

Studi Kelayakan Kredit Karbon Beras Berkelanjutan di Indonesia



Dokumen ini disusun dengan dukungan pendanaan dari Uni Eropa. Seluruh isi dokumen ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab konsorsium pelaksana The Low Carbon Rice Project dan dalam keadaan apa pun tidak dapat dianggap mencerminkan pandangan Uni Eropa

Ringkasan Eksekutif

Perubahan iklim adalah tantangan terbesar yang dihadapi umat manusia yang berdampak cukup luas terhadap berbagai sektor kehidupan, termasuk pertanian. Bahkan sektor pertanian paling rentan dan menderita akibat perubahan iklim. Perubahan iklim tidak dapat dipisahkan dari emisi karbon. Upaya untuk menurunkan emisi karbon merupakan usaha untuk mencegah atau mengurangi dampak negatif perubahan iklim

Pemerintah Indonesia telah berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK melalui Pelaksanaan Nasional Ekonomi karbon melalui mekanisme Perdagangan karbon, Pembayaran berbasis kinerja dan Pungutan atas karbon (pajak karbon) . Namun untuk sektor pertanian belum dapat diterapkan dikarenakan belum lengkapnya panduan kebijakan yang harus ditetapkan oleh Kementerian pertanian dan juga besaran nilai yang belum ditetapkan oleh Kementerian Keuangan.

Manfaat ekonomi yang dapat diperoleh melalui skema Label aksi pengendalian perubahan iklim dapat digunakan untuk pengadaan barang dan/atau jasa ramah lingkungan (ecolabel) dan imbal jasa lingkungan (*payment for environmental Services*) yang bekerja sama dengan Perusahaan yang memiliki komitmen dan kepentingan terhadap sektor pertanian

DAFTAR ISI

Executive Summary	1
BAB I. PENDAHULUAN	6
1.1. LATAR BELAKANG.....	6
1.2. TUJUAN.....	8
1.3. MANFAAT	8
BAB II. DAMPAK PEMANASAN GLOBAL DAN PERUBAHAN IKLIM DI PERTANIAN	9
BAB III. PEMBANGUNAN RENDAH KARBON DI SEKTOR PERTANIAN	13
3.1. RENCANA PEMBANGUNAN RENDAH KARBON	13
3.2. PERATURAN TERKAIT DENGAN GAS RUMAH KACA	16
3.3. GAS RUMAH KACA DALAM BUDIDAYA PADI DAN PENGOLAHAN BERAS.....	18
3.4. SUMBER EMISI GAS RUMAH KACA DI BUDIDAYA PADI	21
3.5. SUMBER EMISI GAS RUMAH KACA DI PENGILINGAN PADI	24
3.6. UPAYA PENURUNAN GAS RUMAH KACA DI PADI DAN BERAS	26
A. Penggunaan Varietas.....	29
B. Pemupukan.....	30
C. Pengelolaan Air.....	31
D. Herbisida Dan Pengelolaan Lahan.	32
E. Penggunaan Zat Penghambat Nitrifikasi (Nitrification inhibitor).....	33
F. Penerapan Teknologi Budidaya Tanaman.....	34
G. Proses Penggilingan Padi Ramah Lingkungan	35
BAB IV. KAJIAN MEKANISME CARBON PRICING	37
4.1. NATIONAL EKONOMI KARBON.....	37
4.2. PERDAGANGAN KARBON	38
4.3. MEKANISME PERDAGANGAN KARBON	41
A. Persetujuan Teknis Batas Atas Emisi Bagi Pelaku Usaha (PTBAEPU)	42
B. Sertifikat Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (SPE-GRK).....	43
4.4. MEKANISME NON PERDAGANGAN KARBON	46
A. Pungutan Atas Karbon	46
B. Pembayaran Berbasis Kinerja.....	47
4.5. METODE PERHITUNGAN GAS RUMAH KACA DI BUDIDAYA PADI	48
4.6. METODE PERHITUNGAN GRK DI PENGGIINGAN PADI.....	52
BAB V. ANALIS KELAYAKAN PENERAPAN MEKANISME CARBON CREDIT DI SEKTOR PADI	55
5.1. KAJIAN PENERAPAN MEKANISME PERDAGANGAN KARBON	55

STUDI KELAYAKAN

Carbon Credit Beras Berkelanjutan



5.2.	KAJIAN PENERAPAN MEKANISME PEMBAYARAN BERBASIS KINERJA.....	57
5.3.	KAJIAN PENERAPAN MEKANISME PAJAK KARBON	59
5.4.	PENDANAAN AKSI MITIGASI.....	60
5.5.	PERDAGANGAN KARBON LUAR NEGERI MELALUI KERJASAMA	62
5.6.	KESIMPULAN HASIL ANALISA.....	63
BAB VI. USULAN MEKANISME PEMANFAATAN NILAI EKONOMI KARBON DI SEKTOR PADI		65
6.1.	SISTEM LABEL RAMAH LINGKUNGAN.....	65
6.2.	IMBAL JASA LINGKUNGAN (PAYMENT FOR ENVIRONMENTAL SERVICES- PES).....	66
DAFTAR PUSTAKA		71

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1. Peningkatan Suhu Bumi Secara Global
- Gambar 2. RPJMN Pembangunan Rendah Karbon
- Gambar 3. Indikator hasil Pembangunan Rendah Karbon
- Gambar 4. Indeks Pertumbuhan Hijau
- Gambar 5. Skenario Penurunan Emisi Sektor Pertanian
- Gambar 6. EMISI GRK (Gg CO₂) dari tahun 2016-2020 (Balingtan, 2021)
- Gambar 7. Dampak Perubahan Iklim di Sektor Pertanian
- Gambar 8. Sumber Emisi GRK di Sektor Pertanian
- Gambar 9. Gas Rumah Kaca pada Budidaya Padi
- Gambar 10. Sumber Energi Yang Digunakan Dalam Proses Penggilingan Padi
- Gambar 11 Strategi Penurunan Gas Rumah Kaca
- Gambar 12. Tata Laksana Penyelenggaraan NEK
- Gambar 13. Konsep Ekosistem Perdagangan Karbon
- Gambar 14. Kriteria Perdagangan Karbon
- Gambar 15. Mekanisme Pelaksanaan Penyelenggaran NEK
- Gambar 16. Unit Perdagangan karbon
- Gambar 17. Mekanisme *Allowance Market*
- Gambar 18. Mekanisme *Offset Market*
- Gambar 19. Proses Sertifikasi SPEI
- Gambar 20. Mekanisme Pendanaan BPD LH
- Gambar 21. Pendanaan Indonesia Impact Fund (IIF)
- Gambar 22. Logo Ekolabel Swadeklarasi Indonesia
- Gambar 23 . Mekanisme Pendaftaran
- Gambar 22. Luas Panen Padi tahun 2018 – 2023
- Gambar 23. Bagan Alir Imbal Jasa Lingkungan (PES)

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Skenario Mitigasi Untuk Mengurangi Emisi Gas Metana Dari Lahan Sawah

Table 2. Imbal Hasil Jasa Lingkungan Yang Ditawarkan

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Sektor Pertanian memiliki kontribusi emisi gas rumah kaca 13% terhadap total emisi gas rumah kaca di Indonesia, meskipun demikian sektor pertanian merupakan sektor yang paling rentan dan sensitif terhadap perubahan iklim. Proyeksi emisi gas rumah kaca pada Sektor Pertanian terhadap emisi gas rumah kaca di Indonesia diperkirakan pada tahun 2030 diperkirakan sebesar 478.503,66 Gg CO₂ eq. Adapun capaian potensi penurunan emisi GRK pada tahun 2019 untuk sektor pertanian 13.395,76 Gg CO₂ eq.

Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) adalah lepasnya gas-gas yang mempunyai efek rumah kaca pada suatu area ke atmosfer dalam jangka waktu tertentu, baik yang disebabkan oleh proses alamiah dan biologi maupun proses kimia dan fisika akibat aktivitas manusia, termasuk pertanian. Peningkatan emisi GRK secara langsung akan meningkatkan konsentrasi GRK di atmosfer yang menyebabkan pemanasan global 'global warming' akibat efek rumah kaca atau terhalangnya panas (heat) atau radiasi gelombang panjang ke luar atau ke atmosfer oleh GRK. Dampak lain yang ditimbulkan dari GRK ini adalah terjadinya perubahan iklim

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang menjadi prioritas nasional dalam RPJMN 2020 – 2024. Dalam RPJMN 2020 – 2024 target penurunan emisi bidang pertanian, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS) telah berkomitmen untuk mengurangi emisi dari sektor lahan (pertanian termasuk didalamnya) sebesar 58,3% (pada Tahun 2024). Pada tahun 2020-2045 diproyeksikan terjadi kenaikan penurunan produksi padi akibat perubahan iklim di seluruh provinsi di Indonesia. Penurunan produksi padi dengan level tinggi hingga level sangat tinggi terjadi di beberapa provinsi di bagian timur-utara. Pengurangan emisi juga mempertimbangkan sektor pembangunan, khususnya sektor pertanian target utama adalah produksi pangan dan menjaga ketahanan pangan. Dalam produksi pangan dan menjaga ketahanan pangan yang terpenting adalah ketersediaan lahan pertanian.

Sistem Pertanian saat ini merupakan kombinasi dari prinsip agronomi modern, pemuliaan tanaman, *agrochemicals* (seperti pestisida dan pupuk), dan

perkembangan teknologi yang dapat meningkatkan produktivitas pangan secara signifikan. Namun, penerapan pertanian modern rupanya berdampak pada kerusakan lingkungan dan ekologi. Beberapa isu lingkungan dan ekologi yang dihadapi sektor pertanian adalah (1) degradasi lingkungan karena penggunaan bahan kimia yang masif, (2) kehilangan biodiversitas karena budidaya pertanian monokultur, (3) deforestasi karena pembukaan lahan pertanian pada lahan hutan dan gambut, dan (4) penggurunan/*desertification* karena penggunaan lahan yang tidak direstorasi kembali. Isu-isu tersebut berkontribusi terhadap pemanasan global karena pelepasan karbon ke atmosfer yang masif serta cadangan karbon yang hilang dari tanah.

Strategi yang digunakan dalam mengatasi perubahan iklim yaitu mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Fokus dari program mitigasi perubahan iklim yaitu penurunan atau pengurangan emisi karbon, yang menjadi penyebab utama perubahan iklim, berdasarkan target tertentu pada sektor terpilih (OECD, 2008). Sementara itu, fokus program mitigasi perubahan iklim terletak kepada upaya untuk mengurangi dampak yang mungkin muncul akibat perubahan iklim (OECD, 2016).

Pemerintah dalam hal ini Kementerian Pertanian, telah mengidentifikasi dan melakukan berbagai antisipasi dan tindakan terhadap dampak negatif perubahan ekstrem iklim global walaupun belum seluruh wilayah terjangkau, di antaranya yaitu: (1) degradasi sumber daya lahan dan air; (2) kerusakan pada infrastruktur pertanian/irigasi; (3) bencana banjir dan kekeringan; dan (4) meningkatnya serangan hama dan penyakit tanaman. Metode tersebut disebut dengan Pertanian Cerdas Iklim.

Sebagai upaya penurunan emisi gas rumah kaca, pemerintah telah mengeluarkan aturan PERPRES No. 98 Tahun 2021 Penyelenggaraan NEK Untuk Pencapaian Target Kontribusi untuk Pengendalian GRK dalam Pembangunan Nasional, Dimana ada 4 mekanisme NEK yang akan diterapkan di Indonesia, salah satunya adalah Bursa Karbon (Carbon Credit)

Bursa karbon Indonesia telah diresmikan pada tanggal 26 September 2023 sebagai bentuk kontribusi nyata sesuai dengan ratifikasi Paris Agreement, terutama dari pelaku usaha di Indonesia, untuk mengatasi krisis perubahan iklim karena kenaikan suhu bumi. Hasil perdagangan karbon akan diinvestasikan pada upaya menjaga lingkungan yang bertujuan mengurangi emisi karbon.

Hal ini menjadi peluang bagi Upaya yang dilakukan dalam proyek LCRP dan para pelaku usaha yang terlibat, untuk mendapatkan nilai tambah secara ekonomi atas kontribusi yang dilakukan dalam Upaya penurunan gas rumah kaca. Untuk itu perlu dilakukan kajian kelayakan terhadap mekanisme yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Indonesia

1.2. TUJUAN

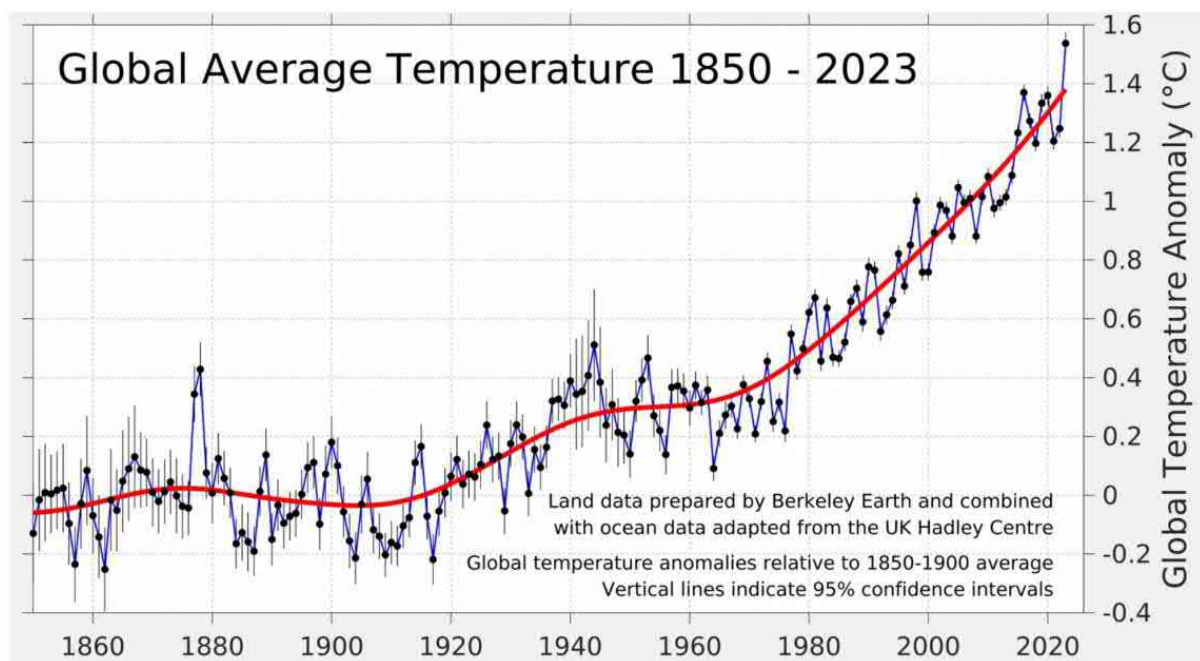
1. Untuk mengetahui bagaimana dampak dari pemanasan global dan perubahan iklim yang disebabkan oleh Gas Rumah kaca terhadap sektor Pertanian
2. Untuk mengkaji rencana Pembangunan rendah karbon dan strategi dalam Upaya pencegahan perubahan iklim di sektor pertanian
3. Untuk mengkaji sumber emisi gas rumah kaca di padi dan Upaya penurunan GRK
4. Untuk mengkaji mekanisme Nilai Ekonomi Karbon Untuk Pencapaian Target Kontribusi untuk Pengendalian GRK
5. Untuk mengetahui jenis mekanisme NEK yang bisa digunakan dalam memanfaatkan nilai emisi karbon dari Upaya penurunan GRK dalam proyek LCR

1.3. MANFAAT

1. Mengetahui Upaya mitigasi dan adaptasi untuk mengatasi perubahan iklim di sektor pertanian khususnya padi
2. Mengetahui mekanisme yang bisa digunakan untuk mendapatkan manfaat dari penurunan emisi GRK yang telah dilakukan
3. Menjadi pedoman bagi dinas pertanian dalam membuat kebijakan program aksi penurunan GRK di level daerah dan nasional
4. Menjadi Dasar pertimbangan dalam membuat Dokumen Rancangan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim untuk Padi

BAB II. DAMPAK PEMANASAN GLOBAL DAN PERUBAHAN IKLIM DI PERTANIAN

Pemanasan Global (Global Warming) merupakan ketidakseimbangan ekosistem di bumi akibat adanya peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan di bumi yang disebabkan oleh peningkatan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer seperti Karbondioksida (CO_2), Metana (CH_4), Dinitrogen Oksida (N_2O), Hidrofluorokarbon (HFCs), Perfluorocarbon (CFCs), dan Sulfur Heksa Fluorida (SF_6) (Triana, 2008). GRK memiliki sifat khas seperti kaca yaitu meneruskan radiasi gelombang pendek atau cahaya matahari, namun menyerap dan memantulkan radiasi gelombang panjang yang bersifat panas sehingga suhu di atmosfer mengalami peningkatan.



Gambar 1. Peningkatan Suhu Bumi Secara Global

Pemanasan global terjadi karena sinar matahari memancarkan radiasi gelombang pendek dan gelombang panjang dimana sebagian besar radiasi gelombang pendek diserap dan memanaskan permukaan bumi serta radiasi balik gelombang panjang (infra merah) yang dipancarkan permukaan bumi sebagian dipancarkan keluar atmosfer dan sebagian memanaskan atmosfer (Triana, 2008). Oleh karena adanya

peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer menyebabkan panas dari matahari sebagian tidak dapat diteruskan (terperangkap) sehingga menyebabkan peningkatan suhu bumi yang mengakibatkan pemanasan global

Dengan meningkatnya GRK terutama (CO₂), akan semakin banyak gelombang panas matahari atau infra merah yang dipantulkan dari permukaan bumi diserap atmosfer sehingga suhu permukaan bumi semakin meningkat. Semakin tinggi konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer, semakin menjadi insulator yang menahan lebih banyak panas dari matahari yang dipancarkan ke bumi. Bumi memanas akibat dari sinar matahari yang sudah masuk ke bumi tidak bisa keluar karena gas-gas rumah kaca ini membentuk lapisan di atmosfer yang memantulkan sinar matahari. Proses tersebut pada akhirnya akan menyebabkan terjadinya pemanasan global yang akan berpengaruh terhadap perubahan iklim.

Definisi perubahan iklim menurut Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2009 yaitu berubahnya iklim yang diakibatkan secara langsung atau tidak langsung oleh aktivitas manusia yang menyebabkan perubahan komposisi atmosfer secara global serta perubahan variabilitas iklim alami yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan. Contohnya curah hujan yang lebih banyak intensitas di musim penghujan atau musim kemarau yang lebih panjang dari tahun-tahun sebelumnya. Dalam istilah modern saat ini, perubahan iklim juga dikenal dengan istilah yang berkaitan dengan berubahnya parameter iklim yang disebabkan oleh hawa panas bumi yang semakin meningkat.

Perubahan iklim terjadi sebagai akibat dari variabilitas internal dalam sistem iklim dan faktor eksternal (baik alami maupun antropogenik). Faktor alami seperti aktivitas gunung berapi turut menyumbang peningkatan GRK di atmosfer, sedangkan faktor antropogenik yang turut memicu peningkatan GRK di atmosfer berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. Besarnya dampak perubahan iklim terhadap pertanian tergantung pada tingkat dan laju perubahan iklim dan sifat dan kelenturan sumberdaya dan sistem produksi pertanian. Sektor pertanian merupakan sektor yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim yang terjadi akibat pemanasan global. Perubahan iklim dapat memicu perubahan musim, pola tanam, waktu tanam, produksi dan kualitas hasil pertanian (Hidayati dan Suryanto, 2015).

Besarnya dampak perubahan iklim terhadap pertanian tergantung pada tingkat dan laju perubahan iklim dan sifat dan kelenturan sumberdaya dan sistem produksi pertanian. Sektor pertanian merupakan sektor yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim yang terjadi akibat pemanasan global. Perubahan iklim dapat memicu perubahan musim, pola tanam, waktu tanam, produksi dan kualitas hasil pertanian (Hidayati dan Suryanto, 2015). Surmaini et al., (2011) menyatakan bahwa terdapat tiga faktor penting dalam perubahan iklim global yang berdampak pada sektor pertanian yaitu perubahan pola hujan, meningkatnya kejadian cuaca ekstrim (banjir dan kekeringan), peningkatan suhu udara dan permukaan air laut.

Menurut BMKG, 2024. Perubahan iklim ini sudah sangat nyata, Adapun tanda-tanda

- Suhu Maks meningkat dengan laju 0.18 C/10 tahun
- Suhu Min meningkat dengan laju 0.30 C/10 tahun
- Curah hujan tahun semakin bertambah di bagian utara, semakin berkurang di bagian Selatan
- Terjadi perubahan pola hujan di Pulau Jawa
- Terjadi penyusutan es di puncak Jaya Wijaya, dan diprediksi akan hilang sebelum 2030.

Perubahan iklim dapat menimbulkan dampak secara langsung maupun tidak langsung terhadap produksi pertanian. Dampak langsung yang ditimbulkan dari perubahan iklim yaitu menurunnya produksi pertanian akibat dari kenaikan suhu, salinitas tanah, serta musim kemarau atau penghujan yang panjang. Sedangkan dampak tidak langsung yaitu berkurangnya pasokan air irigasi, berkurangnya luas lahan potensial di kawasan pesisir akibat rob, munculnya hama dan penyakit yang baru, dan lain sebagainya (Faqih dan Boer, 2013). Iklim di Indonesia diproyeksikan akan semakin kering. Oleh karena itu sektor pertanian harus mampu beradaptasi dengan perubahan iklim untuk tetap dapat mempertahankan atau bahkan meningkatkan produktivitas pertanian untuk beberapa dekade mendatang guna memenuhi kebutuhan pangan yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya populasi penduduk global.

Perubahan iklim juga mengakibatkan peningkatan curah hujan di wilayah tertentu dan sekaligus kekeringan di tempat yang lain (Kusnanto, 2011). Kejadian banjir dan kekeringan dapat mengganggu tanaman dari persemaian hingga panen. Gangguan tanam bisa berupa gagal tanam setelah semai, tanaman rusak karena banjir, bahkan puso. Selain itu, peningkatan intensitas banjir secara tidak langsung akan mempengaruhi produksi karena meningkatnya serangan hama dan penyakit tanaman

Beberapa kategori sumber emisi dari sektor pertanian antara lain: budidaya konvensional, peternakan, pembakaran biomassa residu pertanian, aplikasi kapur pertanian dan pupuk urea pada lahan pertanian, emisi dinitrogen oksida (N₂O) langsung dan tidak langsung dari tanah terkelola. Upaya untuk menekan meningkatnya pemanasan global dan perubahan iklim sangat mendesak dan penting dilakukan, jika upaya mitigasi tidak dilakukan maksimal yang mengakibatkan peningkatan suhu udara tidak dapat ditekan maka dapat berdampak lebih luas ke segala aspek kehidupan manusia

BAB III. PEMBANGUNAN RENDAH KARBON DI SEKTOR PERTANIAN

3.1. RENCANA PEMBANGUNAN RENDAH KARBON

Sejak tahun 2011, Pemerintah Indonesia menerbitkan Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, yakni kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK secara berkala dari berbagai sumber emisi (*source*) dan penyerapannya (*sink/sequestration*), termasuk simpanan karbon (*carbon stock*). Berdasarkan Perpres 71 Tahun 2011 tersebut, sektor pertanian harus menurunkan tingkat emisinya sebesar 8 Gg CO₂eq. Emisi GRK utama dari sektor pertanian adalah metana (CH₄), dengan persentase 67%, diikuti dengan dinitrogen monoksida (N₂O) sebesar 30% dan karbon dioksida (CO₂) sebesar 3%. Pada tahun 2000, total emisi gas rumah kaca dalam sektor pertanian mencapai 75.419,73 Gg CO₂eq. Sumber utama dari emisi gas rumah kaca ini adalah lahan sawah (69%) dan enterik ternak (28%).

Sebagai komitmen Indonesia untuk mengurangi emisi GRK dan menghilangkan *trade-off* antara ekonomi dan lingkungan dalam rangka pembangunan berkelanjutan menuju *green economy*, sejak tahun 2017, Pemerintah Indonesia telah meluncurkan *Platform* Pembangunan Rendah Karbon/*Low Carbon Development*. Pembangunan Rendah Karbon (PRK) merupakan *platform* pengembangan yang bertujuan untuk mempertahankan pertumbuhan ekonomi dan sosial melalui aktivitas yang menghasilkan emisi dan intensitas emisi GRK rendah, serta mengurangi penggunaan sumber daya alam, seperti tertuang dalam RPJMN 2020 – 2024 pembangunan rendah karbon yang digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. RPJMN Pembangunan Rendah Karbon

Capaian dari hasil Pembangunan rendah karbon dilihat dari 2 indikator yakni emisi karbon yang dihasilkan dan pengurangan Emisi gas Rumah kaca, Dimana target pengurangan emisi pada tahun 2020-2030 sebesar 31,89% (tanpa syarat) hingga 43,2% (bersyarat) dibandingkan skenario bisnis seperti biasa pada tahun 2030.



Gambar 3. Indikator hasil Pembangunan Rendah Karbon

Selain itu, Indonesia menunjukkan performa yang membaik dengan nilai yang meningkat di kisaran 1-5% selama 10 tahun. Ranking Indonesia sudah cukup baik dalam aspek perlindungan modal alam, namun masih membutuhkan perbaikan dalam aspek penggunaan sumber daya yang efisien dan berkelanjutan dan pemanfaatan peluang dari ekonomi hijau

Green Growth Index (GGI) 2022										
Country	Sub-region	Dimension scores (2020)				2010		2020		Performance
		ESRU	NCP	GEO	SI	Index	Rank	Index	Rank	
Japan	Eastern Asia	58.05	70.84	34.11	80.71	62.19	2	64.50	1	↗
Thailand	South-eastern Asia	56.17	73.82	46.29	70.73	62.98	1	64.08	2	↗
Cyprus	Western Asia	54.89	68.17	34.20	80.08	62.03	3	62.58	3	→
Georgia	Western Asia	53.27	72.17	30.84	72.25	56.16	9	60.54	4	↑
China	Eastern Asia	50.93	63.48	43.18	74.63	57.13	6	60.02	5	↗
Philippines	South-eastern Asia	56.48	73.94	29.27	64.06	58.44	4	59.55	6	↗
Singapore	South-eastern Asia	50.06	59.47	36.23	80.73	57.57	5	58.91	7	↗
Vietnam	South-eastern Asia	55.08	61.84	27.62	72.57	53.83	13	57.82	8	↑
Indonesia	South-eastern Asia	55.43	64.86	26.62	66.68	55.74	11	57.08	9	↗
Turkey	Western Asia	54.73	53.44	30.00	76.92	56.31	8	56.67	10	→

Gambar 4. Indeks Pertumbuhan Hijau

Pembangunan Rendah Karbon pada sektor pertanian dapat diidentifikasi menjadi beberapa kategori, yaitu pengelolaan lahan sawah, penggunaan pupuk organik dan biogas untuk menyerap emisi GRK, dan perbaikan pakan ternak melalui pakan hijau dan konsentrat. Serapan GRK pada kegiatan di sektor pertanian adalah melalui penggunaan pupuk organik dan biogas.

Dalam mengelola lahan sawah, penggunaan air irigasi dengan penggenangan areal pertanaman padi secara terus-menerus akan mengemisikan jumlah gas metana (CH₄) yang lebih tinggi ke atmosfer, jika dibandingkan dengan penggunaan air irigasi secara *intermittent* atau berselang. Sementara itu, emisi dari pupuk dihitung berdasarkan pupuk yang diaplikasikan ke lapangan yang akan mengemisikan GRK berupa N₂O dan CO₂.

Kementrian Pertanian Tengah Menyusun rencana aksi untuk Pembangunan berketahanan iklim dan rendah karbon di sektor pertanian seperti tergambar di Gambar 4. Dimana strategi utama adalah peningkatan adaptasi, mitigasi emisi GRK dan efisiensi penggunaan input Pertanian yang focus pada penurunan degradasi lahan, pencemaran lingkungan dan peningkatan produktivitas lahan agar mencapai

target NDC sebesar 10 juta ton CO₂. Namun rencana aksi ini belum dibuat dalam pedoman resmi yang bisa menjadi acuan dalam penyusunan program mitigasi dan adaptasi, termasuk manfaat bagi pelaku yang terlibat dalam program tersebut



Gambar 5. Skenario Penurunan Emisi Sektor Pertanian

3.2. PERATURAN TERKAIT DENGAN GAS RUMAH KACA

Pedoman umum mitigasi perubahan iklim disusun berdasarkan berbagai referensi, hasil kajian, dan analisis dari berbagai dokumen, diantaranya:

1. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
2. UU 17 tahun 2004 tentang pengesahan Protokol Kyoto atas konvensi kerangka kerja Perserikatan Bangsa Bangsa tentang perubahan iklim.
3. Perpres 71 tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional.
4. NAMAs, Nationally Appropriate Mitigation Actions (komitmen negara berkembang untuk menurunkan emisi) sesuai kesepakatan Cancun Agreement, 2010.

5. RPJMN 2020 – 2024 : Transformasikan Indonesia menjadi negara berpendapatan menengah atas dengan pembangunan yang adil dan berkelanjutan.
6. PERPRES Nomor 18 Tahun 2020 Pembangunan Berketahanan Iklim telah menjadi salah satu prioritas nasional (PN) RPJMN
7. PERPRES No. 98 Tahun 2021 Penyelenggaraan NEK Untuk Pencapaian Target Kontribusi untuk Pengendalian GRK dalam Pembangunan Nasional
8. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor :SK. 1 13 /MENLK / PPR / PPT.2 / RO / 2023 Tentang Skema Sertifikasi Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca Indonesia
9. Perpres 61 tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK.
10. Peraturan Pemerintah Nomor 46 Tahun 2021 Tentang Instrumen Ekonomi Lingkungan Hidup
11. Peraturan Presiden Nomor 77 Tahun 2018 Tentang Pengelolaan Dana Lingkungan Hidup
12. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2022 Tentang Tata Laksana Penerapan Nilai Ekonomi Karbon
13. Peraturan Presiden (PERPRES) Nomor 129 Tahun 2022 tentang Pengesahan Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, Kigali, 2016 (Amendemen atas Protokol Montreal tentang Bahan-Bahan yang Merusak Lapisan Ozon, Kigali, 2016)
14. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 16 Tahun 2022 tentang Tata Cara Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon Subsektor Pembangkit Tenaga Listrik
15. Peraturan Menteri Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi Nomor 5 Tahun 2022 tentang Struktur dan Tata Kerja Komite Pengarah Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon Untuk Pencapaian Target Kontribusi Yang Ditetapkan Secara Nasional dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Pembangunan Nasional

Adapun peraturan pendukung lainnya yang sedang dipersiapkan sebagai berikut :

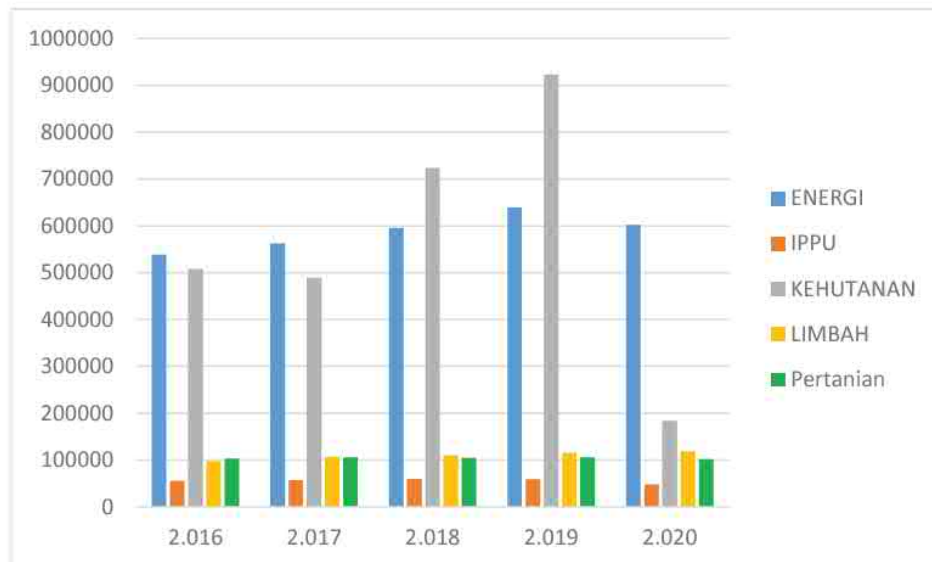
3. Draft Permen LHK tentang Penyelenggaraan Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional (Nationally Determined Contribution); SEDANG BERPROSES.
4. Draft Permen LHK tentang Tata Laksana Penerapanan Nilai Ekonomi Karbon sektor Folu SEDANG BERPROSES
5. Draft Permen LHK tentang Tata Laksana Penerapanan Nilai Ekonomi Karbon sektor Limbah, SEDANG BERPROSES
6. Draft Permen ESDM tentang Tata Cara Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon pada Pembangkit Tenaga Listrik
7. Draft Permen Keuangan tentang Tata Cara Penghitungan, Pemungutan, Pembayaran Atau Penyetoran, Pelaporan, Dan Mekanisme Pengenaan Pajak Karbon Serta Pengurangan Pajak Karbon;
8. Draft Permen Keuangan tentang Tarif Dan Dasar Pengenaan Pajak karbon;
9. Peraturan Menteri Dalam Negeri atau Surat Keputusan Bersama dari Menteri Dalam Negeri dan Menteri LHK terkait Peran Pemerintah Daerah Dalam Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon dalam Rangka mencapai Target NDC;

3.3. GAS RUMAH KACA DALAM BUDIDAYA PADI DAN PENGOLAHAN BERAS

Gas Rumah Kaca (GRK) adalah gas yang terkandung dalam atmosfer, baik alami maupun antropogenik, yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. GRK utama dari pertanian adalah CO₂ (karbondioksida), CH₄ (metana), dan N₂O (dinitrogen oksida), CFCs (chlorofluorocarbon), dll. Inventory atau Inventarisasi GRK adalah kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK secara berkala dari berbagai sumber emisi (source) dan penyerapnya (sink), termasuk simpanan karbon (carbon stock). Emisi GRK adalah lepasnya gas rumah kaca ke atmosfer pada area tertentu dalam jangka waktu tertentu. Data Aktivitas adalah besaran kuantitatif kegiatan atau aktivitas manusia yang dapat melepaskan dan/atau menyerap GRK. Faktor Emisi adalah besaran emisi GRK yang dilepaskan ke atmosfer per satuan aktivitas tertentu

Menurut konvensi PBB mengenai Perubahan Iklim (UNFCCC), ada 6 jenis gas yang digolongkan sebagai Gas Rumah Kaca (GRK), yaitu: Karbondioksida (CO₂), Nitrogen

oksida (N_2O), Metana (CH_4), Sulfur heksaflorida (SF_6), Perfloro karbon (PFCs), dan Hidrofloro karbon (HFCs) (Killeen 1996). Untuk sektor pertanian menyumbang emisi terbesar keempat dibandingkan sektor lainnya, dan setiap tahunnya ada peningkatan emisi yang dihasilkan seperti tergambar dalam Gambar 6.

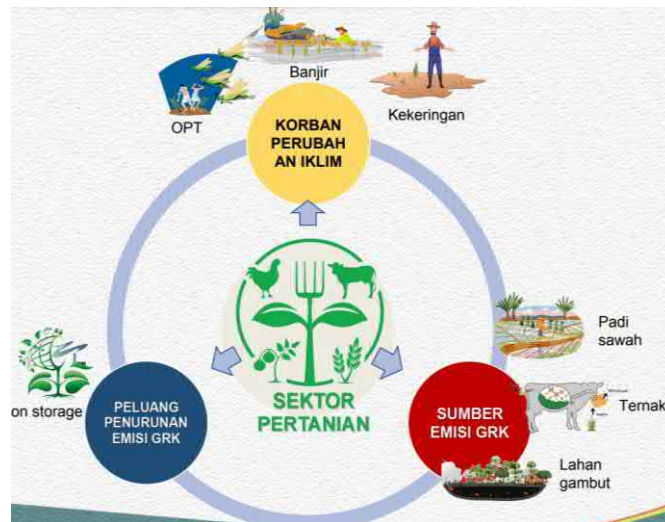


Gambar 6. EMISI GRK (Gg CO_2) dari tahun 2016-2020 (Balingtan, 2021)

Perubahan Iklim juga dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang tidak stabil sebagai contoh curah hujan yang tidak menentu, sering terjadi badai, suhu udara yang ekstrim, arah angin yang berubah drastis, dan sebagainya (Ratnaningayu, 2009). Perubahan iklim global akan mempengaruhi banyak hal, termasuk empat unsur iklim dan komponen alam yang sangat erat kaitannya dengan pertanian, yaitu:

- Naiknya suhu udara yang juga berdampak terhadap unsur iklim lain, terutama kelembaban dan dinamika atmosfer,
- Berubahnya pola curah hujan,
- Makin meningkatnya intensitas kejadian iklim ekstrim (anomali iklim) seperti elnino dan la-nina, dan
- Naiknya permukaan air laut akibat pencairan gunung es di kutub utara.

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang berperan sebagai penyumbang emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sekaligus korban (Surmaini et al., 2011).



Gambar 7. Dampak Perubahan Iklim di Sektor Pertanian

Perubahan iklim akan memberikan dampak terhadap perkembangan hama tanaman dan penyakit tanaman. Hama maupun patogen merupakan makhluk hidup yang dalam aktifitasnya sangat dipengaruhi oleh perubahan lingkungan. Terjadinya suatu penyakit tanaman akan dipengaruhi oleh tiga faktor penting yaitu tanaman inang yang rentan (*susceptible host*), patogen yang virulen serta kondisi lingkungan yang sesuai. Apabila ketiga faktor tersebut tercapai maka penyakit tanaman akan muncul. Faktor lingkungan yang mempengaruhi perkembangan penyakit di antaranya suhu rendah yang dapat meningkatkan intensitas penyakit, kelembaban dan curah hujan yang tinggi cenderung meningkatkan intensitas serangan penyakit. Hal ini tentunya mengindikasikan bahwa faktor lingkungan merupakan faktor penting dalam mendukung terjadinya penyakit tanaman. Begitu juga dengan serangan hama tanaman akan sangat dipengaruhi oleh perubahan lingkungan. Beberapa faktor yang mempengaruhi perkembangan hama di antaranya adalah suhu, curah hujan, kelembaban dan kualitas pakan. Setiap peningkatan suhu sebesar 2°C akan mengakibatkan peningkatan satu hingga lima siklus hidup serangga per musim

Perubahan iklim tidak lagi sebagai isu, tetapi telah menjadi kenyataan yang memerlukan tindakan nyata secara bersama pada tingkat global, regional maupun nasional. Penyusunan strategi yang meliputi tiga aspek, yaitu antisipasi, mitigasi, dan adaptasi.

- a. Strategi antisipasi dilakukan dengan melakukan pengkajian terhadap perubahan iklim untuk meminimalkan dampak negatifnya terhadap sektor pertanian.
- b. Strategi adaptasi merupakan tindakan penyesuaian sistem alam dan sosial untuk menghadapi dampak negatif perubahan iklim. Upaya tersebut akan bermanfaat dan lebih efektif bila laju perubahan iklim tidak melebihi kemampuan upaya adaptasi.

Perlu diimbangi dengan upaya mitigasi, yaitu mengurangi sumber maupun peningkatan rosot (penyerap) Gas Rumah Kaca (GRK). Perubahan iklim yang terjadi perlu disikapi dengan meningkatkan konsolidasi dan koordinasi antar stakeholder atas penyebab maupun dampaknya bagi manusia dan lingkungan. Khusus kepada petani, peranan asuransi pertanian perlu lebih disosialisasikan lagi dalam upaya menghindari kerugian petani karena kegagalan panen akibat perubahan iklim baik karena kekeringan maupun serangan hama penyakit.

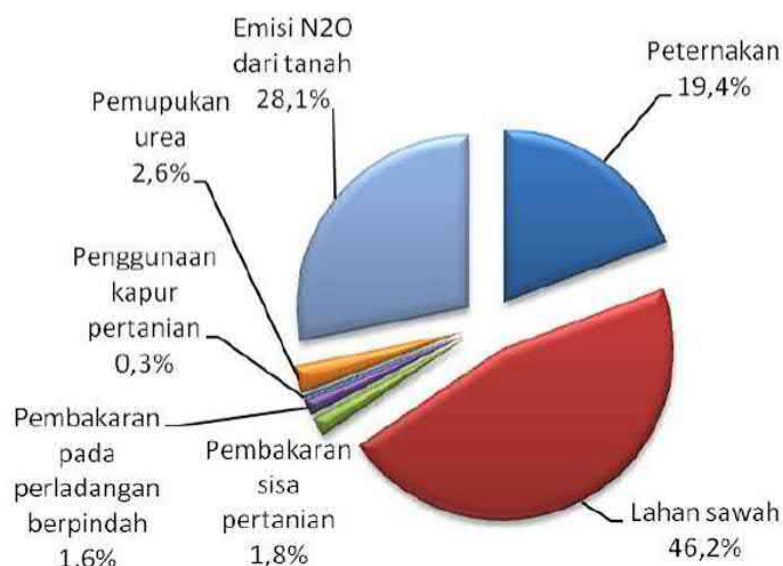
Perubahan perilaku curah hujan yang menyebabkan pergeseran musim kemarau dan hujan menyebabkan pola tanam padi saat ini tidak sesuai lagi seperti pada masa-masa lalu. Pada kondisi iklim ekstrem kering, ketersediaan air irigasi menjadi terbatas sehingga menyebabkan produksi menurun karena puso.

Pada musim hujan yang ekstrim basah, dimana terjadi genangan banjir juga akan menurunkan produksi. Oleh karena itu, kebutuhan prediksi curah hujan yang akurat yang disertai dengan sosialisasi pergeseran musim tanam di waktu yang tepat akan sangat dibutuhkan di masa yang akan datang untuk meminimalisir kegagalan panen akibat dampak perubahan iklim.

3.4. SUMBER EMISI GAS RUMAH KACA DI BUDIDAYA PADI

Sumber emisi dari sektor pertanian berasal dari aktivitas pertanian seperti; sistem pencernaan hewan (enteric fermentation), limbah kotoran ternak, pembakaran jerami, pembakaran biomassa pertanian, pengolahan tanah pertanian, penggunaan pupuk urea, penggunaan kapur pertanian, dan sistem budidaya padi sawah. Sumber emisi GRK terbesar disumbah di lahan sawah yakni sebesar 46,2%, kemudian dari Emisi

Tanah sebesar 28,1% dan peternakan sebesar 19,4%, dan untuk factor lainnya dapat dilihat di gambar 8. sehingga penurunan emisi GRK terbesar di sketor ertanian adalah dengan mengurangi sumber emisi dari budidaya Padi melalui pengelolaan tanah, penggunaan air dan efesiensi pemupukan



Gambar 8. Sumber Emisi GRK di Sektor Pertanian

Sumber utama GRK terdiri atas CO₂ , N₂ O dan CH₄ . Gas CO₂ diserap dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan dilepaskan melalui respirasi, dekompososisi, dan pembakaran bahan organik. Gas N₂O diemisikan sebagai efek samping proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Sedangkan gas CH₄, diemisikan melalui proses metanogenesis pada kondisi anaerob dalam tanah, penyimpanan pupuk kandang melalui proses enteric fermentation, dan akibat pembakaran bahan organik tidak sempurna. Gas lain yang dihasilkan pada proses pembakaran adalah NO₂ , NH₃ , NMVOC dan CO yang disebut emisi tidak langsung. Gas-gas tersebut merupakan pemicu (precursor) dalam pembentukan GRK di atmosfer. Emisi tidak langsung juga terjadi dari proses pencucian atau aliran permukaan yang membawa senyawa nitrogen, terutama NO yang kemudian dapat dikonversi menjadi N₂ O melalui proses denitrifikasi, seccara singkat proses gas Rumah kaca pada padi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Gas Rumah Kaca pada Budidaya Padi

Proses pemupukan khususnya pupuk urea pada lahan pertanian berpotensi menghasilkan emisi CO₂. Emisi CO₂ terjadi karena urea berubah menjadi ammonium (NH₄⁺), ion hidroksil (OH⁻), dan bikarbonat (HCO₃⁻) apabila bertemu dengan air dan enzim urease. Proses ini hampir sama dengan penambahan kapur di tanah, dimana bikarbonat yang terbentuk berubah menjadi CO₂ dan air. Emisi CO₂ yang berasal dari aplikasi pupuk urea bervariasi tergantung pada praktek manajemen budidayanya (Iqbal, dkk. 2009).

Beberapa sumber N yang menyebabkan emisi langsung N₂O (Grace, 2017):

1. N dari pupuk Urea, ZA dan NPK (pupuk buatan)
2. N dari bahan atau pupuk organik (pukan, kompos)
3. N dari sisa tanaman
4. N dari mineralisasi yang berhubungan dengan BO tanah

Emisi N₂O tidak langsung dari tanah yang dikelola merupakan N₂O yang dihasilkan karena perpindahan N sistem pertanian ke dalam tanah dan permukaan air melalui drainase dan aliran permukaan, yang teremisi sebagai amonia atau oksida nitrogen yang terdeposisi dan menyebabkan produksi N₂O. Beberapa sumber N dari emisi N₂O tidak langsung:

1. Jumlah N dari pupuk Urea, ZA dan NPK (pupuk buatan)
2. Jumlah N dari bahan atau pupuk organik (pukan, kompos)
3. Jumlah N dari sisa tanaman
4. Jumlah mineralisasi N yang berhubungan dengan hilangnya BO tanah

Pemberian secara rutin pupuk organik selain memperbaiki struktur dan aerasi tanah tanah juga dapat mengurangi emisi CO₂ jika sebagian pupuk urea sebagai sumber nitrogen dapat digantikan oleh pupuk organik.

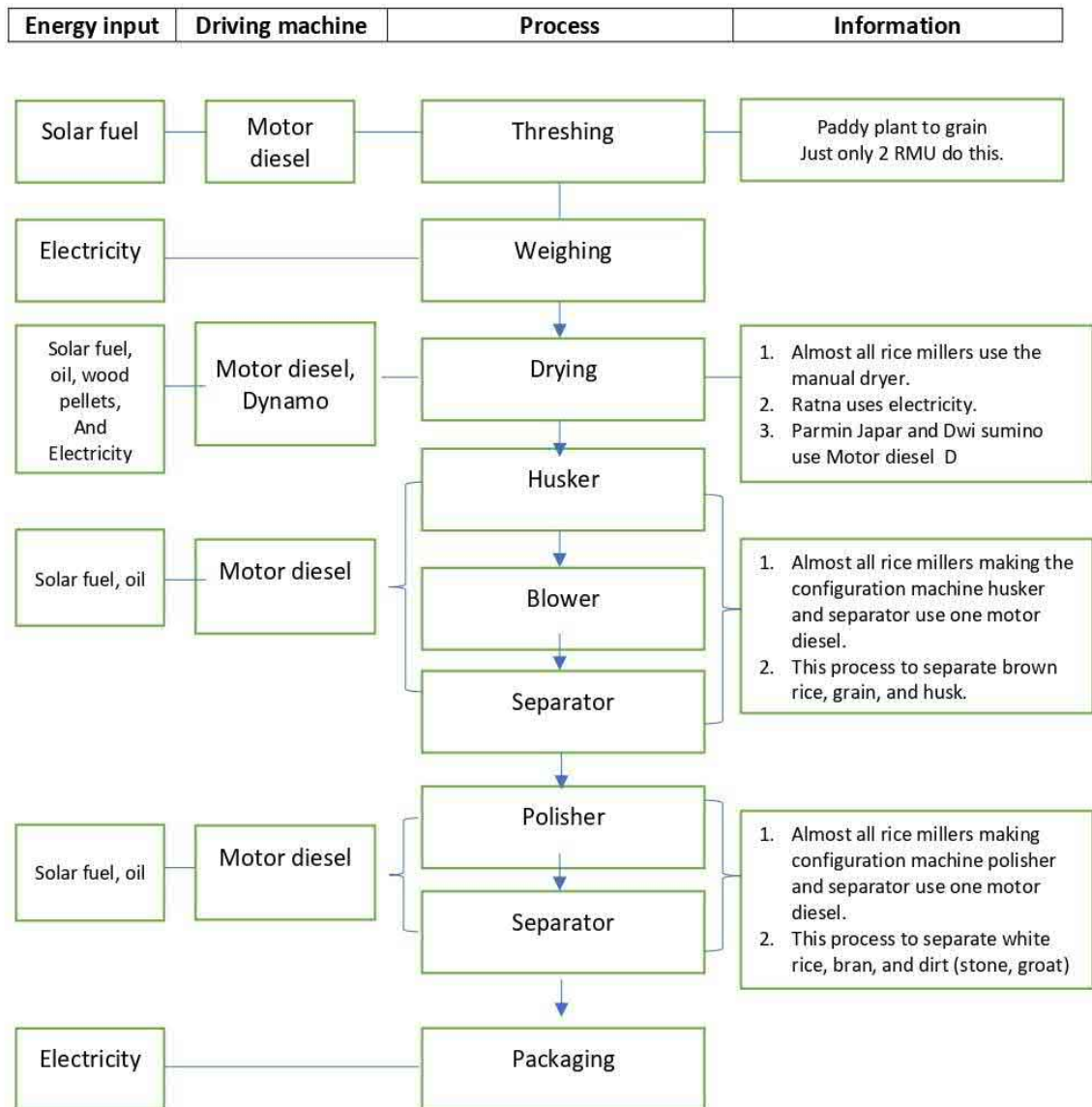
3.5. SUMBER EMISI GAS RUMAH KACA DI PENGILINGAN PADI

Terdapat Lima sumber emisi dalam proses penggilingan padi , yakni

1. Emisi pembakaran dari listrik yang terhubung ke jaringan
2. Emisi pembakaran dari pembangkit energi di tempat
3. Emisi proses industri
4. Emisi buronan
5. Emisi limbah

Nilai emisi yang dihasilkan , mengacu pada tahapan proses penggilingan padi, yang tergambar dalam proses penggilingan padi sebagai berikut :

Process grain to brown / white rice



Gambar 10. Sumber Energi Yang Digunakan Dalam Proses Penggilingan Padi
(Baseline Studi LCRP, 2021)

3.6. UPAYA PENURUNAN GAS RUMAH KACA DI PADI DAN BERAS

Peningkatan Gas Rumah Kaca yang mengakibatkan perubahan iklim menjadi tantangan bagi sektor pertanian khususnya sub sektor padi. Penanganan dampak perubahan iklim memerlukan kerjasama serta peran aktif berbagai pihak melalui upaya adaptasi dan mitigasi, seperti tergambar dalam Gambar 11

Sumber emisi utama Sektor Pertanian • CH₄ dari lahan sawah • N₂O dari pupuk N dan kotoran ternak • CH₄ dari sendawa (burb) dan kotoran ternak • CO₂ dari dekomposisi bahan organik tanah mineral, • CO₂ dari dekomposisi tanah gambut dan kebakaran gambut • CO₂ dari perubahan penggunaan lahan bercadangan C tinggi	Intervention	Adaptasi	Mitigasi	Catatan
	Pengairan berselang padi sawah	Dengan ketersediaan air yang sama, areal tanam lebih luas	Emisi CH ₄ menurun	Pengairan berselang tidak selalu meningkatkan hasil padi
	Pemupukan berimbang dan efisien	Hasil dan pertumbuhan tanaman lebih tinggi/baik	Penurunan emisi dari pupuk	Perlu evaluasi ulang rekomendasi pemupukan
	Pertanian multistrata	Komponen tanaman tahunan masih tetap menghasilkan pada musim masa kemarau panjang	CO ₂ Removal (sequestration)	Perlu penguatan diseminasi
	Perbaikan kualitas pakan ternak	Perbaikan pertumbuhan berat badan dan populasi	Penurunan emisi CH ₄ dari fermentasi enteric	Perlu penanaman rumput dan legume serta BIMTEK secara luas
	Pengurangan kedalaman drainase lahan gambut	• Subsidence lebih lambat • Penurunan risiko kebakaran	Penurunan emisi CO ₂	Perlu diseminasi dan bantuan sekat kanal untuk smallholders

Gambar 11. Strategi Penurunan Gas Rumah Kaca

Mitigasi perubahan iklim yang bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dari lahan pertanian serta juga dari sisi mitigasi dapat dilakukan melalui penggunaan varietas rendah emisi, penggunaan pupuk organik, serta penyesuaian teknik budidaya melalui pengelolaan air dan lahan yang dapat menurunkan emisi GRK.

Salah satu strategi pemerintah untuk mengantisipasi dampak negatif perubahan ekstrem iklim global adalah membangun Pertanian Cerdas Iklim dan Modernisasi Pertanian. Dalam hal ini, intervensi kebijakan pada pendanaan, teknologi, kelembagaan dan sosial ekonomi menjadi sangat penting. Pemerintah dalam hal ini Kementerian Pertanian, telah mengidentifikasi dan melakukan berbagai antisipasi dan tindakan terhadap dampak negatif perubahan ekstrem iklim global walaupun belum seluruh wilayah terjangkau, di antaranya yaitu: (1) degradasi sumber daya lahan dan air; (2) kerusakan pada infrastruktur pertanian/irigasi; (3) bencana banjir dan kekeringan; dan (4) meningkatnya serangan hama dan penyakit tanaman, dan besaran laju penurunan emisi gas rumah kaca di sawah dapat dilihat pada tabel 1.

Skenario	Teknologi mitigasi	Potensi aplikasi	Laju adopsi teknologi (% luas area)					
			2005*	2010	2015	2020	2025	2030
S0	Sawah irigasi dengan pupuk an organik (berdasarkan Kepmentan)	100	100	100	100	100	100	100
S1	Irigasi berselang (termasuk SRI, PTT)	70	3	5	10	20	25	30
S2	Suplemen Pupuk (ZA dan urea briket)	100	0	0	1	2	3	5
S3	Varietas rendah emisi *	30	20	25	30	40	45	50
S4	Irigasi berselang + suplemen pupuk (kombinasi S1 and S2)	70	3	5	8	10	15	20
S5	Irigasi berselang + suplemen pupuk + varietas rendah emisi (kombinasi S1, S2 & S3)	30	3	5	8	10	15	20
S6	S5 + <i>iron material</i> /silikat	30	0	0	1	2	4	6

Keterangan: Asumsi luas sawah 7,8 juta ha. Potensi aplikasi adalah luas sawah yang sesuai untuk aplikasi teknologi mitigasi; sisa sawah lainnya masih menggunakan teknologi konvensional. Varietas rendah emisi antara lain Ciherang, Cisantana, Tukad Balian, dan Way Apo Buru (KP3I, 2008)

Tabel 1. Skenario Mitigasi Untuk Mengurangi Emisi Gas Metana Dari Lahan Sawah

Pertanian Cerdas Iklim (PCI) merupakan sistem budidaya pertanian padi yang dilakukan secara intensif mulai dari pengelolaan pupuk, air, benih sampai pada pengendalian hama dan penyakit. Budidaya tanaman padi dengan menggunakan metode PCI selain hemat menggunakan air juga adaptif terhadap perubahan iklim, bisa menurunkan emisi gas rumah kaca. Selain itu, PCI juga bertujuan mengembalikan struktur dan ekologis yang ada di dalam tanah sehingga tanah kembali subur dan mikroorganisme yang ada di dalamnya juga bisa berkembang dan bisa menyediakan nutrisi bagi tanaman sehingga berguna, baik bagi petani maupun lingkungan serta ekosistem di sekitar sawah dan lebih jauh lagi sebagai solusi terhadap dampak perubahan iklim apabila terjadi kekeringan.

Dalam Pertanian Cerdas Iklim (PCI) memiliki 3 prinsip dasar yaitu

1. Produktivitas

PCI bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan pendapatan petani secara berkelanjutan dari hasil panen, ternak dan ikan, tanpa dampak negatif terhadap lingkungan. Hal ini, pada gilirannya, akan meningkatkan

ketahanan pangan dan gizi. Konsep kunci yang terkait dengan peningkatan produktivitas adalah intensifikasi tanaman berkelanjutan.

2. Adaptasi

PCI bertujuan untuk mengurangi kerentanan petani terhadap risiko jangka pendek, sekaligus memperkuat mereka untuk beradaptasi dalam menghadapi guncangan jangka panjang. Perhatian khusus diberikan untuk melindungi layanan ekosistem kepada petani dan masyarakat lainnya. Layanan ini sangat penting untuk menjaga produktivitas dan kemampuan petani dalam beradaptasi terhadap perubahan iklim.

3. Mitigasi

PCI harus membantu mengurangi dan/atau menghapus emisi GRK. Hal ini menunjukkan bahwa kita harus mengurangi emisi untuk setiap kalori atau kilo makanan, serat dan bahan bakar yang dihasilkan. Kita juga harus menghindari deforestasi dengan mengelola tanah dan pohon secara maksimal sebagai penyerap karbon dan CO₂ dari atmosfer.

PCI memiliki nilai berkelanjutan dengan mengandung unsur sosial, lingkungan, dan ekonomi. Beberapa bentuk penerapan PCI, di antaranya:

1. **Water management**, dilakukan dalam mengatur ketersediaan air dengan irigasi, daerah aliran sungai, air tanah, dan curah hujan yang ada. Pengaturan air ini memberikan pengaruh pada pola tanam dalam kurun waktu ke depan.
2. **Soil management** atau pengaturan tanah, dilakukan dengan mengatur dosis pupuk yang dipakai pada pertanian. Dosis akan disesuaikan dengan keadaan tanah dan kebutuhan tanaman, sehingga tidak berlebihan.
3. **Crop management**, merupakan pengaturan bagi komoditas tanam itu sendiri. Dilakukan dengan pemilihan dan penggunaan bibit yang unggul dan sesuai dengan kondisi tanam.

Adapun bentuk kegiatan dalam rangka Pertanian cerdas iklim antara lain :

1. Teknologi hemat air melalui sistem irigasi *intermittent/Alternate Wet and Drying* (AWD)/macam-macam,
2. Pemupukan berimbang melalui penggunaan perangkat uji tanah sawah/rawa (PUTS/PUTR) untuk menentukan dosis pupuk dasar Nitrogen, Phospor, dan Kalium (NPK) atau menggunakan rekomendasi pupuk dari Badan Litbang Pertanian,
3. Penggunaan varietas unggul produksi tinggi yang tahan terhadap cekaman dan rendah emisi,
4. Penggunaan bahan organik untuk membuat pupuk organik,
5. Sistem budidaya padi jajar legowo dengan menggunakan bibit usia muda dan penggunaan benih (2-3 bibit/lubang),
6. Penerapan pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) terpadu dengan mengutamakan penggunaan pestisida nabati,
7. Penggunaan kalender tanam untuk penentuan waktu tanam,
8. Pengukuran emisi GRK.
9. Teknologi irigasi hemat air intermittent dan alternate wet and drying (AWD) di lahan padi sawah.
10. Panen dengan tingkat kehilangan rendah
11. Penanganan pasca panen dan penyimpanan

A. Penggunaan Varietas.

GRK yang dikeluarkan oleh tanaman padi terutama adalah CH_4 . Sekitar 90% gas CH_4 dilepaskan melalui pembuluh aerenkima tanaman. Namun kemampuan dalam melepaskan gas CH_4 berbeda-beda, bergantung pada karakteristik varietas padi, seperti sifat, umur, dan aktivitas akar. Padi yang mempunyai jumlah anakan lebih banyak akan meningkatkan jumlah aerenkima, sehingga emisi gas CH_4 semakin besar. Varietas berumur panjang (dalam) menghasilkan emisi gas CH_4 yang lebih besar daripada varietas berumur pendek (genjah). Hal ini berhubungan dengan siklus hidup tanaman padi. Semakin lama periode tumbuh tanaman semakin banyak eksudat dan biomas akar yang terbentuk sehingga emisi gas CH_4 menjadi tinggi.

Eksudat merupakan senyawa organik yang mengandung gula, asam amino, dan asam organik sebagai penyusun bahan yang mudah tersedia bagi bakteri penghasil gas CH_4 . Semakin banyak dan merata perakaran tanaman semakin besar distribusi eksudat ke dalam tanah. Pembentukan gas CH_4 tidak terlepas dari kemampuan akar sebagai pengoksidasi dalam tanah. Varietas yang memiliki kapasitas pengoksidasi akar yang baik mempunyai potensi menekan emisi CH_4 . Melalui kapasitas pengoksidasi akar tersebut, pertukaran gas akan menyebabkan meningkatnya konsentrasi gas O_2 , sedangkan konsentrasi CH_4 akan teroksidasi secara biologi oleh bakteri metanotropik. Beberapa varietas menghasilkan emisi GRK rendah adalah IR64, Dodokan, Tukad Balian, Batanghari, Ciherang, dan Inpari 1. Jenis padi yang menghasilkan emisi gas CH_4 rendah adalah padi tipe baru. Padi sawah, padi pasang surut, dan padi toleran rendaman menghasilkan emisi gas CH_4 sedang, dan padi hibrida menghasilkan emisi gas CH_4 tinggi (Setyanto et al., 2010).

B. Pemupukan.

Pemberian pupuk N (urea dan ZA) pada lahan sawah merupakan suatu keharusan untuk meningkatkan produksi tanaman padi. Namun pemberian pupuk ini berpotensi menghasilkan GRK. Penggunaan ZA dengan takaran 90-115 kg N/ha, disebar tiga kali (pada 7, 21 dan 42 hari setelah tanam), menghasilkan emisi gas CH_4 yang rendah. Penggunaan urea juga berpeluang menekan emisi metana. Hal ini disebabkan karena amonium ($\text{CH}_4 +$) yang diserap tanaman akan diseimbangkan dengan pelepasan H^+ di sekitar perakaran, sehingga menurunkan pH di sekitar perakaran tanaman, yang selanjutnya akan menghambat perkembangan bakteri metanogen

Teknik lain yang diketahui dapat mengurangi emisi CH_4 adalah mengkombinasikan penggunaan pupuk organik dengan pupuk N, mengaplikasikan pupuk N dengan cara membenamkan. Cara tersebut juga dapat mengurangi hilangnya N karena volatilisasi. Penggunaan pupuk anorganik agar lebih efisien dan efektif perlu didasarkan pada kebutuhan tanaman. Hal ini dapat dilihat dari warna daun padi dengan menggunakan bagan warna daun (BWD). Pupuk organik diberikan pada saat pengolahan tanah, setara 2 t/ha.

Mekanisme penggunaan BWD adalah sebagai berikut: a. Pengukuran hijau daun padi dengan BWD dimulai pada saat tanaman berumur 25-28 HST dan dilanjutkan setiap 7-10 hari sekali sampai fase primordia tanaman. b. Pilih secara acak 10 rumpun tanaman yang sehat, letakkan bagian tengah daun di atas BWD dan bandingkan dengan warna yang terdapat pada BWD. Jika lebih dari lima dari 10 daun yang diamati warna daun di bawah skala 4 BWD, sehingga tanaman perlu dipupuk dengan 75-100 kg urea/ ha pada musim hasil tinggi dan 50-75 kg/ha pada musim hasil rendah. Pada saat pengukuran daun padi dengan BWD sebaiknya tidak menghadap sinar matahari karena akan berpengaruh terhadap hasil pengukuran. Mitigasi emisi CH_4 juga dapat ditekan dengan menggunakan pupuk silikat. Total emisi CH_4 menurun 16-20% dengan penggunaan pupuk silikat dengan takaran 4 Mg/ha dan hasil padi meningkat 13-18%. Pupuk silikat nyata mendorong pertumbuhan tanaman, khususnya biomassa akar, volume, dan porositas akar yang dapat meningkatkan konsentrasi oksigen di sekitar perakaran. Kondisi ini akan meningkatkan oksidasi CH_4 sehingga dapat mengurangi emisi CH_4 ke atmosfer (Kartikawati et al., 2011).

C. Pengelolaan Air.

Selain berpengaruh terhadap hasil padi, pemberian air juga berpengaruh terhadap volume emisi gas CH_4 . Pada kondisi tergenang, emisi gas CH_4 lebih tinggi daripada kondisi kering. Menekan emisi gas CH_4 dari sistem pengairan perlu dilakukan karena selain dapat menurunkan emisi juga dapat menghemat penggunaan air yang berlebihan. Pengairan secara terputusputus (intermittent) merupakan manajemen pengairan yang paling efisien untuk mengurangi emisi gas CH_4 dari lahan sawah. Sistem pengairan yang dikombinasikan dengan olah tanah (intermittent + tabela + tanpa olah tanah/ TOT) memberikan emisi lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan olah tanah dengan berbagai kondisi pengairan (tergenang, intermittent, dan macakmacak), baik dengan kombinasi tabela maupun tapin.

Pengairan intermittent dapat menekan emisi GRK sebesar 41-45% dibandingkan dengan pengairan terus-menerus. Pengairan intermittent juga berpotensi sebagai pengabsorpsi karbon, karena net karbon yang dihasilkan bernilai negatif. Dalam sistem pengairan intermittent, pengeringan lahan dilakukan pada saat tanaman berumur 15-20 HST, 30-35 HST, dan menjelang panen. Tinggi air untuk

penggenangan lahan adalah sekitar 5 cm. Tanaman padi yang dibudidayakan dengan pendekatan PTT (Pengelolaan Tanaman dan Sumberdaya Terpadu) dengan pengairan intermittent juga menunjukkan bahwa emisi gas CH₄ yang dihasilkan rendah (78,3 kg/ha/musim) dengan hasil panen mencapai 6,76 t/ha. Pada lahan dengan pengairan intermittent sebaiknya dibuat sistem buka-tutup pada galengan sehingga memudahkan pengaturan air (Kartikawati et al., 2011).

D. Herbisida Dan Pengelolaan Lahan.

Penggunaan herbisida paraquat dan glifosat dapat menurunkan emisi gas CH₄. Selain paraquat dan glifosat, aplikasi organoklorin dan hexakloro-sikloheksan (HCH) juga dapat menekan perkembangan bakteri metanogen. Meskipun herbisida dapat mereduksi emisi CH₄, penggunaannya harus sesuai dengan anjuran sehingga tidak meninggalkan residu di tanah yang akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Sistem olah tanah sempurna (OTS) yang dikombinasikan dengan pengairan tergenang menghasilkan emisi CH₄ yang cukup tinggi. Pada sistem ini tanah diolah menggunakan bajak atau cangkul pada kedalaman lapisan olah (+20 cm).

Pada sistem OTS, fisik tanah telah terdegradasi, sedangkan sistem tanpa olah tanah (TOT) menghasilkan emisi CH₄ yang relatif lebih kecil. Pada kondisi ini fisik tanah tidak terlalu terganggu kecuali alur atau lubang tanam untuk penempatan benih sehingga degradasi lahan lebih terkendali. Sistem TOT efektif mereduksi emisi CH₄, yang berarti turut mereduksi besarnya potensi pemanasan global. Sistem TOT 12% lebih efektif dari sistem OTS. Upaya untuk mereduksi emisi GRK, terutama gas N₂O, adalah segera menanam tanaman setelah pengolahan tanah (menghindari tanah dalam keadaan bera) dan menanam tanaman penutup selama periode bera untuk mengurangi konsentrasi nitrat dan amonia di tanah, dan memberikan kapur pada lahan masam.

Besarnya emisi CO₂ yang terjadi pada lahan pertanian tidak terlepas dari teknik pengelolaan tanah. Pada lahan yang dibiarkan bera, gas CO₂ secara umum diemisikan ke atmosfer. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya pertanaman dan proses fotosintesis, sehingga tidak ada media yang berfungsi sebagai penyerap CO₂. Gulma (famili gramineae) yang terdapat pada pertanaman juga memberikan kontribusi

terhadap emisi CH_4 , sehingga diperlukan upaya untuk menekan emisi. Sebelum tanam, gulma dikendalikan dengan herbisida yang mudah terdegradasi, tidak menimbulkan polusi, dan tidak merusak lingkungan. Sisa-sisa tanaman pada musim sebelumnya dimanfaatkan untuk menutupi tanah yang berfungsi menekan pertumbuhan gulma dan mengawetkan tanah dan air (Setyanto et al., 2009).

E. Penggunaan Zat Penghambat Nitrifikasi (Nitrification inhibitor)

Pengelolaan penggunaan pupuk N berperan penting dalam meminimalisasi residu nitrat tanah yang dapat membantu menurunkan peningkatan emisi N_2O . Hasil penelitian Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (2009, 2010) menunjukkan penggunaan urea+hydroquinone (HQ)+DCD dapat menurunkan emisi N_2O dan CH_4 masing-masing sebesar 30% dan 50% dibandingkan dengan kontrol.

Beberapa bahan penghambat nitrifikasi dari industri kimia antara lain dicycendiamine (DCD), nitrapyrin, encapsulated calcium carbide (ECC), N-2,5-dichlorophenil succinamic acid (DCS). Bahan-bahan tersebut nyata dapat mereduksi emisi N_2O dan meningkatkan produksi padi. Selain itu penggunaan S-benzylisothiuronium butanoate (SBTbutanoate) dan S-benzylisothiuronium furoate (SBT-furoate) pada pertanaman gandum mampu mereduksi potensi pemanasan global sebesar 8,9–19,5%. Bahan penghambat nitrifikasi lainnya adalah 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP), 2-chloro-6 (trichloromethyl) pyridine, sulfathiazole, 2-amino-4-chloro-6-methyl pyrimidine, 2 mercaptobenzothiazole, thiourea, 5-ethoxy-3-trichloromethyl-1,2,4-thiadiazole (terrazole), dan karbofuran (2,3-dihidro-2,2-dimetil-7benzofuranil metilkarbamat).

Selain dari industri kimia, beberapa bahan tanaman dapat berfungsi sebagai zat penghambat nitrifikasi, di antaranya tanaman babadotan (*Ageratum conyzoides*), kunyit (*Curcuma domestica* Val.), daun randu (*Ceiba pentandra* Gaertn.), bakau (*Rhizophora conjugata* Linn.), mimba (*Azadirachta indica*), dan belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.). Penggunaan biji mimba (20 kg/ha) dapat menurunkan fluks N_2O sebesar 48,9% di lahan sawah tadah hujan. Biji mimba mengandung senyawa polifenol (0,13% tanin). Polifenol dalam tanah dapat menghambat aktivitas bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi.

F. Penerapan Teknologi Budidaya Tanaman.

Rencana kegiatan ini dititikberatkan pada pelaksanaan Pengelolaan Tanaman dan Sumberdaya Terpadu (PTT) yang di kombinasikan dengan beberapa teknologi pertanaman padi rendah emisi GRK. Mitigasi GRK dari lahan sawah menjadi salah satu kegiatan utama dalam agenda nasional, karena lahan sawah merupakan sumber emisi gas CH₄ terbesar yang mempunyai potensi pemanasan global 23 kali lipat CO₂ serta gas N₂O dari kegiatan pemupukan dengan potensi pemanasan global 296 kali lipat CO₂ (IPCC, 1996).

Untuk tanaman pangan terutama padi sawah yang merupakan sumber utama emisi GRK terbesar sektor pertanian, beberapa teknologi mitigasi telah dikembangkan, salah satunya tercantum dalam road map program mitigasi nasional, yaitu penggunaan varietas padi rendah emisi. Tanaman padi mempunyai jaringan aerenkima yang berfungsi sebagai cerobong keluarnya gas CH₄ dari dalam tanah ke atmosfer. Teknologi pemupukan, pengaturan air, pengolahan tanah, dan penggunaan bahan penghambat nitrifikasi juga merupakan teknologi yang mampu menurunkan emisi GRK dari lahan sawah (Setyanto et al., 2004).

Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) padi sawah merupakan pendekatan penerapan beberapa komponen teknologi yang sesuai dalam usahatani padi sawah, meliputi varietas unggul, benih bermutu, bibit muda, jumlah bibit dan sistem tanam (populasi), pemupukan N berdasarkan Bagan Warna Daun (BWD), bahan organik, pengairan berselang (intermittent irrigation), pengendalian gulma secara terpadu, pengendalian hama dan penyakit secara terpadu, penanganan panen dan Pascapanen dengan tujuan untuk mempertahankan atau meningkatkan produktivitas padi secara berkelanjutan (sustainable) dan efisiensi produksi dengan memperhatikan sumber daya, kemampuan, dan kemauan petani (Suyamto et al., 2007).

Penerapan PTT padi sawah di Sukamandi menghasilkan 8-9 ton GKG/ ha/musim tanam, 1-2 ton/ha lebih tinggi dari hasil padi yang dibudidayakan secara konvensional. Pada tingkat pengkajian di lahan petani di 18 lokasi pada 10 provinsi, produktivitas padi meningkat rata-rata 27% (6,5-8,0 ton/ha). Dengan pendekatan tersebut yang di kombinasikan dengan teknologi rendah emisi diharapkan tujuan mitigasi GRK dari lahan sawah dapat tercapai tanpa mengenyampingkan produktivitas.

G. Proses Penggilingan Padi Ramah Lingkungan

Industri penggilingan padi adalah salah satu industri yang paling banyak mengkonsumsi energi. Seperti halnya modal, tenaga kerja dan material, energi merupakan salah satu faktor produksi yang digunakan untuk menghasilkan produk akhir. Dalam istilah ekonomi, energi adalah barang yang berasal dari permintaan dan dapat dianggap sebagai barang setengah jadi yang permintaannya tergantung pada permintaan produk akhir. Dalam penggilingan padi, beberapa operasi dilakukan secara manual yaitu, pembersihan, penjemuran, pengumpanan padi ke ember, penimbangan dan pengemasan, dll. Jadi jam kerja juga termasuk dalam penghitungan energi. Air digunakan untuk perendaman dan pembangkit uap. Listrik adalah sumber energi utama untuk penggilingan padi ini dan diimpor dari jaringan listrik negara.

Untuk mengatasi potensi dampak perubahan iklim, Perusahaan termasuk penggilingan padi mulai menerapkan praktik berkelanjutan dan mengurangi emisi GRK. Hal ini mencakup investasi pada teknologi yang lebih hemat energi, beralih ke energi terbarukan, mengurangi limbah, meningkatkan efisiensi transportasi, dan menerapkan praktik produksi yang lebih berkelanjutan.

Penggilingan padi mengkonsumsi bahan bakar dan listrik dalam jumlah yang signifikan. Peralatan utama yang mengkonsumsi energi di unit penggilingan padi adalah; boiler dan distribusi uap, blower, pompa, konveyor, elevator, motor, sistem transmisi, penimbangan, dll. Sebagian besar penggilingan padi menggunakan teknologi lama dan tersedia secara lokal dan juga sangat bergantung pada tenaga teknis yang tersedia secara lokal.

Aksi mitigasi yang berperan paling besar dalam upaya penurunan emisi gas rumah kaca adalah pengembangan energi bersih terbarukan sebagai langkah transisi menuju energi yang lebih bersih, minim emisi, dan ramah lingkungan, dengan cara berikut:

- Mengurangi Emisi dari Transportasi: Penggilingan padi dengan memetakan jalur distribusi dan mengurangi jarak transportasi Hal ini dapat mengurangi emisi karbon dari penggunaan bahan bakar fosil dan kendaraan konvensional.

- Mengurangi Konsumsi Bahan Bakar Fosil:.. yakni dengan merubah sumber energi solar menjadi sumber energi Listrik dalam menggerakkan mesin produksi penggilingan beras.
- Penggunaan Energi yang Lebih Efisien: Penggunaan Energi sering dikaitkan dengan teknologi yang lebih hemat energi, melalui perencanaan proses produksi untuk menekan penggunaan energi menjadi lebih hemat dan moderinasi mesin dan alat penggilingan padi. Semakin efisien penggunaan energi, maka semakin sedikit emisi GRK yang dihasilkan.

BAB IV. KAJIAN MEKANISME *CARBON PRICING*

4.1. NATIONAL EKONOMI KARBON

Indonesia turut berkomitmen menuju masa depan yang rendah emisi melalui dokumen ***Enhance Nationally Determined Contribution*** (ENDC) dengan mencanangkan target penurunan emisi GRK secara sukarela sebesar 31,89% hingga 43,20% dibanding BAU pada 2030. Melalui Peraturan Presiden No 98 Tahun 2021 dilakukan pengaturan terkait Nilai Ekonomi Karbon dimana salah satu upaya penurunan emisi adalah melalui Perdagangan Karbon.

Perdagangan karbon adalah jual-beli sertifikasi atau izin untuk menghasilkan emisi karbon dioksida atau CO₂ dalam jumlah tertentu. Sertifikasi atau izin pelepasan karbon itu disebut juga kredit karbon (*carbon credit*) atau kuota emisi karbon (*allowance*). Satu kredit karbon setara dengan pengurangan atau penurunan emisi sebesar satu ton CO₂. Emisi CO₂ dihasilkan oleh antara lain pembakaran bahan bakar fosil (batu bara, gas dan minyak bumi), pembakaran hutan, dan pembusukan sampah organik.

Salah satu upaya penurunan emisi untuk mencapai target NDC ini dilakukan melalui penyelenggaraan nilai ekonomi karbon (NEK). NEK merupakan nilai terhadap setiap unit emisi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dari kegiatan manusia ataupun ekonomi. Perdagangan karbon merupakan hal baru di Indonesia. Dalam jangka panjang, perdagangan karbon akan berdampak luas kepada instansi pemerintahan dan swasta.

Penyelenggaraan NEK dilaksanakan kementerian atau lembaga, pemerintah daerah, pelaku usaha, dan masyarakat. Adapun pelaksanaan NEK melalui empat mekanisme, meliputi

- a. Perdagangan karbon
- b. Pembayaran berbasis kinerja
- c. Pungutan atas karbon oleh menteri keuangan (pajak karbon)
- d. Mekanisme lainnya sesuai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi .

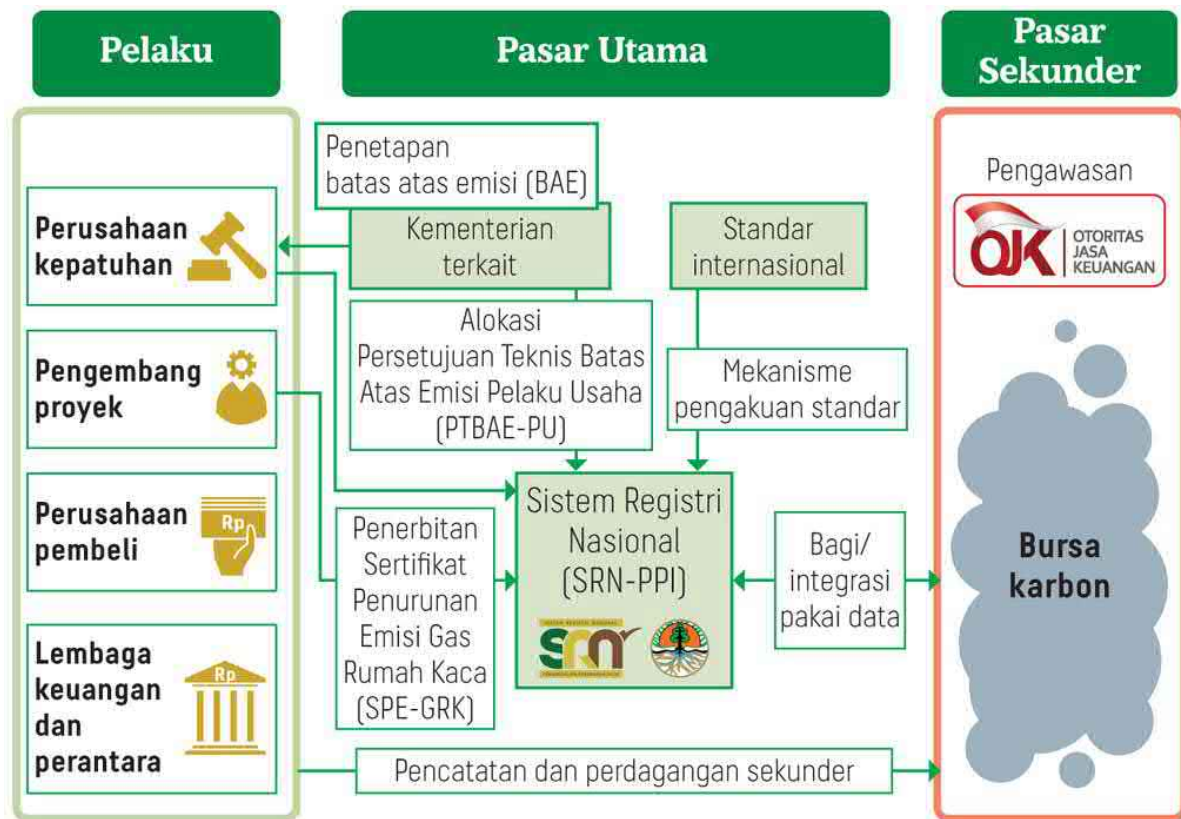
Adapun tata cara pelaksanaan penyelenggaraan NEK dapat dilihat pada Gambar 12



Gambar 12. Tata Laksana Penyelenggaraan NEK

4.2. PERDAGANGAN KARBON

Penyelenggaraan NEK termasuk perdagangan karbon hanya bisa dilakukan melalui Sistem Registri Nasional (SRN) Pengendalian Perubahan Iklim. Sistem ini akan terhubung dengan karbon registri yang terdapat di bursa karbon. Semua pencatatan seperti pelaku penurunan emisi hingga pembelian sertifikat emisi akan dapat dilacak atau ditelusuri melalui sistem ini. Untuk metodologi menjadi dasar dalam memperoleh data penurunan emisi yang akurat, transparan, dan dapat dipertanggungjawabkan. Kriteria metodologi ini ditetapkan oleh direktur jenderal dan Badan Standardisasi Nasional (BSN) dan atau disetujui oleh Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim (UNFCCC), secara umum ekosistem perdagangan karbon tergambar dalam gambar 13.



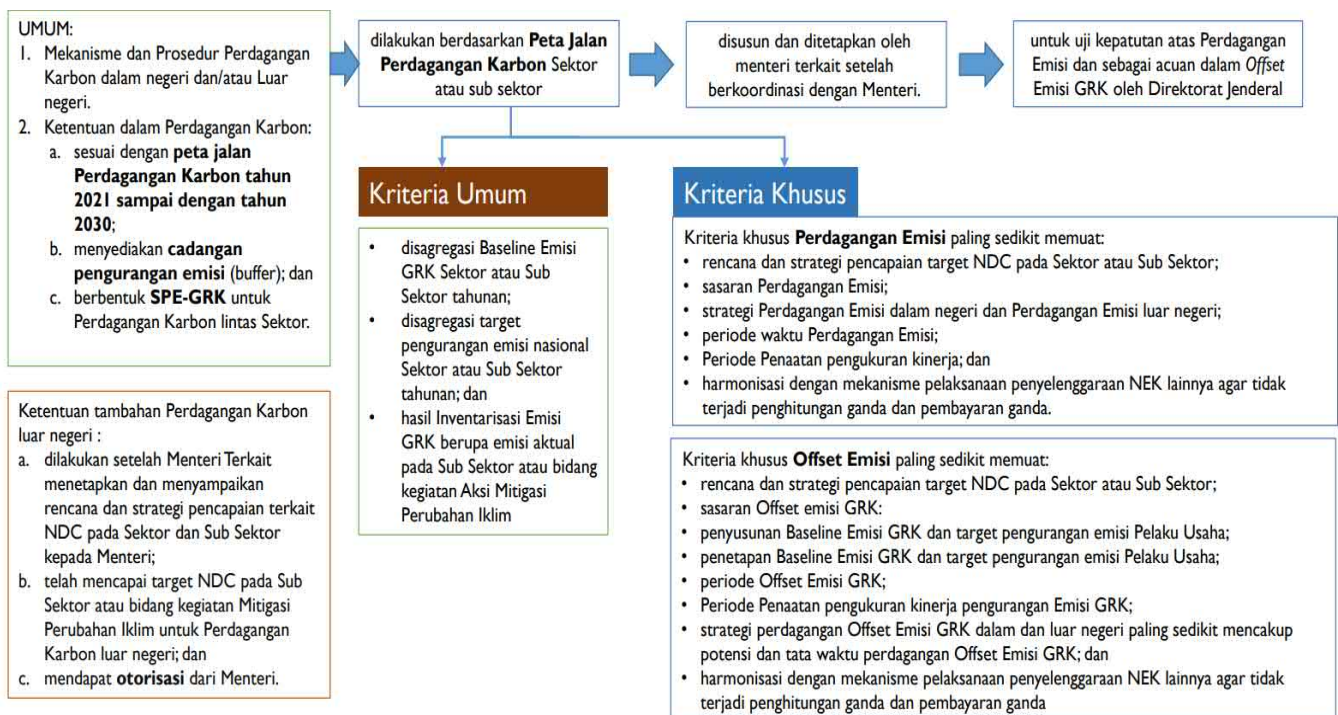
Gambar 13. Konsep Ekosistem Perdagangan Karbon

Kredit karbon adalah sertifikat atau izin yang dapat diperdagangkan yang memberikan hak kepada perusahaan, industri, atau negara untuk mengeluarkan 1 ton (1.000 kg) karbondioksida atau jumlah yang setara dengan gas rumah kaca (GRK) yang berbeda. Dengan kata lain, kredit karbon adalah perwujudan “hak” Perusahaan untuk mengeluarkan sejumlah emisi karbon dalam proses industri.

Sistem Registri Nasional Pengendalian Perubahan Iklim yang selanjutnya disingkat SRN PPI adalah sistem pengelolaan, penyediaan data, dan informasi berbasis web tentang aksi dan sumber daya untuk mitigasi perubahan iklim, adaptasi perubahan iklim, dan nilai ekonomi karbon di Indonesia. Sistem Registri Nasional akan menjadi wadah pengelolaan data dan informasi aksi dan sumber daya Adaptasi dan Mitigasi perubahan iklim di Indonesia. Hal ini memungkinkan terwujudnya standarisasi dan integrasi data maupun informasi sehingga mengurangi persoalan data yang selama ini terjadi seperti akurasi data yang rendah, redundansi, ketidakmukthiran dan inkonsistensi data.

Perdagangan karbon (bursa karbon) ada di bawah otoritas OJK, dan bursa dilakukan melalui platform <https://idxcarbon.co.id>. Bursa Karbon adalah suatu sistem yang mengatur perdagangan karbon dan/atau catatan kepemilikan Unit Karbon. Unit Karbon adalah bukti kepemilikan karbon dalam bentuk sertifikat atau persetujuan teknis yang dinyatakan dalam 1 (satu) ton karbon dioksida yang tercatat dalam SRN PPI.

Dalam permen LHKNo 21 telah diatur kriteria yang harus dipenuhi meliputi kriteria umum dan kriteria khusus dalam melakukan perdagangan karbon seperti dijelaskan dalam bagan di Gambar 14.



Gambar 14. Kriteria Perdagangan Karbon

Mekanisme nilai ekonomi karbon bisa melalui 2 cara yaitu Perdagangan dan Non perdagangan. Untuk Non perdagangan tidak ada pemindahan hak atas karbon

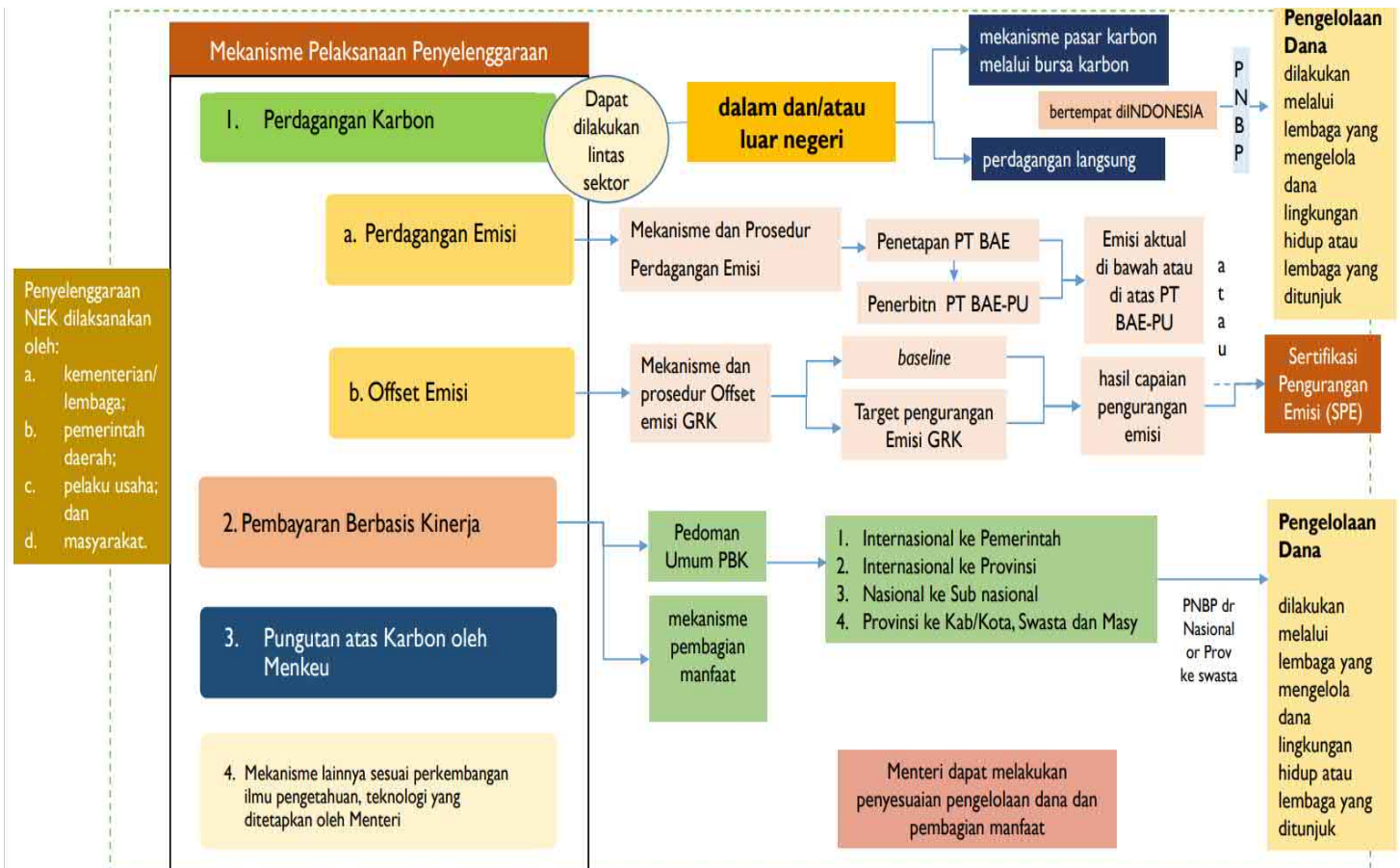
A. Perdagangan

1. Perdagangan ijin emisi (Emission trading System/ETS) : Entitas yang mengemisi lebih banyak membeli ijin emisi dari yang mengemisi lebih sedikit.
2. Offset Emisi (Crediting Mechanism) : Entitas yang melakukan aktivitas penurunan emisi dapat mengkompensasi emisi yang dibuat di tempat lain.

B. Non Perdagangan

1. Carbon Tax : dikenakan atas kandungan karbon atau aktivitas mengemisi karbon
2. Result based payment : pembayaran atas hasil penurunan emisi

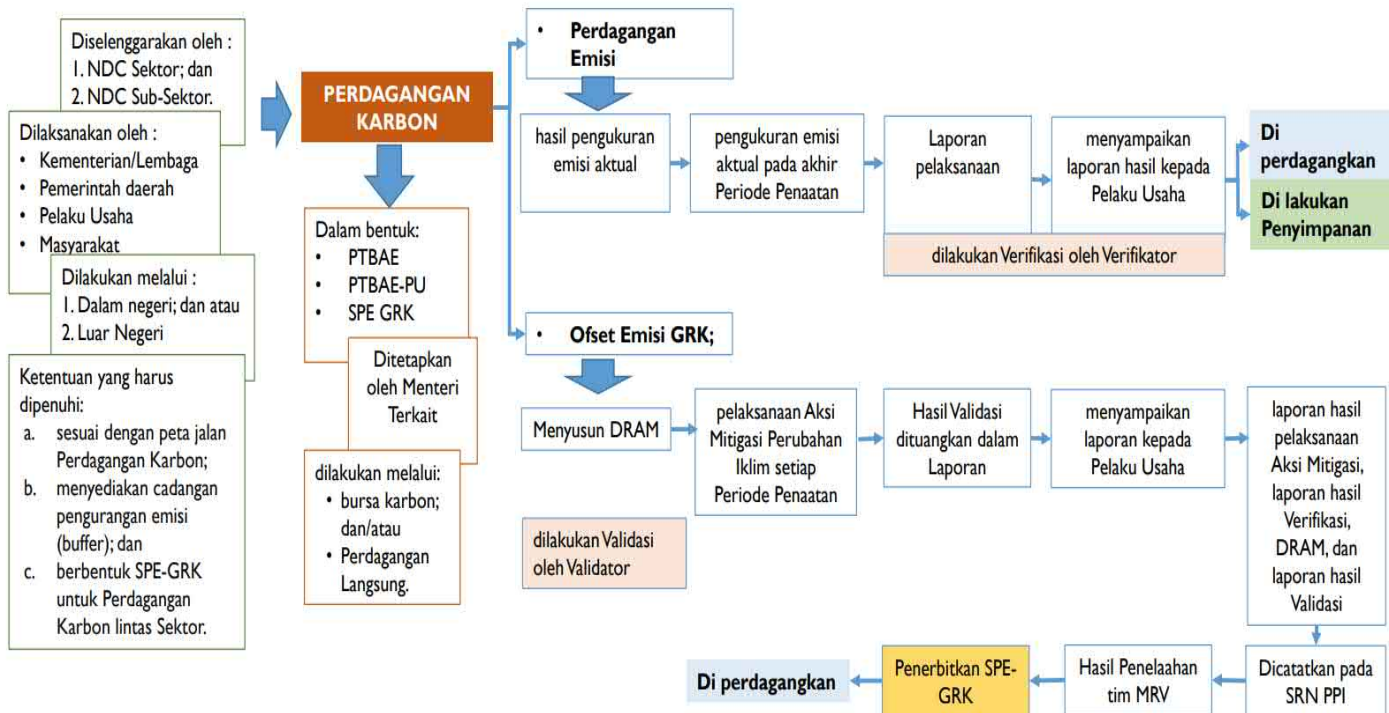
Secara umum, mekanisme pelaksanaan penyelenggaraan Karbon dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Mekanisme Pelaksanaan Penyelenggaraan NEK

4.3. MEKANISME PERDAGANGAN KARBON

Adapun unit Karbon yang diperdagangkan di Penyelenggara Bursa Karbon terdiri atas Persetujuan Teknis Batas Atas Emisi Bagi Pelaku Usaha (PTBAEPU) dan Sertifikat Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (SPE-GRK). Seperti dijelaskan dalam gambar 16.

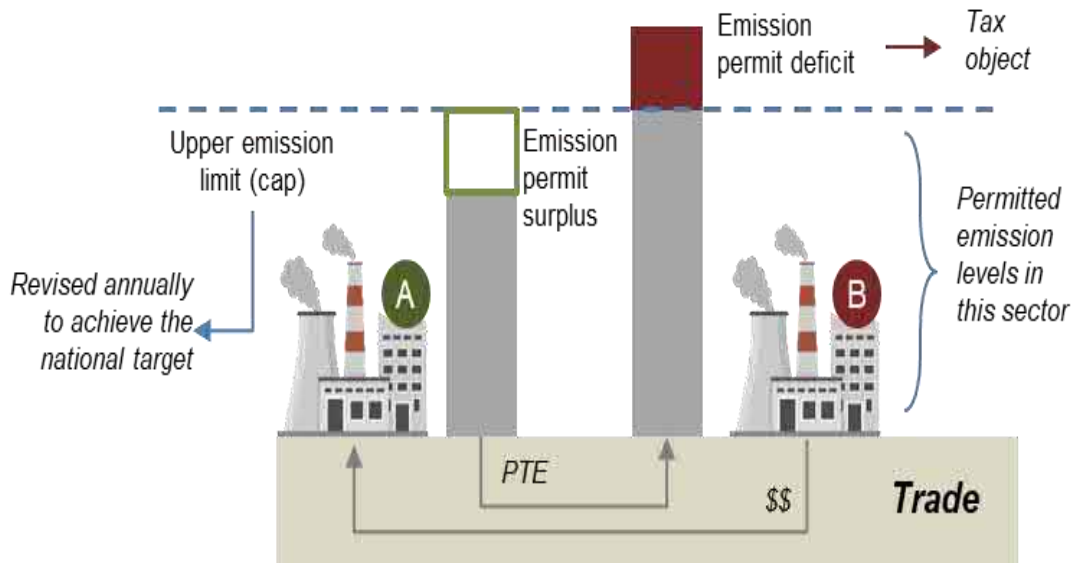


Gambar 16. Unit Perdagangan karbon

A. Persetujuan Teknis Batas Atas Emisi Bagi Pelaku Usaha (PTBAEPU)

Persetujuan Teknis Batas Atas Emisi Bagi Pelaku Usaha (PTBAEPU) Merupakan mekanisme cap-and-trade yang pada umumnya diterapkan pada pasar karbon wajib. Pelaku usaha yang telah ditetapkan Pemerintah diberi cap atau Persetujuan Teknis Batas Atas Emisi - Pelaku Usaha (PTBAE-PU) berupa alokasi kuota (allowance) pada periode tertentu. Pelaku usaha yang melewati cap yang diberikan dapat membeli unit karbon dari pelaku usaha yang memiliki kelebihan cap. PTBAE-PU juga bisa didapat melalui mekanisme lelang yang diselenggarakan oleh Kementerian terkait. Mekanisme ini disebut juga dengan *Allowance Market*.

Allowance Market merupakan mekanisme pembatasan dan perdagangan yang umumnya diterapkan pada Pasar Karbon wajib. Pelaku usaha tertentu yang ditetapkan oleh Pemerintah mendapat “cap” berupa alokasi kuota emisi untuk jangka waktu tertentu. Pelaku usaha yang melampaui batas tersebut dapat membeli unit karbon dari Pelaku usaha lain yang kuotanya berlebih atau belum terpakai



Gambar 17. Mekanisme Allowance Market

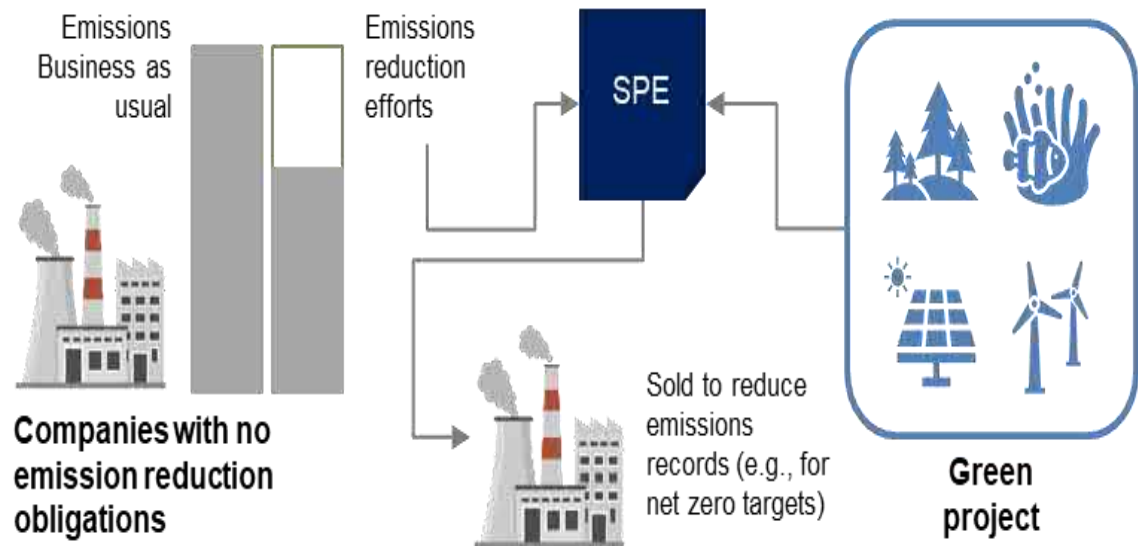
B. Sertifikat Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (SPE-GRK).

Sertifikat Pengurangan Emisi - Gas Rumah Kaca (SPE-GRK) yang biasa dikenal dengan Carbon Credit adalah surat bentuk bukti pengurangan emisi oleh usaha dan/atau kegiatan yang telah melalui Pengukuran, Pelaporan, dan Verifikasi / *Measurement, Reporting, and Verification*, serta tercatat dalam Sistem Registri Nasional Pengendalian Perubahan Iklim dalam bentuk nomor dan/atau kode registri. Perusahaan dapat membeli unit karbon untuk digunakan dalam memenuhi target penurunan emisi atau memenuhi komitmen dalam *carbon neutral* atau *net-zero emission*.

SPE-GRK dapat diperdagangkan per proyek melalui mekanisme Lelang, Marketplace, atau Negosiasi, dimana pelaku usaha dapat melakukan jual beli untuk SPE-GRK tertentu melalui Bursa Karbon. Selain per proyek, SPE-GRK juga dapat diperdagangkan sesuai dengan jenis pengelompokan di pasar reguler. Di pasar ini setiap SPE-GRK yang diperdagangkan di IDXCarbon akan dikelompokkan ke dalam suatu standar tertentu, dan Pembeli akan mengetahui detail proyek yang dibeli setelah transaksi dilakukan

Perdagangan karbon melalui Sertifikat Pengurangan Emisi - Gas Rumah Kaca (SPE-GRK) yang biasa dikenal dengan sebutan "*carbon offset*". Offset Market adalah skema

dimana Pelaku usaha memperdagangkan unit karbon yang dihasilkan dari pengurangan atau penghilangan GRK oleh pelaku usaha tertentu dan/atau tindakan mitigasi perubahan iklim lainnya. Pelaku usaha dapat membeli unit karbon untuk mencapai target pengurangan emisi dan memenuhi komitmen mereka terhadap karbon netral atau net-zero



Gambar 18. Mekanisme *Offset Market*

Upaya pencapaian target NDC melalui penyelenggaraan Mitigasi Perubahan Iklim, Adaptasi Perubahan Iklim, dan NEK dilaksanakan secara akurat, konsisten, transparan, berkelanjutan, dan dapat dipertanggungjawabkan melalui:

- MRV;
- SRN PPI; dan
- sertifikasi pengurangan Emisi GRK

Tahapan proses dalam mendapatkan sertifikat pengurangan karbon adalah sebagai berikut :

- Identifikasi Sumber Emisi
identifikasi sumber emisi karbon yang ingin dikompensasi. Ini bisa berasal dari industri, transportasi, atau kegiatan lainnya.
- Hitung Emisi:

Tentukan jumlah emisi karbon yang dihasilkan oleh sumber tersebut. Misalnya, jika Anda memiliki pabrik yang mengeluarkan 10.000 ton CO₂ setiap tahun, ini menjadi angka dasar untuk menghitung kredit karbon.

- **Pengurangan Emisi:**

Lakukan tindakan pengurangan emisi. Ini bisa berupa investasi dalam teknologi ramah lingkungan, penggunaan energi terbarukan, atau pengelolaan limbah yang lebih efisien. Setiap tindakan pengurangan emisi akan menghasilkan penghematan CO₂.

- **Konversi ke Kredit Karbon**

Setelah mengurangi emisi, konversikan penghematan CO₂ menjadi kredit karbon. Satu unit kredit karbon setara dengan penurunan emisi 1 ton CO₂. Jadi, jika Anda berhasil mengurangi 1.000 ton CO₂, Perusahaan akan mendapatkan 1.000 kredit karbon.

- **Verifikasi dan Sertifikasi**

Proses ini melibatkan lembaga verifikasi independen yang memastikan bahwa pengurangan emisi telah terjadi dan sesuai dengan standar internasional. Setelah diverifikasi, Perusahaan akan menerima sertifikat kredit karbon.

- **Pasar Karbon**

Kredit karbon dapat diperdagangkan di pasar karbon. Perusahaan dapat menjual kredit karbon kepada perusahaan atau individu yang ingin mengkompensasi emisi mereka. Harga kredit karbon bervariasi tergantung pada permintaan dan penawaran di pasar.

- **Pelaporan dan Transparansi:**

Pastikan untuk melacak dan melaporkan penggunaan kredit karbon secara transparan. Ini penting untuk memastikan integritas sistem kredit karbon.

Sertifikat Pengurangan Emisi GRK dapat digunakan oleh:

- a. Pemegang sertifikat, untuk mengikuti Perdagangan Karbon dengan otorisasi dari Menteri dan Pembayaran Berbasis Kinerja untuk memenuhi kewajiban terkait pencapaian target NDC Indonesia;
- b. Pemerintah, untuk menjadi dasar dalam perhitungan Pungutan Atas Karbon;

- c. Pemegang sertifikat, untuk menjadi dasar bagi label karbon terkait organisasi atau produk sesuai dengan standar dan skema sertifikasi instrumen label yang relevan;
- d. Pemegang sertifikat, untuk menjadi dasar bagi penyediaan informasi kepada konsumen, rantai pasok maupun laporan keberlanjutan serta instrumen informasi; dan
- e. Pemegang sertifikat, untuk menjadi dasar dalam pengajuan akses pembiayaan ramah lingkungan, atau pembiayaan keberlanjutan instrumen pembiayaan

Sertifikat Pengurangan Emisi GRK dilarang untuk digunakan pada kontrak dengan pihak lain yang memuat pengalihan hak atas nilai sertifikasi pengurangan Emisi GRK dalam perdagangan internasional tanpa otorisasi dari Menteri

4.4. MEKANISME NON PERDAGANGAN KARBON

Skema *carbon pricing* dapat menjadi insentif untuk pencapaian target NDC untuk pengendalian perubahan iklim, alternatif selain mekanisme perdagangan karbon, juga telah ditetapkan mekanisme non perdagangan, Dimana dalam mekanisme ini tidak ada pemindahan hak atas karbon. Instrumen non-perdagangan mencakup pungutan atas karbon dan pembayaran berbasis kinerja (*result-based payment/RBP*)

A. Pungutan Atas Karbon

Menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang keuangan negara Menyusun formulasi kebijakan dan strategi pelaksanaan Pungutan atas Karbon setelah berkoordinasi dengan Menteri dan Menteri Terkait sesuai dengan tujuan pencapaian target NDC dan pengendalian emisi untuk pembangunan nasional

Pungutan atas karbon ini dilakukan dalam bentuk pungutan di bidang perpajakan baik pusat dan daerah, kepabeanan dan cukai, serta pungutan negara lainnya, saat ini diusulkan penetapan harga pajak karbon Indonesia sebesar Rp30 per kilogram (kg) karbon dioksida ekuivalen (CO₂e) atau satuan yang setara, namun beberapa pihak merasa bahwa ini masih terlalu rendah

Dasar Pungutan atas karbon mengacu pada

- a. Kandungan karbon;
- b. Potensi emisi karbon;
- c. Jumlah emisi karbon; dan/atau
- d. Kinerja aksi mitigasi perubahan iklim

B. Pembayaran Berbasis Kinerja

Pembayaran berbasis kinerja dilakukan terhadap kinerja/manfaat pengurangan Emisi GRK yang dihasilkan oleh kementerian/lembaga, pemerintah daerah, Pelaku Usaha dan Masyarakat. Hasil dari pembayaran ini dipergunakan untuk

1. Kegiatan pengurangan Emisi GRK sesuai Sektor dan/atau Sub Sektor
2. Kegiatan pendukung:
 - a. Peningkatan kapasitas institusi
 - b. Peningkatan Sumber Daya Manusia
 - c. Penguatan Kebijakan
 - d. Penelitian dan pengembangan
 - e. Penciptaan kondisi pemungkin (enabling condition)

Ketentuan dalam pembayaran berbasis kinerja mengacu pada

- a. Berdasarkan capaian kinerja pengurangan Emisi GRK yang telah terverifikasi dan telah dilakukan telaahan tim MRV
- b. Penyaluran pendanaan dilakukan oleh BPD LH kepada penerima manfaat
- c. Capaian kinerja pengurangan Emisi GRK tercatat di dalam SRN PPI untuk mengakses penyaluran pendanaan

4.5. METODE PERHITUNGAN GAS RUMAH KACA DI BUDIDAYA PADI

Merujuk kepada Permen LHK No 21/2022 Pasal 60 (2) huruf f, dalam perhitungan gas rumah kaca harus menggunakan metodologi yang telah ditetapkan. Kriteria Metodologi sebagai berikut :

1. Ditetapkan oleh Direktur Jenderal;
2. Ditetapkan Badan Standarisasi Nasional; dan/atau
3. Disetujui oleh United Nations Framework Convention on Climate Change

Untuk perhitungan penurunan Emisi CH₄ dari Lahan Sawah telah ditetapkan dengan nomor MSAP-002 yang focus pada pengelolaan air. Kriteria kelayakan penerapan metodologi sebagai berikut :

1. Teknologi Pengelolaan Budidaya Lahan memberikan potensi penurunan emisi yang signifikan bila diterapkan secara nasional.
2. Teknologi SLPTT yang menggunakan rezim air lebih sedikit memberikan biaya produksi yang lebih efisien.
3. Penggunaan varietas padi rendah emisi memberikan padi yang berkualitas lebih baik

Capaian pengurangan Emisi GRK diukur dengan membandingkan hasil pengukuran pengurangan Emisi GRK dan/atau peningkatan serapan GRK dengan Baseline Emisi GRK. Pengukuran oleh menteri terkait, gubernur, bupati/walikota, dan Pelaku Usaha paling sedikit 1 (satu) kali dalam 1 (satu) tahun.

Besaran capaian Aksi Mitigasi Perubahan Iklim diperoleh dari pengurangan antara Baseline Emisi GRK dengan besaran Emisi GRK atau serapan actual. Pengukuran capaian Aksi Adaptasi Perubahan Iklim nasional dilakukan oleh pelaksana Aksi Adaptasi Perubahan Iklim dengan membandingkan antara indikator atau target indikator dalam perencanaan dengan hasil pelaksanaan. Pengukuran capaian Aksi Adaptasi Perubahan Iklim nasional dilakukan secara periodik paling sedikit 1 (satu) kali dalam 1 (satu) tahun.

Pengukuran NEK dilakukan oleh pelaksana NEK untuk memperoleh:

- Persetujuan teknis Batas Atas Emisi GRK;
- Besaran Emisi GRK atau serapan aktual; dan
- Besaran pengurangan Emisi GRK atau peningkatan Serapan GRK
- Cara menghitung Emisi

Sumber Emisi : Emisi dari pengelolaan lahan pertanian baik dari rezim penggenangan maupun menggunakan varietas yang memberikan emisi lebih besar

Jenis Emisi : CH₄

Base line : Baseline faktor emisi CH₄ harian dengan asumsi tidak digenangi selama 180 hari sebelum tanam, dan penggenangan padi selama musim tanam padi tanpa penambahan bahan organik

Rumus Perhitungan Gas Rumah kaca

$$CH_4\text{padi} = \sum_{i,j,k} (FE_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times AI_{i,j,k} \times 10^{-6}) \text{ (Persamaan 5.1 IPCC2019)}$$

$$FE_i = F_{ec} \times S_{Fw} \times S_{Fp} \times S_{Fo} \times S_{Fs} \times S_{Fr} \text{ (Persamaan 5.2 IPCC 2019)}$$

Keterangan

- S_{Fw} (Faktor skala berbagai tipe pengairan). Faktor skala pengairan irigasi dengan penggenangan terus menerus sebesar 1.
- S_{Fp} (Faktor skala rejim air sebelum tanam) IPCC 2019 membagi faktor skala rejim air sebelum tanam berdasarkan jumlah hari dimana lahan sawah tidak tergenang air
- S_{Fo} = (1 + ROA_i × CFOA_i)^{0,59} Faktor skala untuk penambahan bahan. Semua bahan organik baik dari kotoran hewan maupun kompos yang ditambahkan ke sawah perlu dihitung emisinya menggunakan IPCC Guide Line
- S_{Fs} (Faktor skala untuk jenis tanah) adalah 1. S_{Fr} (Faktor skala untuk varietas) digunakan berdasarkan jenis varietas yang ditanam. Untuk varietas IR64 sebagai default adalah sebesar 1 dengan asumsi bahwa varietas ini merupakan varietas yang sudah ditanam sejak lama dan disukai oleh petani dan konsumen.

Cara Perhitungan Penurunan GRK

Langkah 1. Menghitung emisi metan sebelum aksi mitigasi dengan rumus:

$$CH_4\text{padi} = \sum_{i,j,k} (FEI_{i,j,k} \times AI_{i,j,k} \times 10^{-6}) \text{ (Persamaan 5.1 IPCC2019)}$$

Langkah 2. Emisi setelah adanya aksi mitigasi dari lahan sawah (a+b)

- b. Luasan tidak mengaplikasikan pengairan berselang dengan penggunaan varietas IR 64.
- c. Luasan mengaplikasikan pengairan berselang dengan penggunaan varietas ciherang
- d. maka umus penurunan emisi adalah

$$PE = \text{Langkah 1} - \text{Langkah 2 (a+b)}$$

Dikonversi satuannya dari CH₄ ke CO₂ dan dari Gg ke ton

Pelaporan pelaksanaan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim dan NEK memuat data umum dan data teknis pelaporan pelaksanaan.

1. Data umum yang termuat dalam laporan pelaksanaan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim dan NEK meliputi:
 - a. Pelaksana dan penanggung jawab pelaksana aksi;
 - b. Judul dan jenis kegiatan;
 - c. Mekanisme aksi mitigasi perubahan iklim serta nek yang dipilih; dan
 - d. Sumber daya perubahan iklim meliputi transfer teknologi, peningkatan kapasitas, dan pembiayaan.
2. Data teknis yang termuat dalam laporan pelaksanaan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim dan NEK
 - a. Penghitungan besaran Baseline Emisi GRK;
 - b. Pemilihan periode referensi dalam rangka penetapan Baseline Emisi GRK; asumsi yang digunakan dalam menyusun Baseline Emisi GRK;
 - c. Penghitungan besaran Batas Atas Emisi GRK terkait NEK;
 - d. Metodologi penghitungan capaian Aksi Mitigasi Perubahan Iklim;
 - e. Hasil pemantauan terhadap data aktivitas, termasuk ukuran, lokasi, dan periode pelaksanaan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim;

- f. Aksi Mitigasi Perubahan Iklim yang dilakukan, termasuk ukuran, lokasi dan periode Aksi Mitigasi Perubahan Iklim;
- g. Besaran capaian target pengurangan dan/atau penyerapan Emisi GRK; dan/atau
- h. Uraian sistem manajerial, mencakup nama penanggung jawab aksi serta sistem yang dibangun untuk memantau dan mengumpulkan data aktivitas terkait dengan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim dan NEK yang dilakukan

Data aktivitas untuk perhitungan emisi GRK sektor pertanian sebagai berikut :

Kegiatan	Data
Pembakaran biomas pada aktivitas Pertanian (biomass burning cropland)	• Produksi padi • Fraksi tanaman yang dibakar • Fraksi biomas • Factor emisi
Pemupukan urea	• Konsumsi urea • Luas area tanam • Dosis urea • Factor emisi urea
Emisi langsung dan tidak langsung dari tanah	• Luas area tanam • Komposisi pupuk N (Urea, NPK, AS) • Dosis pupuk kandang • Dosis pupuk N an-organik • Kandungan N pada pupuk kandang dan pupuk anorganik • Faktor emisi sawah irigasi Faktor emisi lahan kering
Lahan Sawah	• Luas sawah menurut pengairan • Luas areal panen • Persen luas lahan sawah berdasarkan jenis tanah • Faktor koreksi jenis tanah

Kegiatan	Data
	• Faktor skala rejim air • Faktor emisi padi

Dalam upaya mencapai target NDC, setiap Pelaku Usaha wajib mencatatkan dan melaporkan pelaksanaan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim, Aksi Adaptasi Perubahan Iklim, penyelenggaraan NEK, dan sumber daya perubahan iklim pada SRN PPI

Hasil pencatatan dan pelaporan berfungsi sebagai:

- a. Dasar pengakuan Pemerintah atas kontribusi penerapan NEK dalam pencapaian target NDC
- b. Data dan informasi aksi dan sumber daya mitigasi penerapan NEK
- c. Upaya menghindari penghitungan ganda Aksi Mitigasi Perubahan Iklim; dan
- d. Bahan penelusuran pengalihan

Pelaku Usaha yang tidak melaksanakan kewajiban pencatatan dan pelaporan pelaksanaan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim, Aksi Adaptasi Perubahan Iklim, penyelenggaraan NEK, dan sumber daya perubahan iklim pada SRN PPI dikenakan sanksi administrasi.

4.6. METODE PERHITUNGAN GRK DI PENGGILINGAN PADI

Perhitungan GRK diawali dengan membuat inventarisasi dasar emisi gas rumah kaca dari penggilingan padi. Proses kuantifikasi mengikuti panduan yang dirinci oleh Protokol Gas Rumah Kaca, Standar Akuntansi dan Pelaporan Perusahaan Protokol GRK, dan secara lebih spesifik Protokol GRK untuk Akuntansi Proyek.

Adapun emisi di penggilingan padi dibagi menjadi tiga jenis:

- a. Cakupan 1: Emisi GRK langsung dari sumber yang dimiliki atau dikendalikan oleh pabrik seperti pembakaran untuk peralatan proses.
- b. Cakupan 2: Emisi GRK tidak langsung dari energi yang dibeli, seperti listrik.

- c. Cakupan 3: Emisi GRK tidak langsung baik di hulu maupun di hilir sebagai konsekuensi dari kegiatan pabrik.

Batasan sistem dalam perhitungan GRK ditetapkan melalui parameter kontrol keuangan dan operasional. Oleh karena itu, semua kegiatan penggilingan padi yang membayar bahan bakar atau membeli sendiri, dan semua emisi lain yang termasuk dalam kontrol operasional mereka. Studi ini mengikuti pendekatan cradle-to-gate, yang mencakup semua emisi dari sumber beras hingga gerbang keluar penggilingan. Hal ini untuk mengecualikan kegiatan yang dilakukan setelah kegiatan di penggilingan, seperti pengangkutan ke pelanggan atau pengemasan atau pemrosesan yang tidak dilakukan di penggilingan.

Khusus untuk sektor beras, sumber-sumber GRK tersebut dapat dikategorikan ke Kategori Emisi Sesuai Tahapan Proses Penggilingan Padi dalam lingkup 1, 2, dan 3

SCOPE	KATEGORI EMISI	TAHAPAN
Scope I	Combustion of fuels for process (owned vehicles, motors, wood pellets)	Milling – Threshing, Drying, Husker, Blower, Separator, Polisher, Transport of Co-products
Scope II	Purchased electricity (pumps, motors, lighting)	Milling – Threshing, Weighing, Drying, Packaging
Scope III	Employee commuting	Milling
	Emissions from by-products (if destroyed)	Milling - Separator
	Purchased goods and services (plastic packaging)	Milling – Packaging

Untuk memastikan kualitas dari data yang dikumpulkan, mengacu pada lima prinsip utama Protokol GRK untuk Penghitungan Proyek.

1. Relevansi: memastikan data yang dikumpulkan, faktor emisi yang digunakan, dan metode yang digunakan relevan dengan ruang lingkup proyek, hasil yang diharapkan, dan ruang lingkup studi.
2. Kelengkapan: semua data baseline dan endline dikumpulkan berdasarkan ruang lingkup studi dan batas-batas sistem seperti yang telah dijelaskan.
3. Konsisten: metode, estimasi, asumsi, dan data konsisten sehingga memungkinkan hasil yang dapat digeneralisasi dan dibandingkan.
4. Transparan: memastikan bahwa data, analisis, dan perhitungan didokumentasikan dengan jelas untuk ditinjau.
5. Akurasi: mengupayakan data dan estimasi seakurat mungkin dan mendukung petani dan pabrik kelapa sawit dengan pengetahuan dan panduan untuk berbagi data yang akurat
6. Konservatif: ketika estimasi atau ketidakpastian muncul, gunakan nilai konservatif untuk memperkirakan secara berlebihan dan bukannya meremehkan jejak karbon

BAB V. ANALIS KELAYAKAN PENERAPAN MEKANISME CARBON CREDIT DI SEKTOR PADI

5.1. KAJIAN PENERAPAN MEKANISME PERDAGANGAN KARBON

Kredit karbon adalah salah satu bentuk mata uang iklim, yang berarti kredit ini bergantung pada penawaran dan permintaan serta dapat dibeli dan dijual melalui pasar pembatasan dan perdagangan. Pasar ini membatasi jumlah total CO₂ yang dapat dikeluarkan. Pasar pembatasan dan perdagangan terbentuk setelah Protokol Kyoto, sebuah perjanjian internasional, menetapkan jumlah maksimum emisi GRK yang dapat dilepaskan ke atmosfer, baik secara global maupun nasional.

Projek ini melakukan upaya untuk memitigasi pengurangan gas rumah kaca di Padi dan produk beras, Dimana penurunan gas rumah kaca ini bisa menjadi salah satu potensi pendapatan atau manfaat ekonomi yang dapat diperjualbelikan melalui bursa karbon

Penyelenggara Bursa Karbon menyampaikan permohonan pendaftaran pencatatan unit karbon kepada Otoritas Jasa Keuangan melalui satuan kerja yang membawahi perizinan Bursa Karbon dengan melampirkan dokumen paling sedikit sebagai berikut:

- a. Identitas dari pemohon;
- b. Dokumen terkait proyek yang menjadi dasar dari unit karbon yang akan dimohonkan;
- c. Bukti pendaftaran, validasi dan verifikasi oleh lembaga yang memperoleh akreditasi dari penyelenggara sistem registrasi internasional, sehingga dapat disimpulkan bahwa unit karbon yang akan dicatatkan memenuhi syarat untuk diperdagangkan pada bursa karbon luar negeri;
- d. Rencana perdagangan unit karbon;
- e. Hasil review penyelenggara bursa karbon atas dokumen persyaratan; dan
- f. Dokumen lain yang dianggap perlu oleh otoritas jasa keuangan

Namun hal ini belum dapat dilakukan karena berdasarkan aturan Penyelenggaraan Perdagangan Karbon menggunakan Batas Atas Emisi GRK dipilih apabila berdasarkan evaluasi diketahui bahwa terdapat usaha dan/atau kegiatan:

- a. Aksi Mitigasi yang dilakukan dengan emisi berada di atas Batas Atas Emisi GRK yang ditetapkan; atau
- b. Aksi Mitigasi yang dilakukan dengan emisi berada dibawah Batas Atas Emisi GRK yang ditetapkan.

Saat ini Kementrian Pertanian belum menetapkan Batasan emisi karbon untuk sektor Pertanian, sehingga mekanisme perdagangan karbon melalui Allowance market belum bisa dilakukan. namun demikian, ada alternatif mekanisme lain yakni perdagangan karbon dapat dilakukan melalui mekanisme offset Emisi yaitu melalui pernyataan pengurangan emisi dengan menggunakan hasil Aksi Mitigasi dari usaha dan/atau kegiatan lain. Mekanisme Offset Emisi diterapkan dalam hal suatu usaha dan/atau kegiatan:

- a. Tidak ditentukan Batas Atas Emisi;
- b. Hasil capaian pengurangan Emisi GRK dari Aksi Mitigasi Perubahan Iklim yang dilakukan berada di bawah target dan Baseline yang ditetapkan; atau
- c. Hasil capaian pengurangan Emisi GRK dari Aksi Mitigasi Perubahan Iklim yang dilakukan berada di atas target dan di bawah Baseline yang ditetapkan

Setelah dilakukan perhitungan gas rumah kaca maka dapat diketahui nilai penurunan gas rumah kacanya, harapannya surplus emisi ini atau capaian pengurangan emisi berada di bawah target dan Baseline emisi dapat menjual kepada pihak lain. Namun Pelaksanaan pembelian Emisi GRK dalam Offset Emisi GRK hanya dapat dilakukan setelah perusahaan melakukan kewajibannya dalam pengurangan Emisi GRK melalui Aksi Mitigasi Perubahan Iklim.

Perdagangan karbon dilakukan dengan memperjual belikan nilai yang tertulis dalam Sertifikat Pengurangan Emisi melalui Skema Sertifikasi Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca Indonesia (SPEI)

Sertifikasi Pengurangan Emisi GRK dimaksudkan sebagai alat untuk:

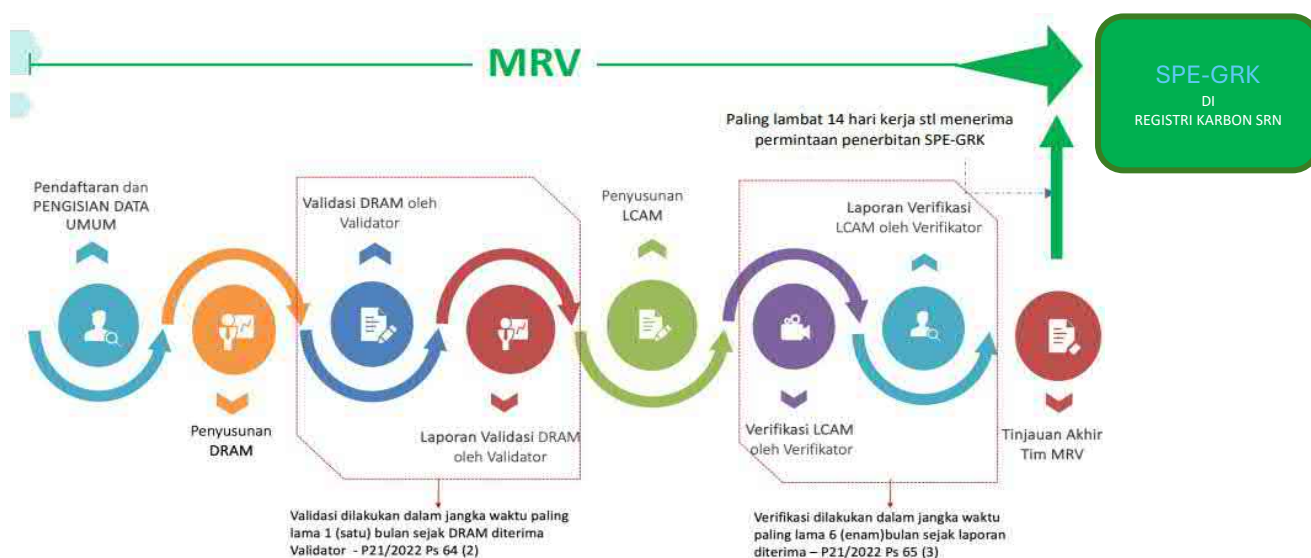
- a. Bukti kinerja pengurangan Emisi GRK;
- b. Perdagangan Karbon;
- c. Pembayaran atas hasil Aksi Mitigasi Perubahan Iklim;
- d. Kompensasi Emisi GRK; dan

- e. Bukti kinerja usaha dan/atau kegiatan yang berwawasan lingkungan untuk mendapatkan pembiayaan dari skema bond dan sukuk.

Sertifikat Pengurangan Emisi GRK diberikan kepada usaha dan/atau kegiatan melalui tahapan:

- a. Pendaftaran di SRN PPI;
- b. Verifikasi oleh verifikator independen; dan
- c. Hasil verifikasi dilaporkan kepada Menteri dan menjadi dasar pertimbangan penerbitan sertifikat.

Tahapan Proses Skema SPEI dijelaskan dalam Gambar 19



Gambar 19. Proses Sertifikasi SPEI

5.2. KAJIAN PENERAPAN MEKANISME PEMBAYARAN BERBASIS KINERJA

Pembayaran Berbasis Kinerja dilakukan terhadap kinerja/manfaat pengurangan Emisi GRK yang dihasilkan oleh kementerian/lembaga, pemerintah daerah, Pelaku Usaha dalam hal ini adalah penggilingan padi kecil. Mekanisme Pembayaran Berbasis Kinerja dilakukan berdasarkan hasil verifikasi atas capaian pengurangan Emisi GRK dan/atau konservasi/peningkatan cadangan karbon yang dilakukan oleh usaha dan/atau kegiatan

Pembayaran berbasis kinerja untuk Upaya penurunan gas rumah kaca di Jawa Tengah dan Jawa Timur dapat dilakukan dalam

- a. Level nasional, dengan mekanisme pihak Pemerintah dapat memberikan kepada pemerintah daerah provinsi, kabupaten kota, Pelaku Usaha, dan/atau masyarakat; dan
- b. Level provinsi, dengan mekanisme pemerintah daerah provinsi dapat memberikan kepada pemerintah daerah kabupaten/kota, Pelaku Usaha, dan/atau masyarakat.

Pelaksanaan Pembayaran Berbasis Kinerja, hasil mitigasi menjadi bagian dari capaian target NDC, sehingga Upaya Tindakan mitigasi yang dilakukan dalam proyek LCRP harus menjadi bagian dalam program pemerintah, Adapun system pembayarannya harus ditetapkan oleh Kementerian melalui pedoman Pembayaran Berbasis Kinerja yang mencakup

- a. Pelaksanaan Pembayaran Berbasis Kinerja;
- b. Tata cara penerimaan Pembayaran Berbasis Kinerja kepada Pemerintah, pemerintah daerah, Pelaku Usaha, dan masyarakat; dan
- c. Pemantauan, evaluasi, dan pembinaan

Pelaksanaan mekanisme pembagian manfaat Pembayaran Berbasis Kinerja didasarkan pada peran dan kontribusi masing-masing pihak pada capaian kinerja Aksi Mitigasi Perubahan Iklim dan/atau Aksi Adaptasi Perubahan Iklim. Namun mekanisme ini juga belum dapat diterapkan karena Ketentuan mengenai pelaksanaan pembagian manfaat Pembayaran Berbasis Kinerja belum diatur dalam Peraturan Menteri pertanian

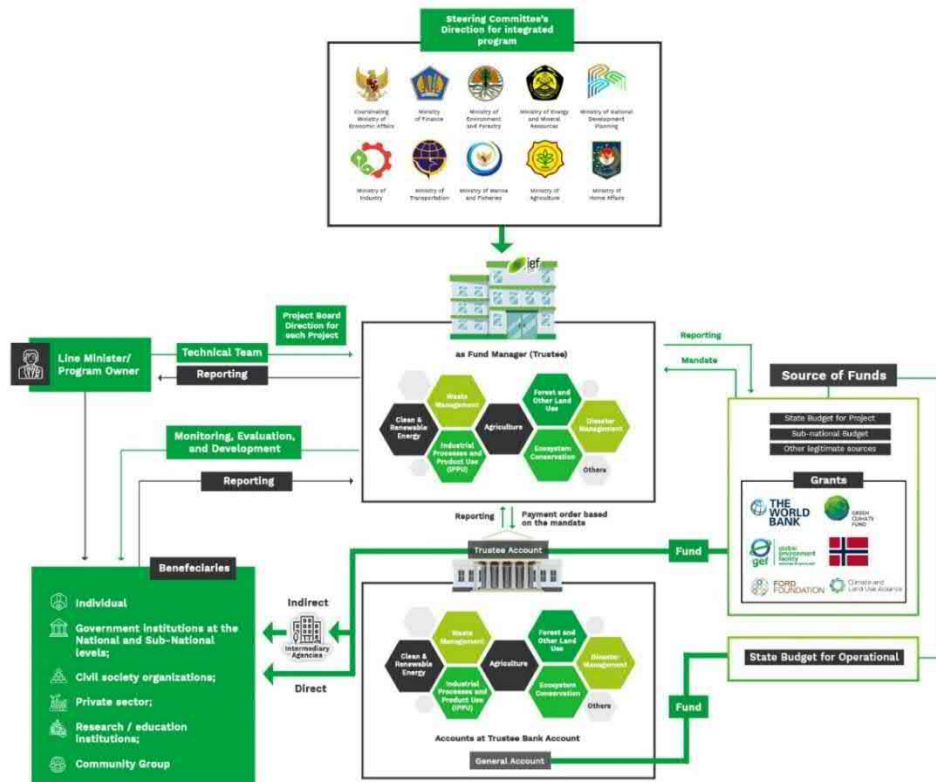
5.3. KAJIAN PENERAPAN MEKANISME PAJAK KARBON

Penyelenggaraan NEK melalui pelaksanaan Pungutan Atas Karbon (pajak karbon) dilakukan dalam bentuk pungutan di bidang perpajakan baik pusat dan daerah, kepabeanan dan cukai, serta pungutan negara lainnya, berdasarkan kandungan karbon dan/atau potensi emisi karbon dan/atau jumlah emisi karbon dan/atau kinerja Aksi Mitigasi Perubahan Iklim

Kewenangan dalam pengaturan pajak karbon dilakukan oleh Menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang keuangan negara menyusun formulasi kebijakan dan strategi pelaksanaan Pungutan Atas Karbon setelah berkoordinasi dengan Menteri dan menteri terkait sesuai dengan tujuan pencapaian target NDC dan pengendalian emisi untuk pembangunan nasional

Pelaksanaan pengelolaan dana dan pembagian manfaat dari pelaksanaan Perdagangan Karbon, Pembayaran Berbasis Kinerja, dan Pungutan Atas Karbon dapat dilakukan melalui lembaga yang mengelola dana lingkungan hidup atau lembaga yang ditunjuk, dan saat ini pengelolaan dana dilakukan oleh BPD LH

Badan Pengelola Dana Lingkungan Hidup (BPD LH) didirikan pada bulan September 2019 dan diluncurkan pada bulan Oktober 2019. BPD LH didirikan sebagai badan penampung dan penyalur beberapa sumber pendanaan lingkungan hidup agar dapat digunakan melalui berbagai instrumen di berbagai sektor, termasuk: kehutanan, energi dan sumber daya mineral, perdagangan karbon, jasa lingkungan, industri, transportasi, pertanian, kelautan, dan perikanan. BPD LH sebagai badan resmi pemerintah Indonesia dengan mekanisme pendanaan lingkungan hidup untuk mengalirkan dan mendistribusikan dana lingkungan dan iklim sebagai upaya mendukung visi Indonesia dalam mempertahankan fungsi lingkungan serta mencegah pencemaran dan degradasi lingkungan. Hal ini termasuk upaya untuk mencapai komitmen Indonesia dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan memenuhi Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB). Berikut adalah mekanisme dalam pendanaan melalui BPD LH



Gambar 20. Mekanisme Pendanaan BPDH

5.4. PENDANAAN AKSI MITIGASI

1. APBN – Fasilitas Dana Bergulir

Jenis usaha yang dapat dibiayai FDB terdiri dari:

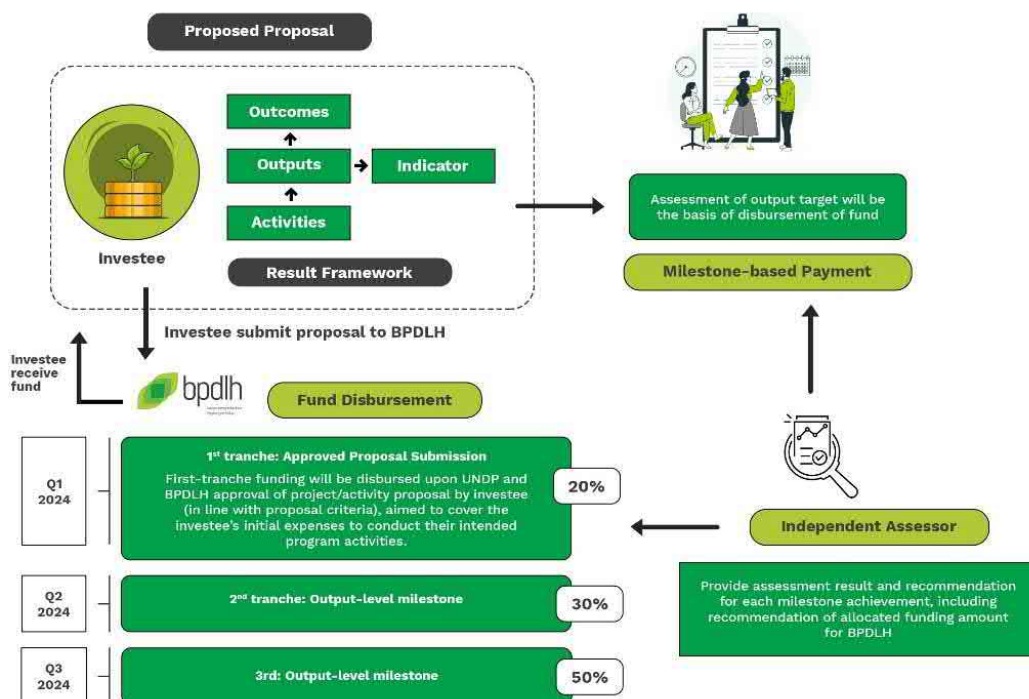
- Usaha kehutanan *on-farm* atau *off-farm*, termasuk usaha hutan tanaman industri, usaha hutan tanaman rakyat, usaha hutan rakyat, usaha hutan desa, usaha hutan kemasyarakatan, usaha pemanfaatan hasil hutan bukan kayu, usaha pemanfaatan hutan alam dengan teknik pengayaan silvikultur intensif, dan usaha restorasi ekosistem.
- Investasi lingkungan, termasuk peralatan pemanfaatan dan/atau pengolahan limbah, perbaikan proses produksi dan/atau penggantian peralatan produksi yang ramah lingkungan, penggantian bahan baku dan bahan pembantu ramah lingkungan, dan pembangkit energi baru terbarukan.

2. Indonesia Impact Fund

Dengan dukungan dari UNDP melalui Joint SDG Fund, Indonesia Impact Fund (IIF) adalah pemberi dana swasta berbasis dampak pertama di Indonesia. Tujuan utama IIF adalah mendukung pertumbuhan usaha yang berdampak positif di Indonesia dan mempercepat kemajuan menuju pencapaian target SDGs.

IIF berinvestasi pada start-up yang baru berkembang dan sedang bertumbuh dengan model bisnis yang sesuai dengan tujuan pencapaian SDGs, termasuk mengatasi kesenjangan sumber daya atau kapasitas dan menerapkan solusi dampak skala besar yang sejalan dengan target SDGs program ini. Start-up penerima dana investasi ini akan disebut dengan “investee”.

Program ini memberikan insentif kepada perusahaan rintisan (start-up) penerima dana investasi dari Indonesia Impact Fund (IIF) dengan tujuan untuk mempercepat usaha sektor swasta dalam memberikan dampak melalui kegiatan bisnisnya dengan pencapaian yang terukur terhadap target nasional Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) Pemerintah Indonesia.



Gambar 21. Pendanaan Indonesia Impact Fund (IIF)

5.5. PERDAGANGAN KARBON LUAR NEGERI MELALUI KERJASAMA

Di dalam perdagangan karbon memindahkan hak kepemilikan karbon. Sehingga unit karbon yang dijual hanya dapat diperhitungkan sebagai capaian penurunan emisi GRK oleh pembeli. Pemerintah Indonesia menegaskan bahwa perdagangan karbon ke luar negeri tidaklah bersifat tertutup. Akan tetapi, perlu mendapat otorisasi dari negara hal ini mengacu pada peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang dikeluarkan pada 5 Mei 2023 menyebutkan, perdagangan karbon ke luar negeri harus mendapat otorisasi. Perdagangan karbon ke luar negeri dengan otorisasi didasarkan atas adanya konvensi internasional seperti Paris Agreement 2015 dan konstitusi negara yang mengamanatkan aturan mengenai sumber daya alam yang dipergunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyat.

Aturan perdagangan karbon luar negeri ditujukan untuk mendorong sebanyak banyaknya investasi hijau yang masuk ke Indonesia dan sekaligus menjaga kepentingan nasional. Untuk itu, ada persyaratan yang harus dipenuhi antara lain

1. Sesuai Peta jalan perdagangan karbon
2. Menyediakan cadangan (buffer) sebagai manajemen resiko
3. SPE-GRK (perdagangan LN/DN dan lintas sektor)
4. Tercapai target pengurangan emisi pada Sub Sektor atau Sub Sub Sektor NDC
5. Mendapat Otorisasi dari Menteri

Kerjasama perdagangan karbon luar negeri bisa dilakukan antar pemerintah (G to G) dan dilaksanakan oleh pemerintah atau Perusahaan (bisnis), dan juga bisa melalui kerjasama Bisnis (B to B), dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Untuk Pencapaian NDC
2. ITMO
3. Transisi CDM atau Investasi Baru
4. Persetujuan Kerjasama
5. Otorisasi untuk Transfer LN
6. Dicatat SRN PPI dan International Registry
7. Dikomunikasikan melalui DNA Indonesia
8. Dalam Ton CO₂ e
9. Telah mengkomunikasikan NDC
10. Berikan Laporan IGRK terkini
11. Membayar pembiayaan dan pungutan Internasional dan Nasional

5.6. KESIMPULAN HASIL ANALISA

MEKANISME CARBON CREDIT	HASIL ANALISA	KESIMPULAN
PT BAE-PU (Persetujuan Teknis Batas Atas Emisi - Pelaku Usaha)	Belum adanya penetapan Batas Atas Emisi GRK yang ditetapkan untuk sektor pertanian	Belum Bisa Diterapkan
Sertifikat Pengurangan Emisi - Gas Rumah Kaca (SPE-GRK)	Tahapannya cukup panjang , dan diawal perlu disusun terlebih dahulu Dokumen Rancangan Aksi Mitigasi Perubahan Iklim (DRAM Tahapan sertifikasi SPEI cukup Panjang 1. Validasi DRAM oleh Validator 2. Mencatatkan DRAM dan laporan hasil validasi pada SRN PPI 3. Pelaku Usaha menyusun laporan hasil pelaksanaan Aksi Mitigasi. 4. Laporan hasil pelaksanaan dilakukan Verifikasi oleh Verifikator. 5. Mencatatkan laporan hasil pelaksanaan dan laporan hasil Verifikasi pada SRN PPI 6. Penelaahan akhir oleh Tim MRV 7. Berdasarkan hasil telaahan tim MRV, Direktorat Jenderal menerbitkan SPE-GRK	Belum Bisa Diterapkan
Pembayaran Berbasis Kinerja	Program LCRP harus menjadi bagian dalam program NDV Kabupaten atau provinsi	Belum Bisa Diterapkan

STUDI KELAYAKAN

Carbon Credit Beras Berkelanjutan



MEKANISME CARBON CREDIT	HASIL ANALISA	KESIMPULAN
	mekanisme ini juga belum dapat diterapkan karena Ketentuan mengenai pelaksanaan pembagian manfaat Pembayaran Berbasis Kinerja belum diatur dalam Peraturan Menteri pertanian	
Pajak Karbon	Diterapkan bagi industry yang melewati batas atas Emisi gas rumah kaca, dan mekanisme pembayaran dalam bentuk pungutan di bidang perpajakan baik pusat dan daerah, kepabeanan dan cukai, serta pungutan negara lainnya mekanisme pajak karbon belum diatur secara detail	Tidak Bisa diterapkan

BAB VI. USULAN MEKANISME PEMANFAATAN NILAI EKONOMI KARBON DI SEKTOR PADI

6.1. SISTEM LABEL RAMAH LINGKUNGAN

Dalam penyelenggaraan NEK diterapkan sistem label aksi pengendalian perubahan iklim yang merupakan bagian sistem label ramah lingkungan. Sistem label aksi pengendalian perubahan iklim memberikan informasi yang terverifikasi tentang kinerja aksi perubahan iklim pada suatu produk, kegiatan, atau lembaga. Penerapan label aksi pengendalian perubahan iklim bertujuan untuk:

- Memenuhi permintaan pasar;
- Meningkatkan permintaan pasar; dan
- Memperkuat citra ramah lingkungan kepada publik.

Label aksi pengendalian perubahan iklim dapat digunakan untuk pengadaan barang dan/atau jasa ramah lingkungan, salah satunya melalui swdeklarasi ekolabel



Gambar 22. Logo Ekolabel Swadeklarasi Indonesia

Ekolabel adalah logo atau label pernyataan yang menunjukkan aspek lingkungan dan merupakan salah satu perangkat dalam rangka pengelolaan lingkungan hidup. Label ini memberikan keterangan kepada konsumen bahwa produk tersebut dalam daur hidupnya menimbulkan dampak negatif kepada lingkungan yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan produk lain sejenis yang tidak menerapkan tanda ini. Tata cara

penerapan label telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 5 tahun 2019 , dengan mekanisme pengajuan sebagai berikut



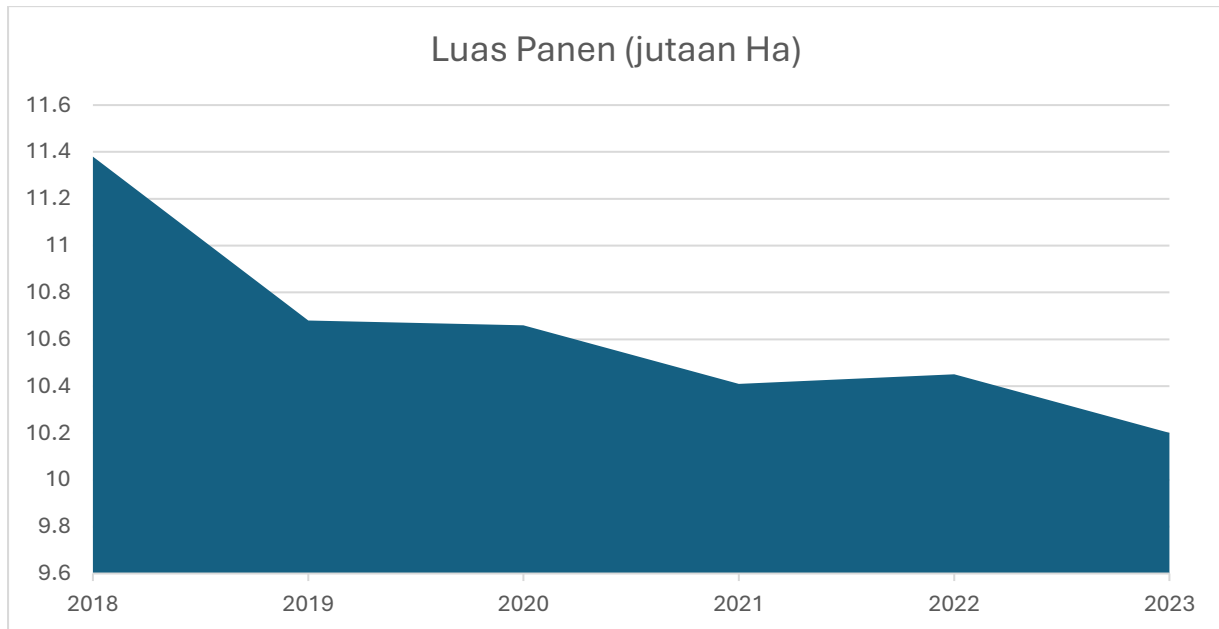
Gambar 23 . Mekanisme Pendaftaran

6.2. IMBAL JASA LINGKUNGAN (PAYMENT FOR ENVIRONMENTAL SERVICES- PES)

Dalam rangka meningkatkan pengelolaan lingkungan berkelanjutan dapat dilakukan melalui imbal jasa lingkungan (PES) untuk mendorong tindakan pengelolaan yang berwawasan lingkungan dengan memberikan pilihan pendapatan lain di luar pemberian jasa lingkungan tersebut dan juga turut mencegah kerugian ekonomi yang terkait dengan perubahan lingkungan, mendukung pelestarian lingkungan, dan mendorong pendapatan pengguna lahan, yang saling menguntungkan. Konsep jasa lingkungan menunjang penyusunan strategi pengelolaan sumberdaya alam (SDA) yang jelas menguntungkan ekonomi dan masyarakat.

PES memungkinkan biaya jasa lingkungan yang tidak terbayarkan tercermin dalam ekonomi sehingga membangun ekonomi yang efisien secara lingkungan. Kebijakan yang mendukung PES juga mengakibatkan jumlah pemangku kepentingan berlipat ganda, yang dapat menjadi investor dalam hal modal alam, dan memperbesar pembiayaan yang tersedia untuk pengelolaan jasa lingkungan yang penting. Di sektor Padi hal ini menjadi sangat penting karena adanya Pembangunan infrastruktur

membuat bertambahnya pilihan pendapatan lain dan pertumbuhan penduduk menyebabkan perubahan penggunaan lahan dan berkurangnya jasa lingkungan yang telah mencapai tahap mengkhawatirkan, seperti terlihat dalam Gambar 24.



Gambar 24. Luas Panen Padi tahun 2018 – 2023

PES merupakan transaksi sukarela untuk jasa lingkungan yang telah didefinisikan secara jelas (atau penggunaan lahan yang dapat menjamin jasa tersebut), dibeli oleh sedikit-dikitnya seorang pembeli jasa lingkungan dari sedikit-dikitnya seorang penyedia jasa lingkungan, jika dan hanya jika penyedia jasa lingkungan tersebut memenuhi persyaratan dalam perjanjian dan menjamin penyediaan jasa lingkungan.

Dalam sebuah transaksi PES, pemanfaat dari jasa lingkungan membayar atau menyediakan bentuk lain imbalan kepada pemilik lahan atau orang yang berhak menggunakan lingkungan tersebut (lahan atau air tawar, laut), untuk mengelola lingkungan sedemikian rupa sehingga menjamin jasa lingkungan. Pembayaran atau imbalan ini semestinya bersyarat terhadap penyediaan jasa tersebut. Dalam praktiknya, mungkin sulit memenuhi persyaratan PES tersebut, dan mungkin tidak perlu atau tidak tepat melakukan demikian dalam beberapa hal. Sebagaimana Gambar 25



Sumber: Pagiola, S dan G. Platais, "Pengantar mengenai imbal jasa lingkungan", pemaparan pada Hari-hari Pembelajaran 2005 – Pekan ESSD, Bank Dunia, Washington DC, 2005.

Gambar 25. Bagan Alir Imbal Jasa Lingkungan (PES)

Alasan utama bagi pembeli jasa untuk ikut serta dalam program PES ialah pemahaman bahwa mereka akan menjamin jasa yang terancam akibat berbagai hal. Apakah jasa tambahan akan disediakan (misalnya penyediaan sumber bahan baku) atau dipertahankan (misalnya mencegah penurunan lahan pertanian produktif) jika terjadi keadaan yang sebaliknya. Oleh karena imbalan bersyarat atas tambahan ini, PES mendorong penyedia jasa untuk memenuhi akhir perjanjian mereka. PES juga mendorong ketertarikan pembeli jasa untuk memantau dan memenuhi perjanjian. Bersyaratnya imbalan PES dapat mendorong pemanfaat langsung jasa lingkungan secara luas untuk tertarik berinvestasi melalui PES. Biaya investasi ini dapat diserahkan kepada konsumen akhir atau pemanfaat tak langsung yang biasanya lebih ingin membayar daripada yang diharapkan. Imbal hasil yang dapat ditawarkan seperti dijelaskan dalam tabel 2.

Tabel 2. Imbal Hasil Jasa Lingkungan Yang Ditawarkan

Kegiatan	Imbal Jasa Lingkungan
Perubahan Sumber Energi bersih	- Mempermudah untuk memperoleh kredit mikro - Mempermudah proses transisi ke listrik dan membantu biaya pemasangan
Pengelolaan lahan yang lebih berkelanjutan	Mendanai penyuluhan/pelatihan, pembibitan tanaman, prasarana pasar, dan jasa penunjang lain untuk podusen perorangan yang kemudian

Kegiatan	Imbal Jasa Lingkungan
	akan memperoleh dana dari keikutsertaan dalam kegiatan pertanian cerdas iklim • Mendanai sarprodi dan input pupuk organik
Penyediaan beras rendah karbon	• Memberikan insentif pasar dalam bentuk harga yang lebih baik • Penguatan kelembagaan Petani – PPK • Pendampingan dan pembiayaan sertifikasi untuk beras berkelanjutan

Tahapan yang perlu dilakukan dalam penyusunan Kerjasama imbal jasa lingkungan sebagai berikut :

Tahap 1: Mengenali permintaan, menetapkan tujuan, dan menentukan nilai

- Menelaah kebutuhan dengan pertimbangan sosial ekonomi dari calon pembeli tertentu (komersial dan perorangan) akan jasa lingkungan tertentu
- Menetapkan, mengukur, dan melakukan penilaian atas jasa lingkungan tertentu maupun mengenali ancaman pada waktu ini dan mendatang
- Menentukan apakah PES merupakan alat kebijakan yang tepat, dan alat-alat lain apa saja yang akan diperlukan
- Menetapkan tujuan
- Menentukan nilai ekonomi dan nilai jual melalui penilaian lingkungan

Tahap 2: Menilai kemampuan dan kelayakan kelembagaan & teknis

- Menilai segi hukum, kebijakan, dan kepemilikan lahan
- Memeriksa kebijakan yang ada mengenai PES –misalnya pengguna lahan seharusnya dapat menerima imbalan dan pembeli seharusnya memberi imbalan (dan jika ada kewajiban pungutan, biaya atau pajak, itu semua seharusnya dapat diakses dalam program PES)
- Melakukan survei atas jasa penunjang dan organisasi penunjang PES yang tersedia

Tahap 3: Menetapkan kerangka kelembagaan & perjanjian

- Merancang rencana pengelolaan, usaha, dan komunikasi
- Menetapkan kerangka kelembagaan berdasarkan lembaga-lembaga yang ada, mencari cara lain untuk mengurangi biaya transaksi, dan meningkatkan kemampuan apabila diperlukan
- Menentukan cara pemberian imbalan yang tepat dan adil berdasarkan pertimbangan sosial ekonomi dan sosial budaya
- Menyusun model perjanjian dan dokumen operasional lain

Tahap 4: Pelaksanaan

- Komunikasi, pemasaran, negosiasi dan pendaftaran perjanjian
- Melaksanakan pemantauan dan pembuktian
- Melaksanakan pembiayaan dan pembayaran

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, W., Pramono, A., Harsanti, E. S., Susilawati, H. L., Santoso, A. A., Yulianingsih, E., & Yuniarti, I. F. (2021). *Pengelolaan Lingkungan Pertanian Menuju Pertanian Berkelanjutan*. Pati: Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Apriyantono.A.S. G.Irianto, Suyanto, Irsal Las, T. Sudaryanto, T.Alihamsyah. 2009. *Indonesia Experience : Regaining Rice Self-Sufficiency*, Indonesia Ministry of Agriculture dalam Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap. 2009. Bappenas.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian 2019, *Panduan Inventori Gas Rumah Kaca dan Mitigasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian*,
- ESCAP United Nation, 2020, *Seri Menghijaukan Pertumbuhan Ekonomi: Kebijakan sosial ekonomi inovatif untuk meningkatkan kinerja lingkungan: Imbal jasa lingkungan*, Perserikatan Bangsa-Bangsa 2009 ST/ESCAP/256
- Faqih, A., & Boer, R. (2013). *Fenomena Perubahan Iklim Indonesia*. In *Politik Pembangunan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim* (pp. 11-28). IARDD Press.
- IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K, editors. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Hayama: Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- Kata data, 2021, *Indonesia Pasca COP26 Kolaborasi Menuju Pembangunan Rendah Karbon*
- Kartikawati R., M. Ariani. H.L. Susilawati. P. Setyanto. *Mitigasi GRK dari Lahan sawah*. 2011.Suplemen Sinar tani eds 6-12 April No.3400.
- Kusnanto, H. (2011). *Adaptasi terhadap Perubahan Iklim*. Edisi Pertama. Yogyakarta: Pusat Studi Lingkungan Hidup, UGM,
- Setyanto P., A. Miranti. *Mitigasi GRK degn varietas rendah emisi*. 2009. *Prosiding seminar Nasional Sumber daya Lahan*. Setyanto P. 2004.*Methane Emission and it's mitigation in rice field under different management practices in central java*. (Thesis).UPM.
- Sekretariat , 2020 *PEMBANGUNAN RENDAH KARBON INDONESIA* Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional, Bappenas
- Smith, P., & Olessen, J. E. (2010). *Synergies Between The Mitigation of, and Adaptation to, CLimate Change in Agriculture*. *Journal Of Agricultural Sciernce*. Vol. 148: 543522.

Surmaini, E., Runtunuwu, E., & Las, I. (2011). Upaya Sektor Pertanian dalam Menghadapi Perubahan Iklim. Jurnal Litbang Pertanian, 30(1).

Susilawati H.L., M. Ariani A, R. Kartikawati, P. Setyanto. 2011. Ameliorasi tanah gambut meningkatkan produksi padi dan menekan emisi GRK.eds 6-12 maret No.3400.

Wahyudi, J. (2016). Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca. Jurnal Litbang Vol. 12, 104-112.

Pusat Penyuluhan Pertanian. 2022. Petunjuk Teknis (Juknis) Penerapan Teknologi CSA.

<https://repository.pertanian.go.id/server/api/core/bitstreams/d35532ab-ef62-4e11-ad9a-87da389f985e/content>