

BAB 4 PEMBAHASAN

Bab 4 ini berisikan pembahasan dan analisis dari hasil pengolahan data. Pembahasan dan analisis akan mengacu pada hasil perhitungan potensi dampak lingkungan. Pembahasan akan dilakukan pada enam sektor unit bisnis, kemudian masing-masing dianalisis sesuai kategori dampak yang ditimbulkan. Perbandingan kepentingan antar kategori dampak dan antar sektor unit bisnis dianalisis untuk melihat seberapa besar ancaman lingkungan ini bila dibandingkan dengan dampak lainnya secara keseluruhan.

Skenario yang akan dibahas adalah meliputi :

- *Roadmap* Biodiesel Nasional Tahun 2000 – 2025
- *Roadmap* Biodiesel Tanpa Buka Lahan Baru
- Transportasi Tanpa Menggunakan Biodiesel
- Besaran Emisi Pada Kendaraan Transportasi
- Pengaruh Campuran Biodiesel Terhadap Emisi
- Strategi Pelaksanaan *Roadmap* Biodiesel Nasional

Analisa kategori dampak akan ditinjau secara umum, analisa *roadmap* biodiesel nasional ditinjau dari segi lokasi unit bisnis maupun dari segi kategori dampak, kemudian untuk analisa selanjutnya juga dilakukan secara tajam namun ringkas. Kemudian hasil dari analisis dan pembahasan ini, selanjutnya dibuat rancangan strategi industri biodiesel kelapa sawit yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

4.1 ANALISIS KATEGORI DAMPAK

Pada fase pemilihan kategori dampak, dipilih kategori dampak dasar/ *baseline impact categories* yang terdiri atas sebelas (11) dampak :

- penipisan sumber daya alam,
- dampak dari penggunaan lahan (persaingan lahan),
- perubahan iklim/ *climate change*,
- penipisan lapisan ozon stratosfer/ *stratospheric ozone depletion*,
- dampak bahan beracun pada manusia/ *human toxicity*,
- dampak bahan beracun pada ekosistem/ *ecotoxicity* air tawar,

- dampak bahan beracun pada ekosistem air laut,
- dampak bahan beracun pada ekosistem terestrial,
- pembentukan *photo-oxidant*,
- pengasaman/ *acidification*, dan
- *eutrophication*.

Pada tahap dilakukan pengumpulan dan pengolahan data, ternyata hanya terdapat sembilan (9) kategori dampak saja yang terukur yaitu :

- penipisan sumber daya alam,
- perubahan iklim/ *climate change*,
- dampak bahan beracun pada manusia/ *human toxicity*,
- dampak bahan beracun pada ekosistem/ *ecotoxicity* air tawar,
- dampak bahan beracun pada ekosistem air laut,
- dampak bahan beracun pada ekosistem terestrial,
- pembentukan *photo-oxidant*,
- pengasaman/ *acidification*, dan
- *eutrophication*.

Dengan demikian ada dua dampak yang tidak terukur dalam kajian ini yaitu dampak dari penggunaan lahan (persaingan lahan), dan dampak penipisan lapisan ozon stratosfer/ *stratospheric ozone depletion*.

Pada dampak penggunaan lahan, hal yang diperhatikan adalah hilangnya lahan sebagai sebuah sumber daya, dalam pengertian untuk sementara waktu tidak dapat digunakan. Metode yang digunakan adalah *unweighted aggregation* dengan menggunakan faktor pengali yaitu 1 untuk semua lahan yang digunakan. Oleh karena itu data yang dibutuhkan untuk perhitungan ini adalah luas lahan yang digunakan (dalam m².tahun). Pada data yang sudah dikumpulkan, hanya terdapat data luas lahan untuk perkebunan kelapa sawit saja sesuai *roadmap* biodiesel sebagai input untuk melakukan perhitungan dampak lainnya, sedangkan untuk lokasi unit bisnis lainnya seperti *CPO mill*, pabrik biodiesel, *blending plant*/ penampungan BBM Pertamina, SPBU, dan area sebaran kendaraan transportasi tidak tersedia datanya. Tidak diukurnya dampak penggunaan lahan tidak akan mempengaruhi penelitian ini secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh tidak tersedianya faktor normalisasi yang dapat digunakan untuk membandingkan

dampak penggunaan lahan ini dengan dampak-dampak lainnya. Sehingga bila pun data tersedia, maka perhitungan tidak dapat dilanjutkan ke tahap normalisasi dan tidak dapat dibandingkan kepentingan relatifnya terhadap dampak lainnya.

Dampak penipisan lapisan ozon stratosfer disebabkan oleh emisi *anthropogenic*/ yang disebabkan oleh kegiatan manusia. Emisi ini menyebabkan fraksi yang semakin besar dari sinar radiasi matahari UV-B yang mencapai permukaan bumi, dan akan berpotensi mempengaruhi dampak yang membahayakan pada kesehatan manusia, kesehatan hewan, ekosistem terestrial, akuatik, siklus biokimia, dan siklus material. Dicontohkan beberapa gas yang berpotensi menyebabkan dampak penipisan lapisan ozon stratosfer adalah sebagai berikut : 1,1,1-trichloroethane, CFC, HBFC, HALON, HBFC, HCFC, Metil Bromida, Metil Klorida, Tetrachloromethane. Dengan tidak tersedianya data yang berhubungan dengan gas penyebab dampak di atas, maka tidak dapat dilakukan pengukuran terhadap dampak ini.

4.2 ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN ROADMAP BIODIESEL

Analisis ini dilakukan berdasar pada *Roadmap* Biodiesel Nasional, dimulai dari Perkebunan Kelapa Sawit, *CPO Mill*, Pabrik Biodiesel, *Blending Plant*/ Pool Pertamina, SPBU, dan Transportasi yaitu penggunaan biodiesel di kendaraan bermotor dengan dampak emisinya (lebih dikenal sebagai *LCA Cradle to Wheel*).

Input dasar pada perhitungan ini adalah dimulai dari kebutuhan biodiesel tiap tahunnya sesuai *roadmap*, kemudian akhirnya dikonversikan pada kebutuhan lahan perkebunan kelapa sawit sebagai sumber bahan baku biodiesel sawit. Meskipun lahan yang dibutuhkan sudah tersedia/ terpenuhi, namun dalam kajian ini disimulasikan dibuka kebun seluas 200 ha dalam 6 tahap selama 6 tahun, yaitu mulai dari 30.000 ha, 30.000 ha, 40.000 ha, 30.000 ha, 30.000 ha, 40.000 ha tiap tahunnya. Skenario ini diperlukan untuk mengetahui sampai sejauh mana dampak yang ditimbulkan oleh adanya pembukaan lahan. Jika simulasi pembukaan lahan disamakan dengan kebutuhan *roadmap*, selain hal ini tidak sesuai dengan realitas di lapangan juga akan mengganggu ketajaman analisis lainnya di luar unit bisnis perkebunan kelapa sawit. Apalagi bila itu dilakukan dengan pembakaran lahan.

4.2.1. Analisis Dampak Lingkungan Per Unit Bisnis

Dari Gambar 4.2 yang diolah menunjukkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Kontribusi Unit Bisnis Terhadap Dampak Lingkungan

Unit	Total Dampak (yr)	%
Perkebunan	4,426E-02	23,450
<i>CPO Mill</i>	7,195E-03	3,974
Pabrik Biodiesel	2,983E-02	16,478
<i>Blending Plant</i>	3,679E-02	20,321
SPBU	1,619E-04	0,089
Transportasi	6,461E-02	35,688
Total Keseluruhan	1,810E-01	100,000

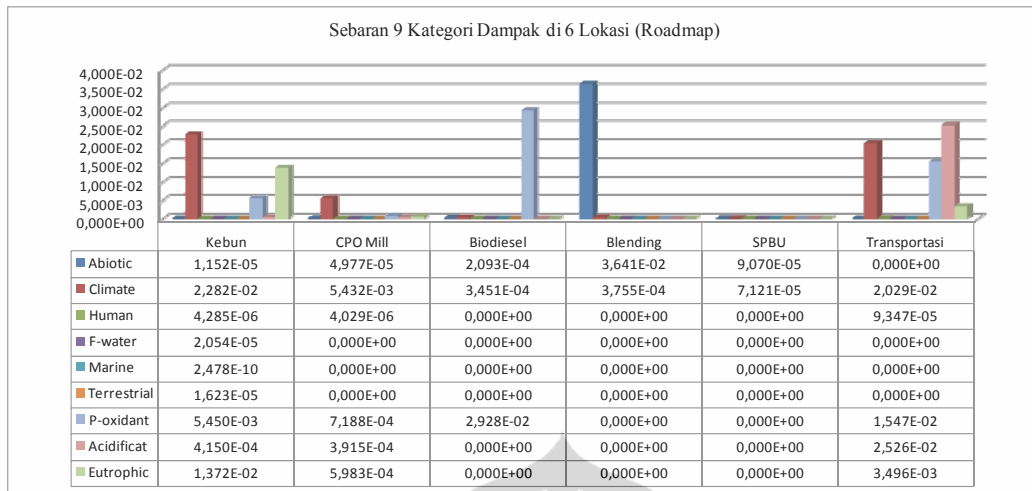
Tiga unit bisnis yang paling dominan dampaknya adalah di sektor transportasi, perkebunan, dan *blending plant*. Pembahasan lebih lanjut yang ditail mengenai potensi dampak pada setiap lokasi unit bisnis dibahas pada subbab berikut.

4.2.1.1 Analisis Dampak di Perkebunan Kelapa Sawit

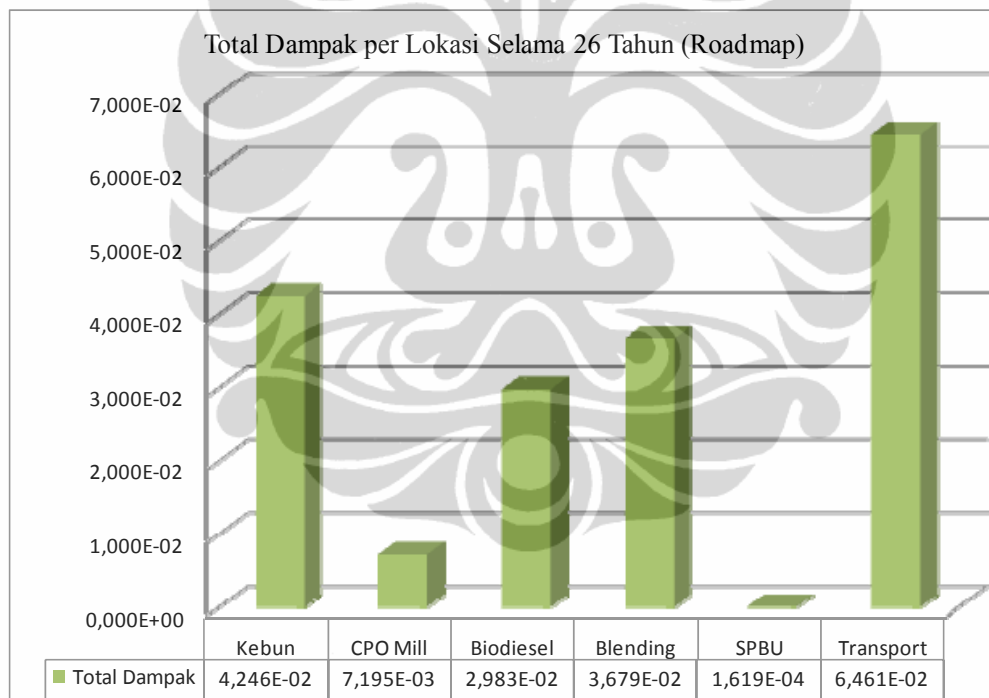
Dari hasil pengolahan data diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Kontribusi Kategori Dampak di Perkebunan

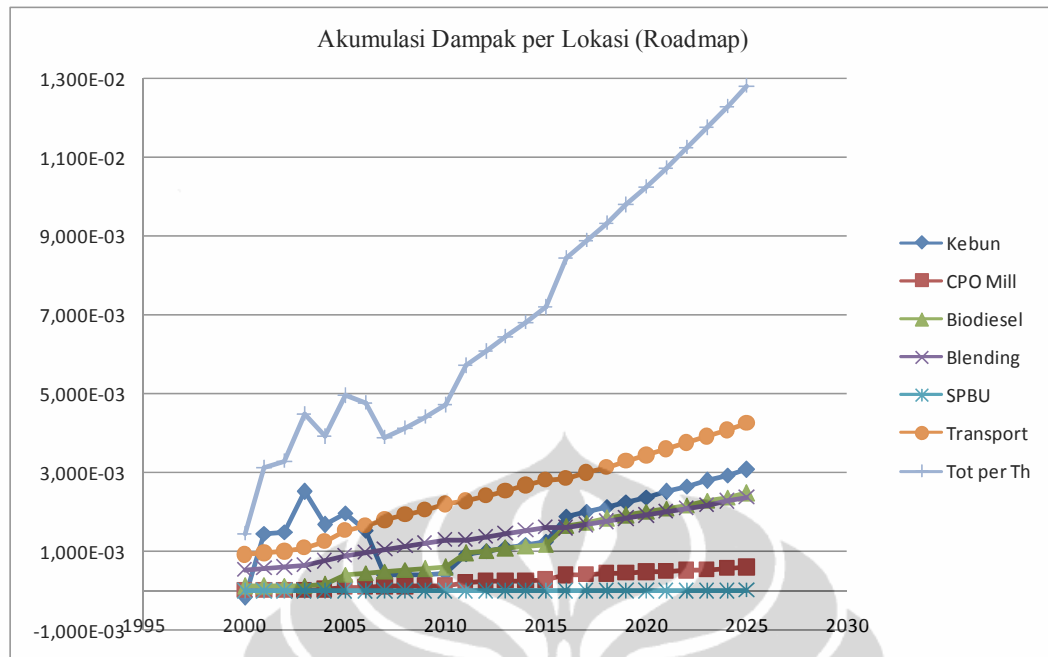
Dampak di Perkebunan	Total (yr)	% Total
Penipisan Sumber Daya Abiotik	1,152E-05	0,027
Perubahan Iklim	2,282E-02	53,753
Dampak Bahan Beracun pada Manusia	4,285E-06	0,010
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Tawar	2,054E-05	0,048
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Laut	2,478E-10	0,000
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Terrestrial	1,623E-05	0,038
Pembentukan <i>Photo-Oxidant</i>	5,450E-03	12,837
Pengasaman/ <i>Acidification</i>	4,150E-04	0,977
<i>Eutrophication</i>	1,372E-02	32,309
Total di Perkebunan	4,246E-02	100,000



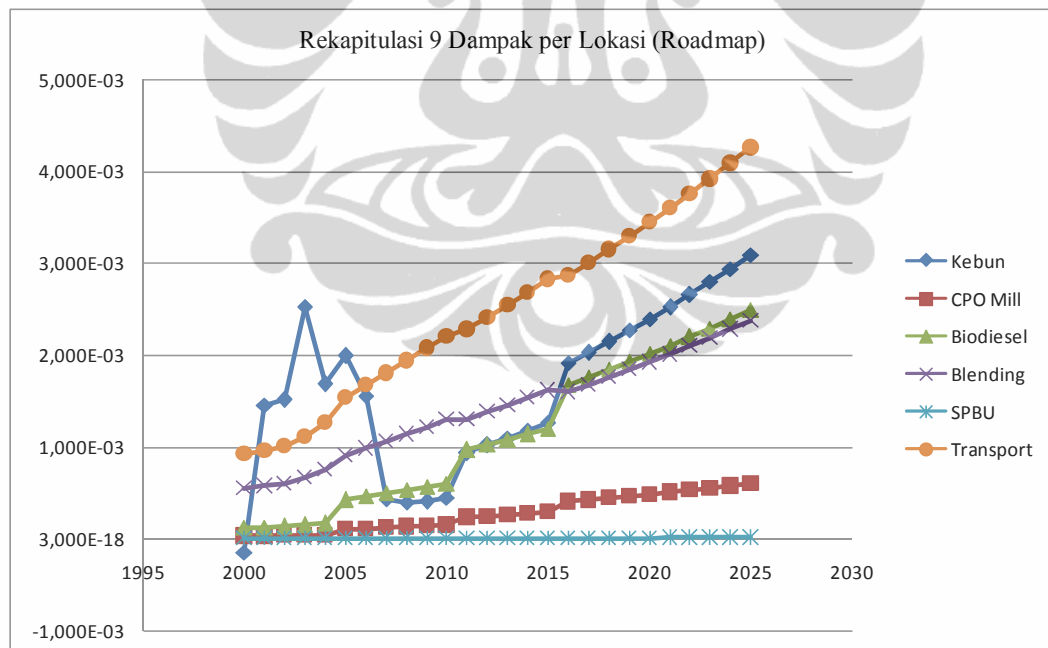
Gambar 4.1 Diagram dan Tabel Data Dampak Lingkungan di 6 Unit Bisnis



Gambar 4.2 Diagram Akumulasi Dampak Pada Setiap Lokasi Unit Bisnis



Gambar 4.3 Grafik Akumulasi Dampak Pada Setiap Lokasi Unit Bisnis



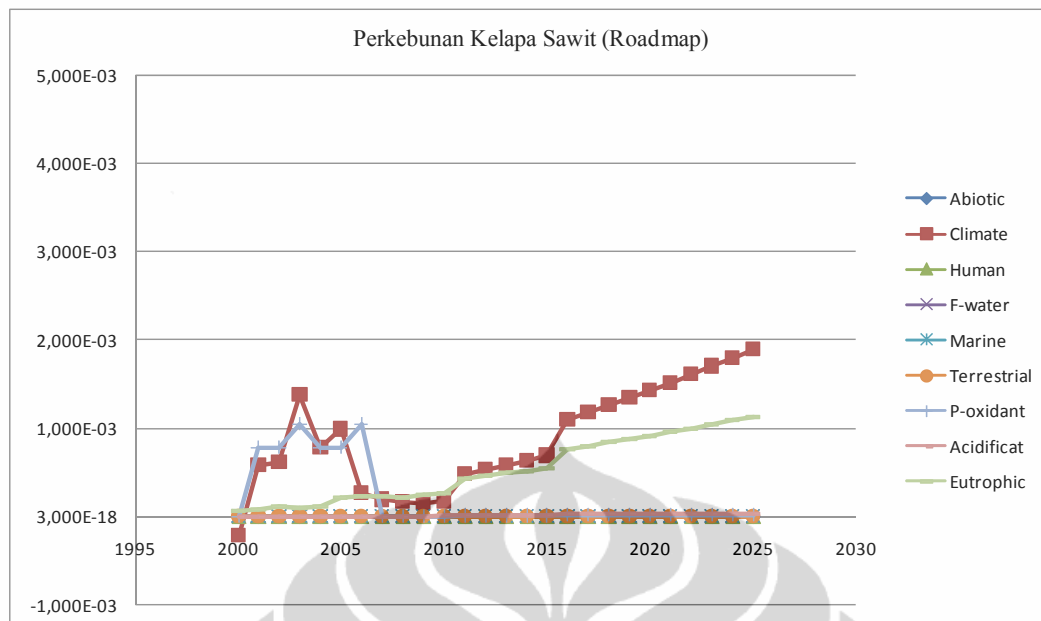
Gambar 4.4 Grafik Rekapitulasi Dampak Pada Setiap Lokasi Unit Bisnis

Tiga dampak terbesar di industri perkebunan kelapa sawit adalah pada kategori perubahan iklim, *eutrophication*, dan pembentukan *photo-oxidant*.

Tabel 4.3 Sumber Dampak Perubahan Iklim di Perkebunan

Tahun	Perkebunan Kelapa Sawit					
	Emisi			Climate Change	Normalized Impact	Norm Impct (%)
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O			
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg CO ₂ eq)		
2000	(8.480.000.000)	-	789.114	-8,235E+09	-2,134E-04	(0,935)
2001	21.292.000.000	42.750.000	1.017.047	2,251E+10	5,830E-04	2,555
2002	22.564.000.000	42.750.000	1.272.752	2,386E+10	6,180E-04	2,708
2003	51.435.943.452	61.429.897	1.047.325	5,305E+10	1,374E-03	6,022
2004	29.006.240.055	47.795.314	975.500	3,031E+10	7,853E-04	3,441
2005	36.236.342.848	55.438.136	2.171.636	3,807E+10	9,864E-04	4,322
2006	7.980.927.684	70.786.244	2.281.619	1,017E+10	2,636E-04	1,155
2007	6.456.327.690	14.891.790	2.214.177	7,455E+09	1,931E-04	0,846
2008	5.587.631.207	15.998.162	2.144.000	6,588E+09	1,707E-04	0,748
2009	4.681.580.470	17.107.491	2.526.241	5,824E+09	1,509E-04	0,661
2010	5.393.519.652	18.222.310	2.977.233	6,699E+09	1,736E-04	0,761
2011	16.124.435.862	29.018.030	5.468.967	1,843E+10	4,774E-04	2,092
2012	17.825.957.200	30.719.176	6.115.558	2,037E+10	5,276E-04	2,312
2013	19.615.483.320	32.441.134	6.586.552	2,234E+10	5,787E-04	2,536
2014	21.429.998.943	34.188.077	7.062.809	2,434E+10	6,305E-04	2,763
2015	23.475.113.887	35.964.050	7.473.187	2,655E+10	6,877E-04	3,014
2016	38.214.158.275	50.363.978	10.400.669	4,250E+10	1,101E-03	4,824
2017	41.145.926.617	52.824.891	10.775.429	4,560E+10	1,181E-03	5,176
2018	44.064.419.105	55.339.703	11.197.537	4,870E+10	1,262E-03	5,528
2019	47.041.576.885	57.913.168	11.632.033	5,186E+10	1,344E-03	5,888
2020	50.082.033.809	60.549.917	12.043.846	5,509E+10	1,427E-03	6,254
2021	53.257.520.659	63.254.495	12.613.979	5,850E+10	1,515E-03	6,641
2022	56.572.493.063	66.031.354	13.199.326	6,205E+10	1,608E-03	7,044
2023	59.964.184.090	68.884.915	13.800.856	6,569E+10	1,702E-03	7,457
2024	63.436.967.559	71.819.551	14.419.480	6,942E+10	1,798E-03	7,880
2025	66.928.035.634	74.839.640	15.056.111	7,317E+10	1,896E-03	8,306
Total	801.332.817.967	1.171.321.422	177.262.981	8,809E+11	2,282E-02	100,000

Pertama, penyebab utama dampak perubahan iklim (sangat signifikan) di perkebunan adalah adanya emisi CO₂, CH₄, dan N₂O. Emisi tersebut pada awalnya dihasilkan akibat dari adanya pembakaran lahan hutan/ gambut (emisi CO₂, CH₄) pada saat pembukaan lahan perkebunan sawit pada 6 tahun pertama (Tabel 4.2 dan Gambar 4.2). Emisi tersebut diimbangi dengan absorpsi CO₂ dari lahan yang belum dibuka dan pada kebun kelapa sawit yang sudah menghasilkan. Namun kembali melonjak akibat pemakaian pupuk yang mengandung N (emisi N₂O) pemakaian lahan gambut untuk perkebunan (emisi CO₂, CH₄) serta adanya pembakaran diesel untuk kegiatan transportasi di perkebunan (emisi CO₂).



Gambar 4.5 Grafik Rekapitulasi Dampak di Perkebunan

Kedua, penyebab utama pada dampak *eutrophication* (signifikan) di perkebunan adalah adanya emisi NO_2 , NH_4 , P, dan P_2O_5 . Pupuk N (amonium sulfat) menimbulkan emisi NH_4 dan NO_2 . Pupuk Glyphosate menimbulkan emisi fosforus (P), dan pupuk P (ground rock phosphate) menimbulkan emisi fosfor oksida (P_2O_5). Pupuk P, pupuk N, dan pupuk glyphosat yang dipakai pada perkebunan sangat besar pengaruhnya pada dampak *eutrophication*.

Ketiga, penyebab utama pada dampak *photo-oxidant* (signifikan) adalah dari emisi CO, CH_4 , dan NO_2 . Emisi CO dan CH_4 dihasilkan saat pembukaan lahan dengan pembakaran yang puncaknya terjadi pada tahun 2003 dan 2006 (40.000 ha). Sedangkan emisi NO_2 dihasilkan dari pupuk N (amonium sulfat).

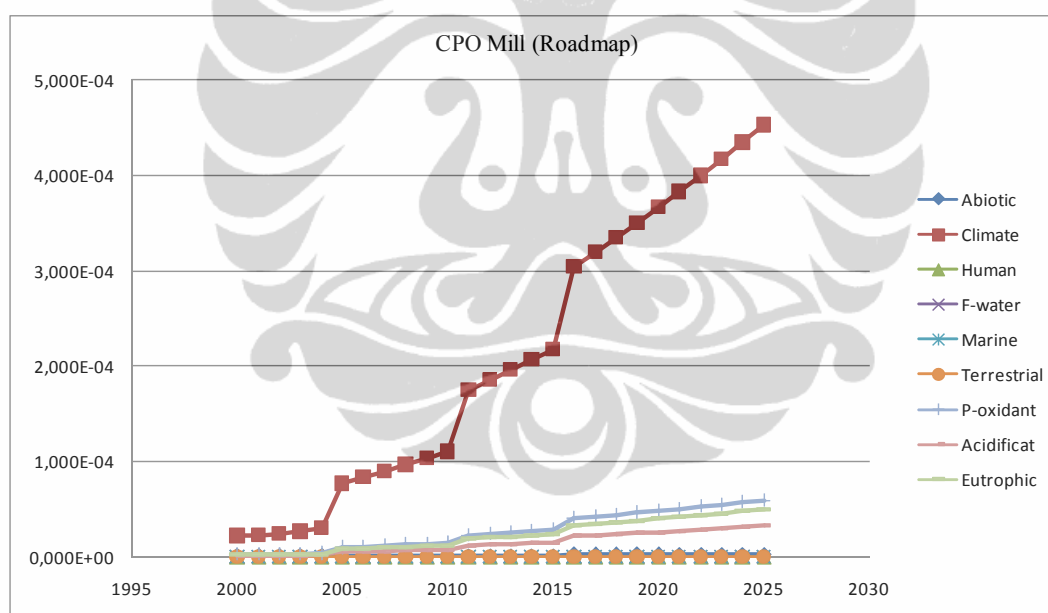
Jadi faktor utama penyebab dampak di perkebunan adalah adanya pembakaran hutan/ gambut untuk membuka lahan baru, serta pengaruh dari besarnya pemupukan selama perawatan lahan produktif perkebunan.

4.2.1.2 Analisis Dampak di CPO Mill

Dari hasil pengolahan data diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Kontribusi Kategori Dampak di *CPO Mill*

Dampak di Perkebunan	Total (yr)	% Total
Penipisan Sumber Daya Abiotik	4,977E-05	0,692
Perubahan Iklim	5,432E-03	75,504
Dampak Bahan Beracun pada Manusia	4,029E-06	0,056
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Tawar	0,000E+00	-
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Laut	0,000E+00	-
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Terestrial	0,000E+00	-
Pembentukan <i>Photo-Oxidant</i>	7,188E-04	9,991
Pengasaman/ <i>Acidification</i>	3,915E-04	5,442
<i>Eutrophication</i>	5,983E-04	8,316
Total di <i>CPO Mill</i>	7,195E-03	100,000

**Gambar 4. 6** Grafik Rekapitulasi Dampak di *CPO Mill*

Tiga dampak terbesar di industri perkebunan kelapa sawit adalah pada kategori perubahan iklim, pembentukan *photo-oxidant*, *eutrophication*.

Pertama, penyebab utama dampak perubahan iklim di *CPO mill* adalah adanya emisi CO₂, CH₄, dan NO₂. Air limbah CPO (POME) memproduksi biogas yang diantaranya berupa gas metan CH₄, dan selanjutnya menimbulkan emisi CO₂. Sedangkan emisi NO₂ berasal dari selama proses produksi CPO itu sendiri.

Kedua, penyebab utama dampak pembentukan *photo-oxidant* di *CPO mill* adalah adanya emisi CO, CH₄, dan NO₂. Air limbah CPO (POME) memproduksi biogas yang diantaranya berupa gas metan CH₄. Sedangkan emisi CO dan N₂O berasal dari selama proses produksi CPO itu sendiri.

Ketiga, penyebab utama dampak *eutrophication* di *CPO mill* adalah adanya emisi P₂O₅ dan NO₂. Emisi P₂O₅ berasal dari unsur P yang ada dalam tandan kosong (EFB). Sedangkan emisi N₂O berasal dari proses produksi CPO.

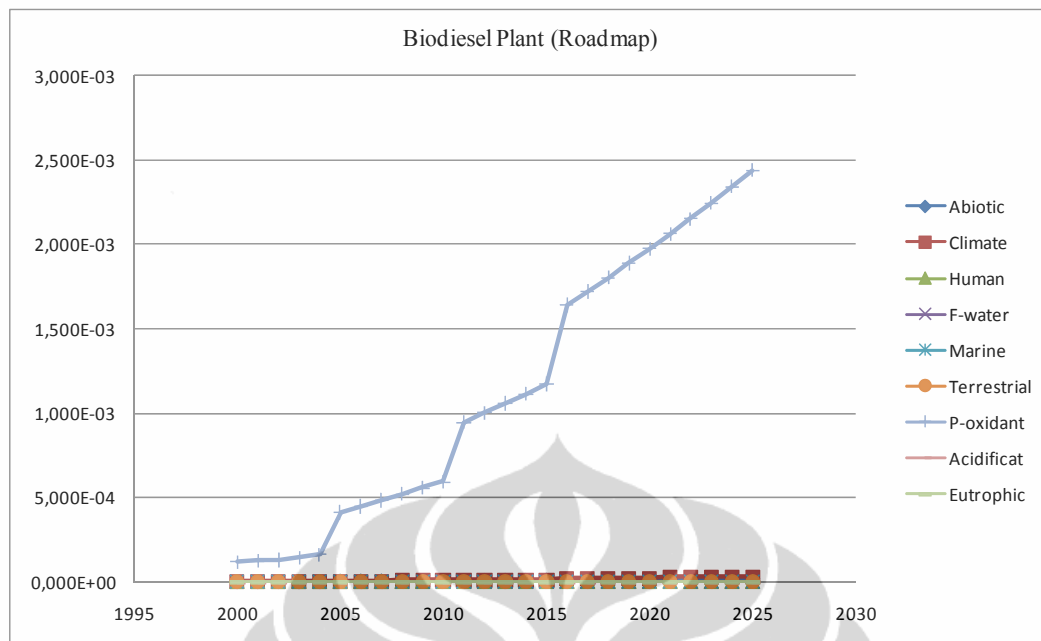
Dampak yang ada pada CPO mill tampak tidak terlalu besar, disebabkan karena proses utamanya adalah mekanik dan adanya efisiensi penggunaan energi dari biomas yang juga bagian dari limbahnya. Sedangkan emisi dari limbah POME dan dari pembakaran di boiler perlu kajian lebih lanjut (cukup signifikan).

4.2.1.3 Analisis Dampak di Pabrik Biodiesel

Dari hasil pengolahan data diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.5 Kontribusi Kategori Dampak di Pabrik Biodiesel

Dampak di Perkebunan	Total (yr)	% Total
Penipisan Sumber Daya Abiotik	2,093E-04	0,701
Perubahan Iklim	3,451E-04	1,157
Dampak Bahan Beracun pada Manusia	0,000E+00	-
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Tawar	0,000E+00	-
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Laut	0,000E+00	-
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Terrestrial	0,000E+00	-
Pembentukan <i>Photo-Oxidant</i>	2,928E-02	98,142
Pengasaman/ <i>Acidification</i>	0,000E+00	-
<i>Eutrophication</i>	0,000E+00	-
Total di Pabrik Biodiesel	2,983E-02	100,000



Gambar 4.7 Grafik Rekapitulasi Dampak di Pabrik Biodiesel

Tiga dampak di pabrik biodiesel adalah pada kategori pembentukan *photo-oxidant*, perubahan iklim, dan penipisan sumber daya abiotik.

Pertama, satu-satunya penyebab dampak pembentukan *photo-oxidant* (sangat signifikan) di pabrik biodiesel adalah adanya penggunaan methanol untuk proses reaksi dalam produksi biodiesel dengan proses trans-esterifikasi.

Kedua, satu-satunya penyebab dampak perubahan iklim di pabrik biodiesel adalah adanya emisi CO₂ akibat dari produksi biodiesel itu sendiri.

Ketiga, penyebab utama dampak penipisan sumber daya abiotik di pabrik biodiesel adalah penggunaan sodium (Na), bahan bakar (fosil), dan listrik (fosil), meskipun itu semua kontribusi dampaknya sangat kecil sekali (0,701%).

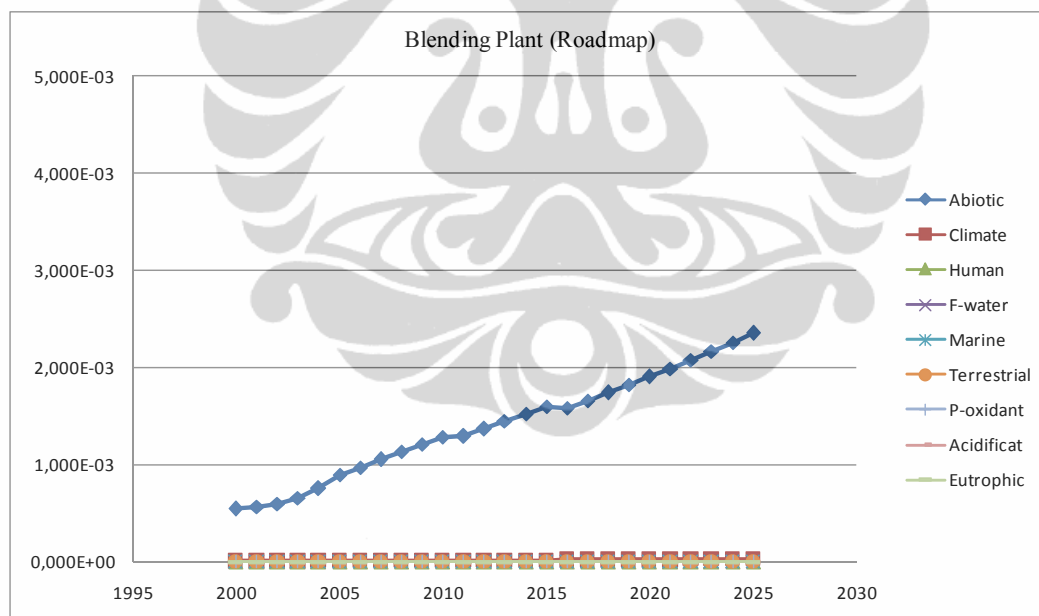
Secara umum penyebab dampak pada pabrik biodiesel adalah penggunaan methanol sebagai reaktan dalam proses produksi biodiesel, yaitu antara 10% sampai dengan 13% dari input CPO yang digunakan. Dalam pelaksanaannya dibutuhkan methanol berlebih, sekitar 18% sampai dengan 20% untuk menjaga keseimbangan reaksi. Bahkan methanol sisanya didaur ulang lewat distilasi.

4.2.1.4 Analisis Dampak di *Blending Plant*

Dari hasil pengolahan data diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 6 Kontribusi Kategori Dampak di *Blending Plant*

Dampak di Perkebunan	Total (yr)	% Total
Penipisan Sumber Daya Abiotik	3,641E-02	98,979
Perubahan Iklim	3,755E-04	1,021
Dampak Bahan Beracun pada Manusia	0,000E+00	
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Tawar	0,000E+00	
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Laut	0,000E+00	
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Terrestrial	0,000E+00	
Pembentukan <i>Photo-Oxidant</i>	0,000E+00	
Pengasaman/ <i>Acidification</i>	0,000E+00	
<i>Eutrophication</i>	0,000E+00	
Total di <i>Blending Plant</i>	3,679E-02	100,000

**Gambar 4. 8** Grafik Rekapitulasi Dampak di *Blending Plant*

Dua dampak di *blending plant* adalah pada kategori penipisan sumber daya abiotik, dan perubahan iklim.

Pertama, penyebab dampak penipisan sumber daya abiotik (sangat signifikan) di *blending plant* adalah pemakaian bahan bakar solar (ADO) sebagai

bahan baku pencampur dengan biodiesel, dimana semakin besar kandungan biodiesel berarti semakin mengurangi dampak tersebut. Bahan bakar fosil untuk sarana transportasi yang jaraknya relatif jauh, dan penggunaan listrik dari energi fosil juga menambah dampak tersebut.

Kedua, penyebab dampak perubahan iklim (tidak signifikan) di *blending plant* adalah emisi CO₂ yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang digunakan di sarana transportasi dan dari pusat pembangkit listrik.

4.2.1.5 Analisis Dampak di SPBU

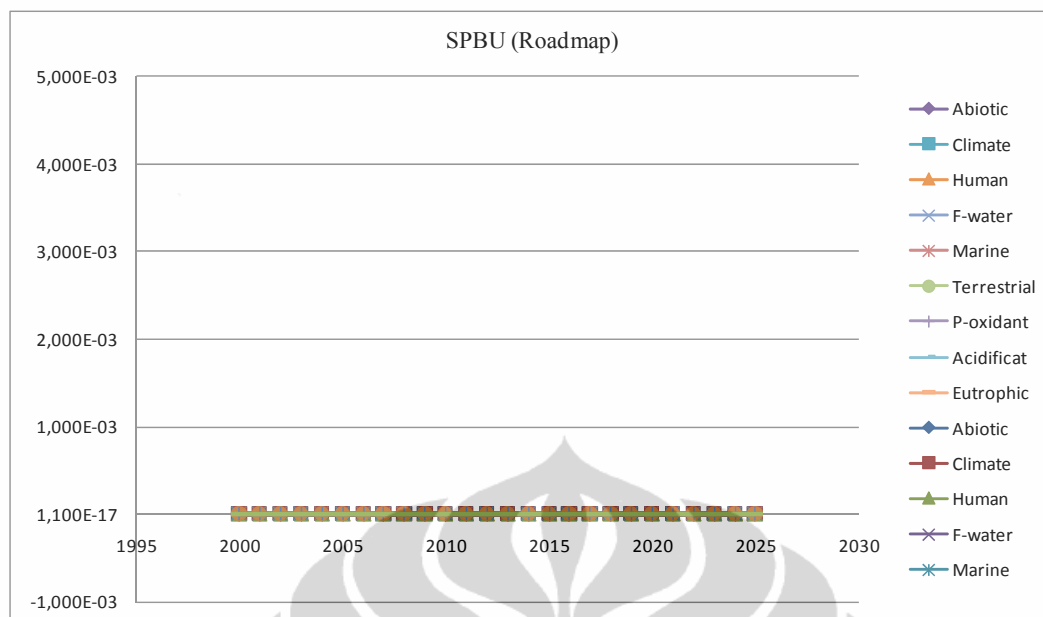
Dari hasil pengolahan data diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.7 Kontribusi Kategori Dampak di SPBU

Dampak di Perkebunan	Total (yr)	% Total
Penipisan Sumber Daya Abiotik	9,070E-05	56,017
Perubahan Iklim	7,121E-05	43,983
Dampak Bahan Beracun pada Manusia	0,000E+00	-
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Tawar	0,000E+00	-
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Laut	0,000E+00	-
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Terrestrial	0,000E+00	-
Pembentukan <i>Photo-Oxidant</i>	0,000E+00	-
Pengasaman/ <i>Acidification</i>	0,000E+00	-
<i>Eutrophication</i>	0,000E+00	-
Total di SPBU	1,619E-04	100,000

Dua dampak di *blending plant* adalah pada kategori penipisan sumber daya abiotik, dan perubahan iklim.

Kedua penyebab dampak tersebut (tidak signifikan) berasal bahan bakar fosil untuk transportasi dan listrik, yang berdampak pada emisi CO₂ juga.



Gambar 4.9 Grafik Rekapitulasi Dampak di SPBU

4.2.1.6 Analisis Dampak di Transportasi

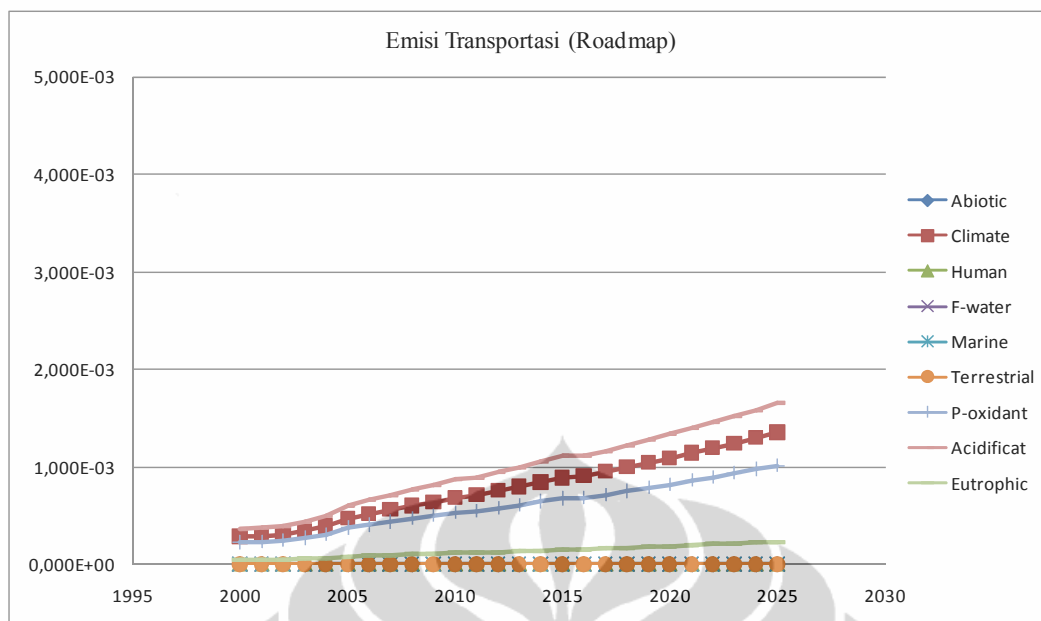
Dari hasil pengolahan data diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.8 Kontribusi Kategori Dampak di Transportasi

Dampak di Perkebunan	Total (yr)	% Total
Penipisan Sumber Daya Abiotik	0,000E+00	-
Perubahan Iklim	2,029E-02	31,404
Dampak Bahan Beracun pada Manusia	9,347E-05	0,145
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Tawar	0,000E+00	-
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Laut	0,000E+00	-
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Terrestrial	0,000E+00	-
Pembentukan <i>Photo-Oxidant</i>	1,547E-02	23,942
Pengasaman/ <i>Acidification</i>	2,526E-02	39,099
<i>Eutrophication</i>	3,496E-03	5,411
Total di Transportasi	6,461E-02	100,000

Tabel 4.9 Kontribusi Emisi Dari Transportasi

Normalisasi Emisi Transportasi dan Kontribusinya Terhadap Keseluruhan Dampak									Total Transport per tahun	Total Seluruh Lokasi	% Kontribusi Transport
Penipisan S D Abiotik	Perubahan Iklim	Human Toxicity	Fresh Water Aquatic	Marine Aquatic	Terrestrial Ecotoxicity	Photo-Oxidant	Acidificat	Eutrophic			
(per tahun per lokasi)											
0,000E+00	2,833E-04	1,270E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	2,228E-04	3,663E-04	4,691E-05	9,205E-04	1,471E-03	62,600
0,000E+00	2,948E-04	1,322E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	2,319E-04	3,812E-04	4,882E-05	9,581E-04	3,142E-03	30,493
0,000E+00	3,099E-04	1,390E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	2,438E-04	4,008E-04	5,133E-05	1,007E-03	3,292E-03	30,602
0,000E+00	3,430E-04	1,538E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	2,698E-04	4,436E-04	5,680E-05	1,115E-03	4,491E-03	24,821
0,000E+00	3,907E-04	1,751E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	3,073E-04	5,052E-04	6,469E-05	1,270E-03	3,921E-03	32,378
0,000E+00	4,746E-04	2,174E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	3,713E-04	6,083E-04	8,080E-05	1,537E-03	4,955E-03	31,021
0,000E+00	5,157E-04	2,362E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	4,034E-04	6,609E-04	8,779E-05	1,670E-03	4,776E-03	34,972
0,000E+00	5,571E-04	2,552E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	4,358E-04	7,139E-04	9,483E-05	1,804E-03	3,912E-03	46,113
0,000E+00	5,985E-04	2,742E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	4,681E-04	7,670E-04	1,019E-04	1,938E-03	4,141E-03	46,810
0,000E+00	6,400E-04	2,932E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	5,006E-04	8,201E-04	1,089E-04	2,073E-03	4,409E-03	47,007
0,000E+00	6,817E-04	3,123E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	5,332E-04	8,736E-04	1,160E-04	2,208E-03	4,714E-03	46,828
0,000E+00	7,119E-04	3,277E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	5,460E-04	8,947E-04	1,223E-04	2,278E-03	5,717E-03	39,851
0,000E+00	7,536E-04	3,469E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	5,780E-04	9,471E-04	1,295E-04	2,412E-03	6,080E-03	39,667
0,000E+00	7,959E-04	3,664E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	6,104E-04	1,000E-03	1,368E-04	2,547E-03	6,445E-03	39,521
0,000E+00	8,387E-04	3,861E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	6,433E-04	1,054E-03	1,441E-04	2,684E-03	6,814E-03	39,389
0,000E+00	8,823E-04	4,062E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	6,767E-04	1,109E-03	1,516E-04	2,824E-03	7,194E-03	39,251
0,000E+00	9,087E-04	4,210E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	6,825E-04	1,111E-03	1,582E-04	2,865E-03	8,455E-03	33,879
0,000E+00	9,531E-04	4,416E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	7,159E-04	1,165E-03	1,659E-04	3,005E-03	8,893E-03	33,788
0,000E+00	9,985E-04	4,626E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	7,499E-04	1,221E-03	1,738E-04	3,148E-03	9,338E-03	33,706
0,000E+00	1,045E-03	4,841E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	7,848E-04	1,278E-03	1,819E-04	3,294E-03	9,794E-03	33,631
0,000E+00	1,093E-03	5,062E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	8,206E-04	1,336E-03	1,901E-04	3,444E-03	1,026E-02	33,565
0,000E+00	1,141E-03	5,288E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	8,572E-04	1,395E-03	1,986E-04	3,598E-03	1,074E-02	33,487
0,000E+00	1,191E-03	5,520E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	8,948E-04	1,457E-03	2,074E-04	3,756E-03	1,124E-02	33,409
0,000E+00	1,243E-03	5,759E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	9,335E-04	1,520E-03	2,163E-04	3,918E-03	1,175E-02	33,337
0,000E+00	1,296E-03	6,004E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	9,733E-04	1,584E-03	2,255E-04	4,085E-03	1,228E-02	33,271
0,000E+00	1,350E-03	6,256E-06	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	1,014E-03	1,651E-03	2,350E-04	4,257E-03	1,282E-02	33,213
0,000E+00	2,029E-02	9,347E-05	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	1,547E-02	2,526E-02	3,496E-03	6,461E-02	1,810E-01	35,688



Gambar 4.10 Grafik Rekapitulasi Dampak di Transportasi

Tiga dampak terbesar di transportasi adalah pada kategori pengasaman, perubahan iklim, dan pembentukan *photo-oxidant*.

Semua dampak di transportasi berasal dari bahan bakar kendaraan yang berupa campuran biodiesel atau minyak diesel murni. Besar kecilnya emisi bergantung pada berapa prosen campuran biodiesel, semakin besar campuran biodiesel semakin mengecil dampaknya. Selain itu ada faktor lain lagi yang mempengaruhi besarnya emisi, yaitu jenis mesin kendaraan yang dipakainya.

Dampak pengasaman berasal dari emisi SO_2 dan NO_x , dampak perubahan iklim dari emisi CO_2 dan HC, serta pembentukan *photo-oxidant* berasal dari emisi SO_2 , NO_x , HC, dan CO. Sebenarnya ada emisi *Particulat Material* (PM) namun belum menemukan referensi dalam *handbook LCA*, padahal PM sangat besar bahayanya bagi kesehatan manusia (dampak bahan beracun pada manusia). Sehingga dampak bahan beracun pada manusia yang diakibatkan oleh emisi SO_2 , dan NO_x , juga ada potensi dari emisi PM yang belum terdefiniskan untuk sementara ini.

Merujuk pada Tabel 4.9 maka bisa dinyatakan bahwa emisi transportasi ada dalam range 30% sampai dengan 50% dengan rata-rata sekitar 35%, maka hal tersebut menunjukkan adanya permasalahan yang sangat signifikan.

4.2.2. Analisis Dampak Lingkungan per Kategori Dampak

Dari Gambar 4.12 yang diolah menunjukkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Kontribusi Rekapitulasi Kategori Dampak

Rekapitulasi Dampak	Total (yr)	% Total
Penipisan Sumber Daya Abiotik	3,678E-02	20,313
Perubahan Iklim	4,934E-02	27,250
Dampak Bahan Beracun pada Manusia	1,018E-04	0,056
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Tawar	2,054E-05	0,011
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Air Laut	2,478E-10	0,000
Dampak Bahan Beracun pada Ekosistem Terestrial	1,623E-05	0,009
Pembentukan <i>Photo-Oxidant</i>	5,092E-02	28,123
Pengasaman/ <i>Acidification</i>	2,607E-02	14,399
<i>Eutrophication</i>	1,781E-02	9,838
Total Keseluruhan	1,810E-01	100,000

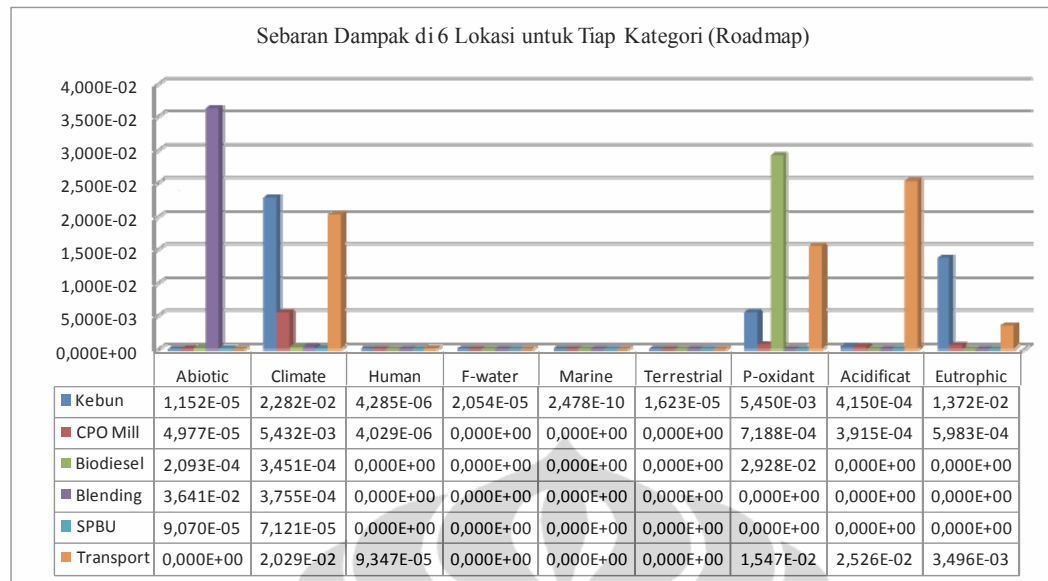
Lima kategori dampak yang paling dominan adalah di pembentukan *photo-oxidant*, perubahan iklim, penipisan sumber daya abiotik, pengasaman, dan *eutrophication*. Kelima kategori dampak tersebut dibahas lebih lanjut pada subbab berikut.

4.2.2.1. Analisis Dampak Penipisan Sumber Daya Abiotik

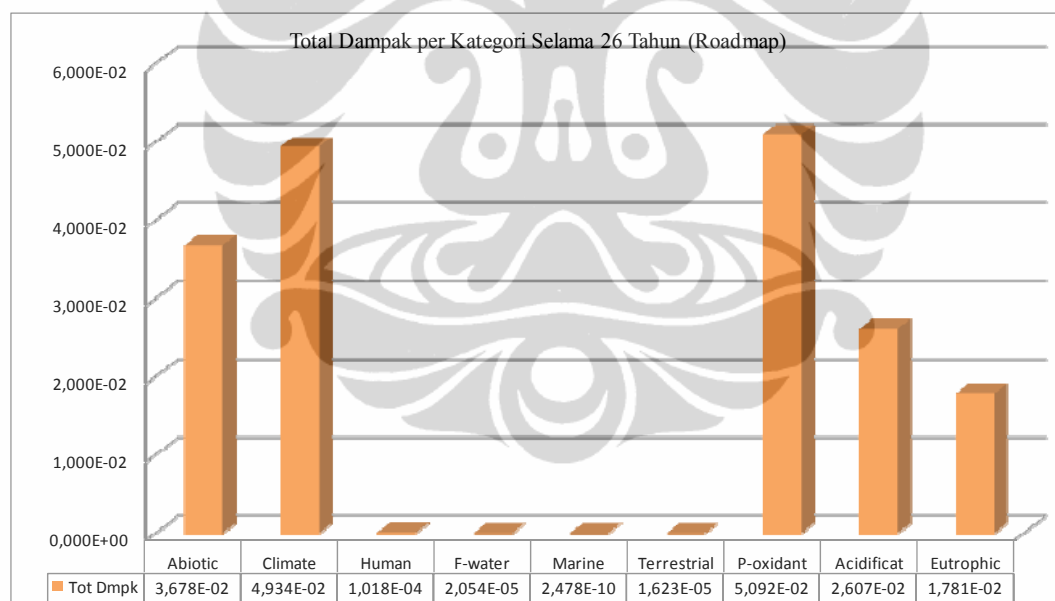
Disimpulkan dampak di *blending plant* berasal bahan baku ADO.

Tabel 4. 11 Kontribusi Pada Dampak PSD Abiotik

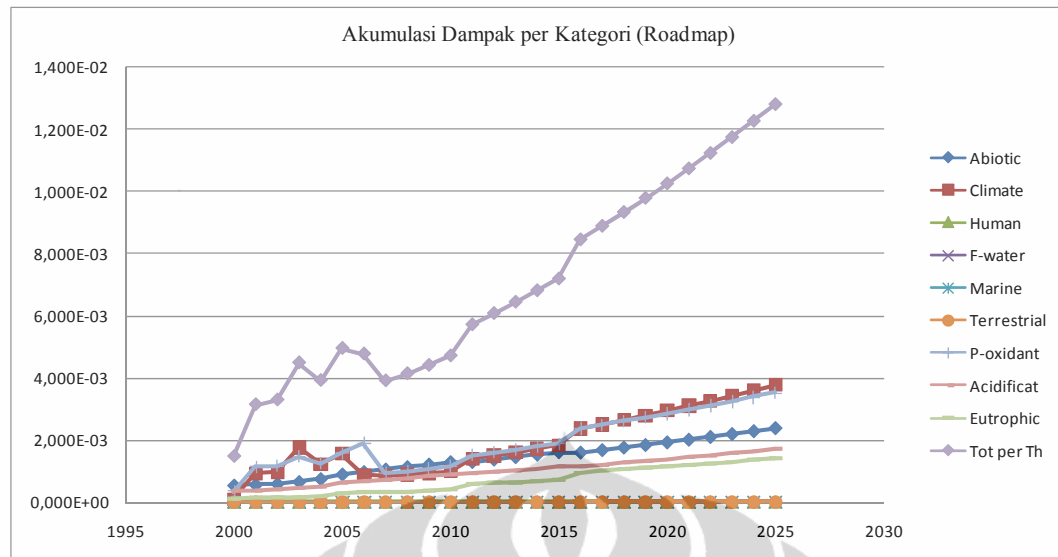
Unit	Total Dampak (yr)	%
Perkebunan	1,152E-05	0,031
<i>CPO Mill</i>	4,977E-05	0,135
Pabrik Biodiesel	2,093E-04	0,569
<i>Blending Plant</i>	3,641E-02	99,018
SPBU	9,070E-05	0,247
Transportasi	0,000E+00	-
Total PSD Abiotik	3,678E-02	100,000



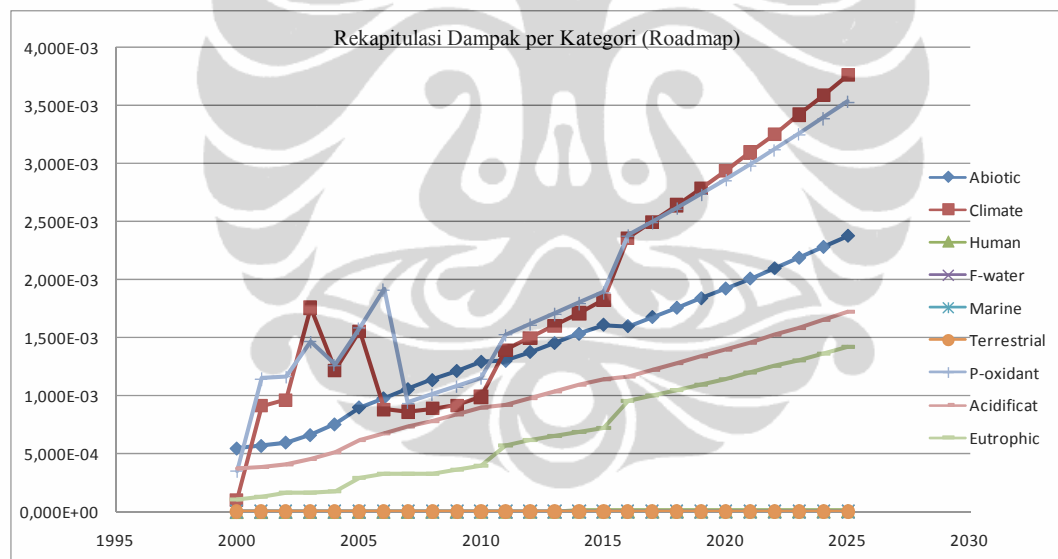
Gambar 4. 12 Diagram dan Tabel Data per Kategori Dampak di 6 Unit Bisnis



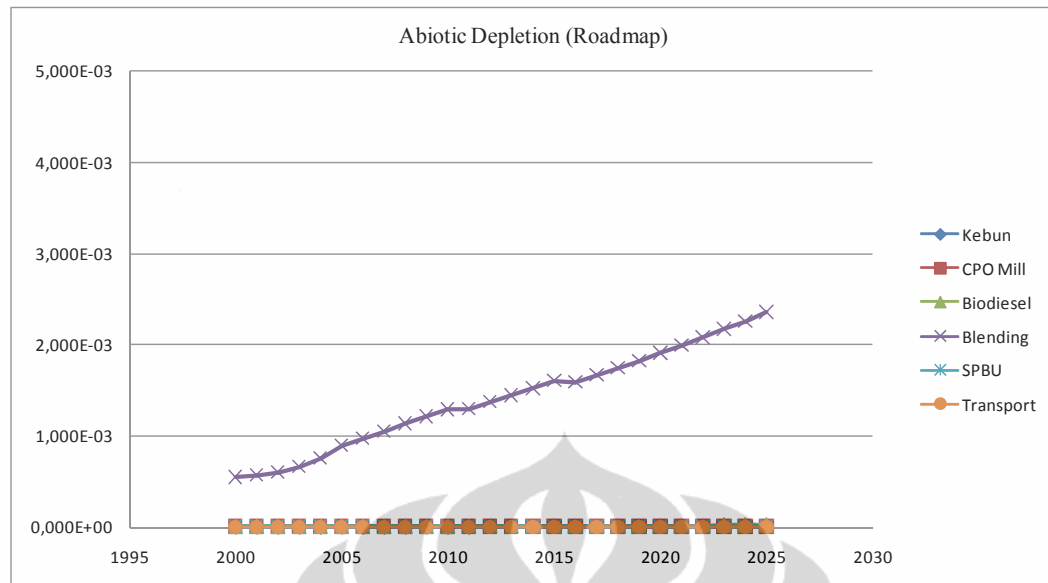
Gambar 4. 12 Diagram Akumulasi Dampak Pada Setiap Kategori



Gambar 4. 13 Grafik Akumulasi Dampak Pada Setiap Kategori



Gambar 4. 14 Grafik Rekapitulasi Dampak Pada Setiap Kategori



Gambar 4. 15 Grafik Dampak Penipisan Sumber Daya Abiotik

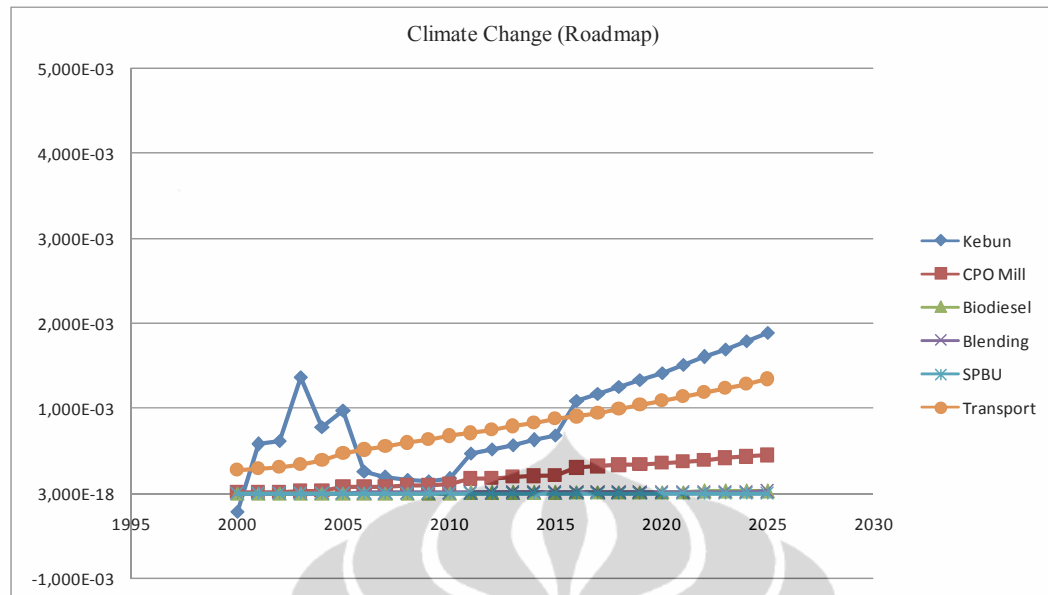
4.2.2.2. Analisis Dampak Perubahan Iklim

Dari hasil pengolahan data diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 12 Kontribusi Pada Dampak Perubahan Iklim

Unit	Total Dampak (yr)	%
Perkebunan	2,282E-02	46,256
CPO Mill	5,432E-03	11,010
Pabrik Biodiesel	3,451E-04	0,700
<i>Blending Plant</i>	3,755E-04	0,761
SPBU	7,121E-05	0,144
Transportasi	2,029E-02	41,129
Total Dpk P. Iklim	4,934E-02	100,000

Dampak perubahan iklim didominasi adanya emisi CO₂ yang berasal dari pembakaran lahan hutan/ gambut, dari emisi kendaraan transportasi, serta emisi yang berasal dari limbah cair di *CPO mill* (POME).



Gambar 4. 16 Grafik Dampak Perubahan Iklim

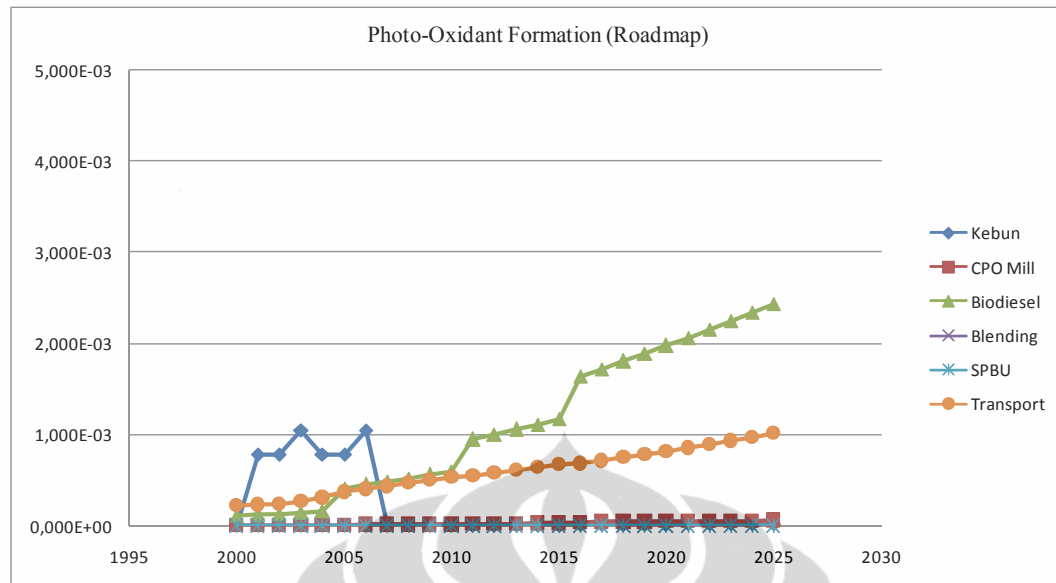
4.2.2.3. Analisis Dampak Pembentukan Photo-Oxidant

Dari hasil pengolahan data diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 13 Kontribusi Pada Dampak Pembentukan *Photo-Oxidant*

Unit	Total Dampak (yr)	%
Perkebunan	5,450E-03	10,704
<i>CPO Mill</i>	7,188E-04	1,412
Pabrik Biodiesel	2,928E-02	57,503
<i>Blending Plant</i>	0,000E+00	-
SPBU	0,000E+00	-
Transportasi	1,547E-02	30,382
Total Dpk <i>Ph-Oxidant</i>	5,092E-02	100,000

Dampak photo-oxidant dari pabrik biodiesel berasal dari methanol, yang di transportasi dari emisi SO₂, NO_x, HC, CO, perkebunan dari CO, CH₄, dan NO₂.



Gambar 4.17 Grafik Dampak Pembentukan Photo-Oxidant

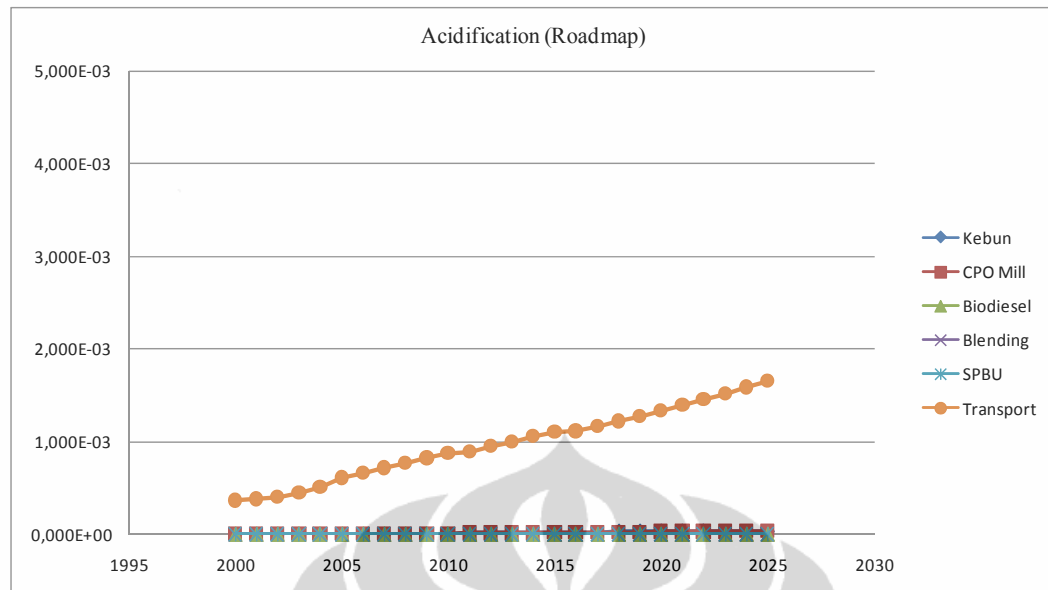
4.2.2.4. Analisis Dampak Pengasaman

Diperoleh hasil *blending plant* dominan dengan bahan solar ADO-nya.

Tabel 4.14 Kontribusi Pada Dampak Pengasaman

Unit	Total Dampak (yr)	%
Perkebunan	4,150E-04	1,592
<i>CPO Mill</i>	3,915E-04	1,502
Pabrik Biodiesel	0,000E+00	-
<i>Blending Plant</i>	0,000E+00	-
SPBU	0,000E+00	-
Transportasi	2,526E-02	96,906
Total Dpk Pengasaman	2,607E-02	100,000

Dampak pengasaman hampir 97% berasal dari transportasi yaitu pada emisi SO₂, dan NO_x.



Gambar 4.18 Grafik Dampak Pengasaman

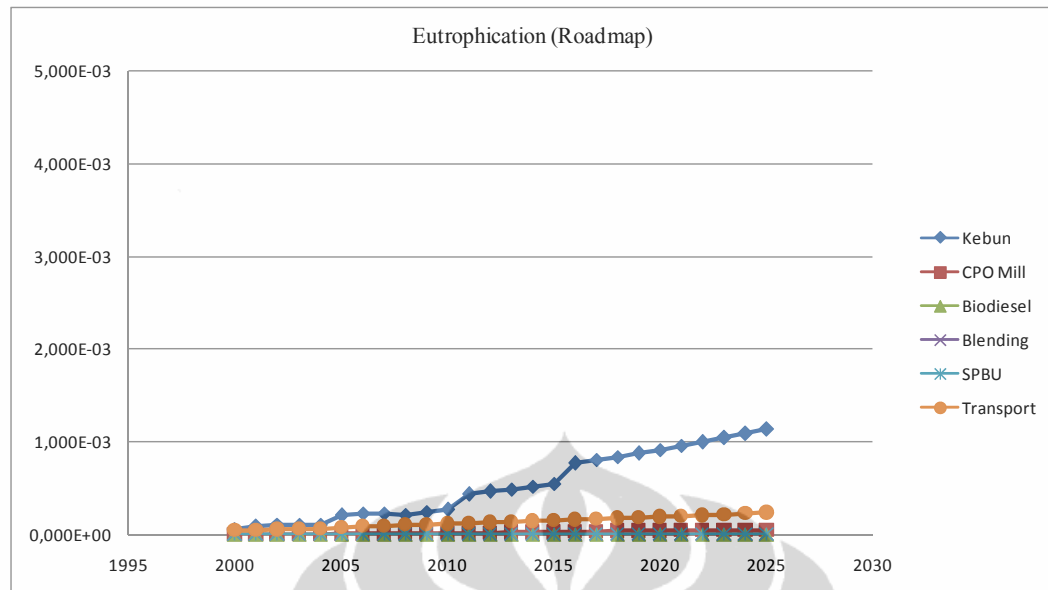
4.2.2.5. Analisis Dampak Eutrophication

Diperoleh hasil *blending plant* dominan dengan bahan solar ADO-nya.

Tabel 4.15 Kontribusi Pada Dampak *Eutrophication*

Unit	Total Dampak (yr)	%
Perkebunan	1,372E-02	77,013
<i>CPO Mill</i>	5,983E-04	3,359
Pabrik Biodiesel	0,000E+00	-
<i>Blending Plant</i>	0,000E+00	-
SPBU	0,000E+00	-
Transportasi	3,496E-03	19,627
Total Dpk <i>Eutrophication</i>	1,781E-02	100,000

Dominasi dampak *Eutrophication* di perkebunan (77%) berasal dari emisi NO_2 , NH_4 , fosfor P, dan fosfor oksida P_2O_5 , sedang yang dari transportasi berasal dari emisi NO_x .



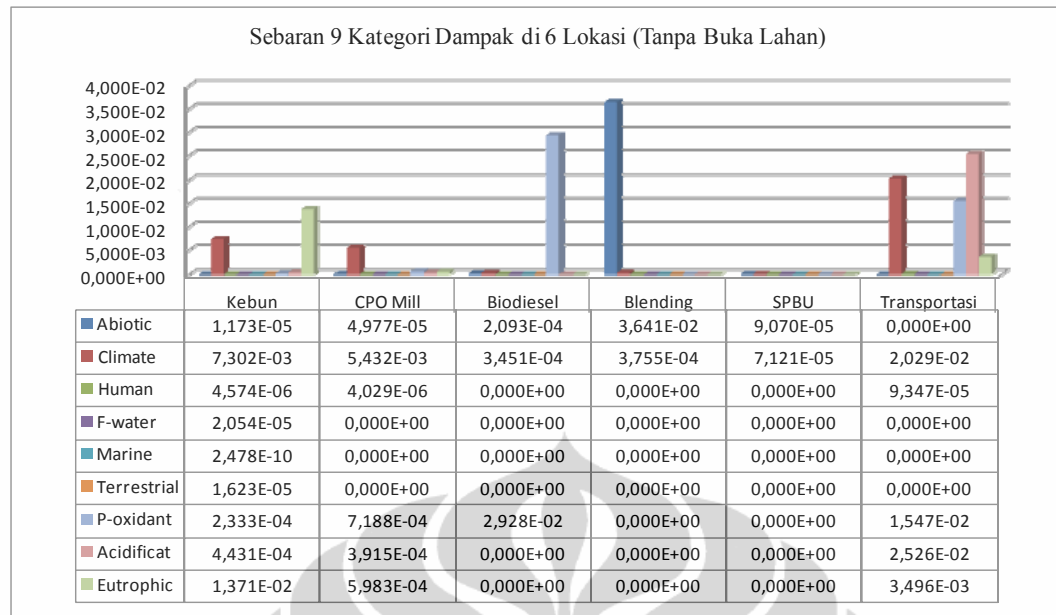
Gambar 4. 19 Grafik Dampak *Eutrophication*

4.3 ROADMAP BIODIESEL TANPA BUKA LAHAN BARU

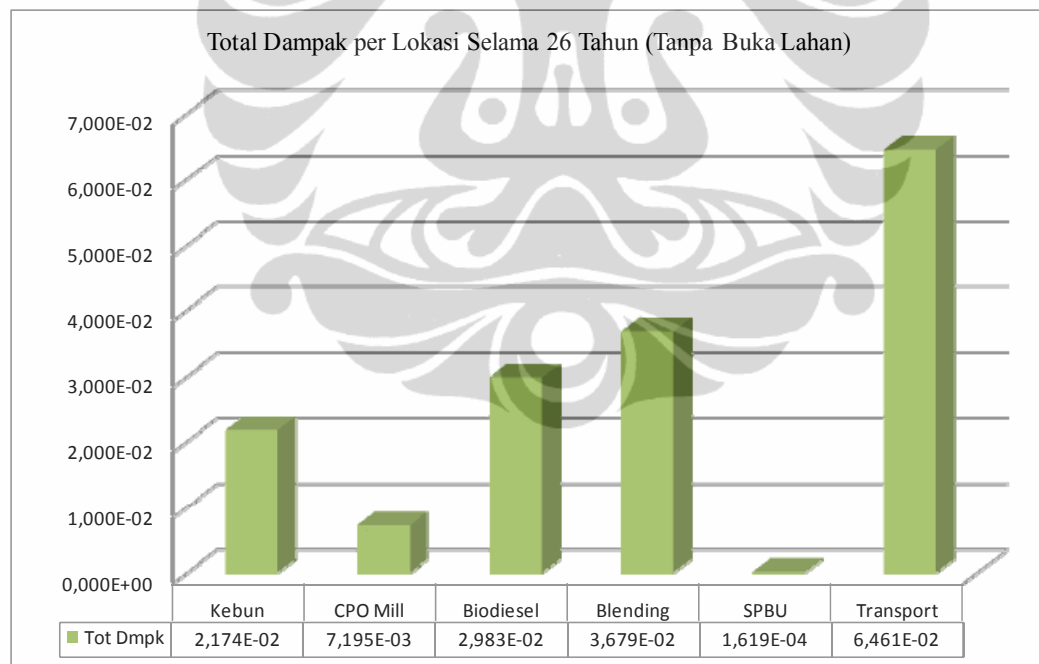
Merujuk Gambar 4.21 maka diperoleh prosentase kontribusi dampak :

Tabel 4. 16 Kontribusi Unit Bisnis Terhadap Dampak Lingkungan

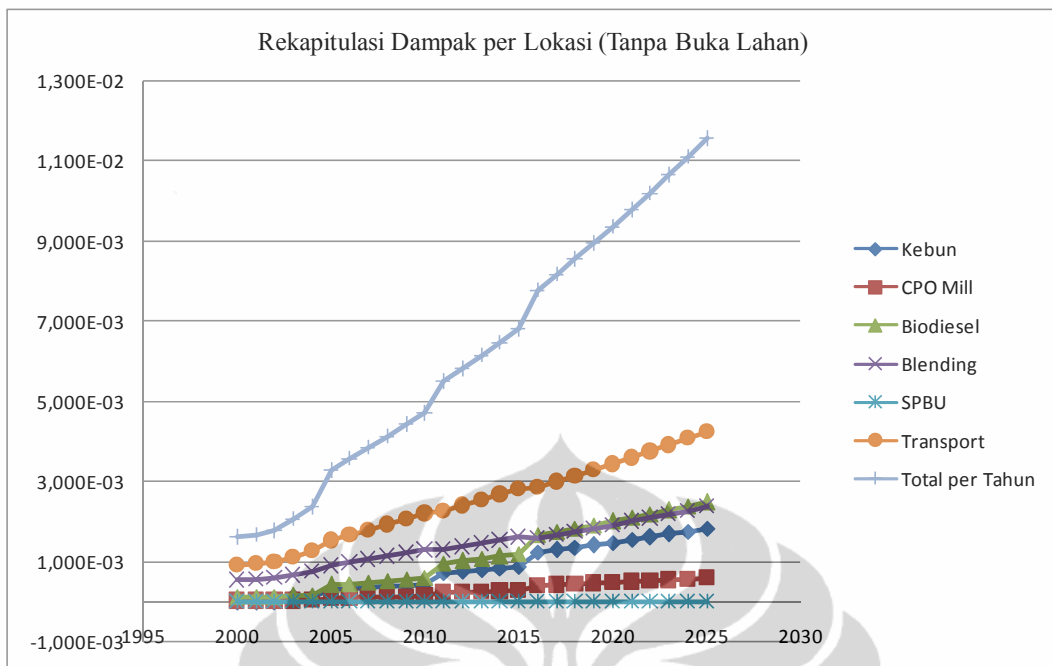
Unit	Total Dampak (yr)	%
Perkebunan	2,174E-02	13,560
<i>CPO Mill</i>	7,195E-03	4,487
Pabrik Biodiesel	2,983E-02	18,607
<i>Blending Plant</i>	3,679E-02	22,946
SPBU	1,619E-04	0,101
Transportasi	6,461E-02	40,299
Total Keseluruhan	1,603E-01	100,000



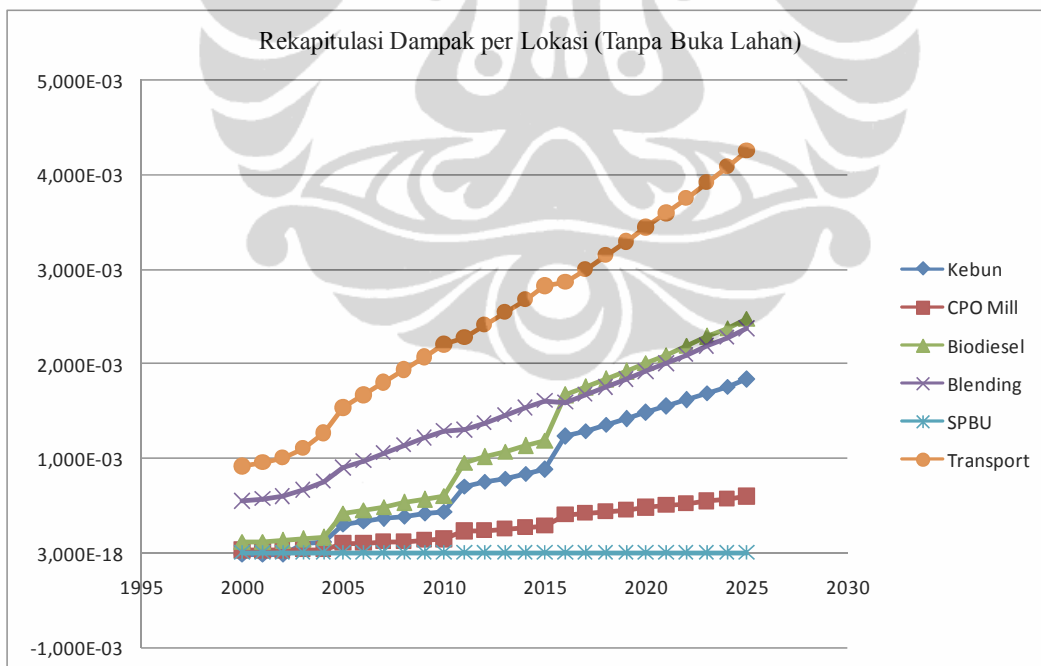
Gambar 4. 20 Diagram dan Data Dampak Lingkungan di 6 Unit Bisnis (TBL)



Gambar 4. 21 Akumulasi Dampak Pada Setiap Lokasi Unit Bisnis (TBL)



Gambar 4. 22 Grafik Akumulasi Dampak Pada Setiap Lokasi Unit Bisnis (TBL)



Gambar 4. 23 Rekapitulasi Dampak Pada Setiap Lokasi Unit Bisnis (TBL)

Penurunan dampak hanya terjadi pada unit bisnis perkebunan yaitu sekitar 50% persen akibat tidak dilakukannya pembukaan lahan baru seluas 200.000 ha secara bertahap selama enam tahun dengan cara pembakaran hutan/ lahan gambut. Kemudian dampak di sektor lainnya secara kuantitatif tetap, namun berubah rasionya dimana pada sektor transportasi meningkat dari 35% menjadi 40 %.

Hal tersebut bisa memberi petunjuk pada kita, bahwa roadmap biodiesel bisa dilakukan tanpa membuka lahan baru, dan rasio campuran biodiesel bisa lebih ditingkatkan lagi yaitu paling tidak pada B20 menuju B30. Kefektifan dari campuran biodiesel ini akan kita lihat pada sub-bab berikutnya.

4.4 TRANSPORTASI TANPA MENGGUNAKAN BIODIESEL

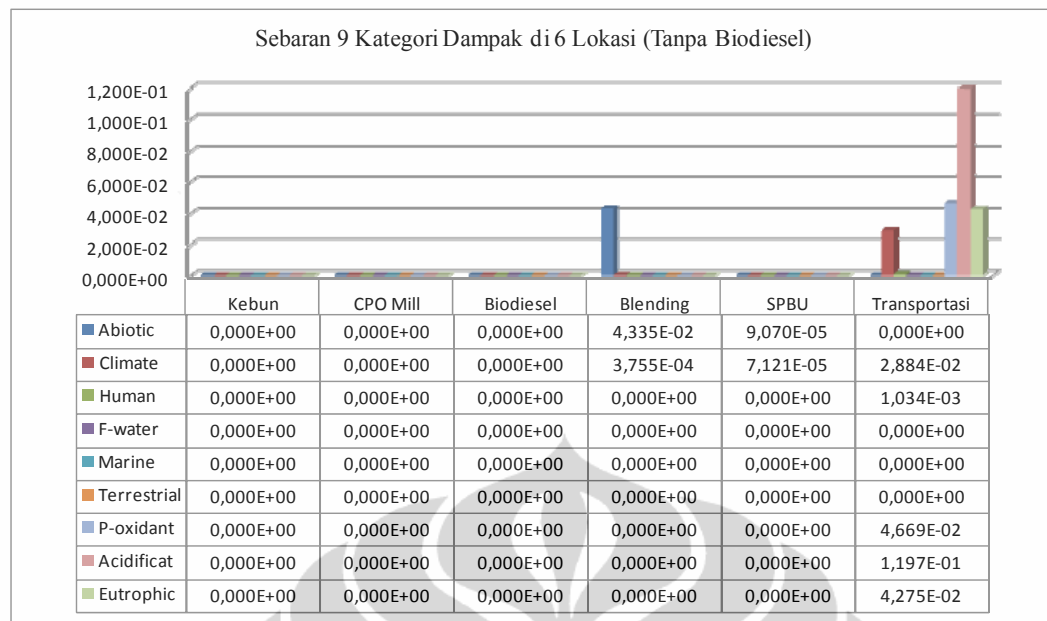
Merujuk Gambar 4.25 maka diperoleh prosentase kontribusi dampak :

Tabel 4. 17 Kontribusi Unit Bisnis Terhadap Dampak Lingkungan

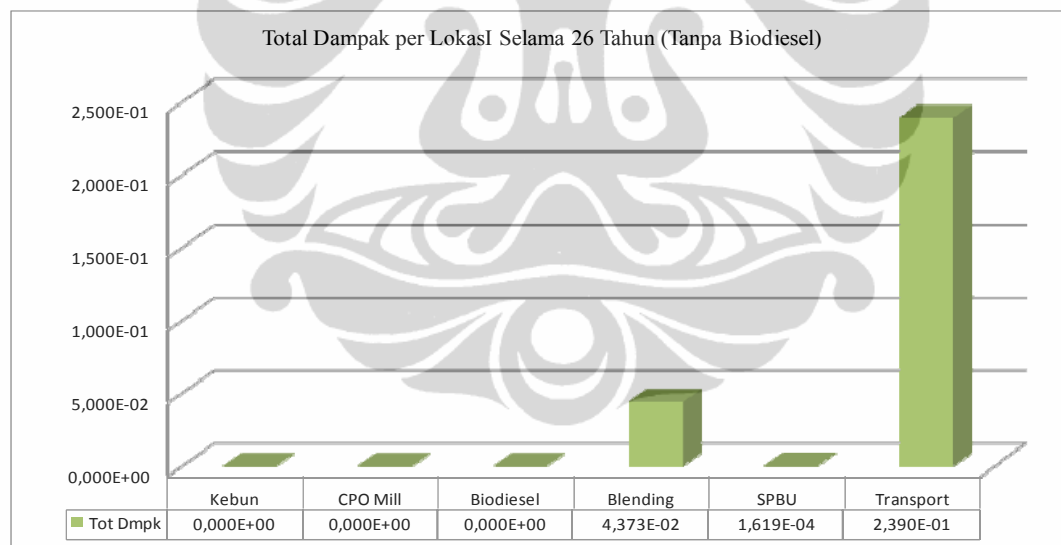
Unit	Total Dampak (yr)	%
Perkebunan	0,000E+00	-
<i>CPO Mill</i>	0,000E+00	-
Pabrik Biodiesel	0,000E+00	-
<i>Blending (Pool PTM)</i>	4,373E-02	37,777
SPBU	1,619E-04	0,140
Transportasi	7,186E-02	62,083
Total Keseluruhan	1,157E-01	100,000

Dampak emisi pada sektor transportasi meningkat dari sebesar 6,461E-02 pada skenario roadmap menjadi 7,186E-02 pada skenario tanpa menggunakan biodiesel, yang berarti meningkat lebih dari 11% emisinya. Atau istilah lainnya akan terjadi penurunan emisi sebesar 10% bila diterapkan roadmap biodiesel.

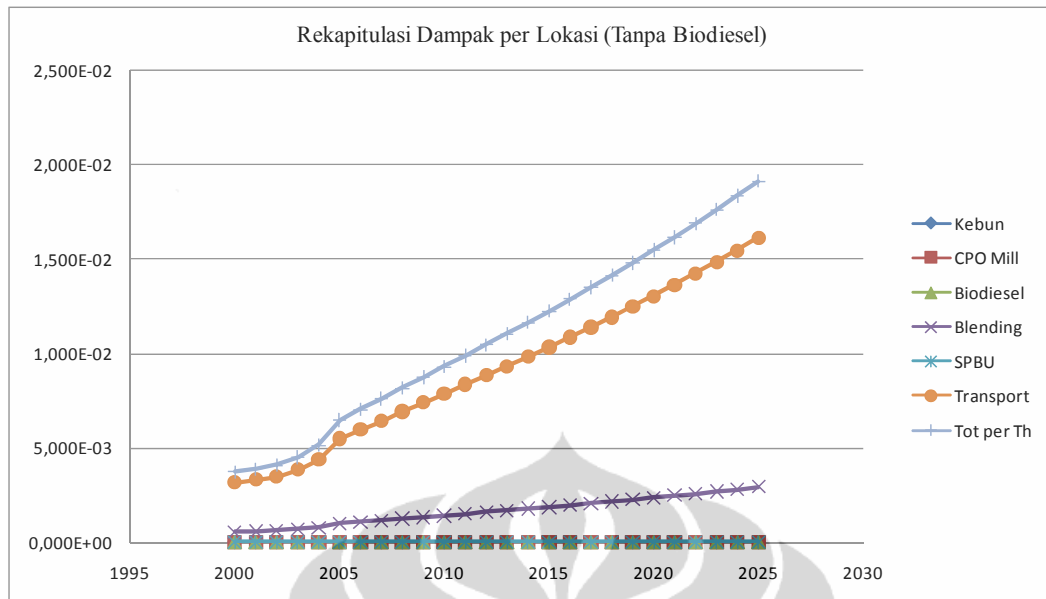
Kontribusi sebesar 38% dari unit bisnis *Pool Pertamina (Blending Plant)*, karena dampak penipisan sumber daya abiotik dengan pemakaian BBM Solar. Selain itu juga adanya perjalanan transportasi yang signifikan pada pengangkutan BBM dari *refinery plant* ke *Pool Pertamina (Blending Plant)*.



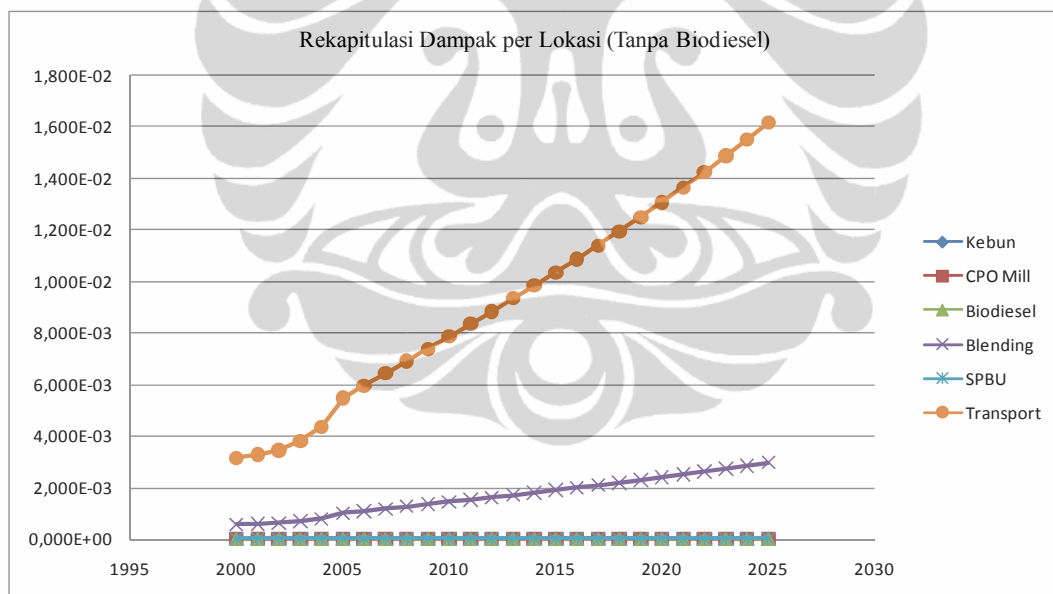
Gambar 4. 24 Diagram dan Data Dampak Lingkungan di 6 Unit Bisnis (B0)



Gambar 4. 25 Diagram Akumulasi Dampak Pada Setiap Lokasi Unit Bisnis (B0)



Gambar 4. 26 Grafik Akumulasi Dampak Pada Setiap Lokasi Unit Bisnis (B0)



Gambar 4. 27 Grafik Rekapitulasi Dampak Pada Setiap Lokasi Unit Bisnis (B0)

4.5 BESARAN EMISI PADA KENDARAAN TRANSPORTASI

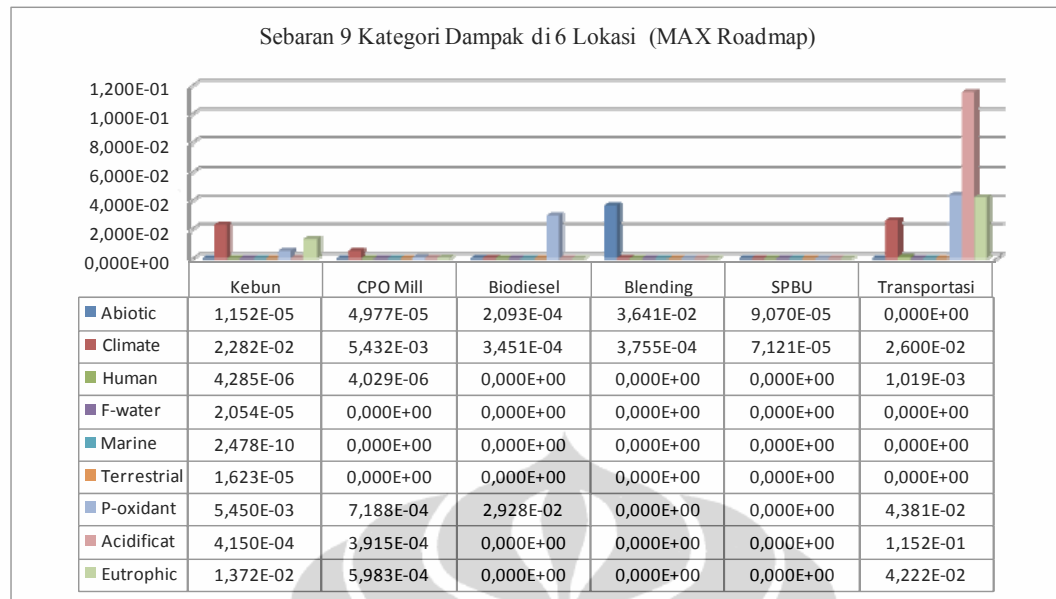
Merujuk Gambar 4.29 sebagai hasil perhitungan dengan mengganti tabel parameter emisi transportasi dari sumber BTMP dengan MAX hasil koleksi maksimum dari berbagai sumber, maka diperoleh hasil pada tabel berikut :

Tabel 4. 18 Kontribusi Unit Bisnis Terhadap Dampak (MAX)

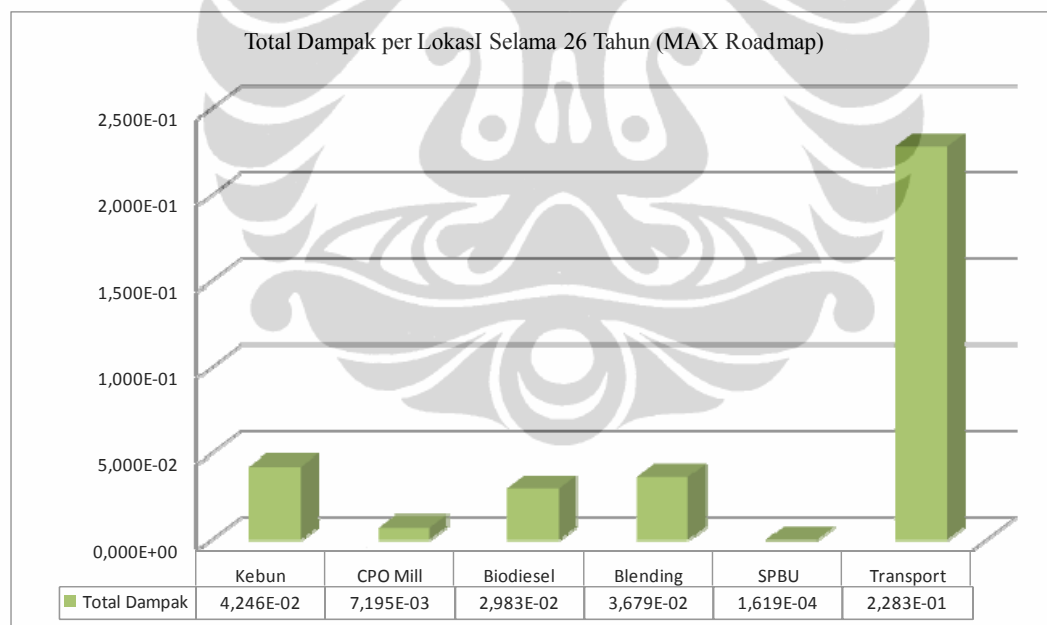
Unit	Total Dampak (yr)	%
Perkebunan	4,246E-02	12,316
<i>CPO Mill</i>	7,195E-03	2,087
Pabrik Biodiesel	2,983E-02	8,654
<i>Blending Plant</i>	3,679E-02	10,672
SPBU	1,619E-04	0,047
Transportasi	2,283E-01	66,224
Total Keseluruhan	3,447E-01	100,000

Hasil perbandingan di Tabel 4.18 dengan Tabel 4.1 bisa disimpulkan dengan karakteristik emisi kendaraan yang berbeda (dalam hal ini lebih besar), maka akan dihasilkan dampak yang lebih besar pula dengan sebanding linear. Untuk kasus ini bila menggunakan Tabel emisi dari Collection (MAX) dibanding Tabel emisi dari BTMP, maka akan terjadi peningkatan emisi total transportasi dari 6,461E-02 menjadi 2,283E-01 atau meningkat sebesar 350% (kelipatan 3,5x).

Untuk skenario yang sama (*roadmap* biodiesel nasional), kontribusi dampak transportasi dari 36% menjadi 66%. Sehingga dari sinilah bisa disimpulkan bahwa besarnya emisi juga sangat bergantung pada jenis mesin atau tipe kendaraan yang dipakai. Diharapkan dengan keunggulan teknologi bisa mengurangi dampak lingkungan yang akan ditimbulkannya.



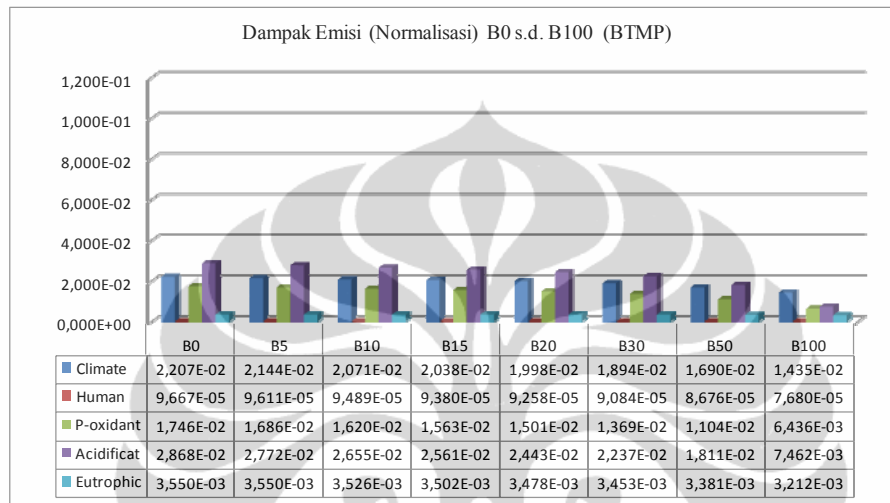
Gambar 4. 28 Diagram dan Data Dampak Lingkungan di 6 Unit Bisnis (MAX)



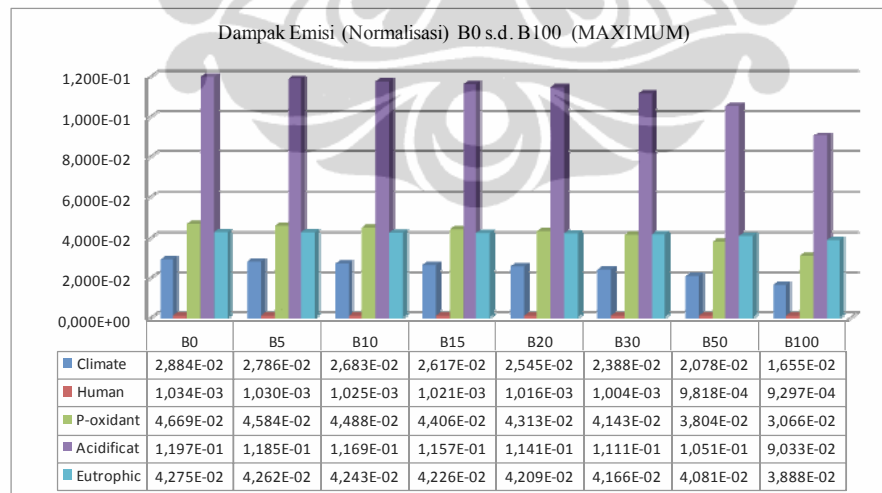
Gambar 4. 29 Akumulasi Dampak Pada Setiap Lokasi Unit Bisnis (MAX)

4.6 PENGARUH CAMPURAN BIODIESEL TERHADAP EMISI

Pada Gambar 4.30 sampai Gambar 4.35 bisa ditunjukkan adanya pengaruh perubahan persentase campuran biodiesel (blending biodiesel). Semakin tinggi tingkat campuran biodiesel, maka akan semakin rendah dampak emisi terhadap semua kategori dampak lingkungan yang ditimbulkannya.

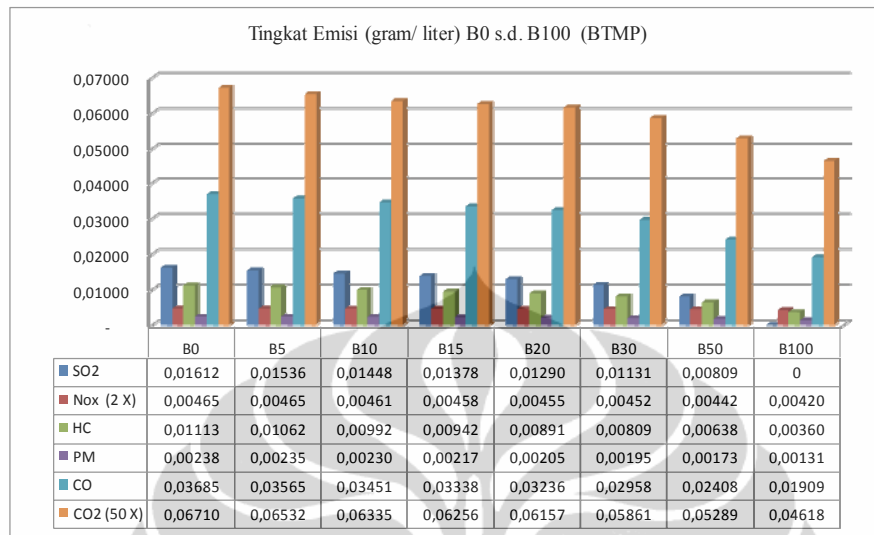


Gambar 4. 30 Diagram Dampak Emisi Biodiesel (BTMP)

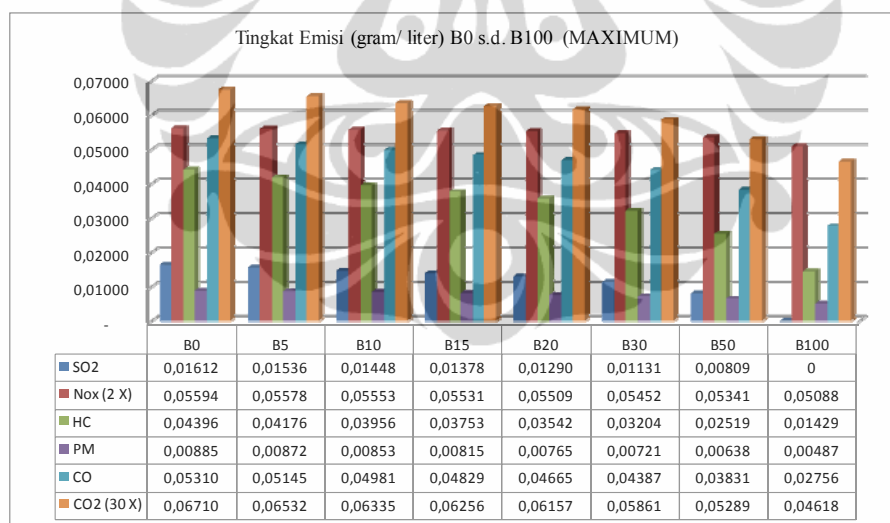


Gambar 4. 31 Diagram Dampak Emisi Biodiesel (MAX)

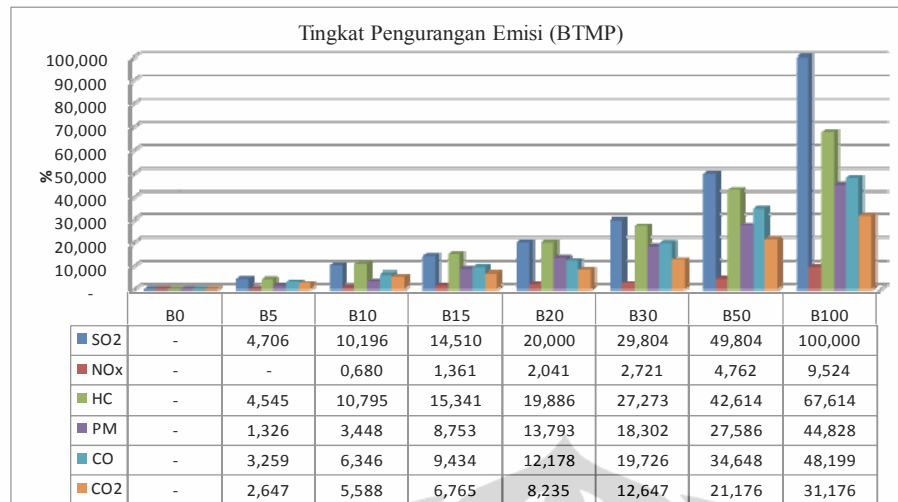
Semakin tinggi tingkat emisi kendaraan, semakin tinggi pula potensi dampak terhadap lingkungan.



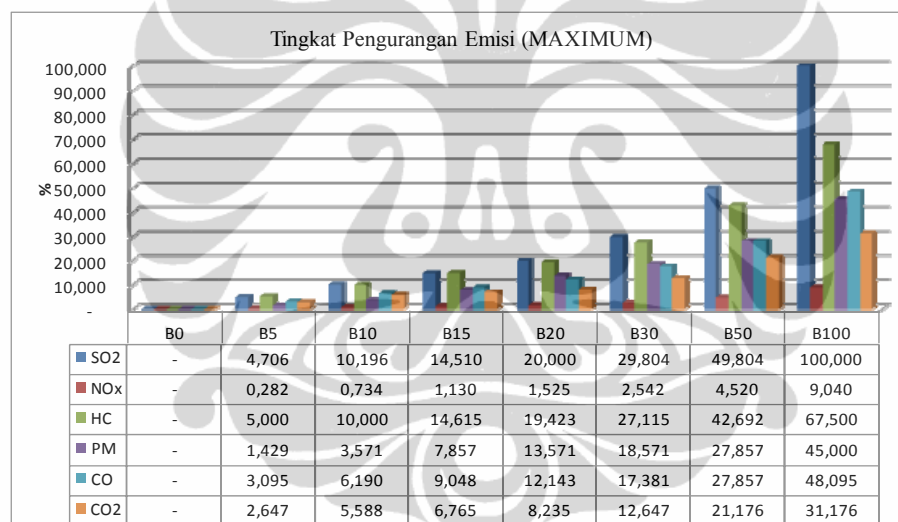
Gambar 4. 32 Diagram Tingkat Emisi Biodiesel (BTMP)



Gambar 4. 33 Diagram Tingkat Emisi Biodiesel (MAX)



Gambar 4. 34 Diagram Pengurangan Emisi Biodiesel (BTMP)



Gambar 4. 35 Diagram Pengurangan Emisi Biodiesel (MAX)

4.7 STRATEGI PELAKSANAAN ROADMAP BIODIESEL NASIONAL

Hasil dari kajian LCA biodiesel sawit menunjukkan bahwa kebutuhan akan bahan baku biodiesel sawit sudah bisa terpenuhi tanpa membuka lahan baru. Sampai tahun 2025 menurut roadmap biodiesel, biodiesel yang dibutuhkan tidak lebih dari 5 juta ton pada tahun tersebut (tepatnya 4.406.734 ton). Apabila untuk keperluan 1 ton biodiesel per tahun dibutuhkan lahan 0,2 hektar, maka pada tahun 2025 dibutuhkan lahan tidak lebih dari 1 juta hektar (tepatnya 881.347 ha) untuk memenuhi kebutuhan biodiesel transportasi. Padahal data dari Ditjen Perkebunan bahwa diperkirakan pada tahun 2010 ini luas kebun kelapa sawit adalah sudah sekitar 8 juta hektar, dengan produksi CPO diperkirakan 22 juta ton per tahun.

Maka diperlukan kebijakan dari semua pihak untuk mendukung dan mensukseskan program roadmap biodiesel tersebut. Bila pada tahun 2025 kebutuhan biodiesel sekitar 5 juta ton per tahun, maka dibutuhkan 50 buah pabrik biodiesel berkapasitas 100.000 ton per tahun, atau dengan 25 buah pabrik biodiesel yang berkapasitas 200.000 ton per tahun. Ditinjau dari segi potensi nasional sebenarnya hal tersebut sangat positif dan menjanjikan, maka yang sangat penting adalah adanya kemauan dan kerjasama dari semua pihak terkait.