IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

PERANAN MODIFIKASI CUACA UNTUK MITIGASI BENCANA KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN DALAM UPAYA PENGURANGAN EMISI KARBON DI INDONESIA

BUDI HARSOYO

PROGRAM STUDI KLIMATOLOGI TERAPAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

IPB University
Bogor Indonesia

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul "Peranan Modifikasi Cuaca Untuk Mitigasi Bencana Kebakaran Hutan dan Lahan Dalam Upaya Pengurangan Emisi Karbon di Indonesia" adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Budi Harsoyo
G2601211005

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IPB University

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

RINGKASAN

BUDI HARSOYO. Peranan Modifikasi Cuaca Untuk Mitigasi Bencana Kebakaran Hutan dan Lahan Dalam Upaya Pengurangan Emisi Karbon di Indonesia. Dibimbing oleh RIZALDI BOER, EDVIN ALDRIAN dan LAILAN SYAUFINA.

Kebakaran hutan dan lahan (karhutla) yang hampir rutin terjadi di Indonesia, khususnya di wilayah Sumatra dan Kalimantan, menjadi salah satu sumber utama emisi karbon sekaligus ancaman serius terhadap komitmen mitigasi perubahan iklim nasional. Dalam upaya pengendalian karhutla, Pemerintah Indonesia secara rutin memanfaatkan modifikasi cuaca. Sejak tahun 2016 terjadi perubahan paradigma pemanfaatan modifikasi cuaca dari pendekatan kuratif untuk pemadaman kebakaran *(fire suppression)* menjadi pendekatan preventif melalui pembasahan lahan gambut *(re-wetting)* guna menjaga kebasahan gambut dan menekan risiko kebakaran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas, kontribusi, dan nilai manfaat modifikasi cuaca dalam mitigasi karhutla dan pengurangan emisi karbon di Indonesia. Evaluasi penambahan curah hujan dilakukan menggunakan metode *Target Only* dan *Target Control*. Efektivitasnya dianalisis menggunakan pendekatan *Difference-in-Differences* (DiD) melalui perbandingan jumlah *hotspot*, luas karhutla, dan emisi karbon antara wilayah target dan non-target pada periode sebelum perubahan paradigma pemanfaatannya (2006–2015) dan sesudahnya (2016–2025). Penelitian ini juga melakukan valuasi ekonomi sederhana menggunakan pendekatan *Benefit Cost Ratio* (BCR) untuk menilai efisiensi implementasi operasi modifikasi cuaca.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi modifikasi cuaca terbukti mampu meningkatkan intensitas curah hujan di wilayah target sebesar 93,7% berdasarkan perhitungan dengan metode *Target Only*, atau sebesar 96,4% dengan metode *Target Control*, yang berdampak pada meningkatnya Tinggi Muka Air Tanah (TMAT) gambut pada masa transisi musim hujan menuju kemarau. Kondisi tersebut berkontribusi dalam memperpendek periode kekeringan, menunda peningkatan *hotspot*, serta menekan luas kebakaran dan emisi karbon. Secara kuantitatif, pada periode 2016–2025 dibandingkan 2006–2015, jumlah *hotspot* di wilayah target Sumatra dan Kalimantan masing-masing berkurang sebesar -80,23% dan -69,29%, lebih besar dibandingkan wilayah non-target yang jumlahnya hanya berkurang sebesar -37,73%. Luas karhutla di Sumatra dan Kalimantan masing-masing juga menurun sebesar -71,12% dan -68,04%, sedangkan wilayah non-target hanya turun sebesar -16,13%.

Dari aspek emisi karbon, hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan signifikan emisi karhutla pada wilayah target setelah implementasi modifikasi cuaca bertujuan preventif. Dibandingkan tahun 2015, emisi karbon nasional akibat karhutla menurun sebesar -34,58% pada tahun 2019 dan mencapai -80,85% pada tahun 2023, meskipun intensitas El Nino tahun 2023 lebih kuat dibandingkan tahun 2019. Hasil valuasi ekonomi menunjukkan bahwa implementasi modifikasi cuaca memiliki manfaat ekonomi yang jauh lebih besar dibandingkan biaya operasionalnya, dengan nilai BCR sebesar 60 pada tahun 2019 dan meningkat menjadi 173 pada tahun 2023.

@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

Penelitian ini menegaskan bahwa modifikasi cuaca tidak hanya efektif sebagai instrumen mitigasi karhutla, tetapi juga berkontribusi nyata dalam mendukung pencapaian target pengurangan emisi karbon Indonesia dalam kerangka *Nationally Determined Contribution* (NDC) dan agenda FOLU *Net Sink* 2030. Penelitian ini juga memberikan kebaruan metodologis melalui penggunaan pendekatan *Target Control* dan *Difference-in-Differences* (DiD) dalam evaluasi efektivitas modifikasi cuaca, serta menjadi salah satu kajian pertama yang mengintegrasikan parameter emisi karbon dalam evaluasi manfaat implementasi modifikasi cuaca di Indonesia.

Kata kunci: emisi karbon, karhutla, modifikasi cuaca, perubahan iklim.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

SUMMARY

BUDI HARSOYO. The Role of Weather Modification for Mitigating Forest and Land Fire Disasters in Efforts to Reduce Carbon Emissions in Indonesia. Supervised by RIZALDI BOER, EDVIN ALDRIAN and LAILAN SYAUFINA.

Forest and land fires, which occur almost annually in Indonesia, particularly in the regions of Sumatra and Kalimantan, have become one of the major sources of carbon emissions as well as a serious threat to the national commitment to climate change mitigation. In efforts to control forest and land fires, the Government of Indonesia has routinely implemented weather modification technology. Since 2016, there has been a paradigm shift in the utilization of weather modification from a curative approach for fire suppression to a preventive approach through peatland re-wetting aimed at maintaining peat moisture and reducing fire risk.

This study aims to evaluate the effectiveness, contribution, and benefit value of weather modification in mitigating forest and land fires and reducing carbon emissions in Indonesia. The evaluation of rainfall enhancement was conducted using the Target Only and Target Control methods. Its effectiveness was analyzed using the Difference-in-Differences (DiD) approach through comparisons of hotspot occurrences, burnt areas, and carbon emissions between target and non-target areas during the periods before the paradigm shift in its utilization (2006–2015) and after the paradigm shift (2016–2025). This study also carried out a simple economic valuation using the Benefit Cost Ratio (BCR) approach to assess the efficiency of weather modification operations.

The results show that the implementation of weather modification was proven to be able to increase rainfall intensity in the target area by 93.7% based on calculations using the Target Only method, and by 96.4% using the Target Control method, which had an impact on increasing the Groundwater Level (GWL) of peat during the transition period from the rainy season to the dry season. These conditions contributed to shortening drought periods, delaying hotspot escalation, and reducing burnt areas and carbon emissions. Quantitatively, during the 2016–2025 period compared to 2006–2015, the number of hotspots in the target areas of Sumatra and Kalimantan decreased by -80.23% and -69.29%, respectively, which was substantially greater than the reduction in non-target areas of only -37.73%. Burnt areas in Sumatra and Kalimantan also decreased by -71.12% and -68.04%, respectively, while non-target areas experienced only a -16.13% reduction.

From the carbon emission perspective, the results indicate a significant reduction in emissions from forest and land fires in target areas following the implementation of preventive weather modification. Compared to 2015, national carbon emissions from forest and land fires decreased by -34.58% in 2019 and reached -80.85% in 2023, despite the stronger El Nino intensity in 2023 compared to 2019. The economic valuation results demonstrate that weather modification implementation generated economic benefits far exceeding its operational costs, with a BCR value of 60 in 2019, increasing to 173 in 2023.

This study confirms that weather modification is not only effective as an instrument for forest and land fire mitigation, but also contributes significantly to supporting Indonesia's carbon emission reduction targets within the framework of the Nationally Determined Contribution (NDC) and the FOLU Net Sink 2030

@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

agenda. Furthermore, this study offers methodological novelty through the application of the Target Control and Difference-in-Differences (DiD) approaches in evaluating the effectiveness of weather modification, and represents one of the first studies to integrate carbon emission parameters into the evaluation of weather modification benefits in Indonesia.

keywords: carbon emissions, climate change, forest and land fires, weather modification.

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

PERANAN MODIFIKASI CUACA UNTUK MITIGASI BENCANA KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN DALAM UPAYA PENGURANGAN EMISI KARBON DI INDONESIA

BUDI HARSOYO

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Klimatologi Terapan

PROGRAM STUDI KLIMATOLOGI TERAPAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
Perpustakaan IPB University

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1 Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, M.S
2 Dr. Tri Handoko Seto, M.Sc

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1 Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, M.S
2 Dr. Tri Handoko Seto, M.Sc

Judul Disertasi : Peranan Modifikasi Cuaca Untuk Mitigasi Bencana Kebakaran Hutan dan Lahan Dalam Upaya Pengurangan Emisi Karbon di Indonesia

Nama : Budi Harsoyo
NIM : G2601211005

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Rizaldi Boer, M.S

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Edvin Aldrian, B.Eng., M.Sc

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Lailan Syaufina, M.Sc

Diketahui oleh

Ketua Program Studi :
Prof. Dr. Ir. Tania June, M.Sc
NIP. 196306281998032001

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam:
Dr. Berry Juliandi S.Si, M.Si
NIP. 197807232007011001

Tanggal Ujian Tertutup : 11 Juni 2026
Tanggal Sidang Promosi : 29 Juni 2026

Tanggal Lulus:

IPB University — Bogor Indonesia —
Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga disertasi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2022 sampai dengan Desember 2025 ialah ilmu keteknikan untuk kebencanaan, dengan judul "Peranan Modifikasi Cuaca Untuk Mitigasi Bencana Kebakaran Hutan dan Lahan Dalam Upaya Pengurangan Emisi Karbon di Indonesia".

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing (Prof. Dr. Ir. Rizaldi Boer, M.S, Prof. Dr. Edvin Aldrian, B.Eng., M.Sc, dan Prof. Dr. Ir. Lailan Syaufina, M.Sc) yang telah banyak memberikan bimbingan dan saran kepada penulis selama menjalani studi. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada moderator seminar/pimpinan sidang, dan penguji luar komisi pembimbing yang juga telah banyak memberikan masukan dan saran untuk penyempurnaan disertasi. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada para pimpinan BPPT, BRIN, dan juga BMKG, lembaga tempat penulis bekerja selama menjalani studi, yang telah memberikan beasiswa dan kesempatan bagi penulis untuk menjalani studi di Sekolah Pascasarjana IPB. Khususnya kepada Kepala BMKG (Prof. Ir. Teuku Faisal Fathani, Ph.D) dan Deputi Bidang Modifikasi Cuaca BMKG (Dr. Tri Handoko Seto, M.Sc) yang terus memberikan dukungan dan motivasi ekstra bagi penulis untuk bisa segera menyelesaikan studi. Juga kepada para kolega di Direktorat Pengendalian Kebakaran Hutan - Kementerian Kehutanan yang telah banyak membantu sebagai tempat berdiskusi sekaligus memberikan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ketua Program Studi beserta seluruh pengajar, staf dan rekan-rekan mahasiswa Program Studi Klimatologi Terapan IPB yang telah banyak membantu selama penulis menempuh pendidikan. Terakhir dan yang paling spesial, ucapan terimakasih tidak ketinggalan penulis sampaikan kepada istri tercinta (Andriati Cahyaningsih) dan kedua putra tersayang (Farras Adityo dan Faris Bramantyo) yang tak pernah lelah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya untuk terus menyemangati penulis selama menjalani masa studi hingga akhirnya berhasil menyelesaikan studi Doktoral di Program Studi Klimatologi Terapan Sekolah Pascasarjana IPB.

Akhir kata, penulis berharap semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Budi Harsoyo

IPB University
Bogor Indonesia

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xiv

I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Tujuan 6
1.4 Manfaat 6
1.5 Kebaruan *(novelty)* 6
1.6 Hipotesis 7

II TINJAUAN PUSTAKA 8
2.1 Karakteristik Bencana Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia 8
2.2 Komitmen Pemerintah Indonesia Mengurangi Emisi Karbon dan Targetnya dari Sektor Kehutanan dan Lahan 9
2.3 Modifikasi Cuaca dan Evaluasi Hasilnya 11
2.4 Operasi Modifikasi Cuaca dalam Upaya Pengendalian Karhutla di Indonesia 13

III METODE 16
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian 16
3.2 Data Penelitian 17
3.3 Prosedur Kerja 18
3.4 Analisis Data 19

IV HASIL DAN PEMBAHASAN 26
4.1 Efek Penyemaian Awan Terhadap Penambahan Intensitas Curah Hujan 26
4.2 Dampak OMC Terhadap Hari Tanpa Hujan 29
4.3 Dampak OMC Terhadap Tinggi Muka Air Tanah Gambut 30
4.4 Dampak OMC Terhadap Jumlah *Hotspot* dan Luasan Karhutla 31
4.5 Dampak OMC Terhadap Pengurangan Emisi Karbon 37
4.6 Valuasi Ekonomi Nilai Manfaat Hasil Pelaksanaan Modifikasi Cuaca Dalam Upaya Pengendalian Karhutla 42
4.7 Tantangan Implementasi OMC di Masa Mendatang 44

V SIMPULAN DAN SARAN 47
5.1 Simpulan 47
5.2 Saran 47

DAFTAR PUSTAKA 48
LAMPIRAN 51
RIWAYAT HIDUP 59

© Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University

DAFTAR TABEL

1	*Timeline* latar belakang dan tujuan pemanfaatan OMC untuk mitigasi bencana karhutla di Indonesia	2
2	Proyeksi penurunan emisi karbon dan GRK dari beberapa sektor	9
3	Target pengurangan emisi sektor kehutanan dari sub sektor kebakaran gambut (karhutla) tahun 2010-2030	11
4	Perhitungan penambahan curah hujan di Provinsi Riau selama periode implementasi OMC tanggal 10-21 Agustus 2023	28
5	Perbandingan beberapa aspek metode *Target Only* dan *Target Control*	29
6	Perhitungan pengurangan jumlah *hotspot* pada sejumlah wilayah di Indonesia periode 2006-2015 (dekade I) dan 2016-2025 (dekade II)	33
7	Perhitungan pengurangan luas karhutla pada sejumlah wilayah di Indonesia periode 2006-2015 (dekade I) dan 2016-2025 (dekade II)	36
8	Perbandingan luas karhutla pada lahan gambut dan mineral di Indonesia (2015 – 2025)	38
9	Perhitungan pengurangan emisi karbon dari kejadian karhutla di Sumatra, Kalimantan dan wilayah lain di seluruh Indonesia saat El Nino tahun 2019 dan 2023	39
10	Analisis ketidakpastian *(uncertainty)* secara statistik untuk nilai perhitungan emisi kebakaran gambut dan mineral	40
11	Estimasi biaya pelaksanaan OMC tahun 2019 dan 2023	43
12	Estimasi nilai manfaat dampak pelaksanaan OMC tahun 2019 dan 2023	44

DAFTAR GAMBAR

1	Perubahan paradigma pemanfaatan modifikasi cuaca dalam skema pengendalian karhutla di Indonesia	2
2	Kebakaran hutan dan lahan gambut: *Open flame* dan *Smouldering*	8
3	Proyeksi emisi GRK pada skenario *baseline* (BaU) dan mitigasi (CM1 dan CM2) tahun 2010-2030 untuk sektor kehutanan cuaca	10
4	Ilustrasi perbandingan efektivitas upaya pemadaman karhutla melalui siraman air hujan hasil Operasi Modifikasi Cuaca	14
5	Peta lokasi penelitian	16
6	Diagram alir prosedur kerja penelitian	18
7	Grid satelit TRMM untuk wilayah Provinsi Riau	19
8	Analisis angin gradien selama pelaksanaan OMC di Provinsi Riau periode 10-21 Agustus 2023	21
9	Lokasi Provinsi Riau sebagai daerah target dan beberapa provinsi lain di sekitarnya sebagai kandidat daerah kontrol berdasarkan pembagian zona iklimnya	21
10	Kemiripan pola curah hujan tahunan Provinsi Riau (daerah target) dengan beberapa provinsi lain sebagai kandidat daerah kontrol	22

11	Sekuens pertumbuhan awan hujan setelah disemai	26
12	Distribusi spasial curah hujan di Provinsi Riau periode (a) sebelum, (b) selama dan (c) setelah implementasi OMC	27
13	(a) Curah hujan wilayah Provinsi Riau; dan (b) perbandingan curah hujan aktual dan historisnya selama periode implementasi OMC tanggal 10-21 Agustus 2023	27
14	Monitoring Hari Tanpa Hujan di Provinsi Riau periode Dasarian I dan Dasarian II Agustus 2023	30
15	Elevasi Tinggi Muka Air Tanah (TMAT) gambut dari beberapa stasiun pengamatan di Provinsi Riau selama periode sebelum, selama dan setelah implementasi OMC periode tanggal 10-21 Agustus 2023	30
16	Jumlah *hotspot* di Provinsi Riau periode 1-24 Agustus 2023	31
17	Korelasi ENSO dengan jumlah *hotspot* di Sumatra, Kalimantan dan wilayah lain di Indonesia periode 2006-2025	32
18	Perbandingan pola curah hujan tahunan dan jumlah *hotspot* di Sumatra dan Kalimantan periode dekade I dan II	33
19	Perbandingan sekuens waktu pelaksanaan OMC periode sebelum dan setelah perubahan paradima pemanfaatannya	34
20	Luas karhutla di Indonesia periode 2006-2025	35
21	Tren luas karhutla di seluruh wilayah Indonesia periode 2015-2025	36
22	Perbandingan luas karhutla di lahan gambut dan tanah mineral beserta total emisi karbon yang dihasilkan untuk seluruh wilayah Indonesia selama periode 2015-2025	38
23	Capaian upaya pengurangan emisi karbon yang bersumber dari kebakaran gambut dan karhutla terhadap proyeksi target NDC periode 2015-2025	41
24	Kerangka konseptual peranan OMC untuk mitigasi bencana karhutla dan kontribusinya dalam upaya pengurangan emisi karbon di Indonesia	46

DAFTAR LAMPIRAN

1	Historis implementasi OMC di Indonesia	51
2	Data curah hujan yang digunakan dalam perhitungan nilai penambahan curah hujan	54
3	Jumlah *hotspot* di seluruh wilayah Indonesia periode 2006-2025	54
4	Luas karhutla di seluruh wilayah Indonesia periode 2006-2025	575
5	Perbandingan luas karhutla pada lahan gambut dan mineral pada 6 provinsi target pelaksanaan OMC (2015 – 2025)	56
6	Perbandingan nilai proyeksi *baseline* (BaU), skenario mitigasi CM1 dan CM2 kebakaran gambut dengan aktual jumlah emisi kebakaran gambut dan total emisi karhutla periode 2015-2025	57

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
IPB University
Perpustakaan IPB University