

**PROYEKSI KETERSEDIAAN AIR BAGI TANAMAN PANGAN
BERDASARKAN SKENARIO PERUBAHAN IKLIM *REPRESENTATIVE
CONCENTRATION PATHWAYS* (RCP) 4.5 DAN 8.5 DI PROVINSI
LAMPUNG**

Tesis

Oleh

Novika Ayu Eko Kusumastuty



**PROGRAM STUDI MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2021**

ABSTRACT

**PROJECTION OF WATER AVAILABILITY FOR FOOD CROPS BASED
ON *REPRESENTATIVE CONCENTRATION PATHWAYS* (RCP) 4.5 AND
8.5 CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN LAMPUNG**

By
Novika Ayu Eko Kusumastuty

The need for food will continue to increase along with the increase in population. Planting land must be sufficient to meet food needs, and the factor of water availability plays an important role in meeting food needs. This study aims to determine the potential for future water availability in rice, corn and cassava as the main commodities in food and production in Lampung. This research was conducted by using the land water balance processing method from the elements of temperature and rainfall. Temperature and rainfall for the future period are obtained from the data extraction of the Representative Concentration Pathways (RCP) 4.5 and 8.5 scenarios. The results show that the temperature has increased for all points studied while for rainfall there are several points that have decreased rainfall. Results of the water availability projection show that the availability of water will increase for the future period, while the majority planting schedule is still the same for the first planting season and the number of planting seasons is still the same (no decrease in the number of planting seasons).

Keywords : *Representative Concentration Pathways, temperature, rainfall, water availability*

ABSTRAK
PROYEKSI KETERSEDIAAN AIR BAGI TANAMAN PANGAN
BERDASARKAN SKENARIO PERUBAHAN IKLIM *REPRESENTATIVE*
***CONCENTRATION PATHWAYS* (RCP) 4.5 DAN 8.5 DI PROVINSI**
LAMPUNG

Oleh
Novika Ayu Eko Kusumastuty

Kebutuhan bahan pangan akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Lahan tanam harus tercukupi untuk memenuhi kebutuhan pangan, dan factor ketersediaan air berperan penting dalam memenuhi kebutuhan pangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi ketersediaan air di masa depan pada komoditas padi, jagung dan ubi kayu sebagai komoditas utama dalam kebutuhan pangan dan produksi di Provinsi Lampung. Penelitian ini dilakukan dengan metode pengolahan neraca air lahan dari unsur suhu udara dan curah hujan. Unsur suhu udara dan curah hujan periode masa depan didapat dari ekstraksi data skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dan 8.5. Hasil menunjukkan suhu udara mengalami kenaikan untuk semua titik yang diteliti sementara untuk curah hujan ada beberapa titik yang mengalami penurunan curah hujan. Hasil proyeksi ketersediaan air menunjukkan ketersediaan air bertambah untuk periode masa depan sedangkan jadwal tanam mayoritas masih sama untuk musim tanam pertama dan jumlah musim tanam masih sama (tidak mengalami penurunan jumlah musim tanam).

Kata Kunci : *Representative Concentration Pathways, suhu udara, curah hujan, ketersediaan air*

**PROYEKSI KETERSEDIAAN AIR BAGI TANAMAN PANGAN
BERDASARKAN SKENARIO PERUBAHAN IKLIM *REPRESENTATIVE
CONCENTRATION PATHWAYS* (RCP) 4.5 DAN 8.5 DI PROVINSI
LAMPUNG**

Tesis

Oleh

Novika Ayu Eko Kusumastuty

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN

Pada

Program Studi Magister Agronomi
Universitas Lampung



**PROGRAM STUDI MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2021**

Judul Tesis : **PROYEKSI KETERSEDIAAN AIR BAGI TANAMAN PANGAN BERDASARKAN SKENARIO PERUBAHAN IKLIM *Representative Concentration Pathways (RCP) 4.5 DAN 8.5* DI PROVINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Novika Ayu Eko Kusumastuty**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1924011001**

Program Studi : **Magister Agronomi**

Fakultas : **Pertanian**



MENYETUJUI
1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Tumiari Katarina B. Manik, M.Sc
NIP 19630202 198703 2001

Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S.
NIP 19620928 198703 1001

Dr. Agustiyansyah, S.P., M.Si.
NIP 19720804 200501 1002

2. Ketua Program Studi Magister Agronomi

Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc.
NIP 19610803 198603 2002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Pembimbing Utama : **Dr. Ir. Tumiar Katarina B. Manik, M.Sc** 

Anggota Pembimbing : **Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S.** 

Anggota Pembimbing : **Dr. Agustiyansyah, S.P., M.Si.** 

Penguji I
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc** 

Dekan Fakultas Pertanian




Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

3. Direktur Pascasarjana




Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP. 197104151998031005

Tanggal Lulus Ujian Tesis : **09 Agustus 2021**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa tesis saya yang berjudul : **PROYEKSI KETERSEDIAAN AIR BAGI TANAMAN PANGAN BERDASARKAN SKENARIO PERUBAHAN IKLIM *Reprecentative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 DAN 8.5 DI PROVINSI LAMPUNG** merupakan hasil saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam tesis ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa tesis ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, Agustus 2021
Penulis



Novika Ayu Eko Kusumastuty
NPM 1924011001

RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Eko Prihyono, SH,MH. dan Ibu Ika Saptowati. Penulis dilahirkan di Sragen pada 23 Nopember 1994. Penulis menyelesaikan Taman Kanak Kanak di TK Aisyah Mojopuro pada tahun 2000, Pendidikan Sekolah Dasar di SDN Ngandul 1 Sumberlawang pada tahun 2006, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Gemolong pada 2009, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Gemolong pada tahun 2012.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Jurusan Klimatologi melalui Seleksi Penerimaan Calon Taruna (SIPENCATAR) STMKG tahun 2012 dan diselesaikan pada tahun 2017. Pada tahun 2019 penulis melanjutkan studi di Universitas Lampung Program Studi Magister Agronomi.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT
Kupersembahkan karya sederhana ini kepada

Kedua orangtuaku tercinta

Bapak Eko Prihyono, SH, MH. dan Ibu Ika Saptowati.

Yang selalu memberi motivasi, doa dan mengorbankan segalanya, serta menjadi
sumber semangat dalam hidupku

Adik adik ku

Dinda Nurul Azizah dan Dyah Ayu Savira Prawesty yang selalu membantu,
menghibur dan memberi semangat dikala penulis lelah.

Dosen Pembimbing dan Penguji,
Keluarga Program Studi Magister Agronomi 2019,
Almamater tercinta, Universitas Lampung.

“Pekerjaan yang bagus memang adalah pekerjaan yang sempurna, tapi pekerjaan yang baik adalah pekerjaan yang selesai” – Bapak

SANWACANA

Puji syukur selalu penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis dengan judul “PROYEKSI KETERSEDIAAN AIR BAGI TANAMAN PANGAN BERDASARKAN SKENARIO PERUBAHAN IKLIM *REPRESENTATIVE CONCENTRATION PATHWAYS* (RCP) 4.5 DAN 8.5 DI PROVINSI LAMPUNG” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pertanian dari Universitas Lampung. Selama penyusunan dan penyelesaian tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Karomani, M.Si., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M. Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
4. Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc., selaku Pembimbing Akademik dan selaku ketua Program Studi Magister Agronomi atas saran dan pengarahan kepada penulis selama berada di Pascasarjana Universitas Lampung;
5. Dr. Ir. Tumiar Katarina B. Manik, M.Sc. selaku pembimbing pertama atas ide penelitian, bimbingan, motivasi, saran, serta kesabaran dalam memberikan bimbingannya kepada penulis sehingga tesis ini dapat terselesaikan;
6. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S. selaku pembimbing kedua atas saran, motivasi dan bimbingannya serta nasihat-nasihatnya dalam penyelesaian tesis ini;

7. Dr. Agustiyansyah, S.P., M.Si. selaku pembimbing ketiga atas saran, motivasi dan bimbingannya serta nasihat-nasihatnya dalam penyelesaian tesis ini;
8. Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc. selaku penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan nasihat dalam penyelesaian tesis ini;
9. Kedua orang tua tersayang Bapak Eko Prihyono, SH, MH. Dan Ibu Ika Saptowati. atas doa, kasih sayang, motivasi serta dukungannya selama ini;
10. Adik-adik penulis Dinda Nurul Azizah dan Dyah Ayu Savira Prawesty yang selalu mendukung penulis;
11. Teman-teman Program Studi Magister Agronomi 2019, dan seluruh *civitas academia* Universitas Lampung yang selalu membantu penulis untuk diskusi bersama agar tesis ini dapat diselesaikan;
12. Seluruh pihak yang membantu penulis dalam penyelesaian tesis ini dan tidak dapat disebutkan satu persatu;
13. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, for just being me at all times.*

Dengan ketulusan hati penulis menyampaikan terima kasih dan semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka, semoga tesis ini bisa bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Agustus 2021

Penulis

Novika Ayu Eko Kusumastuty

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan.....	5
1.3. Kerangka Pemikiran	6
1.4. Hipotesis	7
II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Perubahan Iklim: Proses dan Penyebabnya	8
2.2. Perubahan Iklim dan Pengaruhnya Pada Kegiatan Pertanian.....	9
2.3. Proyeksi Perubahan Iklim: Model dan Skenario	10
2.4. Hasil Proyeksi Iklim Dengan Menggunakan Skenario <i>Representative Concentration</i> <i>Pathways</i> (RCP).....	13
III BAHAN DAN METODE	15
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	15
3.2. Data dan Alat.....	17
3.3. Pelaksanaan Penelitian	19
3.3.1. Menganalisa perubahan iklim Provinsi Lampung melalui evaluasi klasifikasi iklim Oldeman	19
3.3.2. Perhitungan Evapotranspirasi	20
3.3.3. Analisa neraca air dan waktu tanam.....	22
3.3.4. Ekstraksi Data Model <i>Representative</i> <i>Concentration Pathways</i> (RCP) 4.5 dan 8.5	23
3.3.5. Ketersediaan air bagi penanaman tanaman pangan menggunakan data hasil proyeksi perubahan iklim	24
3.3.6. Jadwal tanam masing-masing komoditas	24
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Hasil.....	27
4.1.1. Observasi Perubahan Iklim Melalui Klasifikasi Iklim Oldeman	27
4.1.2. Neraca Air Tanaman.....	29

4.1.2.1. Perhitungan Evapotranspirasi Periode 1976-2019 dan 2010-2019	29
4.1.2.2. Analisa Sampel Tanah.....	33
4.1.2.3. Perhitungan Neraca Air.....	34
4.1.3. Ketersediaan air untuk Lahan kosong, Padi, Jagung dan Ubi kayu di Propinsi Lampung 1976 – 2005.....	36
4.1.4. Luas Area Tanam Periode 1976-2005	38
4.1.5. Jadwal Tanam Periode 1976-2005	38
4.1.6. Ketersediaan air untuk Lahan tanpa tanaman, Padi, Jagung dan Ubi Kayu di Propinsi Lampung Periode 2010-2019	38
4.1.7. Luas Area Tanam Periode 2010-2019	41
4.1.8. Jadwal Tanam Periode 2010-2019	41
4.1.9. Hasil Skenario <i>Reprecentative Concentration Pathways</i> (RCP) 4.5 dan <i>Reprecentative Concentration Pathways</i> (RCP) 8.5	42
4.1.9.1. Ekstraksi Data <i>Reprecentative Concentration Pathways</i> (RCP) 4.5 dan <i>Reprecentative Concentration Pathways</i> (RCP) 8.5	42
4.1.9.2. Hasil Simulasi Parameter Iklim Suhu Udara.....	43
4.1.9.3. Hasil Simulasi Parameter Iklim Curah Hujan	46
4.1.10. Prediksi Evapotranspirasi 2020-2049 Menurut Skenario RCP 4.5 dan RCP 8.5	73
4.1.11. Ketersediaan Air Berdasarkan Hasil Menurut Skenario RCP 4.5 dan RCP 8.5	73
4.1.12. Luas Area Tanam Periode 2020-2049	77
4.1.13. Jadwal Tanam Periode 2020-2049	77
4.2. Pembahasan	78
4.2.1 Perubahan Evapotranspirasi	78
4.2.2 Perubahan Ketersediaan Air	79
4.2.3 Perubahan Luas Area Tanam.....	82
4.2.4 Perubahan Jadwal Tanam	84
V SIMPULAN DAN SARAN.....	87
5.1. Simpulan.....	87
5.2. Saran	88
DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN.....	97

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Luas panen dan produksi tanaman pangan di Provinsi Lampung.....	2
Tabel 2. Skenario <i>Representative Concentration Pathways</i> (RCP) 4.5 dan <i>Representative Concentration Pathways</i> (RCP) 8.5.	12
Tabel 3. Proyeksi Konsentrasi CO ₂ dan perubahan suhu global untuk <i>Representative Concentration Pathways</i> (RCP) pada 2030, 2050 dan 2090	12
Tabel 4. Lokasi Pengambilan Sample Data Iklim.....	15
Tabel 5. Neraca air lahan bulanan.....	20
Tabel 6. Contoh Perhitungan evapotranspirasi Pos Hujan dataran rendah Periode 1976-2005	30
Tabel 7. Evapotranspirasi tanaman (padi, jagung dan ubi kayu) untuk dataran tinggi dan dataran rendah (1976 – 2005).....	31
Tabel 8. Evapotranspirasi tanaman (padi, jagung dan ubi kayu) untuk dataran tinggi dan dataran rendah (2010 – 2019).....	32
Tabel 9. Tabel Hasil Analisa Kadar Air Tanah.....	33
Tabel 10. Kebutuhan air tanaman padi dan jagung berdasarkan fase fenologinya	35
Tabel 11. Contoh Perhitungan neraca air lahan Pos Hujan Branti Periode 1976-2005.....	35
Tabel 12. Luas Ketersediaan Air Lahan Masing-Masing Kabupaten Periode 1976-2005 (dalam km ²).....	106
Tabel 13. Luas Ketersediaan Air Lahan Masing-Masing Kabupaten Periode 2010-2019 (dalam km ²).....	117

Tabel 14. Luasan Ketersediaan Air Komoditas Masing-Masing Kabupaten Periode 2020-2049 Menggunakan Hasil Skenario RCP 4.5 (dalam km ²).....	136
Tabel 15. Luasan Ketersediaan Air Komoditas Masing-Masing Kabupaten Periode 2020-2049 Menggunakan Hasil Skenario RCP 8.5 (dalam km ²).....	139
Tabel 16. Jadwal Tanam Masing-Masing Kabupaten pada Musim Tanam 1	142
Tabel 17. Jadwal Tanam Masing-Masing Kabupaten pada Musim Tanam 2	143
Tabel 18. Jadwal Tanam Masing-Masing Kabupaten pada Musim Tanam 3	144
Tabel 19. Hasil Ekstraksi Data <i>Representative Concentration Pathways</i> (RCP) 4.5 Unsur Curah Hujan.....	145
Tabel 20. Hasil Ekstraksi Data <i>Representative Concentration Pathways</i> (RCP) 4.5 Unsur Suhu Udara	146
Tabel 21. Hasil Ekstraksi Data <i>Representative Concentration Pathways</i> (RCP) 8.5 Unsur Curah Hujan.....	147
Tabel 22. Hasil Ekstraksi Data <i>Representative Concentration Pathways</i> (RCP) 8.5 Unsur Suhu Udara	148

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Kerangka Pemikiran Penelitian.....	7
Gambar 2. Titik Lokasi Sampel dan Pengamatan.....	17
Gambar 3. Perbandingan Klasifikasi Iklim Oldeman Lampung Periode 1976-2005 dan 2010-2019.....	27
Gambar 4. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah.....	34
Gambar 5. Ketersedian Air Lahan kosong Setiap Bulan Pada Periode 1976- 2005	98
Gambar 6. Ketersedian Air Padi Setiap Bulan Pada Periode 1976- 2005	100
Gambar 7. Ketersedian Air Jagung Setiap Bulan Pada Periode 1976- 2005	102
Gambar 8. Ketersedian Air Ubi kayu Setiap Bulan Pada Periode 1976- 2005	104
Gambar 9. Ketersedian Air Lahan kosong Setiap Bulan Pada Periode 2010-2019	109
Gambar 10. Ketersedian Air Padi Setiap Bulan Pada Periode 2010-2019	111
Gambar 11. Ketersedian Air Jagung Setiap Bulan Pada Periode 2010-2019	113
Gambar 12. Ketersedian Air Ubi kayu Setiap Bulan Pada Periode 2010-2019	115
Gambar 13. Proyeksi Suhu Udara RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Biha (Dataran Rendah)	43

Gambar 14. Proyeksi Suhu Udara RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Branti (Dataran Rendah)	43
Gambar 15. Proyeksi Suhu Udara RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Belalau (Dataran Tinggi).....	44
Gambar 16. Proyeksi Suhu Udara RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Sekincau (Dataran Tinggi)	44
Gambar 17. Proyeksi Suhu Udara RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Balik Bukit (Dataran Tinggi).....	45
Gambar 18. Proyeksi Suhu Udara RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Gisting Atas (Dataran Tinggi)	45
Gambar 19. Proyeksi Curah Hujan RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Pringsewu (Dataran Rendah)	47
Gambar 20. Proyeksi Curah Hujan RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Mesuji (Dataran Rendah)	49
Gambar 21. Proyeksi Curah Hujan RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Way Tuba (Dataran Rendah).....	51
Gambar 22. Proyeksi Curah Hujan RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Jabung (Dataran Rendah)	53
Gambar 23. Proyeksi Curah Hujan RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Kelapa Tujuh (Dataran Rendah).....	55
Gambar 24. Proyeksi Curah Hujan RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Bumi Agung (Dataran Rendah)	57
Gambar 25. Proyeksi Curah Hujan RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Biha (Dataran Rendah)	59

Gambar 26. Proyeksi Curah Hujan RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Panaragan Jaya (Dataran Rendah)	61
Gambar 27. Proyeksi Curah Hujan RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Sidodadi (Dataran Rendah)	63
Gambar 28. Proyeksi Curah Hujan RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Sekincau (Dataran Tinggi).....	65
Gambar 29. Proyeksi Curah Hujan RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Belalau (Dataran Tinggi).....	67
Gambar 30. Proyeksi Curah Hujan RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Balik Bukit (Dataran Tinggi).....	69
Gambar 31. Proyeksi Curah Hujan RCP 4.5 dan RCP 8.5 periode 2020 – 2049 untuk Pos Hujan Gisting Atas (Dataran Tinggi).....	71
Gambar 32. Perbandingan klasifikasi Iklim Oldeman Lampung Periode 1976-2005 dan 2010-2019 dibandingkan dengan prediksi 2020-2049 menurut skenario RCP 4.5 dan RCP 8.5.	72
Gambar 33. Ketersediaan Air Lahan kosong Setiap Bulan Pada Periode 2020-2049 RCP 4.5.....	120
Gambar 34. Ketersediaan Air Padi Setiap Bulan Pada Periode 2020-2049 RCP 4.5.....	122
Gambar 35. Ketersediaan Air Jagung Setiap Bulan Pada Periode 2020-2049 RCP 4.5.....	124
Gambar 36. Ketersediaan Air Ubi kayu Setiap Bulan Pada Periode 2020-2049 RCP 4.5.....	126
Gambar 37. Ketersediaan Air Lahan kosong Setiap Bulan Pada Periode 2020-2049 RCP 8.5.....	128
Gambar 38. Ketersediaan Air Padi Setiap Bulan Pada Periode 2020-2049 RCP 8.5.....	130
Gambar 39. Ketersediaan Air Jagung Setiap Bulan Pada Periode 2020-2049 RCP 8.5.....	132

Gambar 40. Ketersedian Air Ubi kayu Setiap Bulan Pada Periode 2020-2049 RCP 8.5.....	134
---	-----

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan bahan pangan akan terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Bagi Indonesia, mayoritas pangan identik dengan beras karena jenis pangan ini merupakan makanan pokok utama. Pengalaman telah membuktikan bahwa gangguan pada ketahanan pangan seperti meroketnya kenaikan harga beras pada waktu krisis ekonomi 1997/1998, yang berkembang menjadi krisis multidimensi, telah memicu kerawanan sosial yang membahayakan stabilitas ekonomi dan stabilitas nasional.

Konsumsi beras di Indonesia mencapai 124 kilogram per kapita per tahun; sementara jumlah penduduk Indonesia hingga 2018 mencapai 265 juta jiwa (Kementerian Pertanian, 2018). Dengan pertimbangan pentingnya beras tersebut, pemerintah selalu berupaya untuk meningkatkan ketahanan pangan terutama yang bersumber dari peningkatan produksi dalam negeri. Pertimbangan tersebut menjadi semakin penting bagi Indonesia karena jumlah penduduknya semakin besar dengan sebaran populasi yang luas dan cakupan geografis yang tersebar.

Untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduknya, Indonesia memerlukan pangan dalam jumlah yang cukup dan tersebar, memenuhi kecukupan konsumsi maupun stok nasional sesuai persyaratan operasional logistic. Kemandirian pangan adalah kemampuan negara dan bangsa dalam memproduksi pangan yang beraneka ragam dari dalam negeri yang dapat menjamin pemenuhan kebutuhan pangan yang cukup sampai di tingkat perseorangan dengan memanfaatkan potensi sumber daya alam, manusia, sosial, ekonomi, dan kearifan lokal secara bermartabat (Badan Urusan Logistik, 2018).

Selain padi, tanaman palawija seperti jagung, ubi kayu dan sagu juga merupakan tanaman penting. Provinsi Lampung merupakan salah satu Provinsi sentra produksi tanaman pangan di Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung (2017) tanaman pangan yang mendominasi adalah padi, jagung, kedelai, kacang tanah, kacang hijau, ubi kayu dan ubi jalar. Data luasan dan produksi terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Luas panen dan produksi tanaman pangan di Provinsi Lampung.

Komoditas Pangan	Luas Panen (Ha)	Produksi (Ton)	Produktivitas (Ku/Ha)
Padi Sawah	660,560	3,496,489	52.93
Padi Ladang	46,706	145,406	31.13
Kedelai	4,986	6,156	12.35
Kacang Tanah	8,305	10,676	12.85
Jagung	346,315	1,760,278	50.83

Sumber data : Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung

Catatan : Data untuk padi sawah dan padi ladang adalah data tahun 2015 sedangkan data untuk kedelai, kacang tanah dan jagung adalah data tahun 2013.

Produksi padi nasional mengalami peningkatan sejak 1970, tapi hasil panennya rentan terhadap keragaman iklim terutama kejadian iklim ekstrim seperti El-Niño dan La-Niña (Naylor *et al.*, 2001; Boer and Las, 2003; Boer and Faqih, 2005; Boer, 2000; Sutikno *et al.*, 2010). Penelitian Santoso (2015) yang mengkaji dampak perubahan iklim pada produksi tanaman di Maluku mendapatkan bahwa fenomena perubahan iklim berdampak terhadap komoditas tanaman pangan yang diteliti yaitu padi, jagung, kedelai dan ubi jalar. Tanaman yang diteliti produksinya menurun pada saat El-Niño dan naik pada saat La-Niña dengan kedelai sebagai yang paling rentan terhadap perubahan iklim yang terjadi dan ubi jalar yang paling toleran terhadap perubahan iklim.

Lampiran Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 19/Permentan/Hk.140/4/2015 tentang Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2015-2019 mencantumkan bahwa kondisi iklim merupakan salah satu tantangan bagi pembangunan pertanian di Indonesia. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (2007) juga menyebutkan bahwa pertanian merupakan salah satu sektor yang terdampak oleh adanya perubahan iklim, karena itu perubahan iklim sangat terasa dampaknya terutama pada negara-negara berkembang yang bergantung secara dominan pada sektor pertanian. Sektor pertanian harus melakukan upaya adaptasi menghadapi perubahan iklim terutama karena perubahan curah hujan dan suhu yang merupakan faktor utama dalam kegiatan pertanian.

Perubahan Iklim didefinisikan sebagai variasi yang signifikan secara statistik baik dalam keadaan rata-rata iklim atau dalam variabilitasnya, bertahan untuk periode yang panjang, biasanya beberapa dekade atau lebih lama. Peningkatan pembakaran bahan bakar fosil dan perubahan penggunaan lahan telah memancarkan, dan meningkatkan jumlah gas rumah kaca ke atmosfer bumi. Gas rumah kaca ini termasuk karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) dan nitrogen dioksida (N₂O), dan kenaikan gas-gas ini telah menyebabkan peningkatan jumlah panas hasil pancaran balik permukaan bumi-di atmosfer bumi. Energi panas ini yang seharusnya terpancar kembali ke angkasa. Peningkatan panas telah menyebabkan efek rumah kaca, menghasilkan perubahan iklim yang akan memengaruhi banyak aspek aktivitas manusia karena kejadian siklon tropis (angin topan), banjir, kekeringan dan hujan deras (Manik *et al.*, 2018).

Perubahan distribusi dan intensitas curah hujan yang berarti bergesernya pola dan jadwal tanam, bagi bidang pertanian khususnya budidaya tanaman pangan dan palawija sangat penting karena budidaya tanaman ini sangat bergantung pada ketersediaan air. Pola dan jadwal tanam merupakan kombinasi antara distribusi curah hujan dan kebutuhan air tanaman. Menurut laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007) daerah Tropis bagian selatan akan mengalami penurunan curah hujan sehingga berpotensi terhadap resiko kekeringan, sedangkan daerah Tropis bagian utara akan mengalami kenaikan

curah hujan yang berpotensi terhadap resiko banjir dan tanah longsor. Kedua tipe perubahan ini tidak menguntungkan bagi sektor pertanian karena sama-sama memperbesar peluang resiko gagal panen.

Gejala perubahan iklim juga terdeteksi di Provinsi Lampung. Suhu di Lampung mengalami perubahan karena perubahan struktur tata guna lahan. Secara umum suhu mengalami peningkatan untuk daerah pusat kota, perkebunan sawit dan daerah terbuka di area pesisir; dan dapat mencapai 4°C untuk daerah daerah tersebut. Sementara untuk daerah persawahan suhu relatif stabil dan tetap (Manik dan Syaikat, 2017). Berdasarkan penelitian trend pergerakan curah hujan, wilayah Tanggamus, Lampung mengalami penurunan dari normalnya, hal ini juga teramati untuk perbandingan antara rata-rata curah hujan 10 hari yang lebih rendah daripada rata-rata untuk periode tahun 1991-2010. Sementara itu suhu udara periode tahun 1981-2002 teramati mengalami peningkatan (Manik *et al.*, 2018).

Perubahan suhu dan curah hujan akan merubah laju evapotranspirasi tanaman yang akan berpengaruh pada ketersediaan air yang diperlukan tanaman untuk tetap tumbuh dan berproduksi (Singal, 2017). Menjaga ketersediaan air bagi tanaman dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan irigasi atau dengan mengatur pola tanam, sehingga tanaman akan tumbuh dan berproduksi pada saat air tersedia. Sebagai contoh, kekeringan yang terjadi pada musim tanam kedua akan mengubah pola tanam dari padi-padi menjadi padi-non padi sehingga akan mengakibatkan penurunan produksi beras (Apriyana, 2015).

Untuk meningkatkan pemahaman tentang interaksi kompleks antara sistem iklim, ekosistem, dan aktivitas dan kondisi manusia, komunitas peneliti mengembangkan dan menggunakan skenario. Skenario-skenario ini memberikan deskripsi yang masuk akal tentang bagaimana masa depan mungkin terungkap dalam beberapa bidang utama seperti: kondisi sosial ekonomi, teknologi dan lingkungan, emisi gas rumah kaca dan aerosol, dan iklim. Ketika diterapkan dalam penelitian perubahan iklim, skenario membantu untuk mengevaluasi ketidakpastian tentang kontribusi manusia terhadap perubahan iklim, respons sistem bumi terhadap aktivitas manusia, dampak dari berbagai iklim masa depan, dan implikasi berbagai pendekatan mitigasi (langkah-langkah untuk mengurangi emisi bersih) dan

adaptasi (tindakan yang memfasilitasi respons terhadap kondisi iklim baru) (Moss *et al.*, 2010).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) telah membuat model-model luaran untuk skenario iklim di masa depan seperti *Representative Concentration Pathways* (RCP) yang merupakan kelompok hipotesis emisi yang dikemukakan dalam *Assesment Report 5* tahun 2014. *Representative Concentration Pathways* (RCP) mencoba memodelkan unsur unsur iklim masa depan dengan mempertimbangkan skenario perubahan emisi yang dibagi menjadi 4 hipotesis yaitu *Representative Concentration Pathways* (RCP) 2.6, *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5, *Representative Concentration Pathways* (RCP) 6.0 dan *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5. Setelah skenario ini dikemukakan, masing masing negara membuat model iklim nya sesuai pedoman *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) *Assesment Report 5* tahun 2014. Untuk Asia Tenggara yang sudah dikembangkan adalah model CORDEX-SEA dengan resolusi 25kmx25km (Puslitbang Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2017).

Dengan melihat permasalahan diatas perlu dilakukan kajian apakah ketersediaan pangan akan terjaga dimasa datang dengan terjadinya perubahan iklim? Berapa potensi lahan yang tersedia bagi penanaman tanaman pangan padi dan jagung? Ketersediaan air bagi tanaman pangan akibat terjadinya perubahan iklim akan didekati menggunakan skenario iklim *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5, dan *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perubahan suhu udara dan curah hujan di masa depan berdasarkan perubahan emisi dari skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dan *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5.
2. Menganalisa perubahan ketersediaan air tanah berdasarkan neraca air tanaman pada periode yang berbeda

3. Membuat proyeksi luas penanaman tanaman pangan di Provinsi Lampung dimasa depan berdasarkan proyeksi ketersediaan air tanaman pada kondisi curah hujan dan suhu berdasarkan skenario *Reprecentative Concentration Pathways* (RCP)

1.3 Kerangka Pemikiran

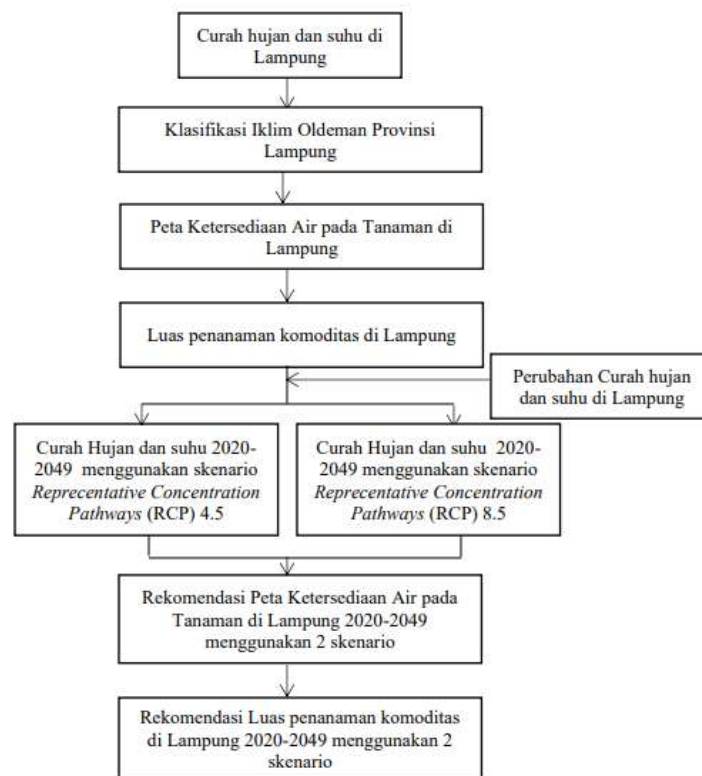
Penelitian ini menggunakan unsur cuaca curah hujan dan suhu tahun 1975-2005 untuk mewakili tahun normal dan 2010-2019 untuk mewakili tahun sekarang. Berapa jauh kondisi iklim kedepan berbeda dengan kondisi iklim sekarang akan dianalisa dengan scenario *Reprecentative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dan 8.5. Data curah hujan dan suhu periode waktu 1975-2005 digunakan untuk membandingkan data observasi dengan data model scenario periode waktu 2020-2049.

Hal pertama yang dilakukan adalah menganalisa perubahan iklim melalui analisa perubahan klasifikasi iklim dengan menggunakan metode Oldeman menggunakan data rata-rata curah hujan untuk 3 periode dan 2 skenario yang dihitung.

Kedua, unsur suhu dan curah hujan digunakan untuk menghitung neraca air untuk mengetahui ketersediaan air pada lahan kosong tanpa komoditas dan pada komoditas yang diteliti yaitu padi, jagung dan ubi kayu di Lampung dengan. Kemudian di plot pada peta untuk mendapatkan peta ketersediaan air pada tanaman pangan di Lampung. Dari peta ketersediaan air akan diketahui luas penanaman padi pada tanaman padi, jagung dan ubi kayu untuk tahun 1975-2005 dan 2010-2019.

Pada akhir penelitian akan disampaikan rekomendasi berdasarkan proyeksi peta ketersediaan air dan luas penanaman tanaman padi, jagung dan singkong di Lampung tahun 2020-2049 menggunakan dua skenario *Reprecentative Concentration Pathways* (RCP).

Berdasarkan penjelasan diatas disusun kerangka pemikiran dalam penelitian ini seperti terdapat pada Gambar 1 berikut



Gambar 1. Kerangka Pemikiran Penelitian

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terdapat perbedaan suhu udara dan curah hujan berdasarkan perbedaan skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dan *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5.
2. Terjadi perubahan ketersediaan air tanaman pangan untuk periode yang dihitung.
3. Terjadi perubahan luas penanaman tanaman pangan untuk periode yang dihitung

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perubahan Iklim : Proses dan Penyebabnya

Iklim sangat dinamis dan kompleks sehingga hal yang bisa dilakukan adalah menyesuaikan dengan iklim setempat. Selain sifatnya yang sangat dinamis dan kompleks, iklim dalam jangka panjang juga selalu mengalami perubahan. (Estiningtyas and Muhammad, 2017). Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2020 perubahan iklim merupakan perubahan unsur iklim (suhu dan curah hujan) dalam skala waktu dasawarsa sampai jutaan tahun.

Perubahan iklim sudah menjadi masalah dunia yang nyata. Suhu rata rata permukaan bumi global telah meningkat sejak tahun 1900an dan besar kemungkinannya laju dan lamanya pemanasan ini lebih besar dari waktu 1000 tahun lalu. Suhu bumi meningkat karena radiasi gelombang panjang yang diemisikan oleh permukaan bumi terjebak oleh gas gas yang dikenal sebagai gas rumah kaca. Pemanasan global akan mempengaruhi proses iklim secara timbal balik dan akhirnya merubah suhu rata rata dan distribusi curah hujan bahkan mempengaruhi curah hujan tahunan dalam jangka panjang.

Dampak-dampak yang ditimbulkan dari perubahan iklim ini diantaranya adalah frekuensi bencana alam hidrometeorologis menjadi semakin besar, perubahan pola curah hujan, mengancam ketersediaan air, penurunan produksi pertanian dan berkurangnya biodiversitas (Kusumawardhani, 2015). Sebagai contoh, hujan monsoon di wilayah Asia Selatan telah berkurang dalam 5 sampai 6 dekade menurut beberapa pengamatan. Pemanasan global juga mendorong meningkatnya frekuensi taifun karena itu di sepanjang pantai sangat beresiko jika menjadi wilayah hunian (Manik *et al.*, 2018)

2.2 Perubahan Iklim dan Pengaruhnya Pada Kegiatan Pertanian

Pemanasan global menjadi semakin nyata, dengan meningkatnya suhu secara global, radiasi matahari pada permukaan bumi di banyak wilayah menunjukkan kecenderungan melemah yang signifikan. Pada saat yang bersamaan, keragaman tahunan dari curah hujan meningkat dan kejadian hujan ekstrem makin sering terjadi. Perubahan iklim menyebabkan dampak penting dalam produksi pertanian dan kelestarian lingkungan. Perubahan iklim yang dicirikan dengan iklim yang panas, cuaca ekstrem yang makin sering terjadi, perubahan distribusi spasial curah hujan, semakin pendek fenologi tanaman dan meningkatnya gangguan yang dikarenakan hama dan penyakit tanaman yang semuanya mempengaruhi keamanan pangan. Curah hujan yang ekstrem juga mempengaruhi kesuburan tanaman karena nutrisi tanah yang hilang. Pengaruh perubahan iklim terhadap produksi pertanian telah menjadi kekhawatiran para ilmuwan dunia (Yan *et al.*, 2020).

Perubahan iklim juga mempengaruhi ketersediaan air bagi tanaman. Kompetisi sumberdaya air untuk kebutuhan perlindungan lingkungan, pembangunan sosial ekonomi secara perlahan menurunkan air yang tersedia untuk produksi tanaman, sekitar 64% air sekarang digunakan untuk kebutuhan rutin harian. Relatif dibandingkan suhu udara rata rata periode 1950-1980 suhu udara rata rata tahun 1980-2010 meningkat 0.7°C dan diperkirakan akan terus meningkat sampai tahun 2100 (Xing-Guo *et al.*, 2017).

Di Maricopa, Arizona jika semua variabel iklim dipertahankan konstan dengan hanya suhu udara yang naik, maka evapotranspirasi meningkat sekitar 3.4% per $^{\circ}\text{C}$. Kenaikan suhu jika kelembaban relatif konstan akan menyebabkan evapotranspirasi tahunan meningkat sekitar 2.1% per $^{\circ}\text{C}$. Perubahan laju evapotranspirasi akan mempengaruhi kebutuhan air tanaman dan jika tidak tercukupi oleh curah hujan atau irigasi akan menurunkan produksi tanaman (Hatfield *et al.*, 2011).

2.3 Proyeksi Perubahan Iklim : Model dan Skenario

Sudah terdapat bukti bahwa peningkatan konsentrasi gas rumah kaca dan aerosol dari kegiatan manusia akan merubah iklim bumi dengan nyata pada abad ke 21. Model model iklim yang menggambarkan proses fisik, dinamik dan kimia yang berkaitan merupakan alat yang penting untuk memperkirakan tanggapan pada penyebab yang sekarang sedang terjadi ataupun yang akan terjadi, juga untuk mengkaji potensi umpan balik dan sensitifitas. Model yang dikenal dengan nama CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) terdiri dari simulasi iklim abad ke 21 dengan empat skenario yang berbeda dan proyeksi perubahan iklim dari tahun 2100 sampai 2300 dikenal dengan skenario *Representative Concentration Pathway* (RCP). Karena tidak mungkin memprediksi emisi gas dimasa depan dengan pasti dan faktor faktor lain yang mempengaruhi iklim, pengembangan dari skenario skenario dengan batasan yang luas tentang ekonomi, sosial, teknologi dan lingkungan memungkinkan kita menghitung dalam skala regional dan global (Nazarenko *et al.*, 2015).

Proyeksi iklim biasanya ditampilkan dalam rangkaian jalur yang logis, skenario atau target yang merangkum hubungan antara pilihan manusia, emisi, konsentrasi dan perubahan suhu. Beberapa skenario konsisten dengan ketergantungan pada bahan bakar fosil, sementara yang lain hanya bisa diraih dengan tindakan jelas untuk menurunkan emisi. Selang hasil menunjukkan ketidakpastian dalam mengkuantifikasikan kegiatan manusia (termasuk kemajuan teknologi) dan pengaruhnya terhadap iklim. Skenario paling akhir yang bergantung pada selang waktu adalah *Representative Concentration Pathway* (RCP) dibangun dari skenario perkembangan dalam dua dekade. Ciri khas *Representative Concentration Pathway* (RCP), skenario ini bukan skenario emisi tetapi kekuatan radiasi, yaitu perubahan radiasi di lapisan troposfir sampai tahun 2100 dibanding level jaman pra industri. Empat skenario *Representative Concentration Pathway* (RCP) adalah angka yang menunjukkan perubahan kekuatan radiasi sampai menjelang 2100 yaitu +2.6, +4.5, +6.0 dan +8.5 watt per meter persegi. Dari kekuatan radiasi baru diturunkan selang jalur emisinya dan kebijakan kebijakan dan strategi teknologi untuk setiap skenario *Representative Concentration*

Pathway (RCP) yang akan mencapai dampak akhir yang sama dengan kekuatan radiasi tersebut. *Representative Concentration Pathway* (RCP) 2.6, 4.5, dan 6.0 adalah skenario kebijakan berkaitan dengan iklim sedangkan *Representative Concentration Pathway* (RCP) 8.5 adalah skenario yang berkaitan dengan kondisi masa depan emisi CO₂ dan metan yang terus meningkat akibat pemakaian bahan bakar fosil (Hayhoe *et al.*, 2017).

Untuk mengetahui simulasi bagaimana kenaikan konsentrasi CO₂ di atmosfer mempengaruhi iklim dimasa depan, skenario emisi dalam jangka panjang digunakan bersama berbagai model iklim. Skenario emisi ini dibuat untuk menghitung dorongan ekonomi dan teknologi dalam wilayah demografi yang luas dari gas rumah kaca dan emisi sulfur di tahun 2100. Salah satu skenario yang umum digunakan adalah yang tertulis rinci dalam laporan khusus Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) dan *Representative Concentration Pathway* (RCP) yang digunakan dalam laporan IPCC yang ke-5 (IPCC Fifth Assessment Report AR), Skenario RCP digunakan dalam komitmen internasional untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (Prather *et al.*, 2013). Empat skenario *Representative Concentrations Pathways* (RCP) menggambarkan selang kekuatan radiasi gas rumah kaca di tahun 2100 dari 2.6 ke 8.5 W m⁻². Skenario level yang terendah, level menengah merupakan skenario yang stabil *Representative Concentrations Pathways* (RCP) 4.5, dan yang tertinggi atau skenario tanpa usaha mitigasi yaitu *Representative Concentrations Pathways* (RCP) 8.5 (Nazarenko *et al.*, 2015).

Berikut adalah penjelasan lebih lengkap mengenai tipe-tipe *Representative Concentrations Pathways* (RCP) yang dikembangkan oleh (Moss *et al.*, 2010; Wayne, 2013) :

- a. *Representative Concentrations Pathways* (RCP) 8.5 dikembangkan oleh tim pemodelan MESSAGE dan kajian kerangka kerja terintegrasi IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis), Austria. Skenario ini ditandai dengan terus meningkatnya emisi Gas Rumah Kaca, skenario ini mengarah ke tingkat konsentrasi Gas Rumah Kaca yang tinggi.

- b. *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dikembangkan oleh tim pemodelan MiniCAM di Pacific Northwest National Laboratorium JGCRI (Joint Global Change Research Institute), Amerika Serikat. Skenario ini merupakan skenario stabilisasi dengan total *radiative forcing* distabilkan sebelum 2100 oleh penerapan teknologi dan strategi untuk mengurangi emisi Gas Rumah Kaca, tanpa melampaui batas target *radiative forcing* jangka panjang.

Tabel 2. Skenario *Reprecentative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dan *Reprecentative Concentration Pathways* (RCP) 8.5.

Nama	<i>Radiative Forcing</i>	Konsentrasi (ppm)	<i>Pathway</i>
RCP 8.5	>8.5 W m ⁻² pada 2100	setara dengan CO ₂ >1,370 pada 2100	Meningkat
RCP 4.5	~4.5 W m ⁻² stabil setelah 2100	setara dengan CO ₂ ~650 (stabil setelah 2100)	Stabil tanpa melampaui

Sumber : Moss *et al.*, 2010

Tabel 3. Proyeksi Konsentrasi CO₂ dan perubahan suhu global untuk *Reprecentative Concentration Pathways* (RCP) pada 2030, 2050 dan 2090

Lintasan emisi	Skenario	CO ₂	CO ₂	CO ₂	T	T	T
		(ppm) 2030	(ppm) 2050	(ppm) 2090	(°C) 2030	(°C) 2050	(°C) 2090
<i>Reprecentative Concentration Pathways</i> (RCP) 4.5	<i>Reprecentative Concentration Pathways</i> (RCP) 6.0 sampai pertengahan abad tapi puncak emisi terjadi sekitar tahun 2040	435	487	534	0.8 † (0.6–1.2)	1.2 † (0.8–2.0)	1.7 † (1.1–2.6)
<i>Reprecentative Concentration Pathways</i> (RCP) 8.5	Emisi dan konsentrasi CO ₂ terus meningkat seperti laju sekarang	449	541	845	0.9 † (0.7–1.4)	1.7 † (1.2–2.4)	3.6 † (2.6–4.8)

Sumber : (Sudmeyer *et al.*, 2016)

2.4 Hasil Proyeksi Iklim Dengan Menggunakan Skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP)

Contoh dari prediksi suhu dan curah hujan menggunakan skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) terdapat dalam beberapa penelitian. Di India dilaporkan bahwa *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC) tahun 2007 memproyeksikan di wilayah India suhu meningkat 1.8 sampai 4.0°C, suhu secara rata-rata meningkat mulai dari 2°C (*Representative Concentration Pathways* (RCP) 2.6) ke 4.8°C (*Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5) dari 1880an ke 2080an. Semua curah hujan di India diproyeksikan meningkat 6%, 10%, 9% dan 14% pada skenario masing-masing *Representative Concentration Pathways* (RCP) 2.6, *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5, *Representative Concentration Pathways* (RCP) 6.0 dan *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5. Dengan *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5 hasil padi pada pertengahan abad akan meningkat 1.09 ton/ha (17.13%) dan pada akhir abad 21 berkurang 855.5 kg/ha (13.32%). Secara efektif peningkatan suhu udara memperpendek umur tanaman, meningkatkan respirasi, lebih sedikit asimilasi per unit air yang dipakai, menurunkan absorpsi nutrisi, produksi bobot kering rendah dan menurunkan berat bulir (Dar *et al.*, 2017).

Proyeksi di China, curah hujan tahunan menggunakan skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) 2.6 dan *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 untuk dua periode kedepan adalah 1023.37 mm, (*Representative Concentration Pathways* (RCP) 2.6 pada pertengahan abad 21, 1079.91 mm (*Representative Concentration Pathways* (RCP) 2.6 pada akhir abad 21, 999.27mm (*Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 pada pertengahan abad 21, dan 1077.08mm (*Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 pada akhir abad 21 dan hasil ini mendekati data historis 1046.94 mm. Tidak ada peningkatan yang berarti untuk *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5 di pertengahan abad 21. Sedangkan untuk suhu maksimum *Representative Concentration Pathways* (RCP) 2.6 dan *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 memproyeksikan kenaikan 1.91°C - 1.99°C ; 2.12°C - 3.15°C dan 2.32°C - 5.31°C untuk *Representative Concentration*

Pathways (RCP) 8.5. Suhu minimum meningkat 1.64°C - 1.80°C (*Representative Concentration Pathways* (RCP) 2.6), 1.86°C - 2.88°C (*Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5), dan 2.10°C - 4.92°C (*Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5 (Wang *et al.*, 2020).

Dalam bidang pertanian, tiga skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) yaitu *Representative Concentration Pathways* (RCP) 2.6, *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5, and *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5 digunakan untuk mengevaluasi dampak perubahan iklim pada aliran permukaan dan evapotranspirasi dari tahun 2020-2050; hasilnya menunjukkan bahwa evapotranspirasi regional rata rata akan meningkat dalam ketiga skenario itu dan evapotranspirasi yang lebih tinggi berkaitan dengan skenario emisi yang lebih tinggi. Dibandingkan tahun 1990an, evapotranspirasi akan meningkat 6-10% pada tahun 2050 yang berarti lebih tinggi daripada kenaikan curah hujan yang ditunjukkan oleh skenario itu (Xing-Guo *et al.*, 2017).

Proyeksi iklim terbaru di Australia Barat menunjukkan suhu rata rata tahunan meningkat sebanyak 0.5 – 1.3°C menjelang tahun 2030 dengan skenario apapun dan 1.1 – 2.7°C dan 2.6 – 5.1°C pada akhir abad 21 menggunakan skenario emisi sedang dan tinggi. Curah hujan tahunan dari selatan ke timur Australia diproyeksikan menurun 6% menjelang 2030 dan 12% menjelang akhir abad untuk skenario menengah dan 5% dan 18% untuk skenario emisi tinggi.

Dampak perubahan iklim pada produktifitas pertanian akan beragam secara regional dan tergantung komoditas untuk beberapa menguntungkan yang lain mungkin merugikan. Perubahan curah hujan, suhu dan karbon dioksida (CO_2) dan variabel iklim lainnya akan mempengaruhi rata rata produktifitas, kualitas, dan siklus nutrisi tanaman (Sudmeyer *et al.*, 2016).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni- September 2020; selanjutnya data diolah di Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Wilayah yang akan diteliti adalah Provinsi Lampung. Provinsi Lampung secara geografis terletak antara 6° 45' - 3° 45' Lintang Selatan dan 103° 40' - 105° 50' Bujur Timur. Luas wilayah Provinsi Lampung adalah 35.288,35 km². Provinsi Lampung adalah salah satu provinsi dengan produksi tanaman pangan yang besar. Sebagai contoh, per tahun 2019, produksi padi di Provinsi Lampung sebesar 2.164.089,33 ton, jagung 2.374.384 ton, kedelai 12.318 ton.

Dalam penelitian ini wilayah penelitian akan diwakili oleh 52 titik. Sebaran titik sampel penelitian tertera pada Tabel 4 dan Gambar 2.

Tabel 4. Lokasi Pengambilan Sample Data Iklim.

No	Titik Pengamatan	Kabupaten	Lintang	Bujur
1	Panjang	Bandar Lampung	-5.437	105.285
2	Kemiling	Bandar Lampung	-5.406	105.218
3	Biha	Lampung Barat	-5.318	104.021
4	Krui	Lampung Barat	-5.201	103.934
5	Belalau	Lampung Barat	-4.980	104.180
6	Sekincau	Lampung Barat	-5.050	104.400
7	Balik Bukit	Lampung Barat	-4.861	104.576
8	Bukit Kemuning	Lampung Utara	-4.658	104.864
9	Bunga Mayang	Lampung Utara	-4.847	104.910
10	Kelapa Tujuh	Lampung Utara	-4.710	105.021
11	Tata Karya	Lampung Utara	-4.712	104.455
12	Kotabumi Selatan	Lampung Utara	-4.614	104.637
13	Kotabumi	Lampung Utara	-4.416	104.393
14	Abung Semuli	Lampung Utara	-5.073	105.135
15	Kasui	Way Kanan	-4.858	105.307
16	Tulung Buyut	Way Kanan	-5.039	105.278

17	Way Tuba	Way Kanan	-4.925	105.367
18	Bekri	Lampung Tengah	-4.853	105.403
19	Fajar Mataram	Lampung Tengah	-5.437	104.721
20	Punggur	Lampung Tengah	-5.370	104.990
21	Seputih Raman	Lampung Tengah	-5.355	104.971
22	Seputih Banyak	Lampung Tengah	-5.330	105.400
23	Terbanggi Besar	Lampung Tengah	-5.270	105.190
24	Gisting Atas	Tanggamus	-5.296	105.158
25	Semaka	Tanggamus	-5.591	105.518
26	Pugung	Tanggamus	-5.199	105.180
27	Panjerejo	Pringsewu	-5.067	105.408
28	Pringsewu	Pringsewu	-5.066	105.359
29	Pajaresuk	Pringsewu	-5.483	105.746
30	Podorejo	Pringsewu	-5.004	105.489
31	Pagelaran	Pringsewu	-5.117	105.298
32	Bergen	Lampung Selatan	-4.518	105.082
33	Branti	Lampung Selatan	-4.613	105.236
34	Rejosari	Lampung Selatan	-4.026	105.250
35	Sidodadi	Lampung Selatan	-5.172	105.181
36	Jati Agung	Lampung Selatan	-5.303	105.336
37	Tegineneng	Pesawaran	-5.120	105.130
38	Bumi Agung	Pesawaran	-5.180	105.140
39	Way Lima	Pesawaran	-5.423	105.020
40	Pekalongan	Lampung Timur	-5.067	105.616
41	Ganti Warno	Lampung Timur	-5.030	105.370
42	Jabung	Lampung Timur	-5.380	105.710
43	Taman Bogo	Lampung Timur	-5.030	105.550
44	Purbolinggo	Lampung Timur	-4.965	105.511
45	Way Bungur	Lampung Timur	-4.901	105.535
46	Raman Utara	Lampung Timur	-4.980	105.490
47	Labuhan Ratu	Lampung Timur	-5.132	105.664
48	Metro	Kota Metro	-5.160	105.300
49	Panaragan Jaya	Tulang Bawang Barat	-4.520	105.091
50	Astra Ksetra	Tulang Bawang	-4.396	105.406
51	Simpang Pematang	Mesuji	-3.972	105.183
52	Mesuji	Mesuji	-4.010	105.310

Sumber: BMKG Stasiun Klimatologi Pesawaran Lampung



Gambar 2. Titik Lokasi Sampel dan Pengamatan

3.2 Data dan Alat

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data curah hujan harian observasi periode tahun 1975-2019 dari 52 pos hujan di Provinsi Lampung. Data curah hujan periode 1975-2005 ini digunakan sebagai *baseline* untuk mengkoreksi data yang dihasilkan model, sedangkan data curah hujan harian periode 2010-2019 digunakan untuk mengetahui keadaan pada masa sekarang. (Sumber: BMKG Stasiun Klimatologi Pesawaran Lampung).
2. Data curah hujan bulanan periode tahun 1975-2019 juga digunakan untuk menentukan klasifikasi iklim Oldeman. Data dibagi dalam 2 periode 1975-2005 dan 2010-2019. (Sumber: BMKG Stasiun Klimatologi Pesawaran Lampung).
3. Data suhu udara harian observasi periode 1975-2019 dari BMKG Stasiun Meteorologi Radin Inten II Lampung dan BMKG Stasiun Meteorologi Depati Parbo Kerinci Jambi (mewakili lokasi dataran tinggi). Data suhu udara ini

digunakan untuk mengkoreksi data yang dihasilkan model serta digunakan untuk perhitungan nilai evapotranspirasi dalam neraca air lahan

4. Data panjang hari diduga berdasarkan hari dalam setahun dan posisi lintang Provinsi Lampung dari tabel panjang hari (Sumber: (FAO, 1998)).
5. Data koefisien tanaman (kc) beberapa tanaman pangan (Sumber: (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998)).
6. Data Titik Layu Permanen (Wilting Point : WP) dan Kapasitas Lapang (Field Capacity : FC) Provinsi Lampung didapat dari pengambilan sample tanah di lapang dan pengujian laboratorium.
7. Data model skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dan *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5 berupa data suhu udara dan curah hujan dengan format netCDF (.nc) dari model CORDEX-SEA dengan akurasi 25 km x 25 km pada periode 1975-2005 dan 2020-2049. Data *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dan *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5 tersebut kemudian dibagi kedalam 2 periode yakni periode baseline (1975-2005) dan periode proyeksi (2020-2049) (Sumber: Pusat Informasi Perubahan Iklim BMKG).
8. Peta dasar Rupa Bumi Indonesia 2017 dan Peta dasar Tematik tahun 2018 (Sumber : Badan Informasi Geospasial)

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Aplikasi pengolah angka (spreadsheet) untuk pengolahan data beserta data proyeksinya.
2. Aplikasi R untuk mengekstrak data skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dan *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5 yang berformat netCDF menjadi data *numeric*.
3. Software pemetaan spasial yaitu QGIS yang digunakan untuk pemetaan spasial.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Berikut adalah alur kerja dalam penelitian ini tertera pada akhir bab III.

3.3.1 Analisa perubahan iklim Provinsi Lampung melalui evaluasi klasifikasi iklim Oldeman

Oldeman membuat sistem klasifikasi yang dihubungkan dengan pertanian khususnya tanaman pangan. Dengan mempertimbangkan kebutuhan air untuk tanaman pangan Oldeman menetapkan bulan basah (BB) adalah hujan bulanan jangka panjang ≥ 200 mm dan bulan kering (BK) adalah hujan bulanan jangka panjang < 100 mm.

Setelah rata-rata hujan bulanan didapatkan dari rangkaian data sepanjang minimal 10 tahun ditentukan apakah nilai rata-rata itu termasuk BB atau BK untuk semua bulan dalam 1 tahun. Dari rangkaian itu dihitung berapa panjang rangkaian (bulan) yang termasuk BB (tanpa terputus BK) dan berapa panjang rangkaian (bulan) yang termasuk BK (tanpa terputus BB).

Tipe utama klasifikasi Oldeman dibagi menjadi 5 tipe yang didasarkan pada bulan basah berturut-turut yaitu:

Tipe A : > 9 bulan basah berturut-turut

Tipe B : 7 – 9 bulan basah berturut-turut

Tipe C : 5 – 6 bulan basah berturut-turut

Tipe D : 3 – 4 bulan basah berturut-turut

Tipe E : < 3 bulan basah berturut-turut

Sedangkan subdivisinya dibagi menjadi 4 yang didasarkan pada bulan kering berturut-turut yaitu:

Sub 1 : < 2 bulan kering berturut-turut

Sub 2 : 2 – 4 bulan kering berturut-turut

Sub 3 : 5 – 6 bulan kering berturut-turut

Sub 4 : > 6 bulan kering berturut-turut

Dalam hubungannya dengan pertanian maka Oldeman mengemukakan penjabaran untuk tiap-tiap tipe agroklimat sebagai berikut:

- A : Sesuai untuk padi terus menerus tetapi produksi kurang karena pada umumnya intensitas radiasi surya rendah sepanjang tahun
- B1: Sesuai untuk padi terus menerus, perlu direncanakan mulai tanamnya. Produksi tanaman akan tinggi bila panen jatuh pada musim kering
- B2: Dapat ditanam dua kali padi setahun dengan varietas unggul umur pendek, musim kering yang pendek cukup untuk tanaman palawija
- C1: Tanaman satu kali padi dan palawija dapat dua kali setahun
- C2: Hanya dapat satu kali padi, palawija yang kedua harus hati-hati jangan jatuh pada bulan kering
- D1: Dapat ditanam padi dengan varietas umur pendek (genjah); produksi tinggi karena intensitas radiasi surya tinggi, waktu untuk menanam palawija cukup.
- D2: Hanya mungkin satu kali padi atau satu kali palawija, tergantung pada ketersediaan air irigasi
- E : Daerah ini pada umumnya terlalu kering, mungkin hanya dapat satu kali palawija dan tergantung pada turunnya hujan.

Untuk mengetahui apakah telah terjadi perubahan iklim maka klasifikasi iklim akan dilakukan dalam 2 periode yaitu dari tahun 1975- 2005 dan 2010-2019.

3.3.2 Perhitungan Evapotranspirasi

Untuk menghitung evapotranspirasi digunakan data rata-rata curah hujan bulanan dan suhu rata-rata bulanan menggunakan metode Thorntwaite & Matter (1957) dengan persamaan sebagai berikut :

- a. Menghitung indeks panas (i) bulanan :

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

Ket : t = suhu udara rata – rata

- b. Menghitung indeks panas (I) tahunan dari Januari – Desember :

$$I = \sum_{Jan}^{Des} i$$

- c. Menghitung ETP Baku :

$$ETP Baku = 1,6 \left(\frac{10t}{I} \right)^a$$

Ket: ETP adalah ETP baku rata-rata bulanan (mm) dimana,

$$a = 6.75 \times 10^{-7} - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 0.01792 I + 0.49239$$

- d. Koreksi ETP Baku :

Apabila waktu penyinaran matahari tidak 12 jam/hari dan jumlah hari dalam satu bulan tidak 30 hari, maka hasil hitungan ETP baku harus dikoreksi sesuai dengan letak garis lintang (menentukan panjang hari pada bulan tertentu) dan jumlah hari dalam satu bulan tertentu. Rumus ETP koreksi untuk jumlah hari dan panjang hari adalah sebagai berikut:

$$Koreksi ETP Baku = \left(\frac{X}{30} \right) \left(\frac{Y}{12.1} \right) ETP Baku$$

Ket: X = jumlah hari dalam satu bulan tertentu

Y = panjang hari pada bulan tertentu sesuai dengan lintang tempat

3.3.3 Analisa neraca air dan waktu tanam

Adapun langkah pengisian tabel neraca air menurut Nuryadi (2016) tertera pada tabel 5.

Tabel 5. Neraca air lahan bulanan

Variable	CH	Etp	CH - Etp	APWL	KAT	Dkat	Eta	Defisit	Surplus
Bulan									
Jan									
Feb									
Mar									
Apr									
Mei									
Jun									
Jul									
Agt									
Sep									
Okt									
Nov									
Des									

Keterangan tabel:

- Kolom curah hujan(CH)
Diisi dengan data CH rata-rata bulanan.
- Kolom evapotranspirasi potensial(ETP)
Diisi dengan hasil pendugaan ETP menggunakan persamaan Thorntwaite & Matter.
- Kolom CH –ETP
Diisi dengan selisih nilai curah hujan dan evapotranspirasi potensial.
- Kolom Accumulation Potential of Water Loss (APWL)
Diisi dengan penjumlahan nilai CH – ETP yang negatif secara berurutan bulan demi bulan.
- Kolom Ketersediaan Air Tanah (KAT)
Pengisian kolom KAT dimulai pada bulan pertama terjadi APWL dengan hitungan:

$$\mathbf{KAT} = \mathbf{KL} \times \mathbf{k}^{|\mathbf{APWL}|}$$

dimana:

$$\mathbf{k} = \mathbf{p0} + \mathbf{p1} / \mathbf{KL}$$

$$\mathbf{p0} = 1,000412351$$

$$\mathbf{p1} = -1,073807306$$

Kemudian kolom KAT bulan pertama dimana $CH - ETP$ bernilai positif (tidak terjadi APWL) diisi dengan:

$$KAT = KAT_{\text{terakhir}} + CH - ETP$$

Sejak bulan tersebut selama hujan masih berlebihan nilai KAT tetap konstan, yaitu sama dengan KL.

f. Kolom Perubahan KAT (dKAT)

Nilai dKAT bulan tersebut adalah KAT bulan tersebut dikurangi KAT bulan sebelumnya. Nilai positif menyatakan perubahan kandungan air tanah yang berlangsung pada $CH > ETP$ (musim hujan), penambahan berhenti bila $dKAT=0$ setelah KL tercapai. Sebaliknya bila $CH < ETP$ atau dKAT negatif, maka seluruh CH dan sebagian KAT akan dievapotranspirasikan.

g. Kolom Evapotranspirasi Aktual (ETA)

Bila $CH > ETP$ maka $ETA = ETP$ karena ETA mencapai maksimum.

Bila $CH < ETP$ maka,

$$ETA = CH + dKAT$$

karena seluruh CH dan dKAT seluruhnya akan dievapotranspirasikan.

h. Defisit

Defisit berarti berkurangnya air untuk dievapotranspirasikan sehingga,

$$D = ETP - ETA$$

berlangsung pada musim kemarau.

i. Surplus

Surplus berarti kelebihan air ketika $CH > ETP$ sehingga,

$$S = CH - ETP - D_{\text{kat}}$$

berlangsung pada musim hujan.

3.3.4. Ekstraksi Data Model *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dan 8.5

Data curah hujan dan suhu udara untuk periode 1975-2006 dan 2020-2049 diperoleh dari data model skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dan *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5. Data model skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 dan *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5 yang diperoleh dari Pusat

Perubahan Iklim BMKG memiliki format ekstensi netCDF (Network Common Data Form). NetCDF adalah satu set *library* yang didalamnya sudah terdapat keterangan tentang data dan metadata (*self-describing file, SDF*), dengan format, dan akses yang berorientasi pada data ilmiah berbentuk *array* atau matriks (Sepriando and Trisantikawaty, 2016). Sementara pengolahan angka dilakukan dengan aplikasi berbasis numerik, maka data model harus diekstraksi. Ekstraksi data adalah suatu proses pemisahan data dalam suatu basis data dengan bantuan *software*, dalam prosesnya seringkali dilakukan pula pengubahan format data. Dalam penelitian ini ekstraksi data model dilakukan dengan menggunakan *software* R. proses ekstraksi membutuhkan *script* dengan format ekstensi (.R) agar dapat dijalankan dalam *software* R.

3.3.5. Ketersediaan air dan luas lahan tanaman pangan menggunakan data hasil proyeksi perubahan iklim

Hasil perhitungan kemudian ditentukan kesesuaiannya sesuai dengan kriteria ketersediaan air yang ada. Hasil penilaian dispasialkan dalam bentuk peta dengan *software* QGIS yang kemudian akan ditetapkan ketersediaan air berdasarkan luasan untuk lahan kosong tanpa komoditas, komoditas padi, jagung dan ubi kayu di tiap kabupaten di Provinsi Lampung.

Penentuan luas lahan tanam untuk tiap komoditas menggunakan overlay hasil spasial dari luasan ketersediaan air dan peta tematik administrasi kabupaten di Provinsi Lampung. Hasil overlay antara peta ketersediaan air dengan peta tematik administrasi menghasilkan luasan lahan penanaman tiap komoditas berdasarkan kriteria ketersediaan air untuk tiap kabupaten di Provinsi Lampung (Satuan km²). Hasil ditampilkan dalam bentuk tabel jumlah dan rata-rata luasan tahunan tiap komoditas pada masing-masing kabupaten di Provinsi Lampung.

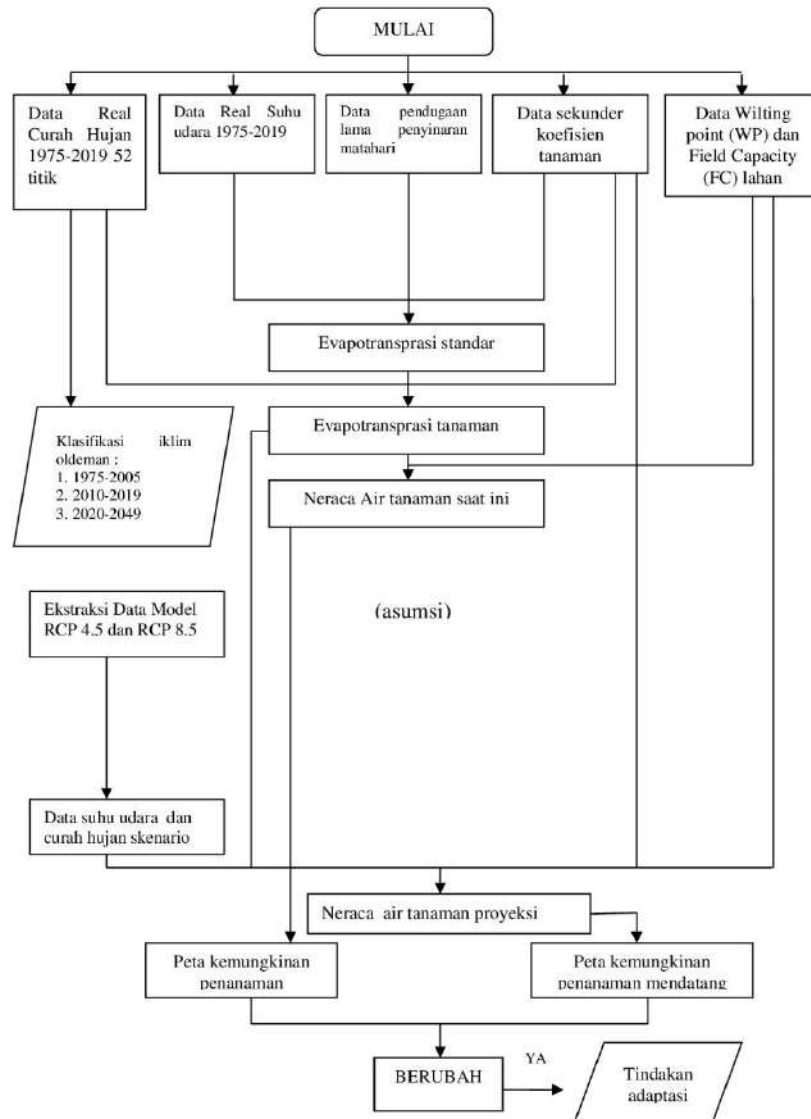
3.3.6. Jadwal tanam masing-masing komoditas

Jadwal tanam ditentukan berdasarkan masa tanam komoditas dicocokkan dengan ketersediaan air pada rentang waktu tanam. Satu kali masa tanam komoditas padi dan jagung membutuhkan 120 hari (Doorenbros dan Kassaam (1979) dalam

Subagyono *et al* (2004)) sedangkan satu kali masa tanam komoditas ubi kayu membutuhkan 270 hari (FAO, 2016). Jadwal tanam dalam penelitian ini hanya dianalisa berdasarkan air tersedia sebagai syarat tumbuh tanaman.

Buckman and Brady (1969) dalam Nadapdap (2008) mengemukakan untuk menjamin pertumbuhan tanaman yang baik, air harus ditambahkan jika 50-85% dari air tersedia telah habis terpakai. Berdasar hal tersebut, maka ditetapkan periode masa tanam adalah periode pada saat ketersediaan air tanah (KAT) tidak kurang dari 50% air tersedia. Data curah hujan dan evapotranspirasi yang didukung oleh sifat fisik tanah akan dapat memberikan keterangan penting tentang ketersediaan air tanah yang dapat diperoleh, guna penentuan jadwal tanam yang kesemuanya itu dapat dianalisis melalui perhitungan neraca air.

ALUR KERJA PENELITIAN



V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Berdasarkan klasifikasi iklim oldeman terlihat ada gejala perubahan iklim. Periode 2010-2019 terlihat lebih kering daripada periode 1976-2005.
2. Perubahan suhu dan curah hujan nyata teramati pada penelitian ini. Suhu mempunyai trend naik untuk semua sampel yang dipilih mewakili dataran rendah dan dataran tinggi. Curah hujan mempunyai trend naik pada periode tahunan dan 3 bulanan, kecuali untuk beberapa pos memiliki trend turun yang belum diketahui penyebabnya.
3. Hasil penelitian mendapatkan hasil ketersediaan air tanah bertambah pada periode 2020-209 berdasarkan dua data skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP) yang digunakan.
4. Luasan penanaman mengalami perubahan yaitu menjadi lebih banyak lahan yang bisa ditanami untuk periode 2020-2049. Hasil *Representative Concentration Pathways* (RCP) 4.5 menghasilkan pertumbuhan luasan lahan kriteria 'sangat cukup' 0.2-0.5% dibandingkan dengan periode 2010-2019, sedangkan hasil *Representative Concentration Pathways* (RCP) 8.5 menghasilkan pertumbuhan luasan lahan kriteria 'sangat cukup' 0.09-0.4% dibandingkan dengan periode 2010-2019.
5. Jadwal tanam komoditas mengalami perubahan yang signifikan untuk Musim Tanam 3 (MT 3). Komoditas padi bisa tanam MT3 untuk 5 kabupaten dengan scenario RCP 4.5 dan 2 kabupaten untuk scenario RCP 8.5. Komoditas jagung bisa tanam MT 3 untuk 14 kabupaten dengan scenario RCP 4.5 dan 10 kabupaten untuk scenario RCP 8.5.

5.2 Saran

1. Karena penelitian ini terbatas pada *Reprecentative Concentration Pathways* 4.5 dan *Reprecentative Concentration Pathways* 8.5 maka perlu dikaji dengan *Reprecentative Concentration Pathways* yang lain dengan metode yang berbeda.
2. Dalam penelitian ini hanya menggunakan dua lokasi untuk data suhu udara karena keterbatasan ketersediaan data, oleh karena itu perlu untuk mencari data yang lebih real sesuai tempat yang diteliti agar olahan data yang dihasilkan lebih akurat.
3. Perlu dipertahankan luas lahan penanaman di masa mendatang dari alih fungsi lahan menjadi tidak produktif untuk penanaman komoditas.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, K and Iwan R,. 2017. Kajian tingkat kerentanan bencana kekeringan pertanian di kabupaten Demak. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 19 (1), 9–16.
- Apriyana, Y and Tigia, E.K. 2015. Variabilitas iklim dan dinamika waktu tanam padi di wilayah pola hujan monsunal dan equatorial. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversity Indonesia 1* (April), 366–372.
- Ayu, I.E., Sugeng, P., dan Soemarno. 2013. Evaluasi Ketersediaan Air Tanah Lahan Kering di Kecamatan Unter Iwes, Sumbawa Besar. *Jurnal Pembangunan dan Alam Lestari*. Volume 4 Nomor 1, 18-25.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2013. *Luas panen, produksi, dan produktivitas tanaman jagung, 2010 – 2013*. . Website: <https://lampung.bps.go.id/dynamictable/2017/03/30/191/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-tanaman-jagung-2010---2013.html> [Accessed: 17 April 2020].
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2015. *Luas panen, produksi, dan produktivitas padi sawah dan padi ladang menurut kabupaten/kota di Provinsi Lampung*. . Website: <https://lampung.bps.go.id/dynamictable/2017/03/30/190/luas-panen-produksi-dan-produktivitas-padi-sawah-dan-padi-ladang-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-lampung-2015.html> [Accessed: 17 April 2020].
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2017. *Jenis tanaman yang dilaporkan berserta produksinya*. . Website: <https://lampung.bps.go.id/subject/53/tanaman-pangan.html#subjekViewTab1> [Accessed: 22 Maret 2020].

- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2020. *Provinsi Lampung dalam angka*. Website:
<https://lampung.bps.go.id/publication/2020/02/28/3054342c526c4d70c152ba4a/provinsi-lampung-dalam-angka-2020--penyediaan-data-untuk-perencanaan-pembangunan.html> [Accessed: 10 June 2020].
- Badan Urusan Logistik. 2018. *Ketahanan Pangan*. . Website:
<http://www.bulog.co.id/ketahananpangan.php> [Accessed: 24 April 2020].
- Bangun, Y., Bistok, H.S., dan Alfred, J.S., 2021. Analysis of Changes in Rice Land Use in 2008-2018. *LA GEOGRAFIA VOL. 19 NO 3*, 302-315,
- Dar, M.D., Rajan, A., Samanpreet. K. 2017. Effect of climate change scenarios on yield and water balance components in rice-wheat cropping system in central Punjab, India. *Journal of Agrometeorology*. 19 (3), 226–229.
- Estiningtyas, W, and Muhammad, S., 2017. Pengaruh perubahan iklim terhadap produksi padi di lahan tadah hujan. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 18 (2), 83–93.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - *FAO Irrigation and drainage paper 56*. . Website:
<http://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm> [Accessed: 17 April 2020].
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. Water Management of Cassava - *Save and Grow: Cassava* . Website:
<http://www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/en/4/index.html>
 [Accessed: 10 Agustus 2021].
- Hatfield, J. L., K. J. Boote, B. A. Kimball, L. H. Ziska, R. C. Izaurralde, D. Ort, A. M. Thomson, and D. Wolfe., 2011. Climate impacts on agriculture: Implications for crop production. *Agronomy Journal*, 103 (2), 351–370.
- Hayhoe, K., J., Edmonds, R.E. Kopp, A.N. LeGrande, B.M. Sanderson, M.F. Wehner, and D.J. Wuebbles., 2017. *Climate models, scenarios, and projections. In: Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I*. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, pp. 133-160.

Hukom, E., Lily, M.L., dan Ussy A., 2012. Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Optimaasi Ketersediaan Air di irigasi Way Mital Propinsi Maluku. *Jurnal Teknik Pengairan*. Volume 3 Nomor 1, 24-32.

IPCC, 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

IPCC, 2014. *Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. *Mengenai Perubahan Iklim*. . Website: <http://ditjenppi.menlhk.go.id/kcpi/index.php/info-iklim/perubahan-iklim> [Accessed: 17 April 2020].

Kementerian Pertanian. 2015. *PERATURAN MENTERI PERTANIAN REPUBLIK INDONESIA Nomor 19/Permentan/HK.140/4/2015 tentang Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2015-2019*. Kementerian Pertanian.

Kementerian Pertanian. 2018. *Produksi Beras 2018*. Website : <https://www.pertanian.go.id/home/?show=news&act=view&id=2614> [Accesed : 17 April 2020].

Khudori, 2011. Sistem pertanian pangan adaptif perubahan iklim. *PANGAN*, 20 (2), 105–119.

Kusumawardhani, I.D., and Rahmat, G., 2015. Analisis perubahan iklim berbagai variabilitas curah hujan dan emisi gas metana (CH₄) dengan metode grid analysis and display system (Grads) di kabupaten Semarang. *Youngster Physics Journal*, 4 (1), 49–54.

Manik, T. K. and Syarifah. S., 2017. Comparative vulnerability assessment of urban heat islands in two tropical cities in Indonesia. *British Journal of Environment and Climate Change*, 7 (2), 119–134.

- Manik, T.K., Bustomi, R., Onny, C.P.P., Purba, S., 2018. Engaging Farmers community in climate change response and adaptation plans: in Sub-district Sedayu, Lampung Province, Indonesia. *International journal of Rural Development, Environment and Health Research*, 2 (1), 18–25.
- Maulana, M., 2004. Peranan Luas Lahan, Intensitas Pertanaman Dan Produktivitas Sebagai Sumber Pertumbuhan Padi Sawah Di Indonesia 1980 –2001. *Jurnal Agro Ekonomi* Volume 22 No.1, 74 -95
- Moss, R.H., J.A. Edmonds., K.A. Hibbard., M.R. Manning., S.K. Rose., D.P. van Vuuren.,T.R. Carter., S.Emori., Mikiko Kainuma., T.Kram., G.A. Meehl., J.F.B. Mitchell., N.Nakicenovic., K.Riahi., S.J. Smith., R.J. Stouffer., A.M. Thomson., J.P. Weyant., and T.J. Wilbanks., 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463 (7282), 747–756.
- Nadapdap, M. 2008. *Evaluasi Kesesuaian Lahan Di Desa Rumah Pilpil Kec. Sibolangit Kab. Deli Serdang Untuk Tanaman Mangga (Mangifera Spp), Sirsak (Annona Muricata L.) Dan Jambu Mete (Anacardium Occidentale L.) [skripsi]. Universitas Sumatra Utara. Medan.*
- Nazarenko, L., G. A. Schmidt., R. L. Miller., N. Tausnev., M. Kelley., R. Ruedy.,I. Aleinov., M. Bauer., S. Bauer., R. Bleck., V. Canuto., Y. Cheng., T. L. Clune., G. Faluvegi., J. E. Hansen., R. J. Healy., N. Y. Kiang., D. Koch., A. A. Lacis., J. Lerner., K.K.Lo., S. Menon., V. Oinas., J. Perlwitz., M. J. Puma., G. L. Russell., A. D. Del Genio., A. N. LeGrande., D. Rind., M. Sato., D. T. Shindell., S. Sun., K. Tsigaridis., N. Unger., A. Voulgarakis., and J. Zhang., 2015. Future climate change under RCP emission scenarios with GISS ModelE2. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 7, 244-267.
- Nuryadi, 2016. Analisis Iklim Untuk Penyusunan Peta Rawan Kekeringan (Cara Pembobotan). *Bahan Ajar Prodi Klimatologi Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*. Tangerang Selatan.
- Prather, K.A., T.H. Bertram., V.H. Grassian., G.B. Deane., M.D. Stokes., L.I. Aluwihare., B.P. Palenik., F.Azam., J.H. Seinfeld., R.C. Moffet., C.D. Cappa., F.M. Geiger., G.C. Roberts., L.M. Russell., J. Baltrusaitis., D.B. Collins., C.E. Corrigan., L.A. Cuadra-Rodriguez., P.J. DeMott, M.J.

Molina., A.P. Ault., S.D. Forestieri., T.L. Guasco., S.P. Hersey., M.J. Kim., C.J. Ebben., W.F. Lambert., W.Mui., B.E. Pedler., M.J. Ruppel., O.S. Ryder., N.G. Schoepp and D. Zhao., 2013. Bringing the ocean into the laboratory to probe the chemical complexity of sea spray aerosol. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110 (19), 7550–7555.

Puslitbang Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2017. *Seaclid*. Website: <http://puslitbang.bmkg.go.id/litbang/seaclid/> [Accessed: 17 March 2020].

Ruminta. 2016. Kerentanan dan risiko penurunan produksi tanaman padi akibat perubahan iklim di Kabupaten Indramayu Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil PPM IPB 2016*, 62–76.

Santoso, A.B., 2015. Pengaruh perubahan iklim terhadap produksi tanaman pangan di Provinsi Maluku. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 35 (1), 29-37.

Sepriando, A., and Rena, T., 2016. Pengolahan data radar cuaca format netcdf menggunakan bahasa program python pengolahan data radar cuaca format netcdf menggunakan bahasa program python. *Prosiding Workshop Operasional Radar Cuaca 2016*, 29-33.

Singal, R.Z. 2017. Studi pengembangan peta evapotranspirasi potensial dengan sistem informasi geografis (SIG) untuk wilayah Jawa Timur. *Tesis*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 180 hlm.

Subagyono, K., Ai, D., Elsa, S., dan Undang, K., 2004. Pengelolaan Air Tanah Sawah. *Tanah Sawah dan Pengelolaannya : Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat Departemen Pertanian*, 223 – 257.

Sudarma, I.M., and Abd. Rahman, A., 2018. Dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian di provinsi Bali. *SOCA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 12 (1), 87-98.

Sudmeyer, R., A. Edward., V. Fazakerley., L. Simpkin and I. Foster., 2016, Climate change: impacts and adaptation for agriculture in Western Australia.

Bulletin 4870, Department of Agriculture and Food, Western Australia, Perth.

- Supangat,A.B., 2016. Analisis Perubahan Nilai Pendugaan Evapotranspirasi Potensial Akibat Perubahan Iklim Di Kawasan Hutan Tanaman *Eucalyptus Pellita*. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS 2016 : Upaya Pengurangan Risiko Bencana Terkait Perubahan Iklim*, 112-122.
- Suryadi,Y., Denny, N.S., and Hadiyanto., 2017. Identification of temperature and rainfall change and its projections in Semarang City. *Proceeding Biology Education Conference*, 14 (1), 241–246.
- Susanti, I., Fanny, A.P., Bambang, S., Sri, K., dan Laras,T., 2018. Dinamika Evapotranspirasi Akibat Perubahan Iklim (Evapotranspiration Dynamic In Climate Change). *Berita Dirgantara* Vol. 19 No. 2, 51-58.
- Sutikno., R.Boer., A. Bey., K.A. Notodiputro dan I. Las., 2010. Model ramalan produksi padi dengan menggunakan indeks hujan terboboti di kabupaten Subang, Karawang, dan Indramayu. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 32, 29–41.
- Thorntwaite, C.W and Mather. J.B. 1957. *Instruction and Table for Computing Potential Evapotranspiration and the Water*. Drexel Inst. of Tech. Lab. of Climatology.
- Wang, J., L. Hu., D.Li., and M.Ren., 2020. Potential impacts of projected climate change under CMIP5 RCP Scenarios on Streamflow in the Wabash River Basin. *Advances in Meteorology*.
- Wayne, G., 2013. *The Beginner's Guide to Representative Concentration Pathways*. Sceptical Science Version 1.0. Website: <https://www.skepticalscience.com/>.
- Weiland, F.C.S., L. P. H. van Beek., J. C. J. Kwadijk., and M. F. P. Bierkens., 2010. The ability of a GCM-forced hydrological model to reproduce global discharge variability. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14 (8), 1595–1621.

Xing-Guo., S. HU, Z. LIN., S. LIU., J. XIA., 2017. Impacts of climate change on agricultural water resources and adaptation on the North China Plain. *Advances in Climate Change Research*, 8 (2), 93–98.

Yan, W., G. William., and Y.K.Jo., 2020. Status of Climate Change Adaptation in Northeast Asian Region. *Springer Climate*, pp 69–96.