

EXECUTIVE SUMMARY
TUGAS PERANCANGAN PABRIK KIMIA



PRA-RANCANGAN PABRIK PARAXYLENE PROSES
DISPROPORSIONASI TOLUENE KAPASITAS 300.000 TON/TAHUN

Oleh :

ARIF FAJAR UTOMO	L2C008118
PRAMITHA ROSYIDHI	L2C008143

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2011

EXECUTIVE SUMMARY

JUDUL TUGAS	PRA-RANCANGAN PABRIK PARAXYLENE PROSES DISPROPORSIONASI TOLUENE	
	KAPASITAS PRODUKSI	300.000 TON/TAHUN

I. STRATEGI PERANCANGAN

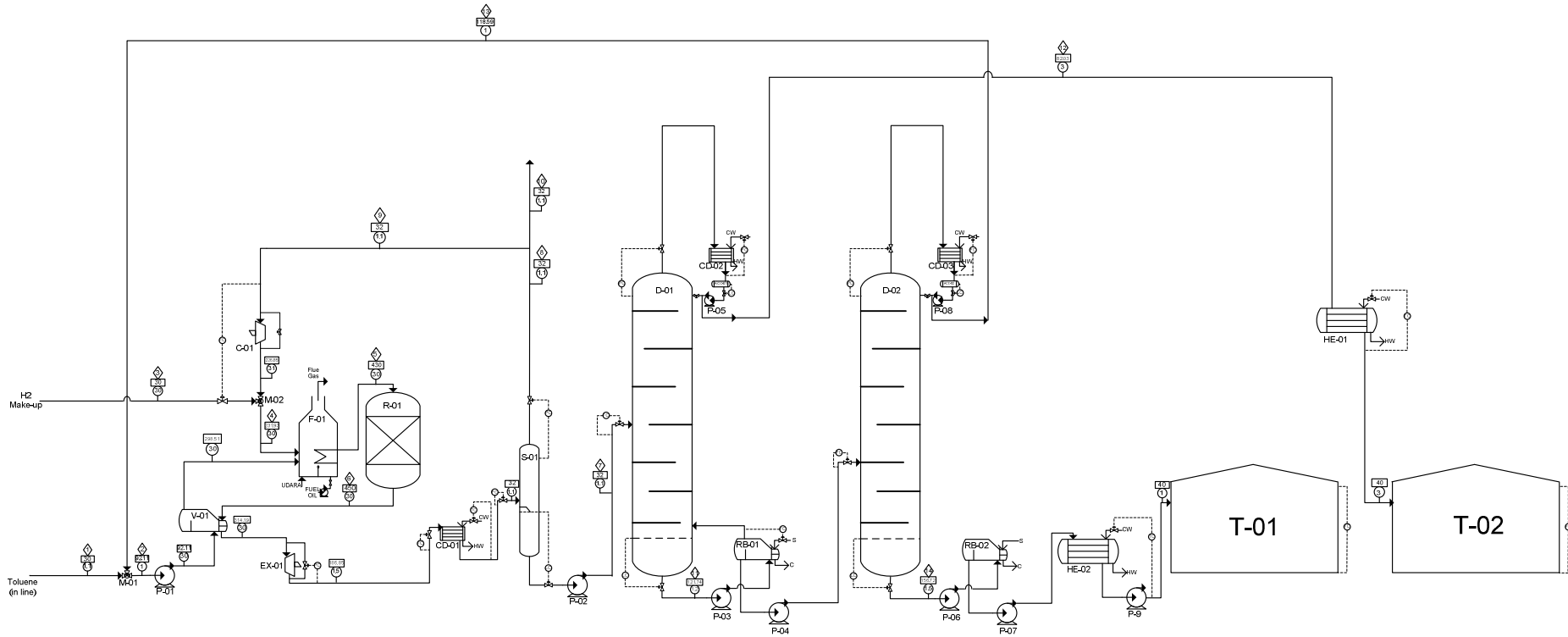
Latar belakang	<p>Pembangunan di bidang industri kimia di Indonesia semakin pesat perkembangannya. Hal ini dibuktikan dengan didirikannya banyak pabrik kimia di Indonesia. Kegiatan pengembangan industri kimia di Indonesia diarahkan untuk meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri akan bahan kimia, perkembangan penggunaan teknologi dan juga sekaligus ikut memecahkan masalah ketenagakerjaan.</p> <p>Sejak 1998, Industri Purified Terephthalic Acid (PTA) mengalami perkembangan yang sangat pesat. Di Indonesia ada lima fasilitas produksi PTA yang beroperasi, yakni: Pertamina Plaju Aromatic (225.000 ton/tahun), Bakrie Kasei PTA (640.000 ton/tahun), Amoco Mitsui PTA Indonesia (420,000 ton/tahun), Polysindo Eka Perkasa (340,000 ton/tahun) dan Polyprima Karya Reksa (350,000 ton/tahun). Total produksi kelima produsen PTA ini mencapai 1,98 juta ton/tahun. PTA sendiri diproduksi dari paraxylene sebagai bahan baku. (SNI Penguat Daya Saing Bangsa, hal.101)</p> <p>Perkembangan industri PTA ini berdampak pada tingkat konsumsi paraxylene yang juga meningkat. Saat ini kebutuhan paraxylene nasional mencapai 1.5 juta ton per tahunnya, dimana hanya terdapat 2 produsen paraxylene di Indonesia, yaitu PT. TPPI (kapasitas 550.000 ton/tahun) dan PT. Pertamina (kapasitas 270.000 ton/tahun), dengan total kapasitas 820.000 ton/tahun. Sehingga, Indonesia masih mengandalkan impor untuk menutupi kekurangan suplai paraxylene dalam negeri. Biaya impor sangat dipengaruhi oleh kurs nilai rupiah terhadap mata uang asing terutama dollar amerika sehingga diharapkan dapat mengurangi impor paraxylene dari luar negeri dengan dibangunnya pabrik paraxylene baru di Indonesia.</p> <p>Paraxylene dengan struktur C_8H_{10} atau yang disebut 1,4 dimetilbenzene adalah senyawa aromatik dengan kenampakan cairan jernih yang banyak</p>
----------------	---

	<p>digunakan dalam industri kimia bila dibandingkan dengan isomer-isomer lainnya (ortho dan meta), dimana bahan ini dapat diolah menjadi beberapa produk akhir diantaranya Purified Terephthalic Acid (PTA), Dimethyl Terephthalate (DMT), dan polyester yang digunakan sebagai bahan industri plastik dan tekstil.</p>
<p>Dasar penetapan kapasitas produksi</p>	<p>Penentuan kapasitas perancangan ini didasarkan pada kondisi sekarang dan kondisi-kondisi yang mungkin terjadi pada tahun pendirian, serta kondisi yang mungkin terjadi dari tahun perancangan sampai dengan tahun pendirian.</p>
<p>Dasar penetapan lokasi pabrik</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Letak dan ketersediaan bahan baku <p>Bahan baku merupakan kebutuhan pokok bagi kelangsungan suatu pabrik sehingga kekontinuitasannya harus selalu dijaga. Bahan baku pembuatan paraxylene sendiri yaitu toluene dan hidrogen yang diperoleh secara <i>in line</i> melalui pipa dari kilang Tuban dengan kapasitas yang memenuhi kebutuhan proses.</p> 2. Pemasaran <p>Pemasaran paraxylene selain ditekankan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, diharapkan pula dapat diekspor ke luar negeri sehingga dapat menambah devisa negara. Paraxylene memiliki banyak kegunaan karena merupakan bahan baku untuk banyak industri kimia, seperti PTA, resin ester, pelapis cat, emulsifier, bahan penggosok, pewarna, dan perekat. Sehingga untuk pemasaran paraxylene sendiri cukup mudah dan biaya investasi penyimpanan produk dapat dikurangi.</p> 3. Transportasi <p>Sarana transportasi merupakan sarana pendukung untuk pemasaran produk paraxylene. Di Kawasan Industri Tuban sendiri telah tersedia sarana transportasi yang sangat memadai baik transportasi darat maupun laut. Sarana transportasi darat di kawasan Tuban didukung oleh jalan raya jalur pantura dan untuk transportasi laut dilengkapi dengan pelabuhan yang memadai.</p> 4. Tenaga Kerja <p>Kawasan Industri Tuban merupakan kawasan yang berdekatan dengan daerah pemukiman sehingga diharapkan dengan didirikannya pabrik paraxylene di Tuban dapat memperluas kesempatan untuk menyerap tenaga kerja dari daerah sekitar. Sehingga dapat mengurangi angka pengangguran, pemerataan</p>

	<p>kesempatan kerja, dan dapat meningkatkan pendapatan daerah setempat.</p> <p>5. Utilitas</p> <p>Untuk pemenuhan utilitas pabrik, kawasan Tuban letaknya berdekatan dengan sumber-sumber daya alam. Untuk letaknya sendiri yang berdekatan dengan laut maka untuk pemenuhan kebutuhan air dapat dipenuhi dengan proses desalinasi air laut. Untuk listrik dan sarana-sarana lain dapat dengan mudah diperoleh mengingat di kawasan industri ini telah banyak berdiri industri berskala besar lainnya.</p>
Dasar pemilihan proses	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reaksi disproporsionasi toluene tidak mempunyai reaksi samping sedangkan reaksi alkilasi toluene mempunyai reaksi samping yang cukup banyak (hingga 3 reaksi samping). 2. Reaksi disproporsionasi toluene mempunyai produk samping benzene yang cukup besar, namun dalam hal ini benzene dapat diolah untuk dijual. 3. Dalam proses ini, pemisahan produk akhir lebih mudah karena tidak ada ethylbenzene yang dihasilkan. 4. Kemurnian xylene yang kaya paraxylene lebih tinggi (> 90%). 5. Yield dan selektivitas paraxylene yang dihasilkan lebih tinggi.
BAHAN BAKU	
Nama	Toluene
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> • Fasa : cair (P = 1 atm ; T = 30 °C) • Kenampakan : jernih • Kemurnian : min 99,0% wt • Densitas : 0,8623 (T = 25 °C) • Impuritas <ul style="list-style-type: none"> - P-xylene : max 0,5% wt - M-xylene : max 0,3% wt - O-xylene : max 0,2% wt • Flash point : 4,4 °C • Auto ignition point : 480 °C
Nama	Hidrogen
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> • Fasa : Gas (P = 30 atm ; T = 30 °C) • Kenampakan : tidak berwarna

	<ul style="list-style-type: none"> • Kemurnian : min 99,9% wt • Densitas : 0,0352 (T = 25 °C) • Impuritas <ul style="list-style-type: none"> - CH₄ : max 0,1% wt • Flash point : -28 °C • Fire point : -5 °C
PRODUK UTAMA	
Nama	Paraxylene
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> • Fasa : cair • Kenampakan : jernih • Kemurnian : min 99,9% wt • Impuritas <ul style="list-style-type: none"> - M-xylene : max 0,07% wt - O-xylene : max 0,02% wt - Toluene : max 0,001% wt • Flash point : 27,2 °C • Fire point : 530 °C
PRODUK SAMPING	
Nama	Benzene
Spesifikasi	<ul style="list-style-type: none"> • Fasa : cair • Kenampakan : jernih kekuningan • Kemurnian : min 99,9% wt • Impuritas <ul style="list-style-type: none"> - Toluene : max 0,01% wt • Flash point : -11,1 °C • Fire point : 498 °C

II. DIAGRAM ALIR DAN PENERACAAN



Komponen	Arus (kg/jam)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Toluene	65911.02	21289.04	0	0	21289.04	146617.5	146642.322	0	0	0	146611.03	31.3	146575.87	35.15
Paraxylene	329.47	1072.82	0	0	1072.82	38615.91	38556.22	0	0	0	38556.22	0	732.55	37823.67
Metaxylene	199.06	643.59	0	0	643.59	2348.64	2341.38	0	0	0	2341.38	0	443.08	1898.3
Orthoxylene	137.81	429.72	0	0	429.72	825.85	839.24	0	0	0	839.24	0	306.75	532.49
Benzene	0	0	0	0	0	26671.51	26691.86	0	0	0	0	26691.86	0	0
H2	0	0	116.26	2325.18	2325.18	2325.18	0	2325.18	2208.917	116.26	0	0	0	0
CH4	0	0	0.896	18.61	18.61	18.61	0	18.66	17.762	0.9	0	0	0	0
JUMLAH	66577.38	23435.16	117.16	2343.79	25778.95	217423.16	215071.02	2343.84	2226.679	117.16	188347.87	26723.16	148058.25	40289.61

2.1. Peneracaan

2.1.1. Neraca Massa

A. Neraca Massa di Sekitar Mixer 1 (M-01)

KOMPONEN	INPUT (kg/jam)		OUTPUT (kg/jam)
	ARUS 1	ARUS 13	ARUS 2
Toluene	65911.021	146575.873	212486.894
Paraxylene	329.473	732.546	1062.019
Metaxylene	199.067	443.084	642.151
Ortoxylene	137.815	306.750	444.566
Benzene	-	-	-
H ₂	-	-	-
CH ₄	-	-	-
JUMLAH	66577.376	148058.254	214635.630
	214635.630		

B. Neraca Massa di Sekitar Mixer 2 (M-02)

KOMPONEN	INPUT (kg/jam)		OUTPUT (kg/jam)
	ARUS 3	ARUS 9	ARUS 4
Toluene	-	-	-
Paraxylene	-	-	-
Metaxylene	-	-	-
Ortoxylene	-	-	-
Benzene	-	-	-
H ₂	116.264	2208.917	2325.181
CH ₄	0.896	17.762	18.657
JUMLAH	117.159	2226.679	2343.838
	2343.838		

C. Neraca Massa di Sekitar Mixer 3 (M-03)

KOMPONEN	INPUT (kg/jam)		OUTPUT (kg/jam)
	ARUS 3	ARUS 9	ARUS 4
Toluene	212486.894	-	212486.894
Paraxylene	1062.019	-	1062.019
Metaxylene	642.151	-	642.151
Ortoxylene	444.566	-	444.566
Benzene	-	-	-
H ₂	-	2325.181	2325.181
CH ₄	-	18.657	18.657
JUMLAH	214635.630	2343.838	216979.468
	216,979.468		

D. Neraca Massa di Sekitar Reaktor (R-01)

KOMPONEN	INPUT (kg/jam)		OUTPUT (kg/jam)
	ARUS 2	ARUS 4	ARUS 6
Toluene	212489.038	-	146617.458
Paraxylene	1072.815	-	38615.908
Metaxylene	643.590	-	2348.635
Ortoxylene	429.719	-	825.850
Benzene	-	-	26671.512
H ₂	-	2325.181	2325.181
CH ₄	-	18.611	18.611
JUMLAH	214635.162	2343.792	217423.154
	216978.954		

E. Neraca Massa di Sekitar Separator (S-01)

KOMPONEN	INPUT (kg/jam)	OUTPUT (kg/jam)	
	ARUS 6	ARUS 7	ARUS 8
Toluene	146642.322	146642.322	-
Paraxylene	38556.215	38556.215	-
Metaxylene	2341.381	2341.381	-
Ortoxylene	839.242	839.242	-
Benzene	26691.864	26691.864	-
H ₂	2325.181	-	2325.181
CH ₄	18.657	-	18.657
JUMLAH	217414.861	215071.023	2343.838
		217414.861	

F. Neraca Massa di Sekitar Purgung

KOMPONEN	INPUT (kg/jam)	OUTPUT (kg/jam)	
	ARUS 8	ARUS 9	ARUS 10
Toluene	-	-	-
Paraxylene	-	-	-
Metaxylene	-	-	-
Ortoxylene	-	-	-
Benzene	-	-	-
H ₂	2325.181	2208.917	116.264
CH ₄	18.657	17.762	0.896
JUMLAH	2343.838	2226.679	117.159
		2343.838	

G. Neraca Massa di Sekitar D-01

KOMPONEN	INPUT (kg/jam)	OUTPUT (kg/jam)	
	ARUS 7	ARUS 11	ARUS 12
Toluene	146642.322	146611.027	31.295
Paraxylene	38556.215	38556.215	-
Metaxylene	2341.381	2341.381	-
Ortoxylene	839.242	839.242	-
Benzene	26691.864	-	26691.864
H ₂	-	-	-
CH ₄	-	-	-
JUMLAH	215071.023	188347.865	26723.159
		215071.023	

H. Neraca Massa di Sekitar D-02

KOMPONEN	INPUT (kg/jam)	OUTPUT (kg/jam)	
	ARUS 11	ARUS 13	ARUS 14
Toluene	146611.027	146575.873	35.154
Paraxylene	38556.215	732.546	37823.669
Metaxylene	2341.381	443.084	1898.297
Ortoxylene	839.242	306.750	532.491
Benzene	-	-	-
H ₂	-	-	-
CH ₄	-	-	-
JUMLAH	188347.864	148058.253	40289.611
		188347.864	

2.1.2. Neraca Panas

A. Neraca Panas di Mixer 1 (M-01)

KOMPONEN	INPUT		OUTPUT
	H ₁ (kJ/jam)	H ₁₉ (kJ/jam)	H ₂ (kJ/jam)
Toluene	564559.92	23064374.99	23628519.27
Paraxylene	3076.81	125682.30	128935.14
Metaxylene	1716.12	69783.17	71629.12
Ortoxylene	1218.09	49527.25	50855.13
TOTAL	570570.94	23309367.71	23879938.66
	23879938.66		

B. Neraca Panas di Vaporizer (V-01)

Komponen	INPUT	OUTPUT
	H ₂ (kJ)	H ₃ (kJ)
Toluene	23628519.27	94729270.97
Paraxylene	128935.14	488677.36
Metaxylene	71629.12	295903.12
Ortoxylene	50855.13	209667.82
	23879938.66	
Panas yang dibutuhkan (Q)	71843580.62	
TOTAL	95723519.27	95723519.27

C. Neraca Panas di Kompresor (C-01)

Komponen	INPUT	OUTPUT
	H ₁₃ (kJ/jam)	H ₂₀ (kJ/jam)
H ₂	234096.57	6821982.76
CH ₄	296.90	15425.00
	234393.48	
Panas kompresi	6603014.29	
TOTAL	6837407.76	6837407.76

D. Neraca Panas di Mixer 2 (M-02)

Komponen	INPUT		OUTPUT
	H ₄ (kJ/jam)	H ₂₀ (kJ/jam)	H ₅ (kJ/jam)
H ₂	167184.81	6821982.76	6994911.30
CH ₄	211.85	15425.00	9893.13
	167396.66	6837407.76	
TOTAL	7004804.42		7004804.42

E. Neraca Panas di Furnace

Komponen	INPUT		OUTPUT	
	H ₃ (kJ)	H ₅ (kJ)	H ₆ (kJ)	H ₇ (kJ)
Toluene	94729270.97	-	107861735.60	-
Paraxylene	488677.36	-	19992649.73	-
Metaxylene	295903.12	-	1775941.12	-
Ortoxylyene	209667.82	-	637238.85	-
H ₂	-	6994911.30	-	13757629.52
CH ₄	-	9893.13	-	21944.61
	95723519.27	7004804.42	130267565.30	13779574.13
Bahan Bakar	41318815.73			
TOTAL	144047139.43		144047139.43	

F. Neraca Panas di Reaktor (R-01)

Komponen	INPUT		OUTPUT
	H ₆ (kJ/jam)	H ₇ (kJ/jam)	H ₈ (kJ/jam)
Toluene	107861735.60	-	114828522.80
Paraxylene	19992649.73	-	21287815.65
Metaxylene	1775941.12	-	1890594.04
Ortoxylene	637238.85	-	678341.84
Benzene	-	-	29821047.93
H ₂	-	13757629.52	14442765.98
CH ₄	-	21944.61	23309.51
	130267565.30	13779574.13	182972397.75
	144047139.43		
Panas Reaksi	817849.80		-
Panas yang lepas (Q)	38107408.52		-
TOTAL	182972397.75		182972397.75

G. Neraca Panas di Expander (EX-01)

Komponen	INPUT	OUTPUT
	H ₉ (kJ/jam)	H ₁₀ (kJ/jam)
Toluene	48586285.44	20598508.43
Paraxylene	8965328.29	3775879.66
Metaxylene	801307.49	340796.70
Ortoxylene	287717.78	122439.28
Benzene	12773059.51	5485709.11
H ₂	7280697.48	3500210.71
CH ₄	10349.81	4662.15
	78704745.79	33828206.05
Panas yang lepas (Q)	-	44876539.74
TOTAL	78704745.79	78704745.79

H. Neraca Panas di Kondensor 1 (CD-01)

Komponen	INPUT		OUTPUT
	H ₁₀ (kJ/jam)	H _{vap} (kJ/jam)	H ₁₁ (kJ/jam)
Toluene	20598508.43	52182058.52	1201,175.36
Paraxylene	3775879.66	13337486.67	217,896.28
Metaxylene	340796.70	828895.45	19,982.34
Ortoxylene	122439.28	303036.18	7,184.23
Benzene	5485709.11	9377937.86	325,820.05
H ₂	3500210.71	-	234,096.57
CH ₄	4662.15	-	296.90
	33828206.05	76029414.68	
Pendingin	-107851168.99		
TOTAL	2006451.74		2006451.74

I. Neraca Panas di Separator (S-01)

Komponen	INPUT	OUTPUT	
	H ₁₁ (kJ/jam)	H ₁₃ (kJ/jam)	H ₁₂ (kJ/jam)
Toluene	1201175.36	-	1,201,175.36
Paraxylene	217896.28	-	217,896.28
Metaxylene	19982.34	-	19,982.34
Ortoxylene	7184.23	-	7,184.23
Benzene	325820.05	-	325,820.05
H ₂	234096.57	234096.57	-
CH ₄	296.90	296.90	-
		234393.48	1,772,058.26
TOTAL	2006451.74	2006451.74	

J. Neraca Panas di Kolom Destilasi 1 (D-01)

Komponen	INPUT	OUTPUT	
	H ₁₂ (kJ/jam)	H ₁₄ (kJ/jam)	H ₁₅ (kJ/jam)
Toluene	1201175.36	25580261.14	3,142.30
Paraxylene	217896.28	7329739.18	-
Metaxylene	19982.34	408510.35	-
Ortoxylene	7184.23	150082.80	-
Benzene	325820.05	-	2,781,762.71
	1772058.26	33468593.47	2,784,905.01
		36253498.48	
Panas Reboiler	47187307.68	-	
Panas Kondensor	-	12705867.46	
TOTAL	48959365.94	48959365.94	

K. Neraca Panas di Kolom Destilasi 2 (D-02)

Komponen	INPUT	OUTPUT	
	H ₁₄ (kJ/jam)	H ₁₇ (kJ/jam)	H ₁₉ (kJ/jam)
Toluene	25580261.14	8556.74	24,691,007.59
Paraxylene	7329739.18	9995127.96	134,486.54
Metaxylene	408510.35	460228.10	74,661.25
Ortoxylene	150082.80	132188.85	7,399.12
	33468593.47	10596101.64	24,907,554.50
		35503656.14	
Panas Reboiler	106232780.37	-	
Panas Kondensor	-	104197717.70	
TOTAL	139701373.84	139701373.84	

L. Neraca Panas di HE-01

Komponen	INPUT	OUTPUT
	H ₁₅ (kJ/jam)	H ₁₆ (kJ/jam)
Toluene	3142.30	375.65
Benzene	2781762.71	331154.02
	2784905.01	
Pendingin (Q)	-2453375.34	-
TOTAL	331529.67	331529.67

M. Neraca Panas di HE-02

Komponen	INPUT	OUTPUT
	H ₁₇ (kJ/jam)	H ₁₈ (kJ/jam)
Toluene	8556.74	421.97
Paraxylene	9995127.96	495081.94
Metaxylene	460228.10	22931.97
Ortoxylene	132188.85	6595.33
	10596101.64	
Pendingin (Q)	-10071070.44	
TOTAL	525031.20	525031.20

2.2. Peralatan Proses dan Utilitas

2.2.1. Peralatan Proses

Tangki (T-01)	
Fungsi	Menyimpan produk paraxylene
Jumlah	2 buah
Waktu Penyimpanan	30 Hari
Kapasitas setiap tangki	619.159,86 ft ³
Kompresor (C-01)	
Fungsi	Menaikkan tekanan gas H ₂ recycle dari 1,1 atm menjadi 31 atm
Jumlah stage	3
Jenis	Kompresor sentrifugal multi stage
Suhu masuk	32 °C

Suhu keluar	226,85 °C	
Power	300 HP	
Reaktor (R-01)		
Fungsi	Tempat berlangsungnya reaksi Disproporsionasi Toluene menghasilkan paraxylene dengan Katalis ZSM-5	
Jenis	Fixed bed catalytic	
Jumlah	1 buah	
Kondisi	Non isothermal – non adiabatik	
Temperatur	430 – 450 °C	
Tekanan	30 atm	
Fase reaksi	Reaktan gas dengan katalis padat	
Kolom Distilasi (D-02)		
Fungsi	Memisahkan produk paraxylene dan toluene	
Jenis menara	Tray tower (Sieve tray)	
Jumlah plate actual	36	
Kondisi operasi puncak	Tekanan	1 atm
	Suhu	118,59 °C
Kondisi operasi dasar	Tekanan	1 atm
	Suhu	156,72 °C
Lokasi umpan masuk	Plate ke-12 dari puncak kolom	
Heat exchanger (HE-02)		
Fungsi	Menurunkan suhu paraxylene sampai suhu penyimpanan	
Tipe	1,2 Shell and Tube Heat Exchanger	
Kapasitas	Fluida panas	40.289,61 kg/jam
	Fluida dingin	150.971,61 kg/jam
Beban panas (Q)	8.972.092,44 Btu/jam	
Luas perpindahan panas (A)	1182,62 ft ²	

2.2.2. Utilitas

AIR	
Air pendingin (cooling water)	102.637,38 m ³ /hari
Make up air pendingin	10.263,74 m ³ /hari
Air untuk sanitasi	27,86 m ³ /hari
Total kebutuhan air	112928.98 m ³ /hari
Didapat dari sumber	Pengolahan air laut di Pantai Utara Jawa
STEAM	
Kebutuhan steam	41840,72 lb/jam
Jenis boiler	<i>Water tube boiler</i>
LISTRIK	
Kebutuhan listrik	843.79 kW
Dipenuhi dari	- Suplai dari PLN - Pembangkit tenaga listrik sendiri (Generator)
BAHAN BAKAR	
Jenis	IDO
Kebutuhan	3624,8 lt/hari
Sumber dari	Pertamina dan distributornya

III. PERHITUNGAN EKONOMI

Plant Start Up	US\$	5885619.61
Fixed capital investment	US \$	58856196.07
Working capital	US \$	47286432.73
Total capital investment	US \$	112028248.41
ANALISIS KELAYAKAN		
Return on Investment (ROI)	Before tax : 33.34 %	After tax : 25.05 %.
Pay Out Time (POT)	Before tax : 2,38 tahun	After tax : 2,82 tahun
Break Even Point (BEP)	27.63 %	
Shut Down Point (SDP)	11.12 %	
Discounted cash flow (i)	28.76 %	