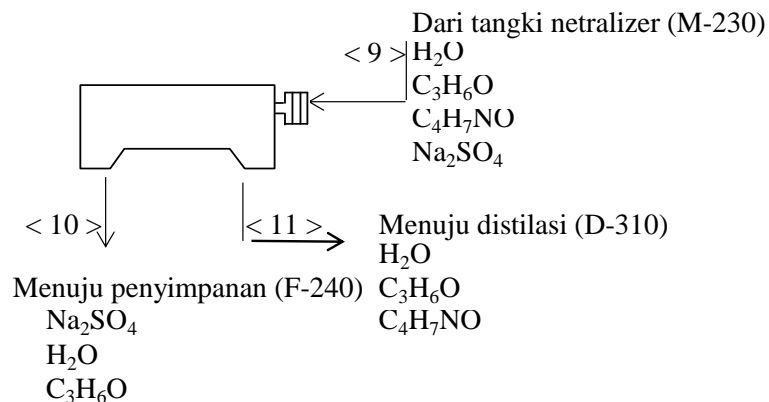


4. Netralizer (M-230)



Netralizer (M-230)			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari H-220 < 7 >		Ke H-240 < 9 >	
NaOH	2374,2223	NaOH	0,0000
H_2O	448,4536	H_2O	1576,2576
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	181,4375	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	181,4375
$\text{C}_4\text{H}_7\text{NO}$	5050,5051	$\text{C}_4\text{H}_7\text{NO}$	5050,5051
	8054,6184	H_2SO_4	0,0000
Dari F-140 < 8 >		Na_2SO_4	4216,6188
H_2SO_4	2910,7966		11024,8189
H_2O	59,4040		
	2970,2006		
Total	11024,8190	Total	11024,8189

5. Centrifuge (H-240)

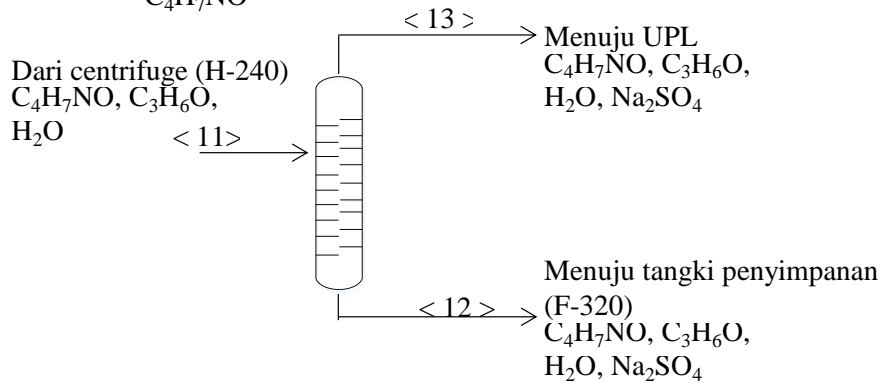




Centrifuge (H-240)			
Masuk		Keluar	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
Dari M-230 < 9 >		Ke F-244 < 10 >	
H ₂ O	1576,2576	H ₂ O	7,6707
C ₃ H ₆ O	181,4375	C ₃ H ₆ O	0,8829
C ₄ H ₇ NO	5050,5051	C ₄ H ₇ NO	24,5778
Na ₂ SO ₄	4216,6188	Na ₂ SO ₄	3584,5395
	11024,819		3617,6710
		Ke D-310 < 11 >	
		H ₂ O	1568,5869
		C ₃ H ₆ O	180,5545
		C ₄ H ₇ NO	5025,9272
		Na ₂ SO ₄	632,0793
			7407,1480
Total	11024,8189	Total	11024,8189

6. Menara Distilasi (D-310)

Fungsi : Untuk memisahkan H₂O dan C₃H₆O yang terkandung dalam *crude* C₄H₇NO





Distilasi (D-310)			
Masuk		Keluar	
Komponen	Kg/jam	Komponen	Kg/jam
Dari H-240 < 11 >		ke UPL < 13 >	
H ₂ O	1568,5869	C ₄ H ₇ NO	65,5763
C ₃ H ₆ O	180,5545	C ₃ H ₆ O	180,5527
C ₄ H ₇ NO	5025,9272	H ₂ O	1482,3146
Na ₂ SO ₄	632,0793	Na ₂ SO ₄	628,1992
	7407,1480		2356,6429
		ke F-320 < 12 >	
		C ₄ H ₇ NO	4960,3509
		C ₃ H ₆ O	0,0018
		H ₂ O	86,2723
		Na ₂ SO ₄	3,8801
			5050,5051
Total	7407,1480	Total	7407,1480