

EXECUTIVE SUMMARY

LIFE CYCLE ASSESSMENT

PT PUPUK KALIMANTAN TIMUR

2022



Judul Kajian

Laporan Kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) PT Pupuk Kalimantan Timur

Identitas Pemrakarsa

Nama Perusahaan : PT Kalimantan Timur
Alamat : JL. Ir. James Simanjutak Bontang 75313
Nomor Telepon/Fax : (0548) 41201/41202 / (0548) 41616/41626
Website : www.pupukkaltim.com

Pelaksana

- Pelaksana Internal :
 1. Novian Sulisty Nugroho
 2. Nur Suci Larasati
 3. Insyah Media Luktyansyah
 4. Vidya Putra Adhytamaa
 5. Ana Noor Hayati

- Pelaksana Eksternal :
 1. Anwar Rosyid, S.T., M.T.
 2. Altelah Anisa Valmay, S.T.

Tanggal Publikasi Laporan

27 September 2022

Tujuan

Tujuan dari penerapan LCA adalah:

- a. Melakukan penilaian dampak lingkungan (*environmental footprint*) untuk membuat program perbaikan ke depan.
- b. Melaksanakan identifikasi peluang untuk meningkatkan kinerja lingkungan agar mengurangi dampak lingkungan secara konsisten.
- c. Mengumpulkan data inventori sebagai bentuk kontribusi pembuatan *database* LCA nasional.
- d. Melakukan deklarasi produk ramah lingkungan (*Environmental Product Declarations-Share Environmental Metrics of Products to Customer*) untuk produk pupuk urea dengan satuan per 1 ton produksi pupuk urea dalam jangka panjang.

Lingkup Kajian Daur Hidup

Deskripsi Produk

PT Pupuk Kalimantan Timur industri produksi pupuk urea dimana produksi pupuk terbagi menjadi pabrik 1A, 2, 3, 4 dan 5 dengan kapasitas produksi masing-masing pabrik sebesar 605.848,96 Ton (**Pabrik 1A**), 713.717 Ton (**pabrik 2**), 585.313 Ton (**Pabrik 3**), 569.632 Ton (**Pabrik 4**) dan 1090749,98 Ton (**Pabrik 5**). Sistem produk pupuk yang dikaji dimulai dari *water source*, *natural gas* yang berasal dari pihak ketiga yaitu PT Badak LNG Kalimantan Timur dan PT VICCO yang digunakan dalam proses *natural gas extraction*, bahan kimia yang berasal dari PT Nalco Balikpapan yang digunakan dalam proses H_2SO_4 production dan NaOH production, packaging production yang berasal dari PT Samisurya Indah Plastik dan PT Gemah Makmur Sejahtera, serta produksi listrik dan *steam* dari *sharing*

data dengan pihak ketiga yaitu PT Kaltim Daya Mandiri yang mana kemudian di proses pada unit produksi perusahaan meliputi proses utama dan proses penunjang. Adapun proses utama meliputi *feed treating unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *reforming unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *syngas purification unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *ammonia synthesis unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *ammonia purification unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *process condensate stripper unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *ammonia storage unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *synthesis treating unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *purification unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *concentration unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *granular unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *prilling unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *bagging plant* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *urea storage* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *recovery unit*



(pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5). Sedangkan proses penunjang meliputi *process condensate treatment* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *water treatment* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *plant air & instrument air* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *sea water urea factory* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *maintenance* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), distribusi bahan kimia (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *gas turbine generator* (pabrik 2, 3, dan 4), *steam turbine generator* (pabrik 2, 3, dan 4), *package boiler* (pabrik 2, dan 4), *waste heat boiler* (pabrik 2, 3, dan 4), *supporting facilities* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *solid waste treatment*, dan *hazardouse waste treatment* sehingga menghasilkan produk utama berupa pupuk urea (*gate*). Produk pupuk urea yang dihasilkan tersebut kemudian didistribusikan ke pelanggan dan digunakan oleh konsumen (*grave*). Fungsi dari produk pupuk urea dapat mempercepat pertumbuhan tanaman, dan membuat hasil panen lebih bagus.

Unit Fungsi dan / atau Unit Deklarasi

Unit fungsional yang digunakan pada kajian proses produksi pupuk PT Pupuk Kalimantan Timur adalah dalam satuan 1 Ton produk pupuk urea di area Kota Bontang dengan pengukuran sebelum ke pelanggan (distributor dan kios). Sedangkan **unit deklarasi** yang digunakan oleh perusahaan adalah 1 Ton pupuk beserta *packaging*.

Batasan Sistem

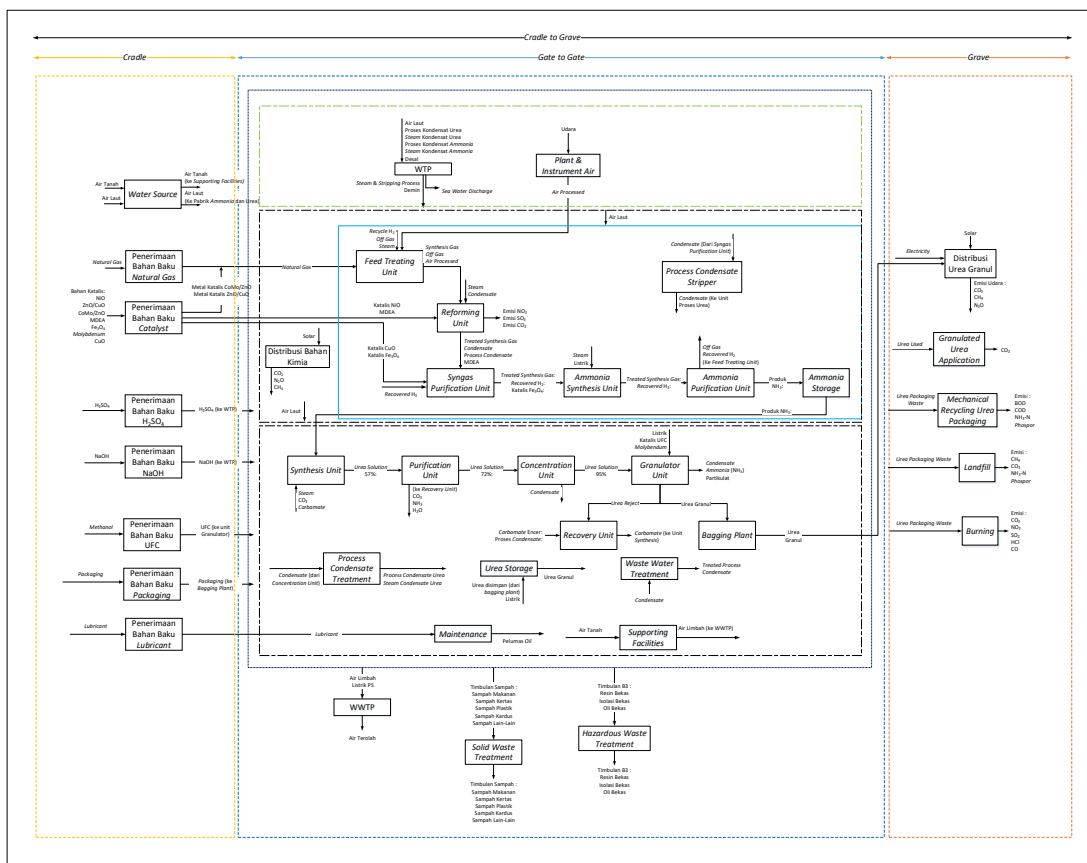
Batasan sistem dari kajian LCA PT Pupuk Kalimantan Timur pada tahun 2021 adalah *cradle to grave* sesuai dengan PCR Pupuk Mineral versi 1.1 Tahun 2022 dan Aturan Kategori Produk Pupuk Kimia Urea Versi 1 tahun 2022 yang disusun oleh Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia yang dimulai dari proses berikut: Sistem produksi dimulai dari *water source*, *natural gas* yang berasal dari pihak ketiga yaitu PT Badak LNG Kalimantan Timur dan PT VICCO yang digunakan dalam proses *natural gas extraction*, bahan kimia yang berasal dari PT Nalco Balikpapan yang digunakan dalam proses H_2SO_4 *production* dan $NaOH$ *production*, *packaging production* yang berasal dari PT Samisurya Indah Plastik dan PT Gemah Makmur Sejahtera, serta produksi listrik dan *steam* dari *sharing data* dengan pihak ketiga yaitu PT Kaltim Daya Mandiri

yang mana kemudian di proses pada unit produksi perusahaan meliputi proses utama dan proses penunjang. Adapun proses utama meliputi *feed treating unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *reforming unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *syngas purification unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *ammonia synthesis unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *ammonia purification unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *process condensate stripper unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *ammonia storage unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *synthesis treating unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *purification unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *concentration unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *granular unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *prilling unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *bagging plant* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *urea storage* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *recovery unit* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5). Sedangkan proses penunjang meliputi *process condensate treatment* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *water treatment* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *plant air & instrument air* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *sea water urea factory* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *maintenance* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), distribusi bahan kimia (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *gas turbine generator* (pabrik 2, 3, dan 4), *steam turbine generator* (pabrik 2, 3, dan 4), *package boiler* (pabrik 2, dan 4), *waste heat boiler* (pabrik 2, 3, dan 4), *supporting facilities* (pabrik 1A, 2, 3, 4, dan 5), *solid waste treatment*, dan *hazardouse waste treatment* sehingga menghasilkan produk utama berupa pupuk urea (*gate*). Produk pupuk urea yang dihasilkan tersebut kemudian didistribusikan ke pelanggan dan digunakan oleh konsumen (*grave*). PT Pupuk Kalimantan Timur memiliki 5 pabrik dengan kapasitas masing-masing 605.848,96 Ton (**Pabrik 1A**), 713.717 Ton (**pabrik 2**), 585.313 Ton (**Pabrik 3**), 569.632 Ton (**Pabrik 4**) dan 1090749,98 Ton (**Pabrik 5**). Berikut

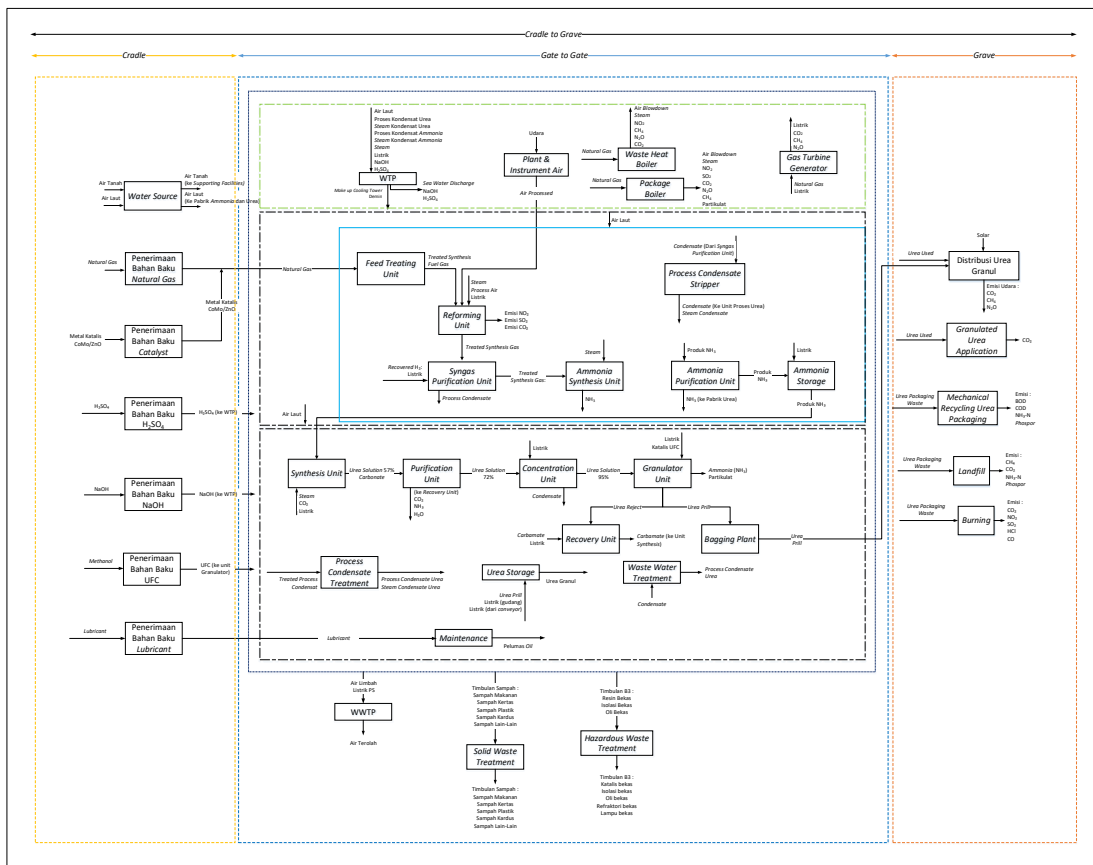
Berikut batasan sistem LCA tahun 2022 dengan lingkup kajian *cradle to grave*, dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.

Jumlah Produk dalam Kajian LCA

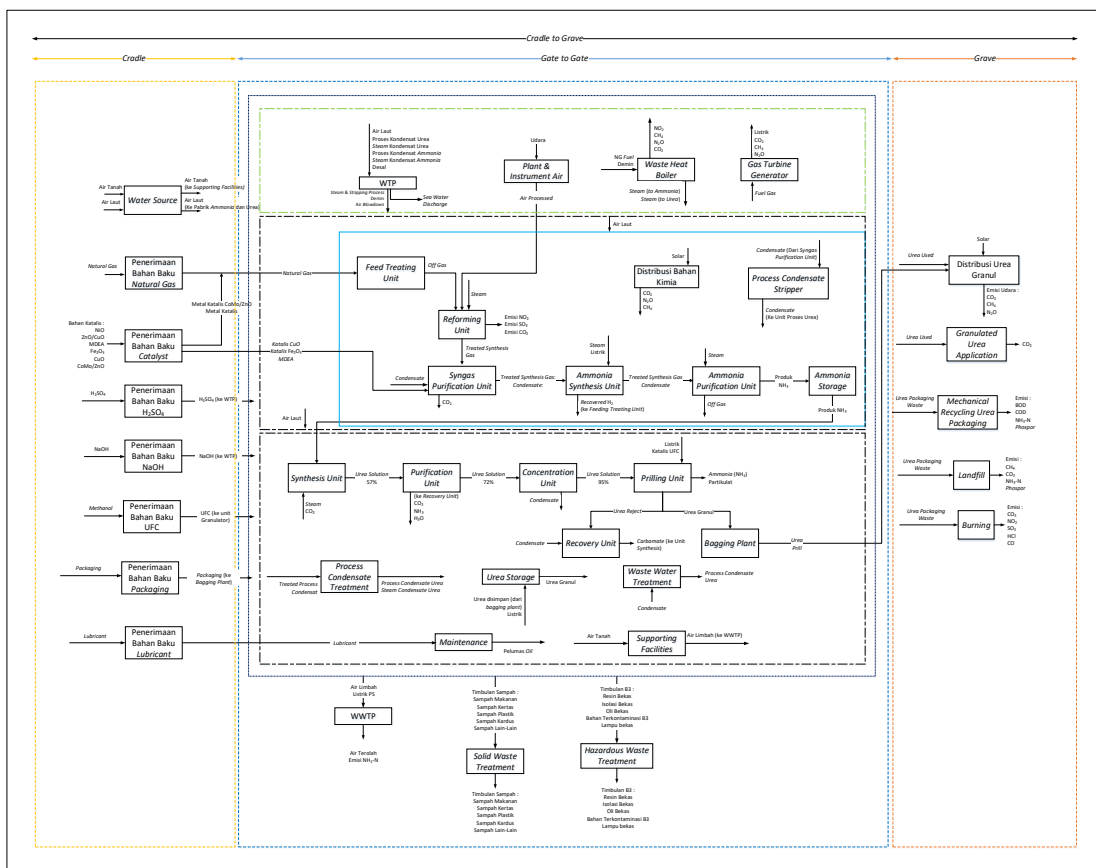
Kajian LCA PT Pupuk Kalimantan Timur telah mencakup produk utamanya yaitu pupuk urea dengan persentase produk 100%.



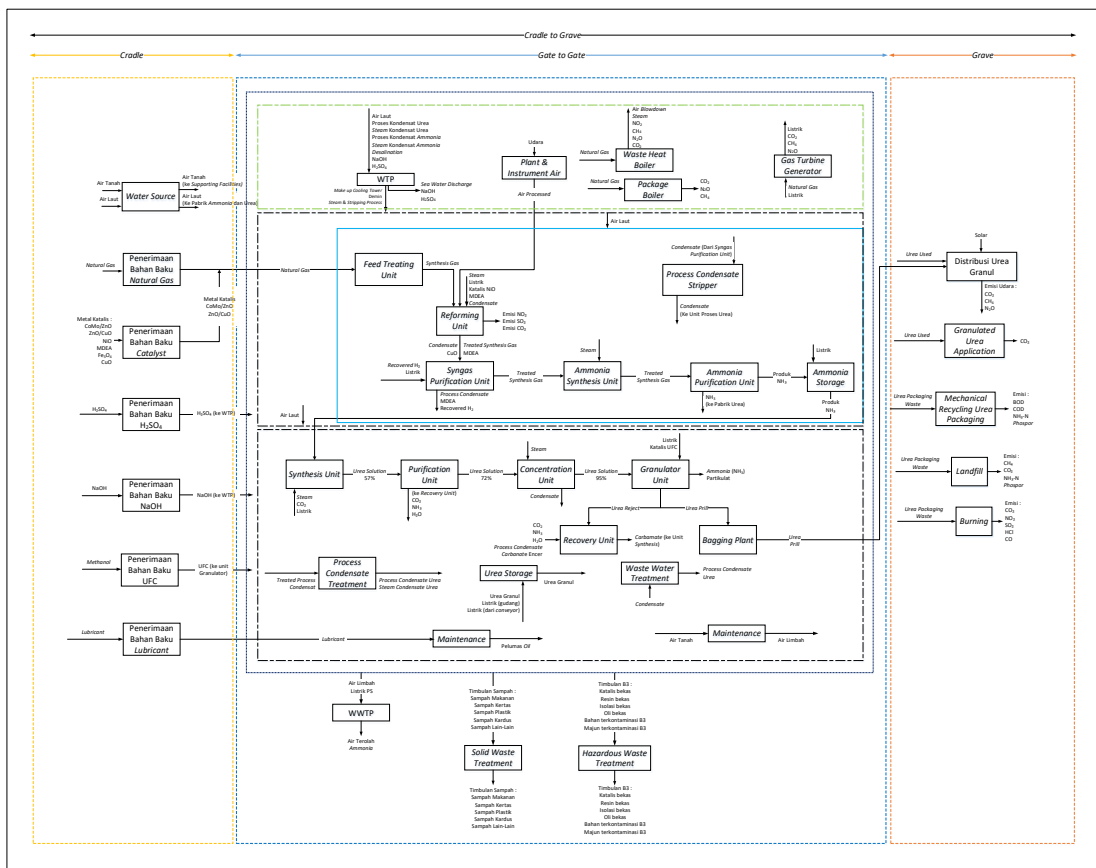
Gambar 1. Batasan Sistem Proses Produksi Pupuk Urea PT Pupuk Kalimantan Timur Pabrik 1A



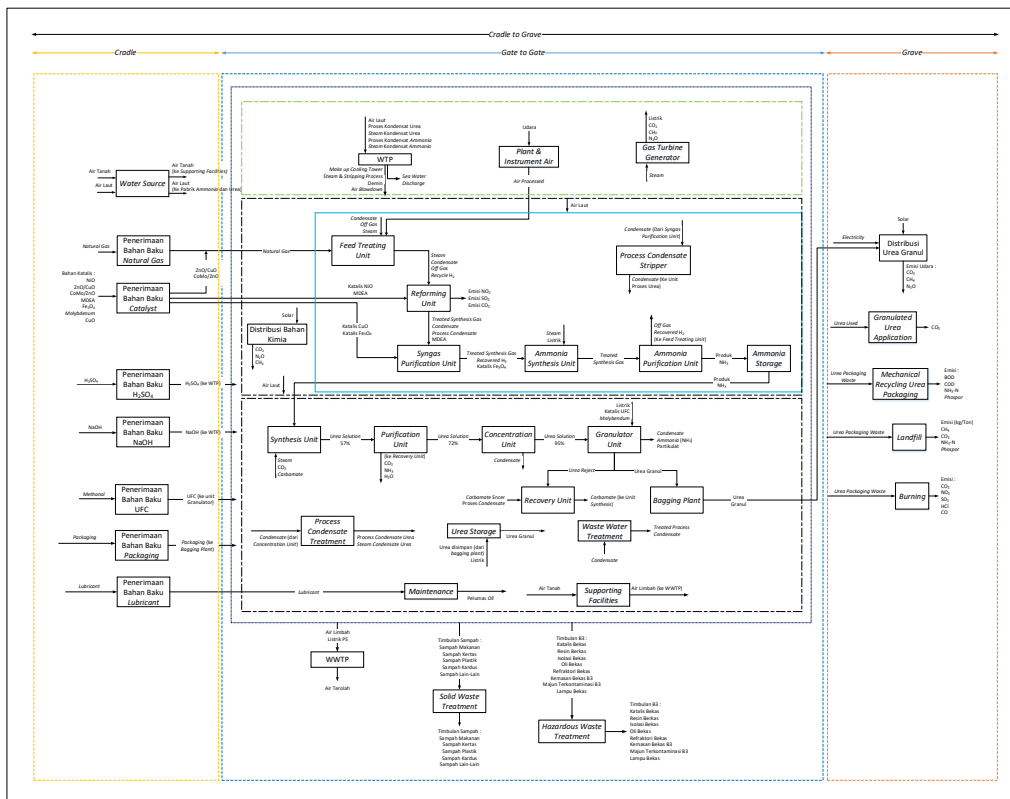
Gambar 2. Batasan Sistem Proses Produksi Pupuk Urea PT Pupuk Kalimantan Timur Pabrik 2



Gambar 3. Batasan Sistem Proses Produksi Pupuk Urea PT Pupuk Kalimantan Timur Pabrik 3



Gambar 4. Batasan Sistem Proses Produksi Pupuk Urea PT Pupuk Kalimantan Timur Pabrik 4

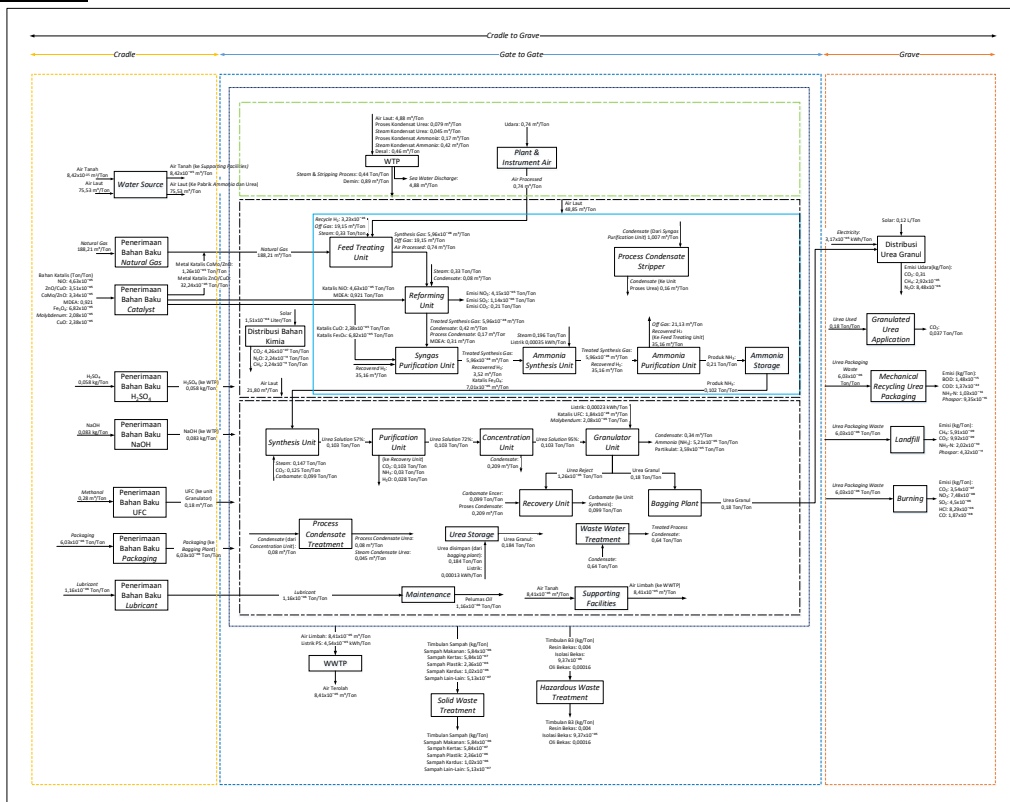


Gambar 5. Batasan Sistem Proses Produksi Pupuk Urea PT Pupuk Kalimantan Timur Pabrik 5

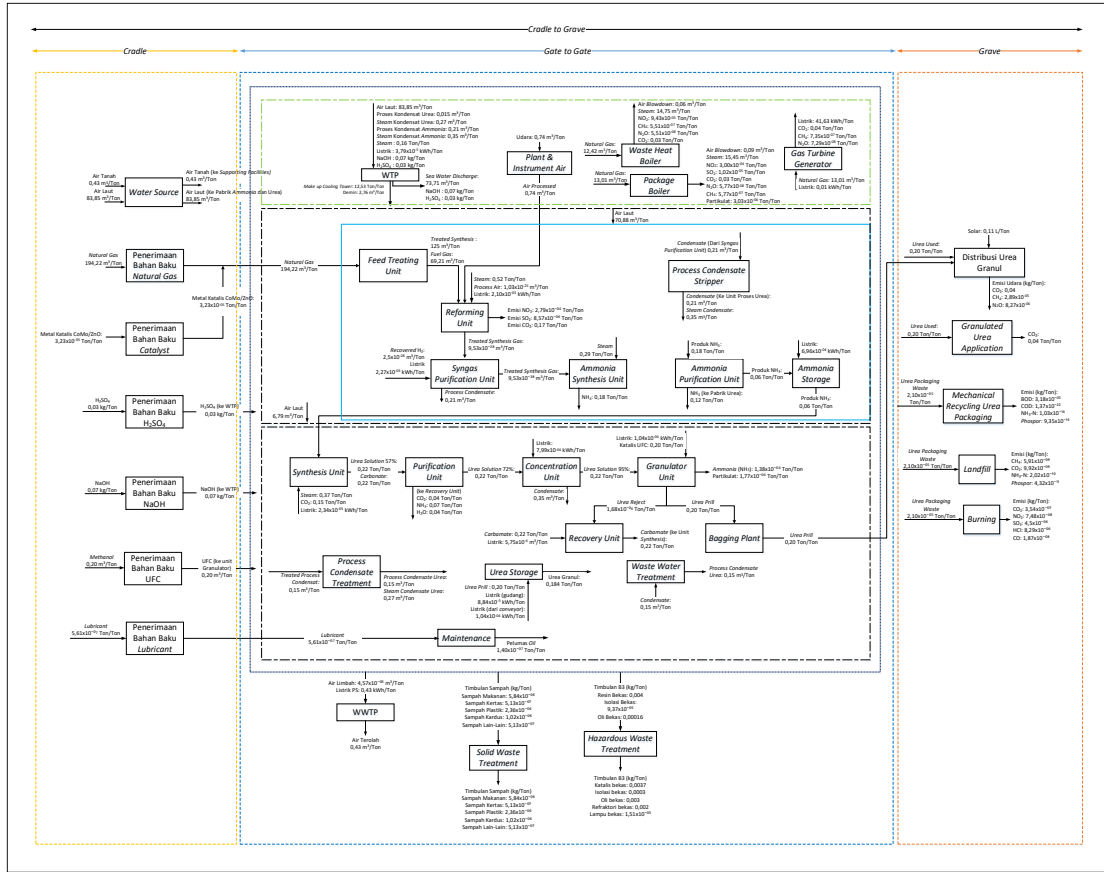
Inventori Daur Hidup

Hasil inventori selengkapnya terdapat pada Lampiran I Laporan Kajian LCA.

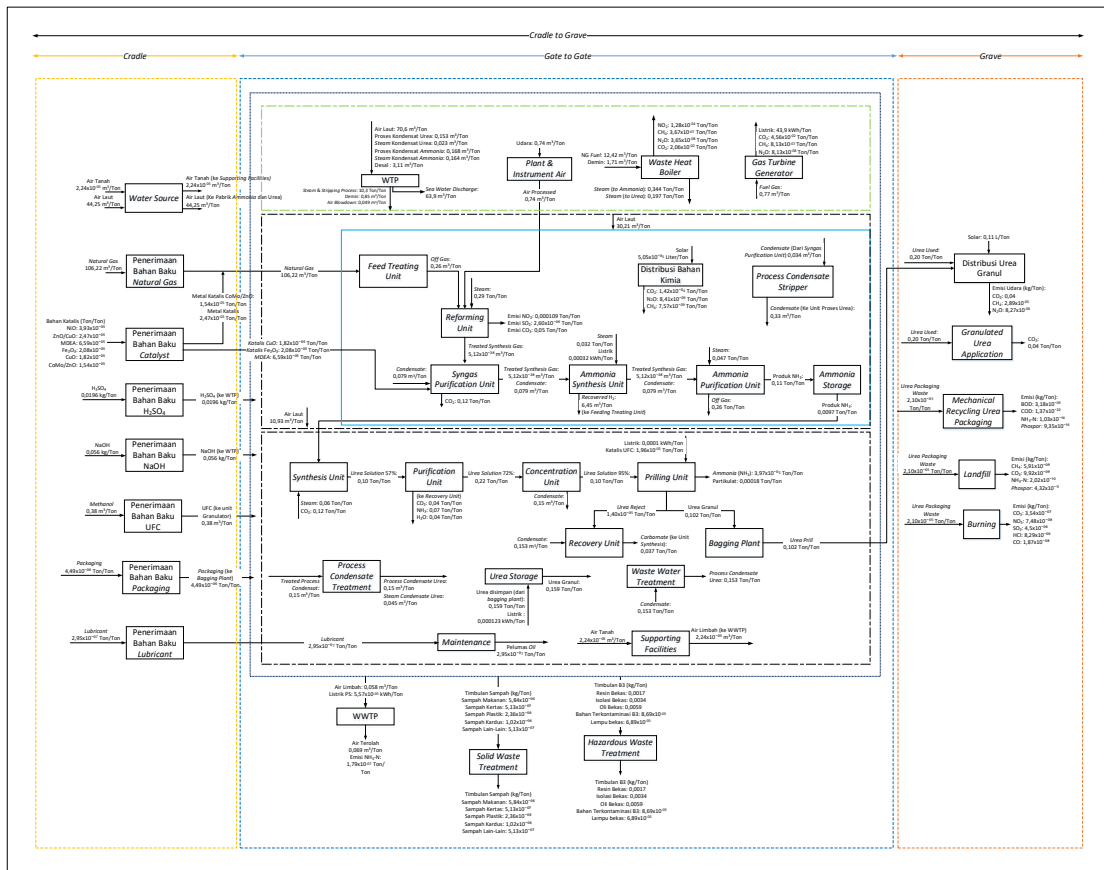
Mass Balance



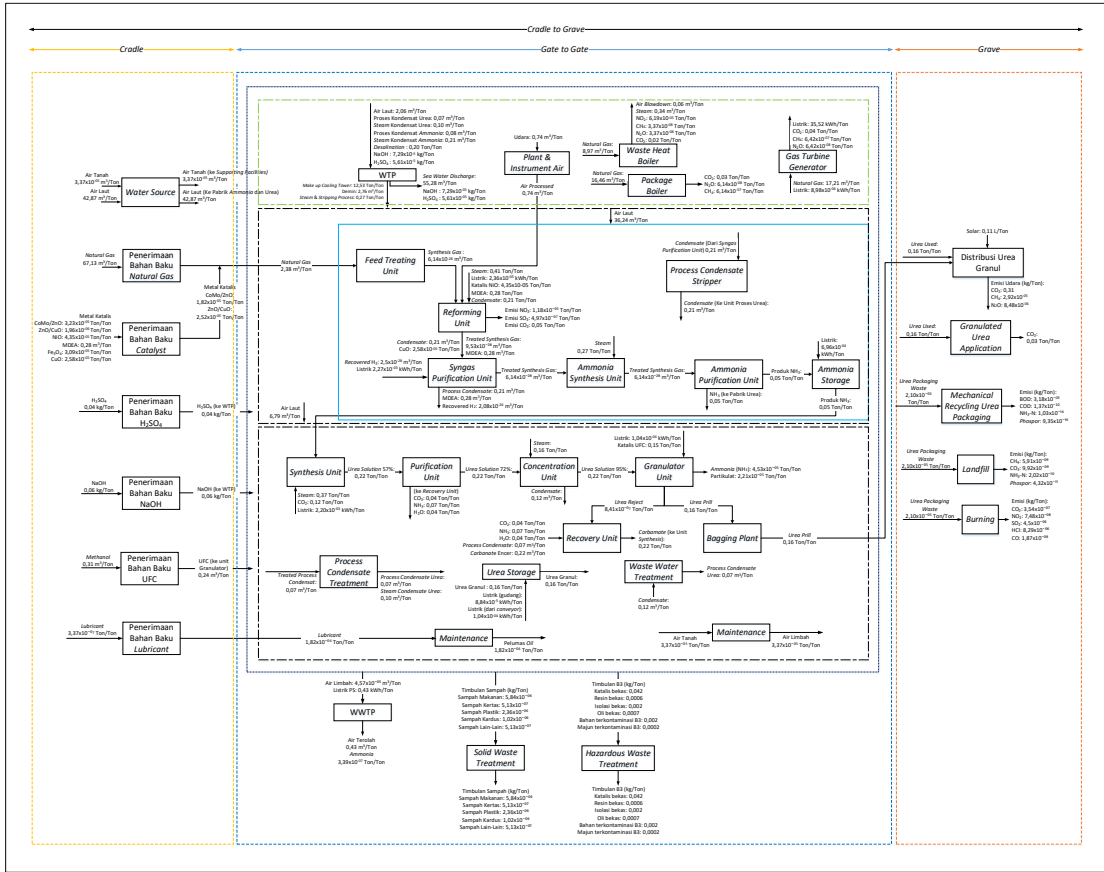
Gambar 6. Mass Balance Proses Produksi Pupuk Urea PT Pupuk Kalimantan Timur Pabrik 1A



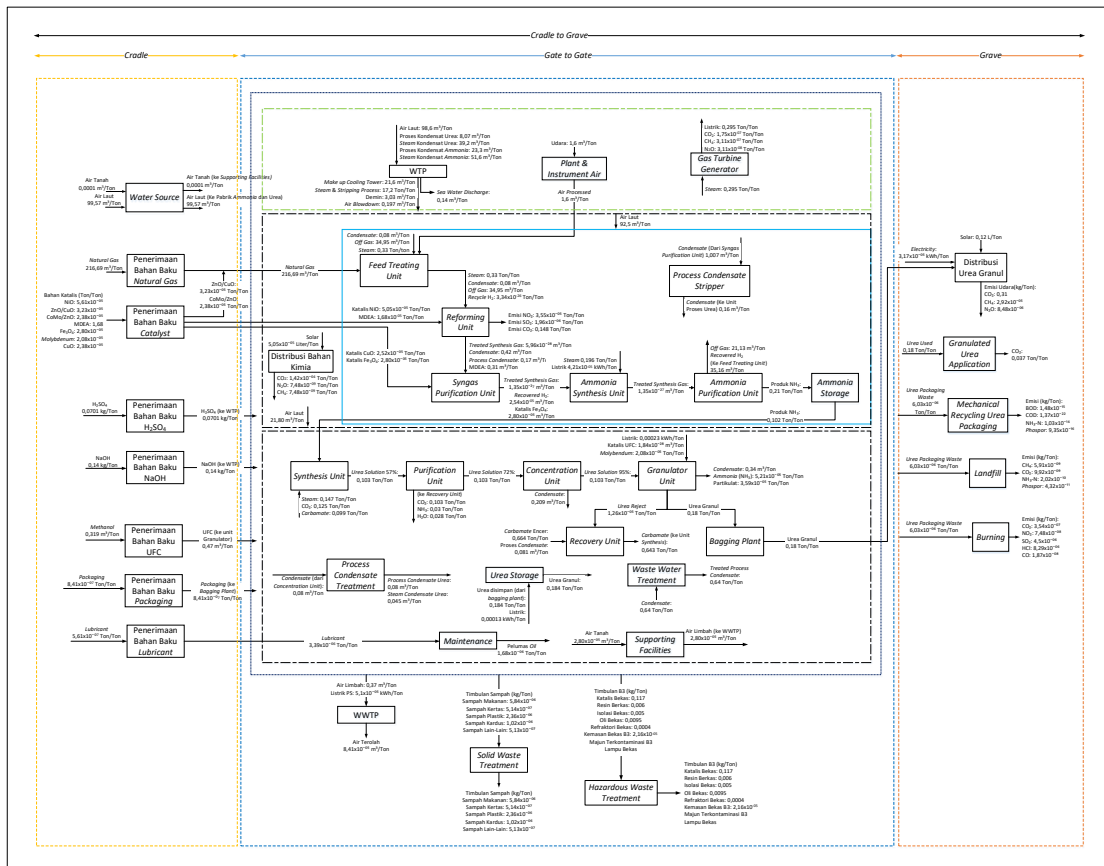
Gambar 7. Mass Balance Proses Produksi Pupuk Urea PT Pupuk Kalimantan Timur Pabrik 2



Gambar 8. Mass Balance Proses Produksi Pupuk Urea PT Pupuk Kalimantan Timur Pabrik 3



Gambar 9. Mass Balance Proses Produksi Pupuk Urea PT Pupuk Kalimantan Timur Pabrik 4



Gambar 10. Mass Balance Proses Produksi Pupuk Urea PT Pupuk Kalimantan Timur Pabrik 5



Inventori Data Proses Produksi PT Pupuk Kalimantan Timur

Berikut adalah ringkasan dari hasil inventori kajian LCA PT Pupuk Kalimantan Timur.

Tabel 1. Hasil Inventori Data Kajian LCA PT Pupuk Kalimantan Timur Tahun 2022

<i>Inventory Data</i>	Jumlah 1 Periode	Satuan	Jumlah per Unit Fungsi	Satuan	%
Pabrik 1A-5					
Luas Lahan Industri	1,82E+04	ha	5,10E-03	ha/ton	100
Pabrik 1A					
Input					
Material					
<i>Natural Gas</i>	6,30E+06	m ³	1,77E+00	m ³ /ton	3,61
Proses Kondensat Urea	2,81E+05	m ³	7,89E-02	m ³ /ton	0,16
<i>Steam Kondensat Urea</i>	1,62E+05	m ³	4,54E-02	m ³ /ton	0,09
Proses Kondensat <i>Ammonia</i>	6,22E+05	m ³	1,75E-01	m ³ /ton	0,36
<i>Steam Kondensat Ammonia</i>	1,49E+06	m ³	4,17E-01	m ³ /ton	0,85
<i>Desalination</i>	1,64E+06	m ³	4,59E-01	m ³ /ton	0,94
Udara	2,63E+06	m ³	7,37E-01	m ³ /ton	1,51
<i>Treated Natural Gas</i>	1,74E+07	m ³	4,89E+00	m ³ /ton	10,02
Proses Air	6,85E-19	m ³	1,92E-25	m ³ /ton	3,93E-25
<i>Recycle H₂</i>	1,15E-19	m ³	3,23E-26	m ³ /ton	6,62E-26
<i>Off Gas</i>	1,44E+08	m ³	4,03E+01	m ³ /ton	82,46
<i>Steam</i>	2,42E+06	ton	6,78E-01	ton/ton	75,18
CO ₂	4,44E+05	ton	1,25E-01	ton/ton	13,83
<i>Carbamate Encer</i>	3,53E+05	ton	9,90E-02	ton/ton	10,99
Konsumsi air					
Air Tanah	3,00E+02	m ³	8,41E-05	m ³ /ton	0,0003
Air Laut	9,51E+07	m ³	2,67E+01	m ³ /ton	99,9997
Bahan bakar cair					
Solar	5,40E+02	Liter	1,51E-04	Liter/ton	100
Kondensat	2,81E+05	m ³	7,89E-02	m ³ /ton	100
Listrik					
Listrik	5,17E+03	kWh	1,45E-03	kWh/ton	100
Bahan kimia padat					
NaOH	2,97E+05	kg	8,33E-02	kg/ton	100
Bahan kimia cair					
H ₂ SO ₄	2,06E+05	kg	5,78E-02	kg/ton	100
Pelumas Oil	4,15E+00	ton	1,16E-06	ton/ton	0,71
Metal Katalis ZnO/CuO	8,00E+01	ton	2,24E-05	ton/ton	13,65
Metal Katalis CoMo/ZnO	4,50E+01	ton	1,26E-05	ton/ton	7,68
Katalis NiO	1,65E+02	ton	4,63E-05	ton/ton	28,15
MDEA	1,10E+06	m ³	3,07E-01	m ³ /ton	100
Metal katalis CuO	8,50E+01	ton	2,38E-05	ton/ton	14,50
Metal Katalis Fe ₃ O ₄	1,33E+02	ton	3,73E-05	ton/ton	22,69
Metal Katalis UFC	6,57E-22	ton	1,84E-28	ton/ton	1,12E-22
<i>Molybendum</i>	7,40E+01	ton	2,08E-05	ton/ton	12,62
Transportasi/transmisi					
Transportasi pengiriman limbah non B3	4,68E+03	km	4,68E+03	km/ton	0,004
Transportasi pengiriman limbah B3	1,27E+08	km	1,27E+08	km/ton	99,996
Output					
Produk					
Urea Granul	6,57E+05	ton	1,84E-01	ton/ton	100
Emisi ke udara					
CO ₂	7,42E+05	ton	2,08E-01	ton/ton	99,937
CH ₄	8,00E-05	ton	2,24E-11	ton/ton	1,08E-08



<i>Inventory Data</i>	Jumlah 1 Periode	Satuan	Jumlah per Unit Fungsi	Satuan	%
N ₂ O	8,00E-05	ton	2,24E-11	ton/ton	1,08E-08
NO ₂	1,48E+02	ton	4,15E-05	ton/ton	0,020
SO ₂	4,05E+00	ton	1,14E-06	ton/ton	0,001
PM	1,28E+02	ton	3,59E-05	ton/ton	0,017
NH ₃	1,86E+02	ton	5,21E-05	ton/ton	0,025
Limbah padat B3					
Resin Berkas	1,41E+03	kg	3,95E-04	kg/ton	80,84
Isolasi Bekas	3,34E+02	kg	9,37E-05	kg/ton	19,16
Limbah cair B3					
Oli Bekas	5,73E+02	kg	1,61E-04	kg/ton	100
Limbah padat Non-B3					
Sampah Makanan	2,08E+01	kg	5,84E-06	kg/ton	56,98
Sampah Kertas	1,83E+00	kg	5,13E-07	kg/ton	5,01
Sampah Plastik	8,40E+00	kg	2,36E-06	kg/ton	23,00
Sampah kardus	3,65E+00	kg	1,02E-06	kg/ton	9,99
Sampah lain-lain	1,83E+00	kg	5,13E-07	kg/ton	5,01
Pabrik 2					
Input					
Material					
Proses Kondensat Urea	5,26E+05	m ³	1,47E-01	m ³ /ton	0,06
Steam Kondensat Urea	9,47E+05	m ³	2,66E-01	m ³ /ton	0,11
Proses Kondensat Ammonia	7,33E+05	m ³	2,06E-01	m ³ /ton	0,08
Steam Kondensat Ammonia	1,24E+06	m ³	3,48E-01	m ³ /ton	0,14
Natural Gas	8,53E+08	m ³	2,39E+02	m ³ /ton	98,76
Udara	2,63E+06	m ³	7,37E-01	m ³ /ton	0,30
Process Air	3,68E-19	m ³	1,03E-25	m ³ /ton	4,26E-26
Air Limbah	1,52E+06	m ³	4,27E-01	m ³ /ton	0,18
Synthesis Gas	3,40E-21	m ³	9,53E-28	m ³ /ton	3,93E-28
Recovered H ₂	8,86E-20	m ³	2,49E-26	m ³ /ton	1,03E-26
Condensate	7,33E+05	m ³	2,06E-01	m ³ /ton	0,08
Urea Solution 57%	7,88E+05	m ³	2,21E-01	m ³ /ton	0,09
Urea Solution 72%	7,88E+05	m ³	2,21E-01	m ³ /ton	0,09
Urea Solution 95%	7,88E+05	m ³	2,21E-01	m ³ /ton	0,09
Steam	4,77E+06	ton	1,34E+00	ton/ton	70,96
NH ₃	6,42E+05	ton	1,80E-01	ton/ton	9,55
CO ₂	5,23E+05	ton	1,47E-01	ton/ton	7,78
Carbamate	7,88E+05	ton	2,21E-01	ton/ton	11,72
Konsumsi air					
Air Tanah	1,52E+06	m ³	4,27E-01	m ³ /ton	0,51
Air Laut	2,99E+08	m ³	8,39E+01	m ³ /ton	99,49
Bahan bakar cair					
Fuel Gas	2,47E+08	m ³	6,92E+01	m ³ /ton	100
Listrik					
Listrik	6,98E+04	kWh	1,96E-02	kWh/ton	100
Bahan kimia padat					
NaOH	2,59E+05	kg	7,27E-02	kg/ton	100
Bahan kimia cair					
H ₂ SO ₄	1,10E+05	kg	3,09E-02	kg/ton	99,90
Metal Katalis CoMo/ZnO	1,15E+02	kg	3,23E-05	kg/ton	0,10
Pelumas Oil	5,00E-01	kg	1,40E-07	kg/ton	4,54E-04
Metal Katalis UFC	7,01E+05	ton	1,97E-01	ton/ton	100
Transportasi/transmisi					
Transportasi pengiriman limbah non B3	4,68E+03	km	4,68E+03	km/ton	0,004
Transportasi pengiriman limbah B3	1,27E+08	km	1,27E+08	km/ton	99,996



<i>Inventory Data</i>	Jumlah 1 Periode	Satuan	Jumlah per Unit Fungsi	Satuan	%
Output					
Produk					
<i>Urea Prill</i>	7,14E+05	m ³	2,00E-01	m ³ /ton	100
Emisi ke udara					
NO ₂	2,40E+03	ton	6,73E-04	ton/ton	0,24
SO ₂	6,69E+01	ton	1,88E-05	ton/ton	0,01
CO ₂	9,96E+05	ton	2,79E-01	ton/ton	99,64
N ₂ O	6,62E-01	ton	1,86E-07	ton/ton	6,62E-05
CH ₄	6,64E+00	ton	1,86E-06	ton/ton	6,64E-04
Partikulat	6,42E+02	ton	1,80E-04	ton/ton	0,06
NH ₃	4,91E+02	ton	1,38E-04	ton/ton	0,05
Limbah padat B3					
Katalis Bekas	1,32E+04	kg	3,71E-03	kg/ton	58,85
Isolasi Bekas	1,19E+03	kg	3,33E-04	kg/ton	5,27
Refraktori Bekas	8,02E+03	kg	2,25E-03	kg/ton	35,64
Lampu Bekas	5,40E+01	kg	1,51E-05	kg/ton	0,24
Limbah cair B3					
Oli Bekas	9,79E+03	kg	2,75E-03	kg/ton	100
Limbah padat Non-B3					
Sampah Makanan	2,08E+01	kg	5,84E-06	kg/ton	56,98
Sampah Kertas	1,83E+00	kg	5,13E-07	kg/ton	5,01
Sampah Plastik	8,40E+00	kg	2,36E-06	kg/ton	23,00
Sampah kardus	3,65E+00	kg	1,02E-06	kg/ton	9,99
Sampah lain-lain	1,83E+00	kg	5,13E-07	kg/ton	5,01
Pabrik 3					
Input					
Material					
Proses Kondensat Urea	5,45E+05	m ³	1,53E-01	m ³ /ton	0,18
Steam Kondensat Urea	8,22E+04	m ³	2,31E-02	m ³ /ton	0,03
Proses Kondensat Ammonia	6,00E+05	m ³	1,68E-01	m ³ /ton	0,20
Steam Kondensat Ammonia	5,86E+05	m ³	1,64E-01	m ³ /ton	0,20
Desalination	1,11E+07	m ³	3,11E+00	m ³ /ton	3,73
Demin	6,09E+06	m ³	1,71E+00	m ³ /ton	2,05
Udara	2,63E+06	m ³	7,37E-01	m ³ /ton	0,89
Air Limbah	2,07E+05	m ³	5,80E-02	m ³ /ton	0,07
Natural Gas	2,74E+08	m ³	7,67E+01	m ³ /ton	92,11
Kondensat	6,65E+05	m ³	1,87E-01	m ³ /ton	0,2240
Process Air	2,85E-19	m ³	8,00E-26	m ³ /ton	9,60E-26
Off Gas	9,42E+05	m ³	2,64E-01	m ³ /ton	0,3171
Synthesis Gas	1,82E-21	m ³	5,12E-28	m ³ /ton	6,14E-28
Steam	1,15E+06	ton	3,22E-01	ton/ton	33,70
Steam	3,95E+05	ton	1,11E-01	ton/ton	11,61
NH ₃	3,96E+05	ton	1,11E-01	ton/ton	11,64
CO ₂	4,29E+05	ton	1,20E-01	ton/ton	12,62
Urea Solution 57%	3,45E+05	ton	9,68E-02	ton/ton	10,14
Urea Solution 72%	3,45E+05	ton	9,68E-02	ton/ton	10,14
Urea Solution 95%	3,45E+05	ton	9,68E-02	ton/ton	10,14
Konsumsi air					
Air Tanah	8,00E+01	m ³	2,24E-05	m ³ /ton	0,0001
Air Laut	1,58E+08	m ³	4,43E+01	m ³ /ton	99,9999
Bahan bakar cair					
Fuel Gas	1,09E+08	m ³	3,06E+01	m ³ /ton	100
Solar	1,80E+02	L	5,05E-05	Liter/ton	100
Listrik					
Listrik	7,42E+04	kWh	2,08E-02	kWh/ton	100
Bahan kimia padat					



<i>Inventory Data</i>	Jumlah 1 Periode	Satuan	Jumlah per Unit Fungsi	Satuan	%
NaOH	2,00E+05	kg	5,61E-02	kg/ton	100
Bahan kimia cair					
H ₂ SO ₄	7,00E+04	kg	1,96E-02	kg/ton	100
MDEA	2,35E+02	m ³	6,59E-05	m ³ /ton	100
Pelumas Oil	1,05E+00	ton	2,95E-07	ton/ton	0,17
Metal Katalis ZnO/CuO	8,80E+01	ton	2,47E-05	ton/ton	14,33
Metal Katalis CoMo/ZnO	5,50E+01	ton	1,54E-05	ton/ton	8,96
Metal Katalis NiO	1,40E+02	ton	3,93E-05	ton/ton	22,80
Metal Katalis Fe ₂ O ₃	7,40E+01	ton	2,08E-05	ton/ton	12,05
Metal Katalis CuO	6,50E+01	ton	1,82E-05	ton/ton	10,59
Katalis Fe ₃ O ₄	1,21E+02	ton	3,39E-05	ton/ton	19,71
Katalis UFC	7,00E+01	ton	1,96E-05	ton/ton	11,40
Transportasi/transmisi					
Transportasi pengiriman limbah non B3	4,68E+03	km	4,68E+03	km/ton	0,004
Transportasi pengiriman limbah B3	1,27E+08	km	1,27E+08	km/ton	99,996
Output					
Produk					
Urea Prill	5,70E+05	m ³	1,60E-01	m ³ /ton	100
Emisi ke udara					
NO ₂	8,47E+02	ton	2,38E-04	ton/ton	0,4497
SO ₂	9,28E+00	ton	2,60E-06	ton/ton	0,0049
CO ₂	1,87E+05	ton	5,24E-02	ton/ton	99,1226
N ₂ O	4,50E-01	ton	1,26E-07	ton/ton	0,0002
CH ₄	4,24E+00	ton	1,19E-06	ton/ton	0,0022
Partikulat	6,50E+02	ton	1,82E-04	ton/ton	0,3450
NH ₃	1,42E+02	ton	3,98E-05	ton/ton	0,0753
Emisi ke Air					
NH ₃ -N	6,39E-01	ton	1,79E-07	ton/ton	100
Limbah padat B3					
Resin Bekas	6,16E+03	kg	1,73E-03	kg/ton	32,47
Isolasi Bekas	1,23E+04	kg	3,44E-03	kg/ton	64,60
Bahan Terkontaminasi B3	3,10E+02	kg	8,70E-05	kg/ton	1,63
Lampu Bekas	2,46E+02	kg	6,90E-05	kg/ton	1,30
Limbah cair B3					
Oli Bekas	2,12E+04	kg	5,96E-03	kg/ton	100
Limbah padat Non-B3					
Sampah Makanan	2,08E+01	kg	5,84E-06	kg/ton	56,98
Sampah Kertas	1,83E+00	kg	5,13E-07	kg/ton	5,01
Sampah Plastik	8,40E+00	kg	2,36E-06	kg/ton	23,00
Sampah kardus	3,65E+00	kg	1,02E-06	kg/ton	9,99
Sampah lain-lain	1,83E+00	kg	5,13E-07	kg/ton	5,01
Pabrik 4					
Input					
Material					
Proses Kondensat Urea	2,50E+05	m ³	7,00E-02	m ³ /ton	0,15
Steam Kondensat Urea	3,71E+05	m ³	1,04E-01	m ³ /ton	0,22
Proses Kondensat Ammonia	2,86E+05	m ³	8,03E-02	m ³ /ton	0,17
Steam Kondensat Ammonia	7,57E+05	m ³	2,12E-01	m ³ /ton	0,45
Desalination	7,26E+05	m ³	2,04E-01	m ³ /ton	0,43
Udara	2,63E+06	m ³	7,37E-01	m ³ /ton	1,57
Air Limbah	4,82E+05	m ³	1,35E-01	m ³ /ton	0,29
Natural gas	1,60E+08	m ³	4,50E+01	m ³ /ton	96
Process air	2,26E-19	m ³	6,34E-26	m ³ /ton	1,35E-25
Recycle H ₂	7,40E-20	m ³	2,08E-26	m ³ /ton	4,43E-26



Inventory Data	Jumlah 1 Periode	Satuan	Jumlah per Unit Fungsi	Satuan	%
<i>Synthesis Gas</i>	2,19E-21	m ³	6,14E-28	m ³ /ton	1,31E-27
<i>Condensate</i>	1,19E+06	m ³	3,35E-01	m ³ /ton	0,71
<i>Steam</i>	4,29E+06	ton	1,20E+00	ton/ton	52,11
NH ₃	3,59E+05	ton	1,01E-01	ton/ton	4,36
CO ₂	4,31E+05	ton	1,21E-01	ton/ton	5,24
<i>Urea Solution 57%</i>	7,88E+05	ton	2,21E-01	ton/ton	9,57
<i>Urea Solution 72%</i>	7,88E+05	ton	2,21E-01	ton/ton	9,57
<i>Urea Solution 95%</i>	7,88E+05	ton	2,21E-01	ton/ton	9,57
<i>Carbamate</i>	7,88E+05	ton	2,21E-01	ton/ton	9,57
Konsumsi air					
Air Tanah	1,20E+02	m ³	3,37E-05	m ³ /ton	0,0001
Air Laut	1,53E+08	m ³	4,29E+01	m ³ /ton	99,9999
Bahan bakar cair					
Solar	6,50E+02	Liter	1,82E-04	Liter/ton	100
<i>Fuel Gas</i>	3,34E+06	m ³	9,37E-01	m ³ /ton	100
Listrik					
Listrik	2,81E+04	kWh	7,88E-03	kWh/ton	100
Bahan kimia padat					
NaOH	2,60E+02	kg	7,29E-05	kg/ton	100
Bahan kimia cair					
H ₂ SO ₄	2,00E+02	kg	5,61E-05	kg/ton	23,53
pelumas Oil	6,50E+02	kg	1,82E-04	kg/ton	76,47
Metal Katalis ZnO/CuO	9,00E+01	ton	2,52E-05	ton/ton	25,21
Metal Katalis CoMo/ZnO	6,50E+01	ton	1,82E-05	ton/ton	18,21
Metal Katalis CuO	9,20E+01	ton	2,58E-05	ton/ton	25,77
Metal Katalis Fe ₃ O ₄	1,10E+02	ton	3,09E-05	ton/ton	30,81
MDEA	1,01E+06	m ³	2,83E-01	m ³ /ton	65,71
Katalis UFC	5,26E+05	m ³	1,47E-01	m ³ /ton	34,29
Transportasi/transmisi					
Transportasi pengiriman limbah non B3	4,68E+03	km	4,68E+03	km/ton	0,004
Transportasi pengiriman limbah B3	1,27E+08	km	1,27E+08	km/ton	99,996
Output					
Produk					
<i>Urea Prill</i>	5,70E+05	ton	1,60E-01	ton/ton	100
Emisi ke udara					
NO ₂	2,63E+02	ton	7,37E-05	ton/ton	0,0539
SO ₂	1,77E+00	ton	4,96E-07	ton/ton	0,0004
CO ₂	4,87E+05	ton	1,37E-01	ton/ton	99,8951
N ₂ O	6,66E-01	ton	1,87E-07	ton/ton	0,0001
CH ₄	5,77E+00	ton	1,62E-06	ton/ton	0,0012
Partikulat	7,88E+01	ton	2,21E-05	ton/ton	0,0162
NH ₃	1,62E+02	ton	4,53E-05	ton/ton	0,0331
Emisi ke Air					
NH ₃ -N	1,21E+00	ton	3,39E-07	ton/ton	100
Limbah padat B3					
Katalis Bekas	1,49E+05	kg	4,19E-02	kg/ton	91,24
Resin Bekas	1,97E+03	kg	5,53E-04	kg/ton	1,20
Isolasi Bekas	5,75E+03	kg	1,61E-03	kg/ton	3,51
Bahan Terkontaminasi B3	5,92E+03	kg	1,66E-03	kg/ton	3,61
Majun Terkontaminasi B3	7,06E+02	kg	1,98E-04	kg/ton	0,43
Limbah cair B3					
Oli Bekas	2,67E+03	kg	7,50E-04	kg/ton	100
Limbah padat Non-B3					
Sampah Makanan	2,08E+01	kg	5,84E-06	kg/ton	56,98



Inventory Data	Jumlah 1 Periode	Satuan	Jumlah per Unit Fungsi	Satuan	%
Sampah Kertas	1,83E+00	kg	5,13E-07	kg/ton	5,01
Sampah Plastik	8,40E+00	kg	2,36E-06	kg/ton	23
Sampah kardus	3,65E+00	kg	1,02E-06	kg/ton	9,99
Sampah lain-lain	1,83E+00	kg	5,13E-07	kg/ton	5,01
Pabrik 5					
Input					
Material					
Proses Kondensat Urea	2,88E+07	m ³	8,07E+00	m ³ /ton	6,34
Steam Kondensat Urea	1,40E+08	m ³	3,92E+01	m ³ /ton	30,80
Proses Kondensat Ammonia	8,31E+07	m ³	2,33E+01	m ³ /ton	18,30
Steam Kondensat Ammonia	1,84E+08	m ³	5,16E+01	m ³ /ton	40,51
Udara	5,69E+06	m ³	1,60E+00	m ³ /ton	1,25
Air Limbah	1,31E+06	m ³	3,69E-01	m ³ /ton	0,29
Natural gas	4,51E+06	m ³	1,26E+00	m ³ /ton	0,99
Process air	5,69E+06	m ³	1,60E+00	m ³ /ton	1,25
Recycle H ₂	1,19E-19	m ³	3,34E-26	m ³ /ton	2,62E-26
Synthesis Gas	4,82E-21	m ³	1,35E-27	m ³ /ton	1,06E-27
Condensate	1,14E+06	m ³	3,19E-01	m ³ /ton	0,25
Steam	4,07E+06	ton	1,14E+00	ton/ton	38,93
NH ₃	8,11E+05	ton	2,28E-01	ton/ton	7,75
CO ₂	1,22E+06	ton	3,41E-01	ton/ton	11,63
Urea Solution 57%	1,09E+06	ton	3,06E-01	ton/ton	10,42
Urea Solution 72%	1,09E+06	ton	3,06E-01	ton/ton	10,42
Urea Solution 95%	1,09E+06	ton	3,06E-01	ton/ton	10,42
Carbamate	1,09E+06	ton	3,06E-01	ton/ton	10,42
Konsumsi air					
Air Tanah	4,00E+02	m ³	1,12E-04	m ³ /ton	0,0001
Air Laut	3,55E+08	m ³	9,96E+01	m ³ /ton	99,9999
Bahan bakar cair					
Solar	1,80E+02	Liter	5,05E-05	Liter/ton	100
Fuel Gas	4,51E+06	m ³	1,26E+00	m ³ /ton	3,49
Off Gas	1,25E+08	m ³	3,50E+01	m ³ /ton	96,51
Listrik					
Listrik	1,50E+03	kWh	4,20E-04	kWh/ton	100
Bahan kimia padat					
NaOH	5,00E+05	kg	1,40E-01	kg/ton	100
Bahan kimia cair					
H ₂ SO ₄	2,50E+05	kg	7,01E-02	kg/ton	100
pelumas Oil	1,40E+01	ton	3,93E-06	kg/ton	2,17
Metal Katalis ZnO/CuO	1,15E+02	ton	3,23E-05	ton/ton	17,86
Metal Katalis CoMo/ZnO	8,50E+01	ton	2,38E-05	ton/ton	13,20
MDEA	6,00E+01	ton	1,68E-05	m ³ /ton	9,32
Metal Katalis CuO	9,00E+01	ton	2,52E-05	ton/ton	13,98
Metal Katalis Fe ₂ O ₃	1,00E+02	ton	2,80E-05	ton/ton	15,53
Katalis NiO	1,80E+02	ton	5,05E-05	ton/ton	27,95
Transportasi/transmisi					
Transportasi pengiriman limbah non B3	4,68E+03	km	4,68E+03	km/ton	0,004
Transportasi pengiriman limbah B3	1,27E+08	km	1,27E+08	km/ton	99,996
Output					
Produk					
Urea Granul	1,28E+06	ton	3,58E-01	ton/ton	100
Emisi ke udara					
NO ₂	1,27E+02	ton	3,56E-05	ton/ton	0,021
SO ₂	6,99E+00	ton	1,96E-06	ton/ton	0,001

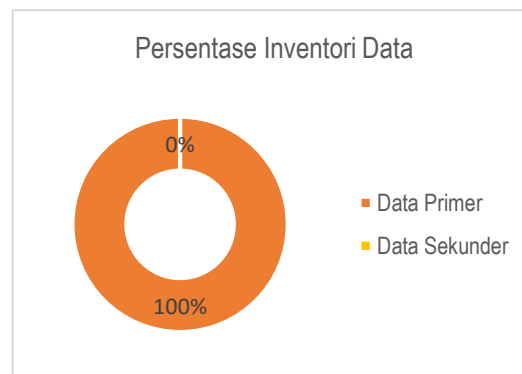


Inventory Data	Jumlah 1 Periode	Satuan	Jumlah per Unit Fungsi	Satuan	%
CO ₂	5,92E+05	ton	1,66E-01	ton/ton	99,834
N ₂ O	1,38E-01	ton	3,86E-08	ton/ton	2,32E-05
CH ₄	1,14E+00	ton	3,19E-07	ton/ton	1,92E-04
Partikulat	5,11E+02	ton	1,43E-04	ton/ton	0,086
NH ₃	3,36E+02	ton	9,42E-05	ton/ton	0,057
Limbah padat B3					
Katalis Bekas	4,19E+05	kg	1,18E-01	kg/ton	90,90
Resin Bekas	2,03E+04	kg	5,70E-03	kg/ton	4,41
Isolasi Bekas	1,93E+04	kg	5,40E-03	kg/ton	4,18
Refraktori Bekas	1,76E+03	kg	4,93E-04	kg/ton	0,38
Kemasan bekas B3	7,70E+01	kg	2,16E-05	kg/ton	0,02
Lampu bekas	4,80E+01	kg	1,35E-05	kg/ton	0,01
Majun Terkontaminasi B3	4,79E+02	kg	1,34E-04	kg/ton	0,10
Limbah cair B3					
Oli Bekas	3,38E+04	kg	9,47E-03	kg/ton	100
Limbah padat Non-B3					
Sampah Makanan	2,08E+01	kg	5,84E-06	kg/ton	56,98
Sampah Kertas	1,83E+00	kg	5,13E-07	kg/ton	5,01
Sampah Plastik	8,40E+00	kg	2,36E-06	kg/ton	23
Sampah kardus	3,65E+00	kg	1,02E-06	kg/ton	9,99
Sampah lain-lain	1,83E+00	kg	5,13E-07	kg/ton	5,01

Indikator Kualitas Data

Persentase inventori data PT Pupuk Kalimantan Timur terdiri dari data primer sebesar 100% dan data sekunder sebesar 0%. Berikut merupakan perhitungan persentase data primer dan sekunder dalam data inventori.

Jumlah Data Inventori = 540
 Data primer = 540
 Data sekunder = 0



Rangkuman Sumber *Dataset* dan/atau Data Sekunder

Tabel 2. Rangkuman Sumber *Data Sets*

No	Input	Jumlah	Satuan	<i>Dataset</i>	<i>Database</i>
1	H ₂ SO ₄ Production	790.264,60	kg	Sulfuric acid (98% H ₂ SO ₄), at plant/RER Mass	Agri-footprint 5
2	NaOH Production	1.485.059,12	kg	Sodium hydroxide (50% NaOH), production mix/RER Mass	Agri-footprint 5
3	Natural gas extraction	2.388.749.464	m ³	Natural gas, at extraction site/US	USLCI
4	Packaging Production	40,5	Ton	Packaging, for fertilisers or pesticides {GLO} packaging production for solid fertiliser or pesticide, per kilogram of packed product Cut-off, U	Ecoinvent 3

Penilaian Dampak Daur Hidup

Kategori Dampak

Pemilihan kategori dampak yang dikaji mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 01 Tahun 2021 tentang Aspek *Life Cycle Assessment*, PCR Pupuk Mineral versi 1.1 Tahun 2022 dan Aturan Kategori Produk Pupuk Kimia Urea Versi 1 tahun 2022 yang disusun oleh Asosiasi Produsen Pupuk



Indonesia, dan Pedoman Penyusunan Laporan Penilaian Daur Hidup (LCA) oleh Sekretariat PROPER – Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI yang terbagi menjadi dampak primer, dampak sekunder, dan dampak pemakaian energi. Kategori dampak primer terdiri dari dampak *Global Warming Potential* (GWP), potensi penipisan ozon, potensi hujan asam, dan potensi eutrofikasi. Kategori dampak sekunder terdiri dari dampak *photochemical oxidation*, potensi terjadi penurunan abiotik (fossil dan non fossil), potensi terjadi penurunan biotik, karsinogenik, *toxicity*, *water footprint*, dan *land use change*. Kategori dampak pemakaian energi terdiri dari dampak *Cumulative Energy Demand* (*renewable* dan *non-renewable*).

Indikator Kategori, Metode Penilaian Dampak, Hasil Analisis Dampak

Berikut merupakan hasil perhitungan dampak pada proses produksi rokok PT Pupuk Kalimantan Timur dengan lingkup *Cradle to Grave*.

Tabel 3. Hasil Penilaian Dampak pada Proses Produksi Pupuk PT Pupuk Kalimantan Timur

No	Kategori Dampak	Satuan	Metode	Total	Proses Cradle	Proses Gate	Proses Grave
Dampak Primer							
1	Global warming potential	kg CO ₂ eq/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03 dan IPCC, 2019	1,68E+03	2,91E+02	9,10E+02	4,75E+02
2	Potensi penipisan ozon	kg CFC ₁₁ eq/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	7,17E-06	1,02E-06	5,69E-06	4,64E-07
3	Potensi hujan asam	kg SO ₂ eq/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	1,59E+00	4,55E-01	1,13E+00	4,53E-06
4	Potensi eutrofikasi	kg PO ₄ --- eq/ton	CML-IA Baseline V3.05	3,07E-01	3,84E-02	2,67E-01	1,11E-03
Dampak Sekunder							
5	Photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄ eq/ton	CML-IA Baseline V3.05 dan IPCC, 2019	9,84E-02	6,71E-02	3,09E-02	4,13E-04
Potensi terjadi penurunan abiotik (fossil dan non fossil), terdiri dari:							
6	a. Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ/ton	CML-IA Baseline V3.05	2,87E+04	2,87E+04	0	0
	b. Abiotic depletion	kg Sb eq/ton	CML-IA Baseline V3.05	2,55E-08	2,55E-08	0	0
Potensi terjadi penurunan biotik, terdiri dari:							
7	a. Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	2,67E+00	2,67E+00	0	0
	b. Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	4,30E+00	4,30E+00	0	0
	c. Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	5,41E+00	5,41E+00	0	0
8	Karsinogenik	kg 1,4-DCB/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	2,44E-02	2,44E-02	0	0
9	Toxicity	kg 1,4-DB eq/ton	CML-IA Baseline V3.05	4,26E+02	4,08E+02	1,33E+00	1,66E+01
10	Water Footprint	m ³ /ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	4,28E-01	4,28E-01	7,71E-05	0



No	Kategori Dampak	Satuan	Metode	Total	Proses Cradle	Proses Gate	Proses Grave
11	Land Use Change	m ² a crop eq/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03 dan IPCC, 2019	3,72E+01	2,06E-06	3,72E+01	0
Dampak Pemakaian Energi							
Cumulative energy demand, terdiri dari:							
12	a. Non renewable	MJ/ton	Cumulative Energy Demand	8,78E-02	-	8,78E-02	-
	b. Renewable	MJ/ton	Cumulative Energy Demand	0	-	0	-

INTERPRETASI HASIL

Analisis Isu Penting atau *Hotspot* Lingkungan

Tabel 4. Analisa *Hotspot* Proses

No	Kategori Dampak	Satuan	Metode	Total Nilai Dampak	<i>Hotspot</i> Proses	Penyebab Dampak
Dampak Primer						
1	Global Warming Potential	kg CO ₂ eq/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03 dan IPCC, 2019	2,08E+02	Reforming unit P1A	Emisi carbon dioxide, methane, dan dinitrogen monoxide ke udara
2	Potensi penipisan ozon	kg CFC ₁₁ eq/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	8,95E-07	GTG P3	Emisi dinitrogen monoxide ke udara
3	Potensi hujan asam	kg SO ₂ eq/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	2,70E-01	Granulator P2	Emisi ammonia, nitrogen dioxide, sulfur dioxide ke udara
4	Potensi eutrofikasi	kg PO ₄ --- eq/ton	CML-IA Baseline V3.05	4,82E-02	Granulator P2	Emisi nitrogen dioxide, ammonia, dan dinitrogen monoxide ke udara, emisi ammonia ke air
Dampak Sekunder						
5	Photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄ eq/ton	CML-IA Baseline V3.05	8,22E-03	Reforming unit P2	Emisi nitrogen dioxide, sulfur dioxide, methane ke udara
Potensi terjadi penurunan abiotik (fossil dan non fossil), terdiri dari:						
6	a. Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ/ton	CML-IA Baseline V3.05	-	-	-
	b. Abiotic depletion	kg Sb eq/ton	CML-IA Baseline V3.05	-	-	-
Potensi terjadi penurunan biotik, terdiri dari:						
7	a. Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	-	-	-
	b. Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	-	-	-
	c. Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	-	-	-
8	Karsinogenik	kg 1,4-DCB/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	-	-	-
9	Toxicity	kg 1,4-DB eq/ton	CML-IA Baseline V3.05	3,61E-01	PKB P2	Emisi nitrogen dioxide, ammonia, PM, sulfur dioxide ke udara
10	Water Footprint	m ³ /ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	2,80E-05	Supporting Facilities P5	Penggunaan air tanah
11	Land Use Change	m ² a crop eq/ton	ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.03	3,72E+01	Industry Area	Penggunaan lahan Pabrik 1A, Pabrik 2,



No	Kategori Dampak	Satuan	Metode	Total Nilai Dampak	Hotspot Proses	Penyebab Dampak
						Pabrik 3, Pabrik 4, Pabrik 5
Dampak Pemakaian Energi						
12	Cumulative Energy Demand, terdiri dari:					
	a. Non renewable	MJ/ton	Cumulative Energy Demand	3,39E-02	GTG P4	Penggunaan listrik yang bersumber dari non-renewable energy
	b. Renewable	MJ/ton	Cumulative Energy Demand	-	-	-

Kesimpulan

Berdasarkan kajian LCA yang dilakukan di PT Pupuk Kalimantan Timur, dapat ditarik beberapa kesimpulan berdasarkan dampak yang muncul pada proses produksi pupuk urea sebagai berikut:

- Potensi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses produksi pupuk urea PT Pupuk Kalimantan Timur pada masing-masing titik daur hidupnya adalah sebagai berikut:
 - Titik *cradle*: *Global warming potential* (GWP), potensi penipisan ozon, potensi hujan asam, potensi eutrofikasi, *photochemical oxidation*, penurunan abiotik (fosil dan non fosil), penurunan biotik, karsinogenik, *toxicity*, *water footprint*, dan *land use change*
 - Titik *gate*: *Global warming potential* (GWP), potensi penipisan ozon, potensi hujan asam, potensi eutrofikasi, *photochemical oxidation*, *toxicity*, *water footprint*, *land use change*, dan *cumulative energy demand*.
 - Titik *grave*: *Global warming potential* (GWP), potensi penipisan ozon, potensi hujan asam, potensi eutrofikasi, *photochemical oxidation*, dan *toxicity*
- Potensi perbaikan lingkungan dapat dilakukan pada unit proses *Reforming unit P1A*, *Reforming unit P2*, *GTG P3*, *Granulator P2*, *PKB P2*, *Supporting Facilities P5*, dan *GTG P4*. Hal ini berkaitan dengan data emisi yang dihasilkan unit proses tersebut, konsumsi energi baik listrik maupun bahan bakar, penggunaan air tanah, dan penggunaan lahan.
- Inventarisasi data telah dilakukan dan dihimpun agar dapat digunakan untuk pembuatan *database* LCA nasional dari proses akuisisi bahan baku, produksi, dan distribusi yang meliputi data *input* (bahan baku, konsumsi air, masukan energi, bahan kimia, dan lain-lain) dan data *output* (produk, produk samping, dan limbah, termasuk emisi udara, air, dan tanah).
- Kajian LCA ini dapat digunakan sebagai tahap awal kajian LCA agar selanjutnya dapat dilakukan kajian LCA yang lebih komprehensif sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan untuk melakukan deklarasi produk ramah lingkungan (*Environmental Product Declarations-Share Environmental Metrics of Products to Customer*).

Rekomendasi Utama

Rekomendasi harus didasarkan pada kesimpulan akhir kajian dan merefleksikan konsekuensi yang logis dan beralasan dari kesimpulan. Secara umum terdapat beberapa rekomendasi program yang dapat dilakukan sebagai upaya dalam mengurangi berbagai aspek potensi dampak tersebut antara lain:

- Melakukan kegiatan **efisiensi energi** untuk mengurangi potensi dampak *GWP*, *photochemical oxidation*, dan *cumulative energy demand* yang disebabkan dari penggunaan energi baik energi bahan bakar maupun listrik.
- Melakukan kegiatan yang mendukung **penurunan pencemar udara** sehingga mengurangi potensi dampak *GWP*, potensi penipisan ozon, potensi hujan asam, potensi eutrofikasi, *photochemical oxidation*, penurunan biotik, karsinogenik, dan *toxicity* yang disebabkan dari berbagai parameter emisi yang dirilis ke udara.
- Melakukan kegiatan **pengurangan dan/atau pemanfaatan limbah B3** sehingga dapat mengurangi potensi dampak *GWP* dan *photochemical oxidation* dari pengolahan dan pengangkutan limbah B3 yang dihasilkan.



4. Melakukan kegiatan **3R limbah padat non B3** sehingga dapat mengurangi potensi dampak GWP, *photochemical oxidation*, dan *land use change* dari pengolahan dan pengangkutan limbah padat non B3 yang dihasilkan.
5. Melakukan kegiatan **efisiensi air** sehingga dapat mengurangi potensi dampak *water footprint* dari penggunaan air yang diambil dari alam.
6. Melakukan pengolahan untuk **menurunkan beban pencemar air** sehingga dapat mengurangi potensi dampak penurunan biotik, karsinogenik, dan *toxicity* yang disebabkan dari berbagai parameter beban pencemar air yang dirilis ke air dan tanah.

Critical Review

Critical review atau tinjauan kritis telah dilakukan diakhir kajian LCA. Komentar diberikan setelah draf kajian diserahkan kepada peninjau di mana seluruh komentar didokumentasikan dalam laporan tinjauan kritis. Komentar pada laporan tinjauan kritis kemudian didiskusikan, dimodifikasi, dan diklarifikasi oleh praktisi kajian di dalam forum bersama peninjau; yang prosesnya juga didokumentasikan dalam laporan tinjauan kritis. Hasil akhir juga didokumentasikan dalam laporan tinjauan kritis. Tinjauan kritis dilakukan oleh tim panel sebagai berikut:

- Ketua panel : Che Hafizan, B.Eng, M.Eng, Ph. D.
- Anggota 1 : Aditya Prana Iswara, S.T., M.Sc, Ph.D.
- Anggota 2 : Dr. Noor Salehan Mohammad Sabli