



KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KEHUTANAN
**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PERUBAHAN IKLIM DAN KEBIJAKAN**



www.dephut.litbang.puspajak.go.id
atau www.puspajak.org

Sintesis Penelitian Integratif

Adaptasi Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya Masyarakat terhadap Perubahan Iklim

Oleh:

Niken Sakuntaladewi
Dewi Ratna Kurnia Sari
Rina Laksmi
Nunung Nugroho
Lukas Rumboko Wibowo
Endang Savitri
Purwanto





KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KEHUTANAN
PUSAT LITBANG PERUBAHAN IKLIM DAN KEBIJAKAN

Sintesis Penelitian Integratif

Adaptasi Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya Masyarakat terhadap Perubahan Iklim

Oleh:

Dr. Ir. Niken Sakuntaladewi, MSc. (Ketua)

Dr. Lukas Rumboko (anggota)

Dr. Ir. Endang Savitri, M.Sc (anggota)

Nunung Puji Nugroho, S. Hut., M.Sc., Ph.D (anggota)

Ir. Purwanto, M.Si. (anggota)

Dewi Ratna Kurnia Sari, S.Hut., M.Si. (anggota)

Bogor, Desember 2014

Sintesis Penelitian Integratif Adaptasi Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya Masyarakat terhadap Perubahan Iklim

Pengarah:

Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan

Penanggung jawab:

Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan

Editor:

1. Niken Sakuntaladewi
2. Dewi Ratna Kurnia Sari

Kontributor:

Agung Budi Supangat	Budi Leksono	Mellianus wanaha	Siswo
Alin Maryanti	Budyanto dwi prasetyo	Mirna Aulia Pribadi	Susan T. Salosa
Arina Miardini	Dedi Setiadi	Nur Hidayati	Suwandi
Aris Boediyono	Diny Hartiningtias	Nurul L. Winarni	Tigor Butar Butar
Asep Hermawan	Edi Sulasmiko	Pebriyanti Kurniasih	Ugro Hari Murtiono
Asri Insiana Putri	Eko pujiono	Purwanto	Yanto Rochmayanto
Badzlina Amalia	Gunawan	Ragil Bambang WMP	Yunus meto
Bambang Dwi Atmoko	Henri Supriyanto	Rahman kurniadi	
Bartholomeos benu	Irfan B. Pramono	Retno setyowati	
Beny Harjadi	John b. Modena	Rina Laksmi Hendrati	

ISBN: 978-602-7672-61-1

© 2014 Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan,
Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang memperbanyak buku ini sebagian atau seluruhnya, baik dalam bentuk fotocopy, cetak, mikrofilm, elektronik maupun bentuk lainnya, kecuali untuk keperluan pendidikan atau non-komersial lainnya dengan mencantumkan sumbernya sebagai berikut:

Sakuntaladewi, N., dan Sari, D.R.K., (Ed.). 2014. Sintesis Penelitian Integratif Adaptasi Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya Masyarakat terhadap Perubahan Iklim. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor, Indonesia.

Diterbitkan oleh:

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan – Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16118, Indonesia
Telp/Fax: +62-251 8633944/+62-251 8634924
Email: publikasipuspijak@yahoo.co.id;
website: <http://puspijak.litbang.dephut.go.id> atau www.puspijak.org

Kata Pengantar

Alhamdulillah *rabbil alamin*, segala puja dan puji hanya untuk Allah Tuhan Seru Sekalian Alam, yang telah melimpahkan rahmatNya dalam berbagai bentuk sehingga kami berhasil menyelesaikan tugas menyusun sintesis penelitian integrative tahun 2010 – 2014.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan bertanggung jawab atas pelaksanaan 7 (tujuh) RPI yaitu: 1) Manajemen Lanskap Hutan Berbasis DAS, 2) Pengembangan Hutan Kota/Lanskap Perkotaan, 3) Ekonomi dan Kebijakan Pengurangan Emisi dari Deforestasi dan Degradasi, 4) Pengembangan Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Kehutanan (*Inventory*), 5) Adaptasi Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya terhadap Perubahan Iklim, 6) Penguatan Tata Kelola Kehutanan, 7) Penguatan Tata Kelola Industri dan Perdagangan Hasil Hutan. Ketujuh RPI diatas merupakan penjabaran lebih lanjut dari 3 (tiga) tema penelitian (lanskap, perubahan iklim dan kebijakan) dari roadmap penelitian kehutanan 2010-2014.

Sintesis Penelitian Integratif Adaptasi Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya terhadap Perubahan Iklim telah menghasilkan beberapa output dan outcome berupa poster, prosiding, jurnal, dan Policy Brief.

Dengan telah tersusunnya Sintesis ini, kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Koordinator RPI Dr Niken Sakuntaladewi dan Tim Penyusun, Pencermat Bapak Prof Dr Herry Purnomo, dan Kepala Bidang Program dan Evaluasi Penelitian beserta staf yang telah memfasilitasi penyusunan Sintesis ini.

Semoga Sintesis Rencana Penelitian Integratif ini memberikan manfaat bagi semua pihak.

Bogor, Desember 2014

Dr.Ir. Kirsfianti L. Ginoga, M.Sc
NIP. 19640118 199003 2001

Sambutan

Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan

Pertama-tama sebagai Kepala Badan Litbang Kehutanan, terlebih dahulu saya ingin mengajak semua unsur Badan Litbang Kehutanan untuk senantiasa memanjatkan puji dan syukur kepada Allah SWT, atas limpahan rahmatNya sehingga Sintesis Penelitian Integratif ini akhirnya selesai setelah perjalanan panjang pelaksanaan penelitian sejak tahun 2010 – 2014.

Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan telah mengambil langkah strategis dengan menetapkan Rencana Penelitian Integratif (RPI) 2010-2014, sesuai dengan prioritas kebijakan kementerian dan Roadmap Penelitian dan Pengembangan Kehutanan 2010-2025.

Program Penelitian yang menjadi tanggung jawab Pusat Penelitian Perubahan Iklim dan Kebijakan Kehutanan (Puspajak) meliputi Program Lanskap, Program Perubahan Iklim, dan Program Kebijakan. Sintesis Penelitian Integratif ini menjadi bagian dari Program-Program tersebut, dan meliputi: 1) Manajemen Lanskap Hutan, 2) Pengembangan Hutan Kota/Lanskap Perkotaan, 3) Ekonomi dan Kebijakan Pengurangan Emisi dari Deforestasi dan Degradasi, 4) Pengembangan Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Kehutanan, 5) Adaptasi Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya terhadap Perubahan Iklim, 6) Penguatan Tata Kelola Kehutanan, dan 7) Penguatan Tata Kelola Industri dan Perdagangan Hasil Hutan.

Penyusunan Sintesis Penelitian Integratif lingkup Puspajak merupakan bentuk pertanggungjawaban Koordinator dan tim peneliti yang terlibat dalam kegiatan PI yang telah dilaksanakan dengan melibatkan Unit Pelaksana Teknis Badan Litbang seluruh Indonesia sejak. Sintesis ini menyajikan ringkasan output dan outcome yang telah dihasilkan dalam bentuk iptek dan inovasi serta rekomendasi kebijakan untuk pengambil keputusan dan praktisi di lapangan, termasuk para pihak yang berkepentingan dengan pembangunan lanskap yang berkelanjutan.

Akhirnya, kami menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada semua pihak atas kerjasama dan dedikasinya untuk penyelesaian penyusunan sintesis penelitian ini. Semoga sintesis ini memberikan manfaat yang optimal dan menjadi acuan atau referensi pembangunan lanskap.

Jakarta, Desember 2014
Kepala Badan,

Prof Dr. Ir. San Afri Awang, M.Sc
NIP. 19570410 198903 1002

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Sambutan	
Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.....	v
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar	xi
Daftar Lampiran	xiii
Ucapan Terima Kasih	xv
Pengantar Penulis	xvii
Ringkasan Eksekutif	xxi
Bab 1 Pendahuluan	
Dewi Ratna Kurnia Sari dan Niken Sakuntaladewi.....	1
1.1 Kerentanan Terhadap Perubahan Iklim	4
1.2 Adaptasi Terhadap Perubahan iklim	6
Bab 2 Perubahan Iklim dan Pemahaman Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim	
Niken Sakuntaladewi, Endang Savitri dan Eko Pujiono	9
2.1 Pendahuluan.....	9
2.2 Gambaran Iklim di Lokasi Penelitian.....	11
2.3 Pemahaman Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim	21
2.4 Penutup	24
Bab 3 Kerentanan Hutan Tropis Akibat Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem	
Purwanto, Beny Harjadi, Nunung Puji Nugroho dan Dewi Ratna Kurnia Sari .	25
3.1 Pendahuluan.....	25
3.2 Respon dan Kerentanan Hutan Tropis Terhadap Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem	26
3.3 Dampak Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem Terhadap Jasa Hutan Air .	35
3.4 Dampak Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem Terhadap Fenologi Tumbuhan	40
Bab 4 Adaptasi Tanaman Terhadap Kekeringan Akibat Perubahan Iklim	
Rina Laksmi Hendrati.....	51
4.1 Pendahuluan.....	51
4.2 Adaptasi Tanaman Terhadap Kondisi Kering.....	52
4.3 Adaptifitas Spesies.....	54
4.4 Serangan Hama dan Penyakit	62
4.5 Kesimpulan.....	63

Bab 5 Kerentanan Masyarakat di Dalam dan Sekitar Hutan Akibat Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem	
Niken Sakuntaladewi.....	65
5.1 Pendahuluan.....	65
5.2 Dampak Perubahan Iklim dan Iklim Ekstrem serta Strategi Adaptasi	66
5.3 Kerentanan Masyarakat Desa Sekitar Hutan	78
5.4 Tantangan Dalam Membangun Adaptasi Yang Efektif	84
5.5 Kesimpulan.....	86
Bab 6 Implikasi Kebijakan	
Lukas Rumboko Wibowo	87
6.1 Pendahuluan.....	87
6.2 Aksi kebijakan dalam pengurangan risiko dan peningkatkan kapasitas adaptasi	87
PUSTAKA	91
Lampiran	101

Daftar Tabel

1. Tingkat risiko dampak perubahan iklim	2
2. Sebaran lokasi penelitian	11
3. Pengamatan masyarakat desa Langensari terhadap perubahan musim hujan dan kemarau, Kabupaten Subang.....	22
4. Pengamatan masyarakat desa Bena, NTT terhadap perubahan musim hujan dan kemarau.....	22
5. Pengamatan masyarakat desa Apui, Papua terhadap perubahan musim hujan dan kemarau.....	23
6. Daftar jenis Dipterocarpaceae pada plot fenologi Way Canguk.....	42
7. Musim berbunga dan berbuah Dipterocarpaceae berdasarkan genus	43
8. Pengaruh curah hujan dan suhu pada pembungaan dan perbuahan Dipterocarpaceae	48
9. Perbandingan ukuran daun Dipterocarpaceae	48
10. Kadar lengas tanah (%) pada tanaman <i>A. auriculiformis</i> (A), Legaran (B), Jati (C) and Cedrela (D) pada berbagai periode kekeringan	52
11. Kadar lengas tanah (%) pada tanaman Kemiri dan Kepuh yang masing-masing berasal dari 2 provenans yang berbeda pada berbagai periode kekeringan	53
12. Persentase hidup tanaman pada perlakuan disiram dan tidak disiram.....	60
13. Klasifikasi kerentanan spesies terhadap serangan hama dan penyakit.....	63
14. Perubahan pola banjir di hulu dan hilir DAS Kampar.....	72
15. Dampak perubahan iklim dan cuaca ekstrem terhadap penurunan produktivitas tanaman pertanian masyarakat di Kabupaten Solok.....	72
16. Tambahan biaya pengadaan bahan/alat usaha tani	78
17. Kerentanan Masyarakat Desa Penelitian	79
18. Tingkat sensitivitas masyarakat di Kabupaten Solok.....	80

Daftar Gambar

1. Perkiraan dampak perubahan iklim	1
2. Ekosistem hutan, barang dan jasa hutan serta hubungannya dengan kehidupan manusia	4
3. Kerentanan ekosistem dan masyarakat	5
4. Konsentrasi CO ₂ di atmosfer secara global.....	9
5. Kecenderungan kenaikan suhu global.....	10
6. Pola kejadian curah hujan ekstrem tahunan (curah hujan harian < 2 mm dan curah hujan harian > rata-rata) di Way Canguk.....	12
7. Diagram curah hujan di Way Canguk.....	12
8. Tendensi meningkatnya rata-rata curah hujan bulanan dan curah hujan tahunan yang tidak stabil dalam 30 tahun pengamatan (1985 – 2009)	13
9. Peningkatan suhu udara di Kabupaten Subang.....	14
10. Peningkatan tinggi muka air laut	14
11. Jumlah curah hujan tahunan 1984-2013, dan jumlah curah hujan bulanan di DAS	15
12. Trend peningkatan suhu udara di Provinsi Jawa Tengah.....	15
13. Anomali curah hujan tahun 1971 – 2003 di Provinsi Jawa Tengah	15
14. Suhu udara maksimum dari stasiun meteorology Banyuwangi selama kurun waktu 30 tahun (1981-2011).....	16
15. Fluktuasi curah hujan bulanan di DAS Bajulmati dari tahun 1996 sampai dengan 2010.....	16
16. Kecenderungan curah hujan di Klungkung dari tahun 1971-2010.....	17
17. Curah hujan bulanan di Taman Nasional Bali Barat 10/2001 – 07/2010	18
18. Rata-rata curah hujan bulanan di Sub DAS Penaban	18
19. Curah hujan tahunan di Sub DAS Penaban, Kabupaten Karangasem Bali dari tahun 1994-2011.....	18
20. Tren kenaikan suhu dan penurunan curah hujan tahunan pada tiga DAS prioritas di NTT.....	20
21. Savana di TN. Baluran.....	27
22. Savana di TN. Baluran semakin mongering saat kemarau	27
23. Tanaman Mangrove mengarah ke daratan	28
24. Peta analisis kelas kerentanan vegetasi terhadap perubahan iklim di TN. Baluran dengan citra landsat 1999	29
25. Peta Kerentanan Iklim di TNBTS.....	30
26. Peta Kerentanan Dinamis di TNBTS	31
27. Grafik <i>Sensitivity</i> TNBTS	31
28. Peta kemampuan adaptasi (kerentanan tetap) di TNBTS.....	32
29. (a) Peta Kerentanan Iklim 2001, (b) Peta Kerentanan Iklim 2011 di TNBB	33

30. Peta Tingkat Kerentanan dinamis pada tahun 2001 (bulan basah dan bulan kering) dan tahun 2011 (bulan basah dan bulan kering)	34
31. Peta kapasitas adaptasi (kerentanan tetap) Taman Nasional Bali Barat.....	34
32. Hasil air di Sub DAS Penaban, Kabupaten Karangasem, Bali tahun 1996-2011 ...	37
33. Debit Air Sungai Takari Bokong, NTT dari Tahun 1999 s/d 2004 dan 2010 s/d Nop 2013 (cenderung turun)	38
34. Debit air sungai Oesao Kupang 1995-2006 dan 2010-2011 (cenderung turun)	38
35. Fluktuasi debit air sungai Bajulmati tahun 1982-2010 (lt/dt)	38
36. Kecenderungan curah hujan di Klungkung dari tahun 1972-2000 cenderung turun sedangkan tahun 2000-2010 cenderung naik	39
37. Debit air sungai Unda dari tahun 1994-2011 (cenderung turun)	39
38. Sumur yang dibuat warga Desa Pollo (region hilir) sebagai upaya adaptasi guna memperoleh air bersih. Sumber air tanah ini dirasakan warga ketersediaannya mulai berkurang saat memasuki musim kemarau.....	39
39. Peta lokasi pengamatan fenologi Dipterocarpaceae	41
40. Persentase pohon-pohon Dipterocarpaceae yang berbunga.....	45
41. Musim berbunga Dipterocarpaceae	45
42. Gambar 41. musim berbuah Dipterocarpaceae (Foto: Dewi Ratna Kurnia Sari, 2013)	46
43. Persentase pohon-pohon Dipterocarpaceae yang berbuah.....	46
44. Persentase kemunculan daun baru	47
45. Spesies yang diujikan merupakan spesies yang disukai masyarakat dan berpotensi tumbuh di daerah iklim kering	56
46. Penggunaan bibit unggul (<i>Acacia mangium</i>) yang tidak menjamin kebagusan penampilannya (terhadap jenis lain yang bukan unggul)	57
47. Penyiraman pada musim kering tahun pertama (4 bulan) menggunakan infus pada uji spesies-provenans di lokasi Karst Pracimantoro	58
48. Perbandingan pertumbuhan beberapa jenis pada 2 lokasi uji yang berbeda yakni di Pracimantoro (kiri) dan di Gunung Kidul (kanan).....	59
49. Pertumbuhan beberapa jenis pada lokasi uji di Pracimantoro pada umur 34 bulan	61
50. Estimasi kerugian akibat variabilitas iklim pada kondisi tanpa adaptasi.....	68
51. Perkembangan Hutan Mangrove di kabupaten Subang.....	70
52. Penanaman mangrove di pesisir desa Mojo, Kabupaten Pematang.....	74
53. Pelebaran tambak dengan membabat mangrove.....	74
54. Penanaman mangrove di pematang tambak.....	74
55. Ekspansi tambak ke pantai.....	74
56. Pengelolaan mangrove di Taman Nasional Bali Barat untuk wisata alam	75
57. Bentuk adaptasi di daerah kering	75
58. Penambangan batu meningkatkan kerawanan longsor di Nagari Air Dingin.....	80
59. Tingkat Kerentanan Masyarakat Kabupaten Solok Terhadap perubahan Iklim.....	83

Daftar Lampiran

1. Hasil pengujian kekeringan secara terkontrol dari 21 spesies (25 aksesi) menggunakan penyiraman normal dan tidak disirami sama sekali sampai umur 40 hari	103
2. Hasil pengujian kekeringan secara terkontrol dari 21 spesies (25 aksesi) menggunakan penyiraman normal dan tidak disirami sama sekali sampai umur 40 hari	105
3. Pertumbuhan awal (6 bulan) tanaman uji spesies-provenans pada 2 lokasi di daerah kering dengan pendekatan yang berbeda	108
4. Pertumbuhan tanaman uji spesies-provenans (18-22 bulan) pada 3 lokasi di daerah kering.....	109
5. Pertumbuhan tanaman uji spesies-provenans (30 bulan) pada 2 lokasi di daerah kering setelah melewati 2 tahun pemeliharaan (pemupukan dan pembersihan tanaman pengganggu).....	110
6. Sumber Penghasilan Masyarakat Desa Penelitian pada Ekosistem Pantai, Kering, dan Pegunungan	111
7. Dampak Perubahan Iklim dan Strategi Adaptasi Masyarakat Pesisir	113
8. Dampak Perubahan Iklim dan Strategi Adaptasi Masyarakat Pada Daerah Kering	115
9. Dampak Perubahan Iklim dan Strategi Adaptasi Masyarakat Pada Daerah Kering	119
10. Dampak bencana iklim terhadap sosial ekonomi masyarakat.....	121
11. Perubahan Nilai Aset di Patimbang.....	123
12. Strategi Adaptasi Masyarakat Desa Penelitian	124

Ucapan Terima Kasih

Sintesis ‘Adaptasi Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim’ bertujuan untuk berbagi informasi hasil penelitian terkait dampak perubahan iklim dan adaptasi terhadap perubahan iklim sektor kehutanan dan referensi bagi para pengambil keputusan di tingkat nasional dan regional dan menjadi arahan dalam melakukan opsi upaya adaptasi yang paling efektif. Diharapkan sintesis ini dapat dimanfaatkan para penggunanya.

Sintesis ini telah dibahas dan mendapat masukan berbagai pihak. Untuk itu, penghargaan setinggi-tingginya ditujukan kepada para pembahas yaitu Dr. Herry Purnomo (CIFOR), Dr. Dodik Ridlo Rochmat (Dosen IPB), Prof. Dr. Ir. H. Moch. Naiem, M.Agr (Fakultas Kehutanan, UGM), Prof. Dr. Sudibyakto (Fakultas Geografi, UGM), Dr. Projo Danudoro (Fakultas Geografi, UGM), Ari Mochammad, SH. MH (DNPI) yang telah memberikan kritikan, arahan, dan masukan dalam proses penulisan sintesis ini. Penghargaan yang setinggi-tingginya juga disampaikan kepada Ir. Beny Harjadi, M.Sc. (peneliti senior pada Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai – Solo) dan Eko Pujiono, S.Hut, MSc (peneliti pada Balai Penelitian Kehutanan Kupang) yang telah membantu penyusunan sintesis ini dan Meyner Nusalawo, SP (*Wildlife Conservation Society-Indonesia Program*) atas bantuan penelitian. Terima kasih yang setinggi-tingginya juga disampaikan kepada seluruh peserta diskusi kelompok terfokus sintesis adaptasi dan kerentanan serta seluruh peneliti dan teknisi di Pusat Litbang Perubahan Iklim dan Kebijakan-Bogor, Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan–Yogyakarta, Balai Penelitian Kehutanan Kuok, Balai Penelitian Kehutanan Kupang, Balai Penelitian Kehutanan Manokwari, dan Universitas Indonesia, yang telah melaksanakan kegiatan penelitian kerentanan dan adaptasi terhadap perubahan iklim untuk bahan penulisan sintesis ini.

Sintesis dan kegiatan penelitian ini dapat diselesaikan atas dukungan pendanaan dari DIPA.

Bogor, Desember 2014

Tim penyusun sintesis Adaptasi
Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya
Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim

Pengantar Penulis

Sintesis penelitian adaptasi terhadap perubahan iklim berisi berbagai informasi penting hasil penelitian ‘Adaptasi Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim’ yang dilakukan para peneliti Badan Penelitian dan Pengembangan (Litbang) Kehutanan selama 4 tahun, dari tahun 2010 hingga 2013, dan berbagai penelitian pendukung untuk melengkapi gap yang belum didapat informasinya dalam kegiatan penelitian adaptasi terhadap perubahan iklim. Sebagian dari hasil penelitian tersebut sudah dipublikasikan dalam bentuk jurnal dan prosiding.

Penelitian ‘Adaptasi Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim’ bertujuan untuk menyediakan ilmu pengetahuan tentang tingkat kerentanan hutan dan masyarakat, serta strategi adaptasi masyarakat terhadap perubahan iklim. Penelitian ini memberikan empat luaran terkait dengan:

1. Dampak perubahan iklim terhadap kerentanan hutan tropis, ketersediaan jasa air, dan fenologi tumbuhan hutan Dipterocarpaceae
2. Spesies-spesies yang adaptif terhadap kondisi ekstrem kering dan disukai masyarakat, serta adaptasi genetik dari spesies-spesies tersebut
3. Kerentanan sosial ekonomi masyarakat di dalam dan sekitar hutan terhadap perubahan iklim dan cuaca ekstrem
4. Masukan kebijakan kepada pengambil kebijakan khususnya di Kementerian Kehutanan untuk penanggulangan dampak perubahan iklim terhadap ekosistem hutan dan masyarakat desa di dalam dan sekitar hutan.

Penelitian meliputi sembilan topik yang dilakukan di berbagai daerah di Indonesia dan meliputi ekosistem pantai, ekosistem kering, dan ekosistem pegunungan. Penelitian kerentanan dan adaptasi terhadap perubahan iklim memerlukan data iklim paling tidak selama 30 tahun untuk mengetahui gejala perubahan iklim dan arsip/dokumen yang menggambarkan kondisi hutan dan masyarakat yang bersifat *time series*. Ketersediaan data iklim ini merupakan kendala utama dalam pelaksanaan penelitian ini.

Judul-judul penelitian adaptasi terhadap perubahan iklim

Aspek/Topik Penelitian	Lama penelitian	Lokasi Penelitian	Instansi Pelaksana
Aspek 1. Kerentanan ekosistem hutan tropis			
1.1. Kerentanan tumbuhan hutan akibat perubahan iklim dan cuaca ekstrem	3 tahun (2010 – 2012)	TN. Baluran TN. Bromo Tengger Semeru TN. Bali Barat	BPTKPDASolo
1.2. Kerentanan jasa hutan air akibat perubahan iklim dan cuaca ekstrem	3 tahun (2011- 2013)	DAS Bajulmati (P. Jawa), DAS Unda dan Panaban (P. Bali); DAS Noelmina (P. Timor), DAS Kambaniru (P. Sumba), dan DAS Aesesa (P. Flores)	BPTKPDAS-Solo dan BPK Kupang

Aspek/Topik Penelitian	Lama penelitian	Lokasi Penelitian	Instansi Pelaksana
1.3. Dampak perubahan iklim dan cuaca ekstrem terhadap produktivitas hutan dan fenologi	2 tahun (2012-2013)	TN. Bukit Barisan Selatan	Puspjajak dan UI
Aspek 2. Adaptasi species dan genetik terhadap perubahan iklim (khususnya kekeringan)			
2.1. Identifikasi spesies pohon yang potensial untuk dikembangkan di ekosistem daerah kering	3 tahun	Daerah kering dengan curah hujan kurang dari 1500 mm/th: Madura, TN. Alas Purwo dan TN. Baluran (Prov. Jawa Timur), Sulawesi Tengah, Sumba Timur (dataran rendah dan savana), dan Sumba Barat dataran rendah. Daerah kering dengan curah hujan kurang dari 1500 mm/th	BBPTH Yogyakarta
2.2. Koleksi materi genetik dari spesies teridentifikasi dari berbagai variasi habitat untuk uji spesies dan uji provenans	3 tahun (2010-2012)		BBPTH Yogyakarta
2.3. Uji provenans spesies teridentifikasi di lahan masyarakat (pembibitan dan pembangunan uji spesies)	3 tahun (2011-2013)	Gunung Kidul, Pracimantoro Wonogiri, dan Bangkalan Madura	BBPTH Yogyakarta
Aspek 3. Adaptasi masyarakat di dalam dan sekitar hutan terhadap perubahan iklim			
Kerentanan dan adaptasi masyarakat di dalam dan sekitar hutan di daerah pantai, kering, dan pegunungan	3 tahun (2010-2012)	Daerah pantai: Jawa dan Bali Daerah kering: Flores, dan Sulawesi Daerah pegunungan: Papua dan Sumatera	Puspjajak dan BPK Manokwari
Aspek 4. Prakiraan dampak perubahan iklim terhadap masyarakat			
4.1. Modelling dampak perubahan iklim terhadap sosial ekonomi masyarakat	1 tahun (2013)	Kabupaten Subang, Jawa barat	Puspjajak
4.2. Modelling biaya adaptasi terhadap perubahan iklim	1 tahun (2013)	Kabupaten Subang, Jawa barat	Puspjajak

Keterangan:

- BBPTH: Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan pemuliaan Tanaman Hutan
- BPK: Balai Penelitian Kehutanan
- BPTKPDAS: Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai
- Puspjajak: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan
- TN: Taman Nasional
- UI: Universitas Indonesia

Penelitian mengambil lokasi di berbagai pulau di Indonesia, meliputi Sumatera, Jawa-Madura, Bali, Timor, Sumba, Flores, Sulawesi, dan Papua, namun satuan wilayah pengamatan pada setiap pulau tidak sama. Ada yang melakukan pengamatan menggunakan wilayah Taman Nasional, wilayah DAS dan Sub DAS, serta Kabupaten. Hal ini disesuaikan dengan tujuan penelitian. Sebagai contoh, penelitian tentang jasa air menggunakan satuan wilayah DAS, yang berhubungan dengan hutan menggunakan Taman Nasional, dan penelitian sosial ekonomi menggunakan wilayah Kabupaten. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar dibawah ini.



Sumber peta: <http://ksbdsi.wordpress.com/peta/peta-indonesia/>

Sintesis hasil-hasil penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: (1) pengumpulan laporan dan publikasi penelitian, (2) formulasi masalah, identifikasi temuan penelitian, (3) penyusunan outline sintesis; (4) pertemuan pelaksana penelitian dan team penulisan sintesis; (5) studi literatur, (6) FGD, (7) penulisan sintesis, (8) pencermatan tim pakar. Teknik yang digunakan dalam sintesis ini adalah teknik kuantitatif (meta-analisis) dan teknik kualitatif (meta-sintesis) (Siswanto, 2010).

Sintesis disusun oleh tim yang juga merupakan pelaksana dari sebagian kegiatan penelitian ini dengan masukan berharga berbagai pihak. Kami mengucapkan banyak terima kasih atas masukan dan kritikan terhadap sintesis ini.

Kami sadari masih banyak kekurangan, namun kami berharap setidaknya sintesis ini memberikan informasi yang bermanfaat terkait dengan adaptasi terhadap perubahan iklim di Indonesia dan dapat menambah wawasan bagi para pembacanya.

Bogor, Desember 2014

Tim penyusun sintesis 'Adaptasi Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim'.

Ringkasan Eksekutif

Perubahan iklim telah terjadi, dirasakan dampaknya, dan harus dihadapi semua pihak. Perubahan iklim yang ditandai dengan cuaca ekstrem, meningkatnya permukaan air laut dan suhu udara, pergeseran musim dan intensitas curah hujan, berpengaruh pada ekosistem hutan, tanaman, satwa, serta kehidupan manusia. Pengaruh perubahan iklim sangat terasa terutama di negara-negara berkembang termasuk Indonesia, utamanya masyarakat kurang mampu yang kehidupannya tergantung pada sumber daya alam (hutan). Berbagai keterbatasan menjadikan mereka tidak mempunyai banyak pilihan untuk bertahan hidup kecuali beradaptasi dengan lingkungan yang sudah berubah. Adaptasi merupakan kebutuhan untuk merespon dampak perubahan iklim yang kerap menimpa namun datangnya tidak selalu dapat diduga, demikian pula besaran dampaknya, dan untuk jangka waktu berapa lama. Adaptasi tidak dapat digantikan dengan upaya mitigasi. Adaptasi juga dilakukan oleh tanaman untuk merespon perubahan iklim.

Pemerintah perlu menyusun strategi untuk mengurangi risiko kerentanan dan meningkatkan resiliensi masyarakat terhadap perubahan iklim. Untuk dapat menjalankan perannya dengan baik, diperlukan informasi tentang kondisi ekosistem hutan dan masyarakat yang ada di dalam dan di sekitar hutan akibat perubahan iklim, kerentanan dan pilihan adaptasi yang telah dijalankan masyarakat untuk bertahan hidup serta ketersediaan spesies yang adaptif terhadap perubahan iklim.. Informasi tersebut masih terbatas dan perlu diperkaya guna penyusunan strategi adaptasi yang berbasis ilmiah, efektif dan efisien mengurangi dampak perubahan iklim.

Penelitian 'Adaptasi Bioekologi dan Sosial Ekonomi Budaya Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim' tahun 2010 hingga 2013 dilakukan di ekosistem hutan pantai, daerah kering, dan pegunungan. Untuk mengetahui dampak perubahan iklim terhadap ekosistem hutan, jasa air, fenologi tumbuhan Dipterocarpaceae dan masyarakat serta mendapatkan spesies adaptif terhadap kondisi kering. Khusus penelitian kerentanan ekosistem hutan, fenologi tumbuhan Dipterocarpaceae, dan jasa air dilakukan di kawasan taman nasional dengan pertimbangan kawasan tersebut merupakan kawasan yang relatif paling terjaga dari perambahan dibanding kawasan hutan lainnya. Penelitian fenologi tumbuhan dan adaptasi spesies dan genetik masih terus berjalan karena memerlukan waktu cukup lama untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Sintesis ini berisi temuan dari berbagai kegiatan penelitian pada penelitian integratif adaptasi dari tahun 2010 hingga 2013. Beberapa temuan penting yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

A. Kerentanan ekosistem hutan dan pola fenologi Dipterocarpaceae

1. Kerentanan tumbuhan hutan di tiga Taman Nasional (TN) Baluran, TN. Bromo Tengger Semeru, dan TN. Bali Barat sebagian besar dalam kondisi rentan, atau mudah

mengalami kerusakan akibat perubahan iklim. Kerusakan ekosistem bisa diakibatkan karena kebakaran, kekeringan, dan degradasi lahan sehingga tumbuhan banyak yang mati.

2. Dalam jangka panjang, hasil air di DAS berlokasi di Iklim E menurut Schmidt dan Ferguson (1951) ada kecenderungan penurunan hasil air sedangkan di DAS berlokasi di Iklim D relatif konstan. Namun sebagaimana terjadi di DAS Unda Klungkung, memburuknya tutupan hutan dan meningkatnya konsumsi air penduduk menjadikan hasil air turun meski curah hujan cenderung naik.
3. Pola puncak musim berbunga dan berbuah Dipterocarpaceae di Way Canguk dari tahun 1998 hingga 2012 tidak memperlihatkan adanya musim berbunga dan musim berbuah massal, melainkan musim berbunga dan berbuah mayor dan minor. Puncak musim berbunga mayor (tahun 2002, 2006 dan 2011) diindikasikan berkaitan dengan terjadinya El Nino dan kebakaran besar tahun 1997-1998. Di TNBBS, curah hujan diduga berpengaruh pada pembungaan dan perbuahan..

B. Adaptasi spesies dan genetik terhadap perubahan iklim

1. Terjadi perbedaan mekanisme respon spesies tanaman hutan terhadap perubahan iklim (kondisi kering). Mekanisme respon tersebut berupa karakter morfologis, anatomi, atau fisiologis. Kemampuan tanaman dalam merespon kondisi kering dipengaruhi oleh genetik yang dibentuk spesies tersebut pada habitat asalnya.
2. Empat spesies mempunyai persen hidup serta biomasa yang tinggi pada kondisi kering, dengan urutan terbaik adalah *Acacia auriculiformis*, johan, jati dan vitex. Jika dibandingkan dengan pengujian terkontrol maka *Acacia auriculiformis* dan johan menunjukkan respon pada kondisi kering yang ditunjukkan dengan berbagai karakter.
3. *Acacia mangium* yang menggunakan bibit unggul menunjukkan biomasa yang bagus, namun persen hidupnya rendah (36%) dengan banyak tanaman tumbuh menguning pada kondisi ekstrem kering. Di Indonesia *Acacia mangium* telah ditanam jutaan hektar di untuk produksi pulp, dan bibit unggul telah banyak digunakan. Perlu diwaspadai jika terjadi kekeringan ekstrem yang lama di lokasi penanamannya, karena dimungkinkan tanaman akan menjadi sangat menderit. Tindakan antisipasi perlu disosialisasikan, dan alternatif jenis perlu dipersiapkan.
4. Kondisi kekeringan sebenarnya tidak hanya ditentukan oleh presipitasi atau curah hujannya saja, melainkan juga oleh kondisi tanah, sosial budaya serta kondisi vegetasi yang ada.

C. Kerentanan dan adaptasi masyarakat di dalam dan sekitar hutan akibat perubahan iklim dan cuaca ekstrem

1. Perubahan iklim memaksa masyarakat untuk beradaptasi guna mengatasi dampak negatif yang ditimbulkannya. Adaptasi yang dilakukan seringkali dipengaruhi oleh

program pembangunan pemerintah yang belum sepenuhnya mempertimbangkan perubahan iklim dan nilai-nilai sosial yang telah mengakar pada pengalaman nyata kehidupan mereka.

2. Adaptasi yang seringkali dilakukan masyarakat berupa adaptasi reaktif yang tidak selalu dapat mengatasi dampak negatif perubahan iklim karena keterbatasan informasi terhadap kondisi iklim
3. Adaptasi berbasis ekosistem mampu berfungsi sebagai *buffer* dan menjadikan masyarakat *resilience* terhadap ganasnya dampak perubahan iklim. Bentuk adaptasi ini merupakan adaptasi yang antisipatif, proaktif dan terencana
4. Dalam membangun adaptasi yang efektif dijumpai banyak tantangan, antara lain: (1) Keterbatasan pengetahuan masyarakat desa hutan terhadap perubahan iklim dan akses mereka terhadap informasi terkait perubahan iklim tersedia; (2) Terbatasnya informasi tentang kerentanan; (3) Kurang dipertimbangkannya perubahan iklim dalam program pembangunan yang dijalankan pemerintah; (4) Bervariasinya kapasitas aparat Pemda dalam penanganan masalah perubahan iklim dan (5) kurangnya integrasi antar sektor.
5. Kurang tepatnya pemilihan bentuk adaptasi yang efektif ditambah dengan kurangnya kemampuan ekonomi, ilmu pengetahuan, teknologi dan ketrampilan masyarakat, kelembagaan yang kurang kuat di tingkat tapak, keterbatasan sarpras dan akses ke sumber daya alam, modal, informasi, dan akses ke program pembangunan menjadikan masyarakat desa sekitar hutan banyak yang rentan terhadap perubahan iklim.
6. Pilihan tindakan adaptasi yang tepat akan menjadikan masyarakat *resilience*, namun sebaliknya tanpa tindakan adaptasi atau pilihan adaptasi yang tidak tepat menjadikan masyarakat makin rentan dan akan meningkatkan biaya adaptasi di masa mendatang.

Atas dasar temuan-temuan penelitian dampak perubahan iklim terhadap kerentanan hutan tropis, ketersediaan air, fenologi tumbuhan hutan, adaptasi tanaman hutan terhadap kondisi ekstrem kering, dan bencana atau kerugian serta kerentanan masyarakat desa sekitar hutan, disampaikan beberapa implikasi kebijakan sebagai berikut:

1. Kebijakan prioritas yang perlu dilakukan adalah mengubah paradigma pembangunan adalah merubah secara struktural penguasaan asset dan akses terhadap sumberdaya alam, baik di ekosistem pesisir, dataran rendah maupun pegunungan. Kebijakan revitalisasi tambak adalah salah satu contoh kebijakan prioritas dengan konsep dan paradigma yang salah yang hanya berorientasi pada capaian-capaian ekonomi tanpa memerhatikan struktur akses yang timpang.
2. Di level masyarakat, penguatan kelembagaan lokal dan pengetahuan serta ketrampilan terkait dengan proses adaptasi agar menjadi kebijakan prioritas. Kebijakan ini perlu diikuti dengan penguatan hak akses masyarakat terhadap informasi iklim, modal, dan program pembangunan. Kebijakan-kebijakan teknis pemerintah perlu

mempertimbangkan perubahan iklim dan dampaknya, bukan hanya berdasarkan target waktu program atau proyek.

3. Mitigasi terhadap perubahan iklim dan bencana yang ditimbulkannya perlu dilakukan (misalnya melalui rehabilitasi mangrove maupun hutan) dan harus dipahami sebagai proses adaptasi sosial, bukan merupakan bagian yang terpisah.
4. Perlu mainstreaming kebijakan prioritas yang terkait dengan perubahan iklim dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah maupun Panjang (RPJM/P) Provinsi dan Kabupaten.
5. Transformasi kelompok rentan dapat dilakukan dengan reformasi birokrasi dan perubahan kultur masyarakat. Pemerintah harus hadir di tengah masyarakat dan responsif untuk melayani masyarakat. Kapasitas masyarakat dalam mengantisipasi dampak perubahan iklim secara efektif dan efisien perlu dikembangkan.
6. Daerah-daerah yang rawan bencana perlu segera dibentuk Badan Penanggulangan Bencana Daerah agar penanganan bencana lebih terarah dan sistematis, bukan lembaga *ad hoc* seperti satkorlak. Peningkatan kapasitas dari lembaga ini penting dilakukan dalam kegiatan pra bencana dan pasca bencana agar dampak bencana yang akan datang bisa diminimalisir dan masyarakat memiliki daya adaptasi.

Bab 1

Pendahuluan

Dewi Ratna Kurnia Sari dan Niken Sakuntaladewi

Perubahan iklim sudah nyata terjadi dan iklim akan terus berubah pada kondisi yang belum pernah terjadi sebelumnya dalam sejarah umat manusia (UNFCCC, 2010). Meski merupakan fenomena global, perubahan iklim memberikan dampak positif atau negatif yang sangat bervariasi di tingkat lokal. Dampak negatif dari perubahan iklim sudah banyak dirasakan dan diperkirakan akan selalu memengaruhi kehidupan (Gambar 1) sehingga harus segera diupayakan pengatasannya.

PERKIRAAN DAMPAK PERUBAHAN IKLIM (berbagai sumber, dikutip STERN, 2007)



Sumber: Stern (2007)

Gambar 1. Perkiraan dampak perubahan iklim

Tidak hanya manusia, ekosistem hutan, fenologi dan produktivitas tumbuhan, serta kehidupan satwapun terpengaruh oleh perubahan iklim (Ayres, *et al.* 2009b, Fischlin *et al.*, 2009). Pengaruh perubahan iklim terhadap tumbuhan diantaranya beberapa tumbuh-tumbuhan mengalami pembungaan dan pematangan lebih awal. Selain itu, beberapa spesies berubah bentuk dari komunitasnya, spesies invasif muncul, dan fungsi ekosistem berubah. Sementara pengaruh terhadap satwa terlihat burung bertelur dan beberapa binatang amfibi kawin lebih awal serta mengalami pergeseran pola penyebaran (Parmesan dan Yohe, 2003). Pengaruh perubahan iklim seperti di atas terlihat nyata di hutan tropis (Ayres *et al.*, 2009a).

Sebagai negara berkembang di daerah tropis yang berbentuk kepulauan, Indonesia sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim. Bappenas (2013) menyebutkan berbagai potensi dampak perubahan iklim di pulau-pulau kecil, antara lain, erosi dan tergenangnya daerah pantai oleh peningkatan permukaan air laut, terkontaminasinya air bersih, dan rusaknya ekologi mangrove dan tambak oleh badai tropis dan gelombang besar. MoE (2007) dan Bappenas (2013) menambahkan berbagai potensi dampak iklim lain terkait dengan ketersediaan air bersih, pangan, peningkatan konsumsi energi dan kesehatan. Perubahan iklim juga berdampak pada lingkungan seperti kebakaran hutan, banjir dan longsor, serta kekeringan, yang semuanya itu pada akhirnya berdampak pada bidang-bidang terkait dengan sistem pembangunan nasional, ekonomi, tatanan kehidupan, ekosistem, serta wilayah khusus. Selanjutnya disampaikan tingkat risiko dampak perubahan iklim (Tabel 1.).

Tabel 1. Tingkat risiko dampak perubahan iklim

Risiko	Sumatera	Jawa-Bali	Kalimantan	Sulawesi	Nusa Tenggara	Maluku	Papua
Penurunan ketersediaan air	S,T,ST	T,ST	R,S	T,ST	T,ST	R,S	R
Banjir	T,ST	T,ST	R,S,T	R,S,T	R	R	R,S
Kekeringan	T,ST	T,ST	R	R,S	R,S,ST	R	R
Penggenangan air laut di pesisir	S,T	S,T,ST	S,T,ST	S,T	S,T	S,T	S,T
Penyebaran demam berdarah dengue	R,S,T	R,S,T	R,S	R,S	R,S	R,S	R,S,T
Penyebaran malaria	R,S	R,S,T	R,S	R,S,T	R,S,T,ST	M,H	S,T,ST
Penyebaran diare	R,S,T	R,S,T	R,S,T	R,S,T	R,S,T	R,S,T	R,S,T,ST
Penurunan produksi padi	T,ST	T,ST	-	-	T,ST	-	-
Kebakaran rendah	ST,T,S	T,S	-	-	-	-	-

Keterangan: R: rendah; S: Sedang; T: Tinggi; ST: Sangat Tinggi

Sumber: Kementerian PPN/Bappenas (2013)

Perubahan iklim selama ini dihadapi dengan upaya mitigasi. Strategi mitigasi dilakukan untuk memperbaiki pola penggunaan sumber daya alam saat ini, antara lain dengan mekanisme penurunan emisi melalui penghindaran deforestasi dan degradasi hutan. Ratusan negara di seluruh dunia, termasuk Indonesia, bertahun-tahun lamanya duduk bersama untuk mengatasi perubahan iklim. Namun demikian, upaya ini belum cukup untuk mengurangi dampak negatif dari iklim yang berubah yang makin sering menimpa kehidupan di bumi. Dengan demikian tindakan adaptasi sudah merupakan keharusan.

Adaptasi merupakan upaya makhluk hidup yang mengarah pada persiapan atau penyesuaian diri terhadap dampak negatif perubahan iklim yang sedang dan yang akan terjadi (Anonim, 2010). Adaptasi berperan dalam mengurangi dampak yang segera muncul akibat perubahan iklim yang tidak dapat dilakukan oleh mitigasi (Anonim, 2010). Dengan kata lain mitigasi tidak dapat menggantikan peran adaptasi dalam menghadapi dampak perubahan iklim yang sifatnya mendadak. Namun demikian, tanpa komitmen mitigasi yang kuat biaya adaptasi akan terus meningkat sementara kapasitas adaptasi akan berkurang.

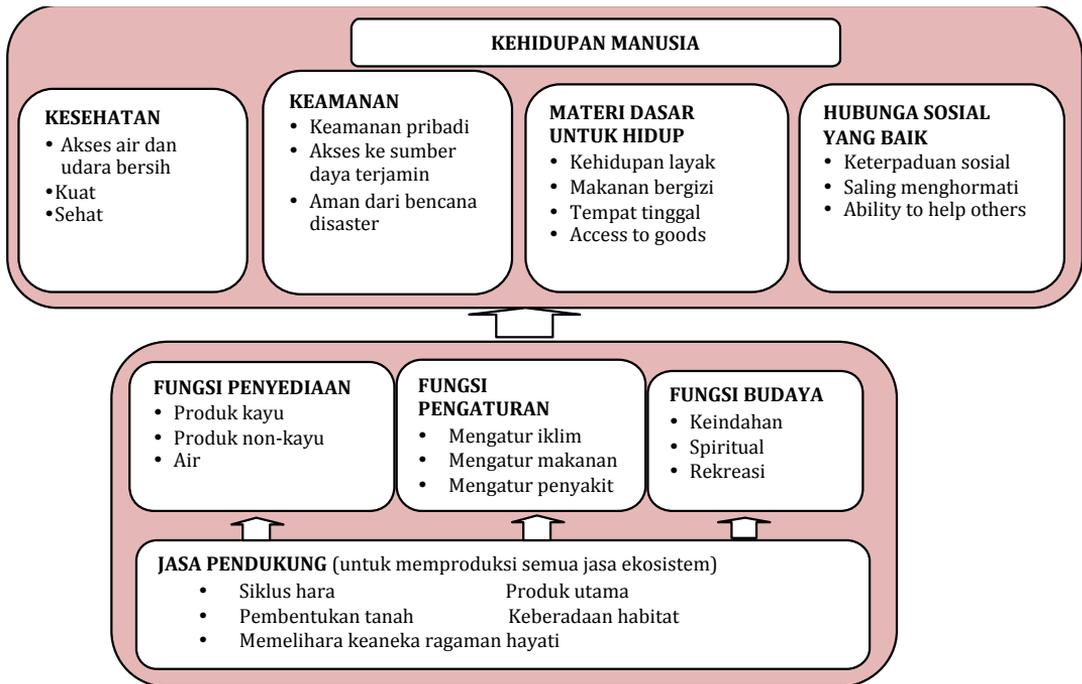
Bagi masyarakat kecil, dampak perubahan iklim merupakan ancaman langsung bagi kehidupan dan memaksa mereka melakukan berbagai upaya agar dapat bertahan hidup pada kondisi iklim yang tidak menentu. *Bagaimana kerentanan hutan dan masyarakat, khususnya yang tinggal di dalam dan sekitar hutan, karena perubahan iklim? Bagaimana masyarakat menyikapi ketidak pastian iklim? Tindakan adaptasi apa yang dilakukan agar dapat tetap bertahan hidup? Bagaimana jasa air terdampak oleh perubahan iklim dan spesies tanaman apa yang tahan terhadap ekstrem kering.* Belum banyak penelitian di Indonesia mengarah kesana, dan belum ada kebijakan khusus dari Kementerian Kehutanan terkait dengan adaptasi perubahan iklim. Badan Litbang Kehutanan, Kementerian Kehutanan, melakukan penelitian kerentanan dan adaptasi di sektor kehutanan dari tahun 2000 hingga 2013. Penelitian dilakukan terhadap hutan, jasa air, fenologi tumbuhan hutan, spesies adaptif terhadap iklim ekstrem kering, dan masyarakat desa di dalam dan sekitar hutan.

Sintesis terhadap hasil penelitian tersebut diharapkan dapat memberikan masukan bagi pembuat kebijakan untuk perbaikan kebijakan di sektor Kehutanan guna menyikapi dampak negatif perubahan iklim. Sintesis mencoba menjawab beberapa pertanyaan besar terkait dengan:

1. Bagaimana perubahan iklim berdampak terhadap kerentanan hutan tropis serta bagaimana beberapa spesies tanaman beradaptasi
2. Bagaimana perubahan iklim berdampak terhadap kerentanan masyarakat di dalam dan sekitar hutan serta bagaimana masyarakat beradaptasi
3. Bagaimana implikasi perubahan iklim terhadap kebijakan.

1.1 KERENTANAN TERHADAP PERUBAHAN IKLIM

Hutan berperan penting bagi kehidupan manusia. Secara umum peran tersebut disajikan pada Gambar 2.

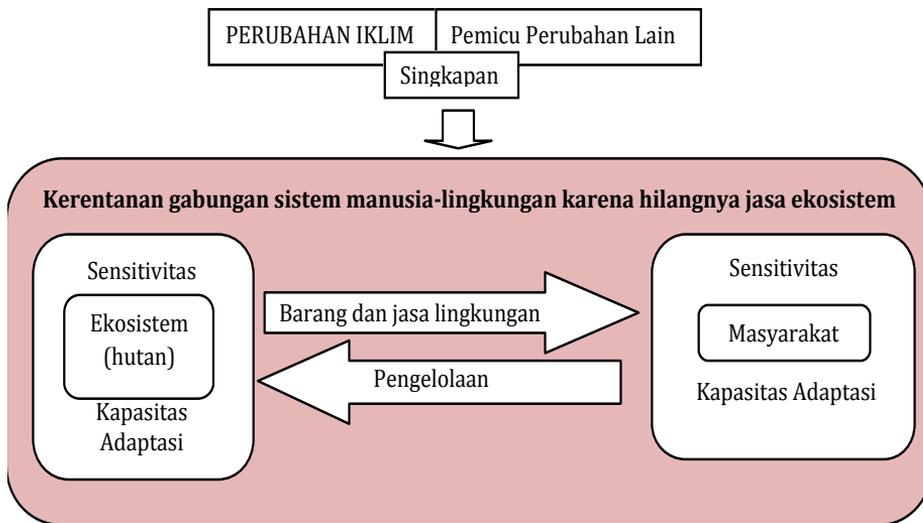


Sumber: Locatelli (2008), Seppala (2009), Louman, *et al.*, (2009)

Gambar 2. Ekosistem hutan, barang dan jasa hutan serta hubungannya dengan kehidupan manusia

Hutan menyediakan barang dan jasa lingkungan untuk kelangsungan hidup manusia. Barang dimaksud dapat berupa, produk kayu, non kayu, air. Jasa hutan, dapat berupa pembentukan tanah dan siklus hara. Sebaliknya manusia melakukan pengelolaan terhadap hutan dengan maksud untuk mendapatkan barang dan jasa hutan secara cukup dan berkelanjutan. Interaksi tersebut sudah berlangsung lama sekali.

Perubahan iklim akan mempengaruhi ekosistem hutan dan manusia, secara positif ataupun negatif. Besarnya pengaruh positif atau negatif tersebut tergantung pada sensitivitas dan kapasitas adaptasi dari ekosistem hutan dan masyarakat (Gambar 3). Efek negatif akan dirasakan makin besar di masa mendatang bila tidak dilakukan penanganan sejak dini. Adanya pengaruh negatif ini menandakan bahwa ekosistem hutan dan manusia rentan terhadap perubahan iklim.



Sumber: Locatelly (2008)

Gambar 3. Kerentanan ekosistem dan masyarakat

Kerentanan terhadap perubahan iklim dalam IPCC diartikan sebagai keterbatasan kapasitas yang dimiliki untuk mengatasi konsekuensi negatif dari perubahan iklim. Kerentanan dapat juga diartikan sebagai derajat kemudahan suatu sistem terkena dampak, atau ketidak-mampuan untuk menanggulangi dampak, termasuk dampak dari variabilitas iklim dan kondisi ekstrem. Metzger, *et al.*, (2006) dan IPCC (2007) mendefinisikan kerentanan sebagai fungsi dari exposure, sensitivitas suatu sistem untuk berubah, dan kapasitas beradaptasi yang dipunyai (yaitu *resilience*).

Hutan dan masyarakat memperlihatkan kerentanan yang berbeda terhadap iklim yang bervariasi, tergantung pada daerah dan tipe hutan, kondisi geografis, latar belakang budaya, kebijakan, kelembagaan, dsb. Faktor-faktor yang mempengaruhi kerentanan juga bervariasi. Sebagai contoh: masyarakat miskin dengan mobilitas geografis yang rendah akan lebih rentan terhadap dampak perubahan iklim dibandingkan dengan mereka yang mempunyai mobilitas tinggi. Mereka memerlukan kebijakan dan pengelolaan terhadap hutan tempat mereka bergantung untuk mengurangi kerentanan mereka (Reid dan Huq, 2007).

Pengelolaan hutan lestari sangat esensial untuk mengurangi kerentanan hutan terhadap perubahan iklim dan kerentanan masyarakat yang ada di dalam atau sekitar hutan. Namun, terdapat keterbatasan kapasitas hutan dan masyarakat (yang kehidupannya tergantung pada hutan) untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim. Komitmen yang kuat diberbagai pihak pada level nasional maupun lokal sangat penting untuk menghadapi berbagai tantangan dalam beradaptasi dan merealisasikan pengelolaan hutan lestari.

Kerentanan manusia terhadap perubahan iklim ditentukan oleh berbagai faktor seperti kondisi sosial ekonomi dan latar belakang budaya dari suatu keluarga atau komunitas, akses mereka terhadap sumber daya alam (hutan), lokasi geografi, infrastruktur, serta program pembangunan. Kondisi sosial ekonomi dan latar belakang budaya dimaksud meliputi, antara lain, pendidikan formal dan informal, teknologi yang dimiliki, akses informasi, dan kemampuan ekonomi. Kondisi sosial ekonomi dan budaya tersebut pada umumnya berpengaruh pada tindakan atau kapasitas masyarakat dalam mengatasi bencana, mengantisipasi terjadinya suatu bencana, atau sembuh kembali (*recovery*) dari dampak negatif suatu bencana.

Akses masyarakat terhadap sumber daya alam (hutan) dapat membantu mengurangi kerentanan masyarakat karena hutan merupakan sumber ekonomi, pangan, energi, mengatur air, dan dapat menahan longsor. Akses masyarakat ke sumber daya alam (khususnya hutan negara) di Indonesia diatur pemerintah dan disesuaikan dengan fungsi hutan (hutan konservasi, hutan lindung, dan hutan produksi). Berbagai kebijakan dikeluarkan terkait dengan pemanfaatan hutan oleh masyarakat. Kebijakan-kebijakan tersebut bila tidak pas dapat berpengaruh pada kerentanan masyarakat serta kerentanan hutan.

Lokasi geografis biasanya dikaitkan dengan lokasi pekerjaan atau lokasi tempat tinggal yang aman bencana serta ketersediaan infrastruktur (misal sarana irigasi, dam, saluran pembuangan air, dan infrastruktur terkait lainnya). Lokasi geografis akan berdampak pada *magnitude* kerawanan masyarakat terhadap bencana. Pemetaan lokasi geografis dan sarana infrastruktur yang tersedia dapat memberikan gambaran tentang kelompok masyarakat yang paling rentan terhadap bencana dan informasi ini dapat membantu pemerintah dalam menetapkan strategi dan prioritas penanganan bencana. Hal lain yang juga sangat penting artinya untuk mengurangi besarnya dampak perubahan iklim adalah penerapan sistem peringatan dini. Semua faktor tersebut menentukan kerentanan masyarakat dan opsi adaptasi yang paling praktis untuk dilaksanakan dan paling efektif.

1.2 ADAPTASI TERHADAP PERUBAHAN IKLIM

Adaptasi dalam IPCC (2007b) didefinisikan sebagai penyesuaian dari alam atau manusia terhadap kondisi iklim aktual atau terhadap prediksi kondisi iklim yang bakal terjadi serta dampak yang akan ditimbulkan. Adaptasi dapat berupa antisipatif atau reaktif, autonomus atau terencana, sektoral atau multisektoral. Sebagai contoh, adaptasi biologi adalah autonomus dan reaktif. Sementara, manusia dengan kemampuan yang dimilikinya dapat melakukan berbagai macam tindakan terhadap perubahan sebagai upaya untuk beradaptasi. Mereka beradaptasi untuk mengurangi kerentanan atau meningkatkan ketahanan (*resilience*) guna mengantisipasi perubahan-perubahan yang sudah diperkirakan bakal terjadi (adaptasi antisipatif) (Adger *et al.* 2007).

Terkait dengan hutan, pengelola hutan selayaknya fleksibel untuk menentukan bentuk adaptasi yang paling tepat pada kondisi setempat. Diperlukan pendekatan yang fleksibel dan sesuai dengan konteks yang ada karena tidak ada tindakan universal untuk adaptasi hutan terhadap perubahan iklim. Upaya adaptasi selayaknya menyediakan beberapa solusi teknis dengan mempertimbangkan kelembagaan di masyarakat.

Strategi adaptasi banyak yang memfokuskan pada pengurangan kerentanan atau penguatan kemampuan untuk tetap bertahan terhadap efek perubahan iklim. Oleh karena itu kerentanan sangat erat kaitannya dengan adaptasi. Strategi adaptasi yang berorientasikan pada pengurangan kerentanan dapat meliputi (Adger *et al.*, 2007):

1. *Altering exposure*, antara lain dengan sistem pemberitahuan dini (*early warning system*)
2. Pengurangan sensitivitas pada sistem yang terkena dampak antara lain dengan penanaman tanaman yang lebih tahan terhadap perubahan temperatur atau keterbatasan air, peningkatan kapasitas dam, atau pembangunan infrastruktur yang tahan terhadap banjir pada daerah-daerah yang rentan banjir.
3. Peningkatan ketahanan atau kemampuan untuk meredam gangguan sosial dan sistem ekologi yang memungkinkan populasi tumbuhan hutan untuk pulih kondisinya seperti sedia kala.

Dengan demikian, kapasitas untuk beradaptasi merupakan fungsi dari berbagai elemen, termasuk kemampuan untuk memodifikasi *exposure* (keterbukaan) terhadap risiko yang terkait dengan perubahan iklim, kemampuan untuk dapat pulih dari kehilangan yang diakibatkan perubahan iklim, dan kemampuan untuk mendapatkan berbagai kesempatan baru yang muncul dalam proses beradaptasi (Adger dan Vincent, 2005). Pilihan terhadap opsi adaptasi dan kombinasinya sangat tergantung pada kerentanannya, yang sangat dipengaruhi antara lain oleh kondisi sosial ekonomi dari rumah tangga dan masyarakat, lokasi tempat mereka tinggal, hubungan atau jaringan kerja dan akses mereka pada sumber daya dan penguasa. Smit, *et al.* (2001) dalam Locatelli (2008) menyatakan bahwa kapasitas adaptasi ditentukan oleh sumberdaya ekonomi (termasuk keuangan, manusia), teknologi, informasi dan keterampilan, infrastruktur; institusi (termasuk regulasi), dan kesetaraan, dimana keterbatasan pada salah satu dari elemen diatas dapat membatasi kapasitas adaptif secara umum. Hal tersebut memberikan banyak sekali opsi adaptasi.

Bab 2

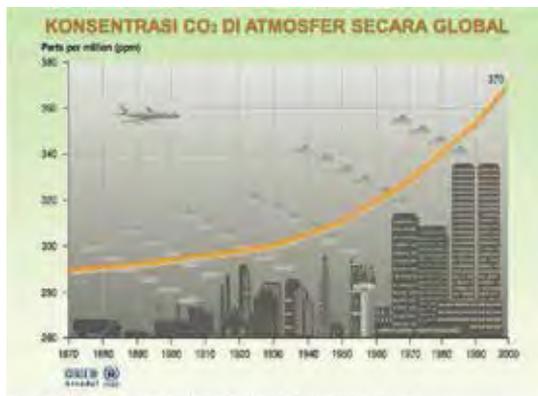
Perubahan Iklim dan Pemahaman Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim

Niken Sakuntaladewi, Endang Savitri dan Eko Pujiono

2.1 PENDAHULUAN

Pemanasan global telah memicu terjadinya perubahan iklim di bumi dan kenaikan frekuensi serta intensitas kejadian cuaca ekstrem. Perubahan iklim membawa perubahan parameter cuaca yaitu temperatur udara, curah hujan, tekanan udara, kelembaban udara, laju serta arah angin, kondisi awan, dan radiasi matahari (Febriyani, 2010).

Tanpa campur tangan manusiapun proses alamiah yang sejak lama terjadi di bumi mengakibatkan perubahan iklim. Namun perubahan iklim yang terjadi akhir-akhir ini sangat mengkhawatirkan penduduk dunia karena memberikan berbagai dampak negatif yang cukup mengkhawatirkan pada kehidupan di bumi. Penyebabnya tidak sepenuhnya oleh peristiwa alam, melainkan sebagai akibat dari wujud nyata berbagai aktivitas manusia untuk mendapatkan perekonomian yang lebih baik dengan kurang mengindahkan lingkungan. Kemajuan pembangunan ekonomi telah meningkatkan konsentrasi CO₂ di atmosfer dengan cepat (Gambar 4).



Sumber: Supriyanto, 2012

Gambar 4. Konsentrasi CO₂ di atmosfer secara global

Aktivitas pembangunan ekonomi banyak menggunakan sumber energi fosil (batu bara dan minyak bumi). Kebakaran hutan dan pembabatan atau alih fungsi lahan hutan terus berlangsung untuk kepentingan perkebunan, tambang, perumahan, dll. menjadikan konsentrasi CO₂ di atmosfer terus meningkat. Peningkatan konsentrasi CO₂ terjadi dengan drastis sejak era revolusi industri berlangsung pada tahun 1780 (Aldrian, 2011) dan terus meningkat makin fantastis sejak tahun 1930 an dari sekitar 300 ppm (*parts per million*) menjadi 370

ppm pada tahun 2000. Peningkatan udara tersebut menjadikan suhu dunia meningkat (Gambar 5) karena sebagiannya terperangkap, tidak dapat lepas kembali ke udara. Bila tidak ada upaya pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) secara serius maka akan berujung pada bencana, baik bencana alam maupun bencana kemanusiaan.

Di Indonesia tren suhu jangka panjang menunjukkan laju peningkatan $0.01^{\circ}\text{C} - 0,02^{\circ}\text{C}$. Paska 1980-an tren suhu rata-rata tahunan meningkat tajam, khususnya di wilayah Indonesia bagian barat dan tengah dengan laju berkisar 0.01°C hingga $0.06^{\circ}\text{C}/\text{tahun}$ (Faqih, 2011). Hutan berperan penting, antara lain, dalam pengendalian iklim melalui kemampuannya mengurangi konsentrasi CO_2 di udara. Oleh karena itu salah satu upaya untuk mengurangi konsentrasi CO_2 di udara adalah dengan mempertahankan hutan yang masih ada dan melakukan penghutanan pada lahan kritis. Namun, laju kehancuran hutan Indonesia berlangsung cukup cepat, dari 600.000 hektar per tahun pada tahun 1980 an menjadi sekitar 1,6 juta hektar per tahun di penghujung tahun 1990-an (UNDP, 2007). Tutupan hutan di Indonesia terus menurun secara tajam dari 129 juta hektar pada tahun 1990 menjadi 82 juta di tahun 2000. Kerusakan lingkungan (hutan) tersebut dapat menimbulkan bencana. Analisis risiko terhadap wilayah geografis Indonesia yang dilakukan oleh World Bank menunjukkan, Indonesia merupakan satu dari 35 negara yang memiliki tingkat risiko kematian akibat berbagai kejadian bencana karena 40 persen penduduk tinggal di wilayah berisiko. Dengan jumlah penduduk lebih dari 230 juta jiwa, berarti lebih dari 90 juta jiwa berpotensi menghadapi risiko bencana (SCALE-R. 2010).

Gambaran terjadinya perubahan iklim diperoleh dari data iklim setidaknya dalam 30 tahun (IPCC dalam Aldrian, *et al.*, 2011). Terjadinya perubahan iklim di Indonesia bisa dilihat melalui empat indikator, yaitu: 1) perubahan suhu daratan; 2) peningkatan curah hujan ekstrem; 3) maju mundurnya musim dan 4) perubahan jumlah volume hujan. Gambaran umum perubahan iklim di berbagai lokasi penelitian akan disajikan pada bab berikutnya.



Sumber: Supriyanto, 2012

Gambar 5. Kecenderungan kenaikan suhu global

2.2 GAMBARAN IKLIM DI LOKASI PENELITIAN

Perubahan iklim memberikan fenomena yang berbeda di satu tempat ke tempat lain. Untuk mengetahui gambaran kondisi iklim di lokasi penelitian banyak terkendala dalam mendapatkan data iklim untuk jangka waktu 30 tahun. Di beberapa lokasi penelitian data iklim tidak selalu tersedia. Kalaupun tersedia jumlah tahunnya bervariasi dari lima tahun hingga 30 tahun. Untuk lokasi yang sama sekali tidak tersedia data iklimnya, informasi dari masyarakat setempat menjadi sangat bernilai. Tabel 2 memberikan gambaran umum sebaran lokasi penelitian dan ketersediaan data iklim.

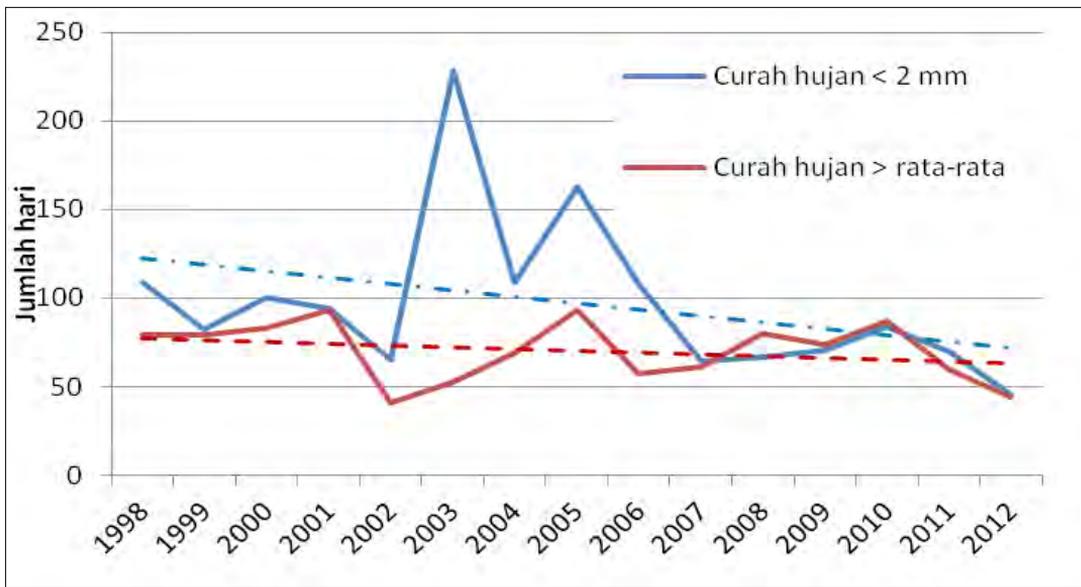
Tabel 2. Sebaran lokasi penelitian

Pulau	Lokasi	Ketersediaan data iklim
Sumatera	a. Provinsi Lampung (TN. Bukit Barisan Selatan) b. Provinsi Sumatera Barat (Kabupaten Solok)	a. 1998 – 2012 b. 1985 – 2009
Jawa	a. Provinsi Jawa Barat (Kabupaten Subang) b. Provinsi Jawa Tengah (Kabupaten Pemalang) c. Provinsi Jawa Timur (TN Baluran, TN Bromo Tengger Semeru-TNBTS, DAS Bajulmati, Kabupaten Banyuwangi)	a. 1984 – 2013 b. 1971 – 2003 c. Baluran 1981-2011; DAS Bajulmati 1996 -2010
Sulawesi	Provinsi Sulawesi Tengah (DAS Palu)	Data tidak tersedia
Bali	Provinsi Bali (TN Bali Barat – TNBB Kabupaten Jembrana, DAS Unda, Sub DAS Penaban)	TNBB 2001 – 2010, DAS Unda 1971-2010, Sun DAS Panaban 1994 – 2011.
Nusa Tenggara	Provinsi NTT (DAS Noelmina, DAS Kambaniru, DAS Aesesa, Sub DAS Takari Bokong dan Sub DAS Oesao)	DAS Kambaniru 1973-2012
Papua	a. Provinsi Papua (Kabupaten Jayawijaya) b. Provinsi Papua Barat (Kabupaten Manokwari)	a. Data tidak tersedia

2.2.1 Sumatera

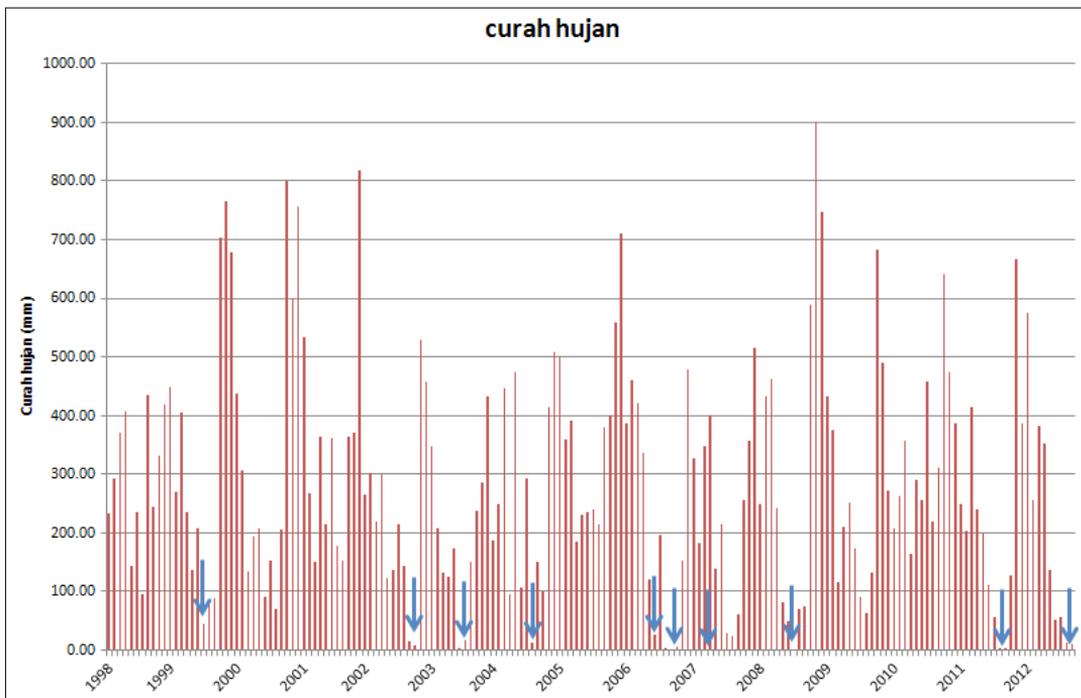
Penelitian di Sumatera dilaksanakan hanya di dua provinsi, Lampung dan Sumatera Barat, dengan satuan wilayah yang berbeda. Hasil analisis terhadap data iklim menunjukkan terjadi perubahan iklim yang ditengarai oleh perubahan presipitasi dan suhu.

Di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TN BBS), dari pengumpulan data klimatologi selama 14 tahun (1998 – 2012) terlihat bahwa dalam kurun waktu tersebut jumlah kejadian curah hujan ekstrem dengan curah hujan < 2 mm atau lebih besar dari rata-rata (\bar{X} = 13,2 mm) cenderung menurun dengan pola penurunan yang tidak signifikan ($P > 0,05$) (Gambar 6). Periode bulan kering dengan curah hujan di bawah 60 mm memperlihatkan kecenderungan meningkat sejak tahun 2006 (Gambar 7).



Sumber: WCS-IP (data diolah)

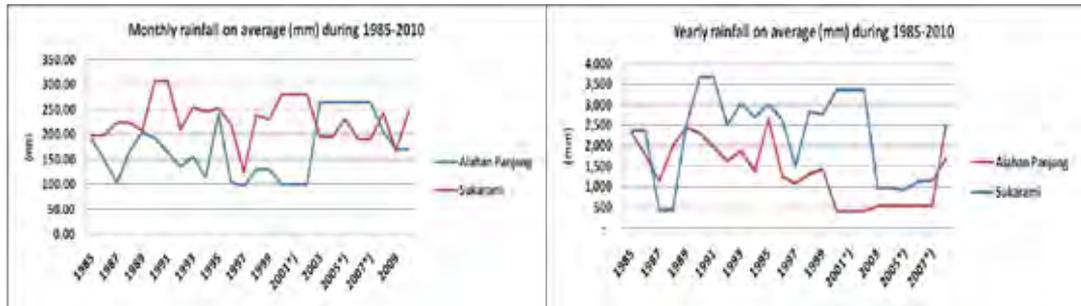
Gambar 6. Pola kejadian curah hujan ekstrem tahunan (curah hujan harian < 2 mm dan curah hujan harian > rata-rata) di Way Canguk



Sumber: data :WCS-IP

Gambar 7. Diagram curah hujan di Way Canguk

Di Kabupaten Solok data curah hujan bulanan selama 30 tahun pengamatan (1985 hingga 2009) yang didapat dari stasiun pengamatan cuaca di Alahan Panjang dan Sukarani memperlihatkan adanya kecenderungan meningkat. Namun, curah hujan tahunan ada kecenderungan menurun dan meningkat lagi pada akhir periode pengamatan yang mengindikasikan iklim yang tidak menentu dan sulit diprediksi. Suhu udara di Kabupaten Solok bervariasi dari 12 °C - 33 °C dan telah meningkat 2 °C - 3 °C.



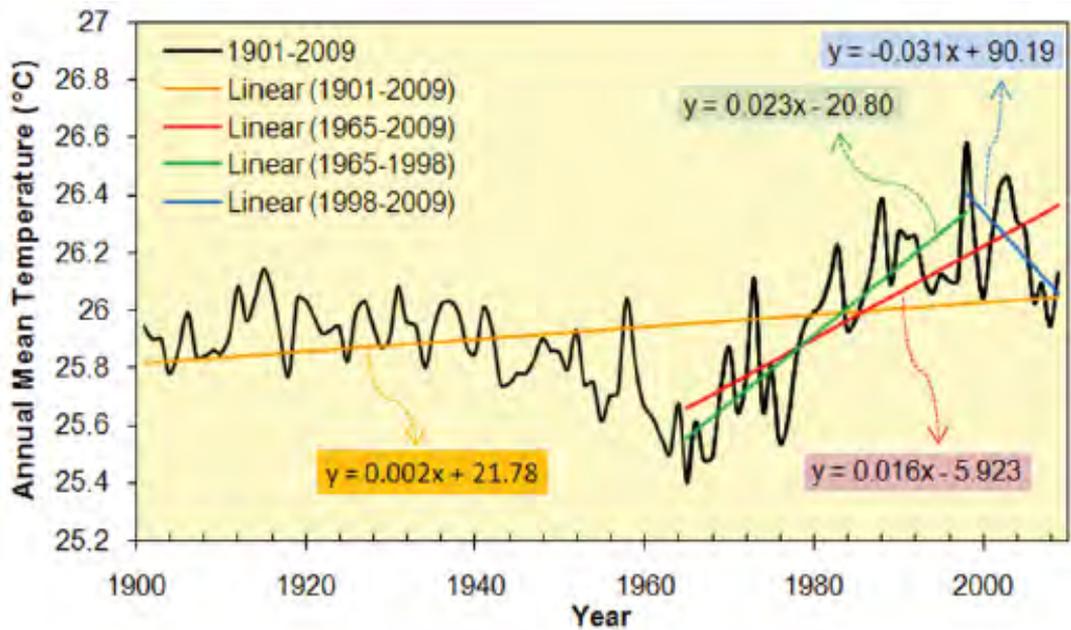
Sumber: Rochmayanto, *et al.*, 2013

Gambar 8. Tendensi meningkatnya rata-rata curah hujan bulanan dan curah hujan tahunan yang tidak stabil dalam 30 tahun pengamatan (1985 – 2009)

2.2.2 Jawa

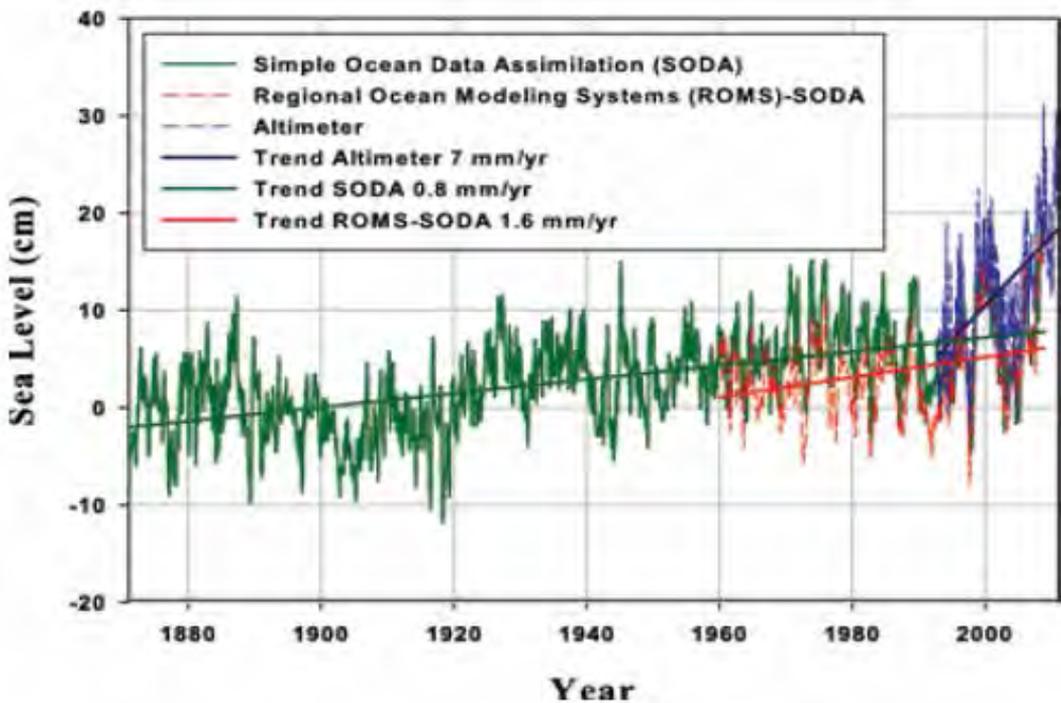
Di Jawa penelitian adaptasi ini dilakukan di 3 (tiga) provinsi, Jawa Barat (Kabupaten Subang), Jawa Tengah (kabupaten Pemalang), dan Jawa Timur (TN. Baluran). Dari data klimatologi selama beberapa tahun, secara keseluruhan di pulau Jawa terjadi perubahan iklim. Tanda-tanda terjadinya perubahan iklim dapat dilihat dari data klimatologi selama beberapa tahun, secara keseluruhan di pulau Jawa terjadi perubahan iklim lokasi penelitian.

Di Kabupaten Subang terjadinya perubahan iklim dapat dilihat dari peningkatan suhu udara (Gambar 9), peningkatan tinggi muka air laut (Gambar 10), dan curah hujan tahun 1984-2013 yang menunjukkan fluktuasi tinggi dengan kecenderungan menurun dan berpotensi semakin kering (Gambar 11). Dalam rentang 30 tahun dijumpai tiga puncak tahun basah, sehingga peluang terjadi curah hujan tinggi >3.000 mm/tahun akan terjadi dalam 10 hingga 15 tahun sekali.



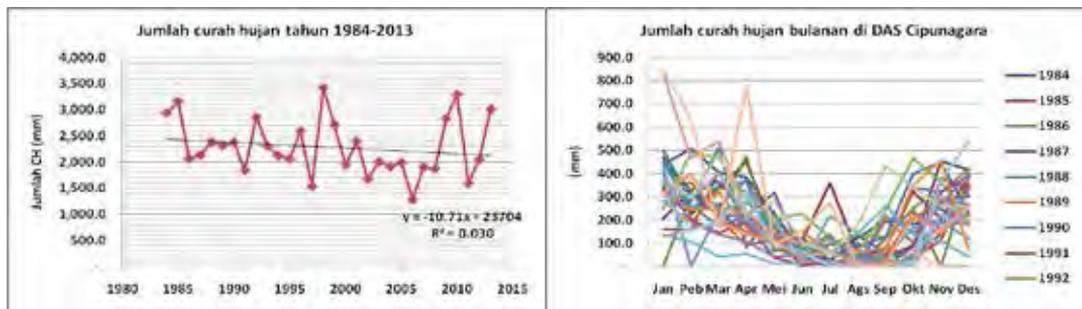
Sumber: Rochmayanto, *et al.*, 2013

Gambar 9. Peningkatan suhu udara di Kabupaten Subang



Sumber: Rochmayanto, *et al.*, 2013

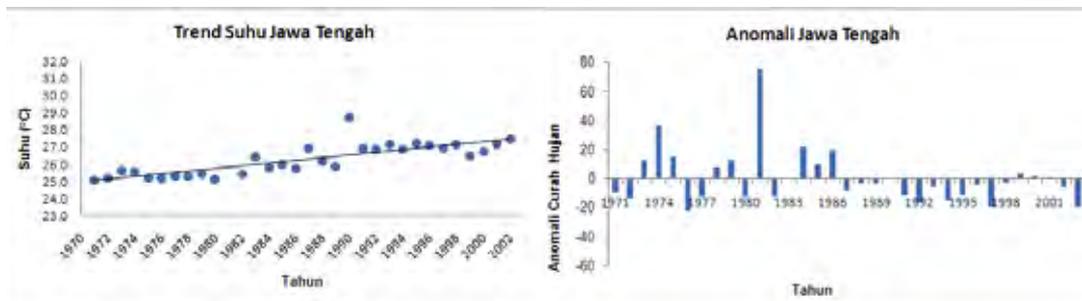
Gambar 10. Peningkatan tinggi muka air laut



Sumber: Rochmayanto, *et al.*, 2013

Gambar 11. Jumlah curah hujan tahunan 1984-2013, dan jumlah curah hujan bulanan di DAS

Di Kabupaten Pemalang, hasil analisis dari berbagai stasiun pengukuran di Provinsi Jawa Tengah yang dilakukan oleh team dari SUCOFINDO (2009) menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan suhu udara (Gambar 12). Disamping itu, terjadi anomali hujan yang mencapai 75% dari rata-rata curah hujan selama 30 tahun dari tahun 1971 hingga 2003 (Gambar 13). Pada tahun 1980an ada penurunan curah hujan atau terjadi kekeringan. Dari tahun 1980 terlihat dominasi tren anomali negatif yang menunjukkan potensi berkurangnya curah hujan dari rerata 30 tahun.



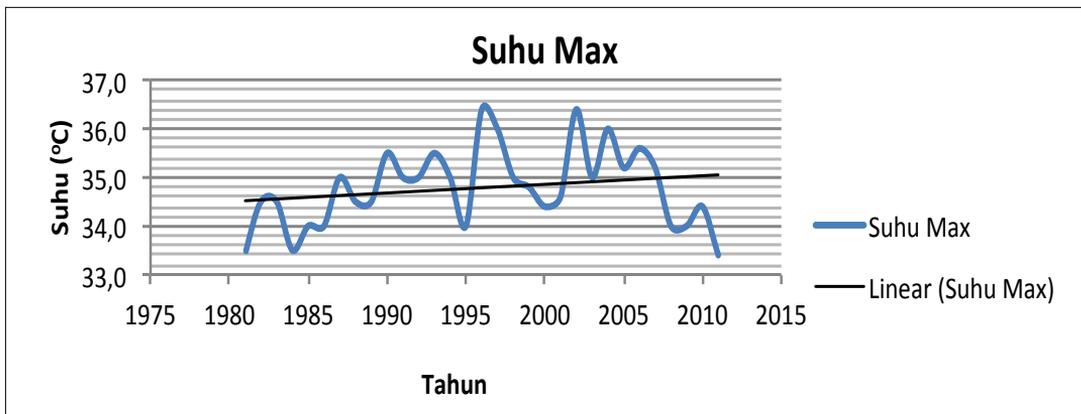
Sumber: SUCOFINDO, 2009

Sumber: SUCOFINDO, 2009

Gambar 12. Trend peningkatan suhu udara di Provinsi Jawa Tengah

Gambar 13. Anomali curah hujan tahun 1971 – 2003 di Provinsi Jawa Tengah

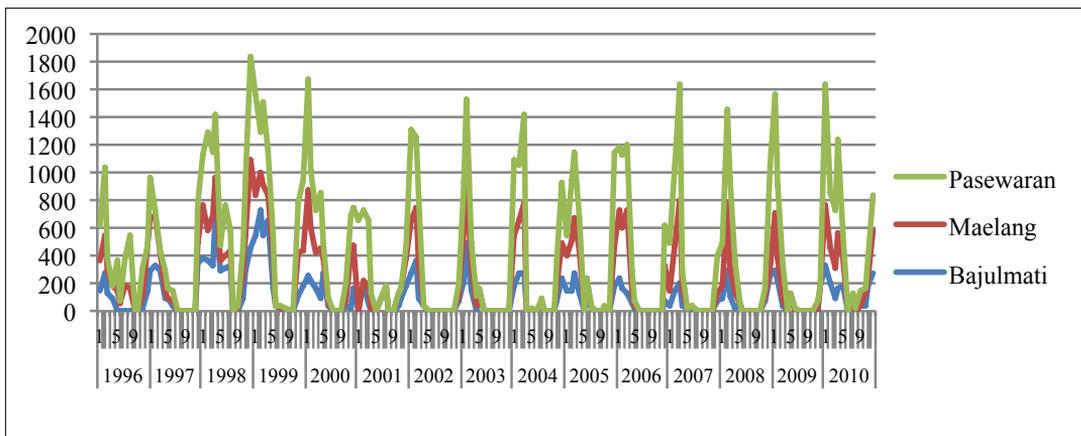
Di TN Baluran pengukuran suhu dan curah hujan diambil dari stasiun pengukuran terdekat di Stasiun Meteorologi Banyuwangi pada koordinat 8°12'53"S 114°21'19"E. Analisis terhadap data selama 30 tahun (dari 1981 hingga 2011) menunjukkan suhu udara maksimum di Banyuwangi dari tahun 1981-1993 cenderung naik sebesar 2°C (33,5°C – 35,5°C), 1993-2002 terjadi fluktuasi dari 35,5°C – 36,4°C, dan 2002 hingga 2011 cenderung turun sebesar 3°C dari 36,4°C ke 33,4°C (Gambar 14).



Sumber: Purwanto, *et al.*, 2011

Gambar 14. Suhu udara maksimum dari stasiun meteorology Banyuwangi selama kurun waktu 30 tahun (1981-2011)

Di **DAS Bajulmati** rata-rata tebal hujan diukur di tiga stasiun pengamatan selama 15 tahun (1996-2010), yakni stasiun pengamatan Bajulmati (ketinggian 32 m dpl) sebesar 1.301,5 mm/tahun, stasiun pengamatan Malang (ketinggian 150 m dpl) sebesar 1.494,7 mm/tahun, dan stasiun pengamatan Pasewaran (ketinggian 107 m dpl) sebesar 2.208,1 mm/tahun. Fluktuasi curah hujan bulanan di DAS Bajulmati relatif konstan dan tidak berpengaruh pada pola hujan tahunan di DAS Bajulmati (Gambar 15).



Sumber: Purwanto, *et al.*, 2011

Gambar 15. Fluktuasi curah hujan bulanan di DAS Bajulmati dari tahun 1996 sampai dengan 2010

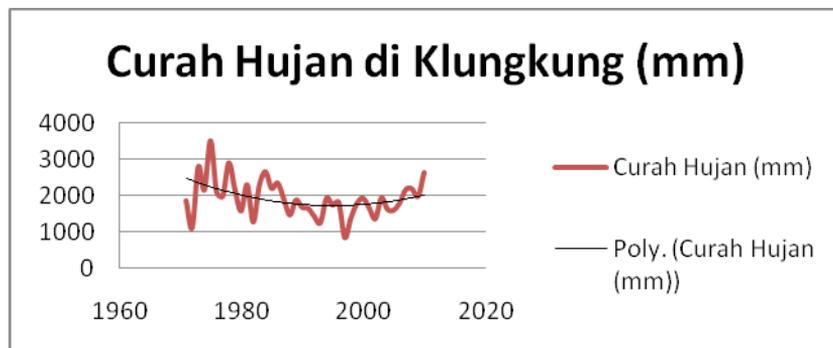
2.2.3 Sulawesi

Stasiun pengamat iklim satu-satunya terletak di Sulawesi Tengah terletak di Bandar Udara Mutiara SIS Aljufrie, kota Palu. Pada tahun 2011, data iklim untuk DAS Palu belum tersedia. Dengan demikian, data tentang perubahan iklim didapat dari persepsi masyarakat setempat di desa Omu dan Bobo (DAS Palu bagian tengah) dan desa Toro (DAS Palu bagian hulu). Di ketiga desa tersebut (Omu, Bobo, dan Toro), masyarakat menyimpulkan adanya perubahan di lingkungan mereka dari kabut dulu masih menyelimuti desa pada pagi hari dan kini sekitar jam 08:00 pagi sudah tidak ada lagi.

2.2.4 Bali

Pengamatan terhadap perubahan iklim dilakukan di DAS Unda yang terletak di Kabupaten Klungkung dan mempunyai iklim basah, dan Sub DAS Penaban di Kabupaten Karangasem yang mempunyai iklim kering, serta TN Bali Barat yang terletak di Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali.

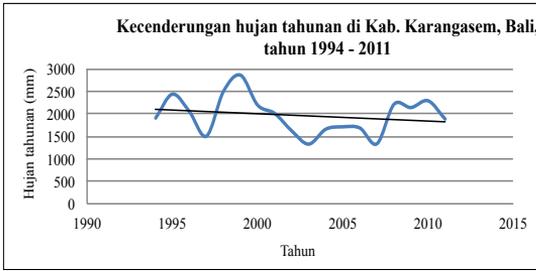
Curah hujan di DAS Unda (kabupaten Klungkung) dari tahun 1971-1997 cenderung turun sedangkan mulai tahun 1998-2010 cenderung naik (Gambar 16). Pada periode pertama, curah hujan tertinggi terjadi pada tahun 1978 sebesar 2.094 mm dan curah hujan terendah terjadi pada tahun 1997. Pada periode kedua, curah hujan terendah pada tahun 1998 sebesar 1.382 mm dan cenderung naik dan tertinggi pada tahun 2010 sebesar 2.637 mm. Data suhu selama 20 tahun di DAS Unda menunjukkan kenaikan sebesar 1°C,



Sumber: Purwanto, *et al.*, 2012

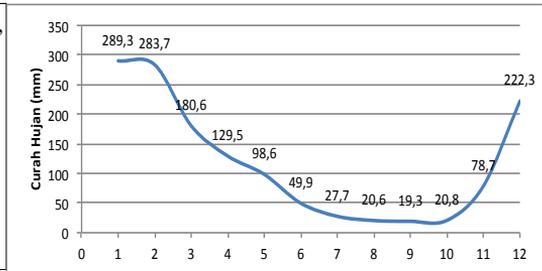
Gambar 16. Kecenderungan curah hujan di Klungkung dari tahun 1971-2010

Pada Sub DAS Penaban suhu udara meningkat kurang dari 1°C (0,5°C) dan curah hujan dan hasil air dalam 16 tahun terakhir menurun (Gambar 17).



Sumber: Purwanto, *et al.*, 2012

Gambar 17. Curah hujan tahunan di Sub DAS Penaban, Kabupaten Karangasem Bali dari tahun 1994-2011



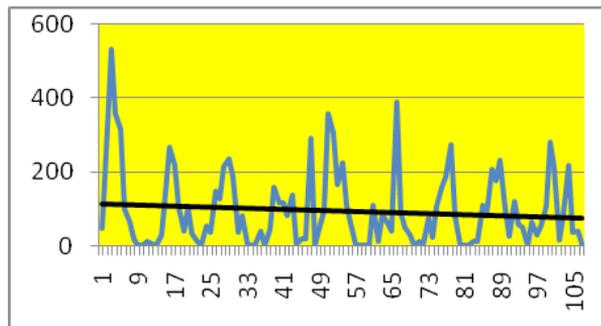
Sumber: Purwanto, *et al.*, 2012

Gambar 18. Rata-rata curah hujan bulanan di Sub DAS Penaban

Di TN Bali Barat dan Kabupaten Jembrana tercatat curah hujan bulanan selama periode 2001 hingga 2010 yang menunjukkan adanya tendensi menurunnya curah hujan. Meski curah hujan dari tahun 2001 hingga 2010 tendensinya menurun, pada tahun 2010 terjadi cuaca ekstrem berupa hujan yang turun sepanjang tahun.

2.2.5 Nusa Tenggara Timur

Penelitian perubahan iklim di Nusa Tenggara dilakukan di Provinsi Nusa Tenggara Timur, yaitu di DAS Noelmina (P. Timor), Sub DAS Takari Bokong dan Sub DAS Oesao (meliputi Kabupaten Rote Ndao, Timor Tengah Selatan, Timor Tengah Utara dan Kota Kupang), DAS Kambaniru (P. Sumba) dan DAS Aesesa (P. Flores).



Gambar 19. Curah hujan bulanan di Taman Nasional Bali Barat 10/2001 – 07/2010

Suhu tahunan rata-rata pada tiga DAS Prioritas (DAS Noelmina, DAS Kambaniru dan DAS Aesesa) bersifat fluktuatif, namun jika dilakukan analisis tren akan menunjukkan kecenderungan kenaikan (Gambar 20). DAS Noelmina mengalami kecenderungan kenaikan suhu tahunan rata-rata sebesar $0,19^{\circ}\text{C}$ selama 1977-2009, DAS Kambaniru terjadi kecenderungan kenaikan sebesar $0,4^{\circ}\text{C}$ selama 1973-2012 (Pujiono *et al.*, 2012) dan kecenderungan kenaikan suhu sebesar $0,12^{\circ}\text{C}$ di DAS Aesesa selama 1983-2011 (Pujiono *et al.*, 2013).

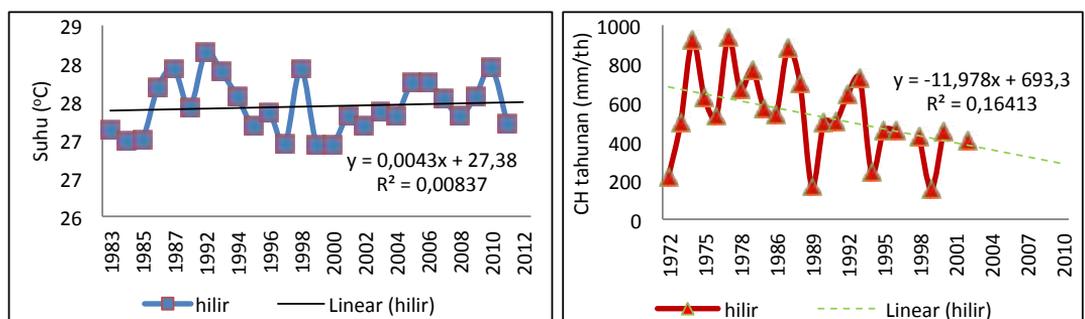
Pola suhu bulanan rata-rata pada ketiga DAS menunjukkan pola yang sama dimana suhu maksimum terjadi pada musim hujan (awal) dan suhu minimum terjadi pada musim kemarau (puncak musim kemarau, Juli-Agustus). Sebagai contoh di DAS Kambaniru,

suhu rata-rata bulanan maksimum terjadi pada bulan November 2002 (29,7°C) sedangkan suhu rata-rata bulanan minimum terjadi pada bulan Juli 1977 (23,3 °C).

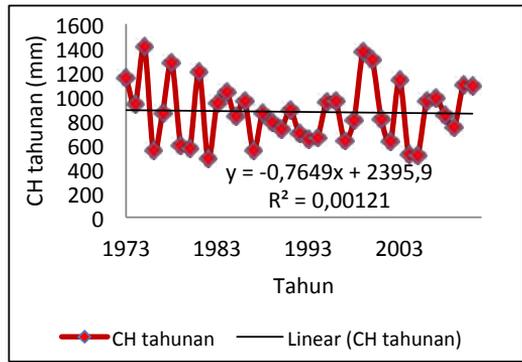
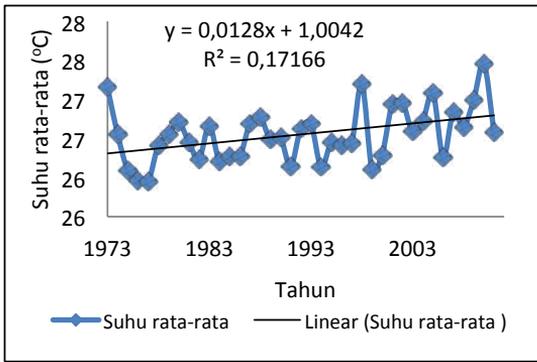
Curah hujan tahunan rata-rata di ketiga DAS menunjukkan kecenderungan menurun, terutama dijumpai di daerah hilir DAS. Di hilir DAS Kambaniru menurun sekitar 30 mm selama periode 1973-2012 (Pujiono *et al.*, 2012), di hilir DAS Aesesa menurun sekitar 175 mm selama 1976-2004 (Pujiono, *et al.*, 2013) dan di DAS Noelmina mengalami penurunan sekitar 22 mm pada periode 1974-2001.

Pola curah hujan pada ketiga DAS dapat diklasifikasikan sebagai pola hujan *monsoon*, karena memiliki grafik berbentuk huruf “V”, dimana terjadi perbedaan yang jelas antara musim hujan dan musim kemarau. Musim kemarau yang ditandai dengan hujan minimum terjadi pada saat bulan Juni, Juli dan Agustus atau pada saat terjadinya angin monsoon timur, yaitu pada saat matahari berada di garis balik utara. Sebaliknya pada saat terjadinya angin *monsoon* barat (November- Januari), terjadi hujan yang berlimpah (Sipayung *et al.*, 2010).

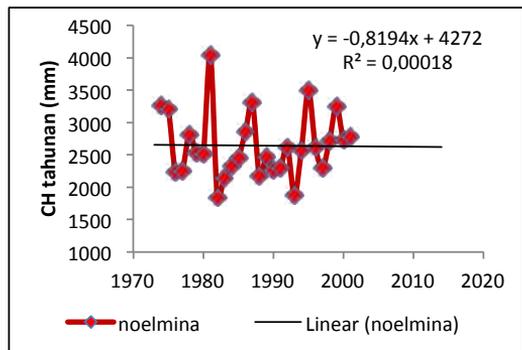
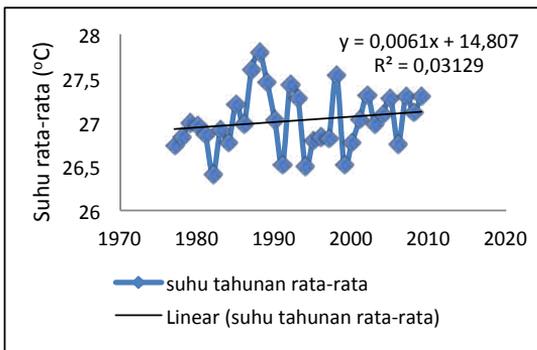
Bahaya yang terjadi terkait dengan adanya perubahan iklim yang ditandai dengan adanya peningkatan suhu dan perubahan pola curah hujan adalah adanya bencana klimatis, diantaranya adalah banjir, tanah longsor, angin dan kekeringan (BAPPENAS, 2010; DNPI, 2012). Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Sumba Timur mencatat bahwa antara Januari 2011 sampai Maret 2012 terdapat 67 kasus bencana yang didominasi oleh hujan dan tanah longsor ($\pm 75\%$ dari total kasus bencana) serta kekeringan dan kebakaran ($\pm 25\%$ dari total kasus bencana). Sementara itu untuk wilayah DAS Aesesa, data bencana yang dikumpulkan dari berbagai sumber (Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Ngada dan Nagekeo tahun 2011-2013 serta data kebencanaan BPDAS Benain Noelmina tahun 2008-2010) menyebutkan bahwa telah terjadi kurang lebih 50 bencana yang terdistribusi di seluruh Region DAS dari hulu sampai hilir. Jenis bencana alam yang paling sering terjadi adalah banjir (52% terhadap total bencana), angin (34%), abrasi (2%) dan longsor (1%).



a. Tren suhu dan CH tahunan di DAS Aesesa



b. Tren suhu dan CH tahunan di DAS Kambaniru



c. Tren suhu dan CH tahunan di DAS Noelmina

Sumber: Pujiono et al., 2012; Pujiono et al., 201

Gambar 20. Tren kenaikan suhu dan penurunan curah hujan tahunan pada tiga DAS prioritas di NTT.

2.2.6 Papua

Pengamatan perubahan iklim di Papua dilaksanakan di dua kabupaten, yaitu Kabupaten Manokwari (Papua Barat) dan kabupaten Jayawijaya (Papua). Data iklim tidak cukup tersedia, sehingga informasi tentang perubahan iklim didasarkan pada masyarakat kampung Memangker dan Apui di pegunungan Arfak (Kabupaten Manokwari) serta kampung Ayobaibur dan Holima (Kabupaten Jayawijaya).

Masyarakat pada prinsipnya merasakan peningkatan suhu di sekeliling tempat tinggal mereka yang ditandai dengan berkurangnya konsumsi kayu bakar untuk penghangat badan di malam hari (untuk kampung Memangker dan Apui) dan di Wamena es di puncak Gunung Trikora mencair dan tumbuh rumput di daerah tersebut.

Pembukaan hutan terjadi di kedua kabupaten ini untuk pemukiman. Di pegunungan Arfak bahkan sudah dipersiapkan untuk pemekaran. Banyaknya hutan yang ditebang dimungkinkan terjadi perubahan iklim mikro dan mempengaruhi suhu setempat, meski

belum ada penelitian seberapa besar pengaruh pembukaan hutan di dua kabupaten tersebut terhadap peningkatan suhu udara setempat.

2.3 PEMAHAMAN MASYARAKAT TERHADAP PERUBAHAN IKLIM

Masyarakat umumnya menyadari bahwa musim telah berubah, namun pemahaman mereka bervariasi tergantung pada jenis pekerjaan yang mereka geluti setiap harinya. Terdapat beberapa kesamaan pandangan dan tantangan yang dihadapi masyarakat di dalam dan sekitar hutan terkait dengan perubahan iklim, yaitu:

1. Masyarakat tidak paham dengan istilah perubahan iklim atau pemanasan global. Yang dipahami dan dirasakan adalah musim yang tidak menentu lagi di lingkungan mereka. Musim hujan dan kemarau tidak beraturan, dan pada tahun 2010 hujan turun sepanjang tahun.
2. Kalender musim sudah tidak bisa dipercaya lagi. Masyarakat mengalami kesulitan bahkan tidak mampu lagi memprediksi kapan akan terjadi musim hujan, musim kemarau, atau pasang besar, dan beberapa lama musim tersebut akan berlangsung. Berita iklim di radio tidak sesuai dengan di lapangan sehingga masyarakat lebih memercayai tanda-tanda alam yang mereka lihat saat itu.

Beberapa pemahaman masyarakat terhadap perubahan musim dapat dirangkum sebagai berikut:

1. **Petani tambak** di pesisir Kabupaten Subang, Pematang, dan Jembrana menyatakan suhu udara yang makin panas dan bulan hujan yang tidak teratur. Suhu yang makin panas ditengarai dengan keberadaan ikan di tambak pada tempat yang makin dalam untuk mendapatkan suhu air yang lebih dingin. Petani tambak sangat berkepentingan dengan pasang surut air laut untuk mengelola tambak dengan baik. Petani tambak di Kabupaten Pematang mengamati bahwa pasang surut air laut masih teratur sebelum tahun 1985. Pasang tinggi/besar terjadi pada tanggal *likuran* kalender bulan (atau bulan Jawa - Suro, Sapar, dst.) yaitu mulai tanggal 21 sampai akhir. Sekarang pasang surut air laut tidak teratur lagi. Kemampuan memprediksi pasang *mangsa*/musim sangat penting dalam menentukan saat yang tepat untuk mengisi atau mengeringkan tambak. Mereka tidak akan mengeringkan tambak saat terjadi pasang besar karena dapat menyebabkan tanggul jebol.
2. **Nelayan** sangat berkepentingan dengan angin laut untuk menentukan saat melaut yang aman. Di Kabupaten Pematang, para nelayan mengamati Angin Barat biasa datang pada bulan 1, 2 atau 3, dan angin Timur dari bulan 4 hingga bulan 12. Tanda-tanda terjadinya Angin Barat masih sama saat ini dengan sepuluh tahun lalu berupa mendung tebal namun waktunya lebih lama. Saat terjadi angin Barat para nelayan

memilih tidak melaut karena angin kencang dan menimbulkan gelombang besar/ tinggi sehingga mereka tidak dapat menebar jala. Dulu Angin Barat tidak pernah terjadi pada bulan 5. Namun pada tahun 2010 masih terdapat Angin Barat di bulan 5 meski hanya berlangsung beberapa hari saja (1 – 2 hari). Tidak ada penyuluh untuk nelayan laut.

Masyarakat pesisir di sekitar TNBB (Taman Nasional Bali Barat) menandai perubahan iklim dengan kegiatan pemadaman api di kawasan Taman Nasional Bali Barat. Bulan Juli sebelum tahun 2010 masyarakat bersama para petugas Taman Nasional sudah siap siaga atau bekerja keras memadamkan api di kawasan hutan. Namun pada Juli 2010 hujan masih turun dan tidak ada kegiatan pemadaman api.

- Petani** tanaman pertanian di pesisir, daerah kering dan dataran tinggi secara umum mendapatkan awal musim hujan datang lebih lambat dengan jumlah bulan hujan lebih sedikit. Sebaliknya musim kemarau datang lebih awal dan berlangsung lebih panjang. Pengamatan masyarakat desa pesisir di Kabupaten Subang, Jawa Barat, terhadap perubahan musim disajikan pada Tabel 3. Pengamatan masyarakat desa di daerah kering – desa Bena, Nusa Tenggara Timur, disajikan di Tabel 4, dan pengamatan masyarakat di dataran tinggi Manokwari terhadap perubahan musim disajikan di Tabel 5.

Tabel 3. Pengamatan masyarakat desa Langensari terhadap perubahan musim hujan dan kemarau, Kabupaten Subang

Musim	Tahun	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Hujan	< '85	***	***	***	*	*					*	**	***
	>'00	**	***	***	*								*

Sumber: Diskusi terfokus dengan masyarakat desa Langensari, 2010

Tabel 4. Pengamatan masyarakat desa Bena, NTT terhadap perubahan musim hujan dan kemarau

Tahun	Bulan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2010	***	***	**	***	**	*	*	*	**	***	***	***
'90-'09	***	***	**	**	*					**	***	***
< '90	***	***	**	*						**	***	***

Sumber: Data hasil wawancara dengan masyarakat Desa Nenas dan Desa Bena 2011

Tabel 5. Pengamatan masyarakat desa Apui, Papua terhadap perubahan musim hujan dan kemarau

Tahun	BULAN											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tahun '90an	***	**	Panas, hujan bergantian					Panas			***	***
2010 dan 2011	Hujan sepanjang tahun											
Mei 2012	Hujan											

Catatan: hujan pada bulan Mei menjadikan sungai banjir

Keterangan :

Musim hujan Musim kemarau

* : intensitas hujan rendah

** : intensitas hujan sedang

*** : intensitas hujan tinggi

< : sebelum

> : setelah

Petani Desa Nenas dan desa Benu, NTT, sebagiannya masih menggunakan tanda-tanda alam untuk menentukan musim tanam. Di desa Nenas, tanda alam dimaksud, antara lain suara ayam hutan yang berkokok pada sore hari, pohon mangga yang mulai berbunga/buah, dan kokok burung hujan (*koloulan*). Sedangkan petani sawah tadah hujan di desa Benu, sebelum tahun '90 masih memercayai munculnya rasi bintang kalajengking pada pukul 18:00 di Barat sebagai tanda saat melakukan penanaman. Kini mereka percaya kalau musim hujan sudah dekat dan musim tanam tidak dapat ditunda lagi bila tiap malam suhu udara terasa panas, dan bila siang harinya ada angin kencang hingga atap rumah yang terbuat dari daun bisa terangkat. Bila tanda-tanda tersebut tidak didapat maka petani melakukan musyawarah untuk menentukan saat tanam. Kesepakatan yang pernah diambil adalah 'bila hujan mulai turun mereka melakukan persiapan lahan dan hujan berikutnya dilakukan persemaian'. Para petani dan nelayan di Desa Bena (hilir DAS dan dekat pantai) percaya bahwa musim hujan diandai dengan suara air laut terdengar keras sekali.

Petani di dataran tinggi desa Toro, desa Bobo, dan desa Omu, Provinsi Sulawesi Tengah memperhatikan keberadaan kabut untuk mengatakan perubahan iklim. Sebagai contoh, di desa Toro (Hulu DAS Palu) sebelum 1980 masih ada kabut pada jam 09:00 – 10:00. Namun sejak tahun 2004 sudah tidak ada lagi kabut pada pukul 07:00 – 08:00. Kepala desa Toro menyatakan:

'musim hujan sudah berubah dan cuaca ekstrem terjadi di desa pada tahun 1990. Selama 1 tahun tidak turun hujan dan masyarakat hanya bisa makan ubi. Sepuluh tahun kemudian terjadi lagi iklim ekstrem dimana hujan turun sepanjang tahun menjadikan masyarakat bisa panen padi 2 kali setahun. Masyarakat tidak terlalu paham dengan apa yang terjadi, yang mereka rasakan adalah musim yang berubah tidak menentu'

Di Kabupaten Solok, masyarakat desa Bukit Sileh, Air Batumbuk, dan Air dingin merasakan udara yang makin menghangat dan hujan yang tidak beraturan. Terjadi perubahan secara perlahan pada masyarakat dalam berpakaian. Sebelumnya keseharian masyarakat di tiga nagari menggunakan pakaian panjang dan berlapis, serta kain sarung. Mereka tidak bertopi saat bekerja di ladang. Kini sudah tidak diperlukan lagi pakaian hangat. Para petani bahkan sudah menggunakan topi ketika bekerja di ladang, akibat sengatan matahari yang dirasakan semakin panas.

Masyarakat kampung Memangker dan kampung Apui, Pegunungan Arfak, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat, merasakan terjadinya indikasi perubahan musim dari berkurangnya konsumsi kayu bakar untuk menghangatkan badan di malam hari. Sebelum tahun 2000, masyarakat desa Apui masih memerlukan kayu bakar sekitar 10 ikat per hari untuk memasak dan menghangatkan badan. Sekarang mereka hanya memerlukan sekitar 2 ikat per hari untuk memasak dan tidak lagi memerlukan kayu bakar untuk menghangatkan badan di malam hari. Sementara masyarakat di kampung Ayobaibur dan Holima (Kabupaten Jayawijaya) meyakini adanya suhu yang makin hangat dengan mencairnya es di puncak gunung Trikora dan ditemukan makin banyak areal berumput di daerah tersebut. Sebelumnya rumput tidak tumbuh karena dinginnya es di puncak Gunung Trikora. Mereka juga mengamati bahwa jenis tanaman yang biasa hidup di daerah pantai seperti ketapang dan kelapa, kini tumbuh dengan baik di tempat mereka, walau kelapa belum dapat menghasilkan buah.

2.4 PENUTUP

Tidak lengkapnya data iklim di lapangan sedikit banyak berpengaruh pada akurasi gambaran perubahan iklim di Indonesia. Namun demikian dari data yang tersedia dan dari pengamatan masyarakat di berbagai bagian di Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Bali, Nusa Tenggara Timur, dan Papua, didapatkan fenomena perubahan iklim di Indonesia.

Informasi dari masyarakat tentang pengamatan mereka terhadap perubahan di sekelilingnya sangat membantu untuk mengetahui perubahan iklim khususnya di daerah-daerah yang belum tersedia data iklimnya. Meski informasi tersebut bersifat umum, setidaknya keterangan yang mereka sampaikan mampu memberikan informasi umum terjadinya perubahan iklim.

Perubahan iklim yang dirasakan di berbagai daerah di Indonesia karakteristiknya tidak sama dari satu tempat ke tempat lain. Namun secara umum dapat disampaikan bahwa beberapa daerah mengalami peningkatan suhu dan beberapa lainnya mengalami penurunan suhu. Peningkatan dan penurunan suhu tersebut diikuti dengan penurunan dan peningkatan curah hujan.

Bab 3

Kerentanan Hutan Tropis Akibat Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem

Purwanto, Beny Harjadi, Nunung Puji Nugroho dan Dewi Ratna Kurnia Sari

3.1 PENDAHULUAN

Perubahan iklim dapat diartikan sebagai perbedaan nyata secara statistik pada nilai rata-rata iklim maupun variabilitas yang terjadi secara luas pada periode waktu tertentu (IPCC, 2001). Perubahan iklim menjadi perhatian kalangan internasional karena banyak dampak negatif yang ditimbulkannya, seperti kemarau panjang dan banjir yang berakibat pada gagal panen atau hilangnya sumber penghasilan masyarakat, meningkatnya permukaan air laut akibat mencairnya tutupan es di daerah kutub, meningkatnya frekuensi kebakaran, mewabahnya hama penyakit dan munculnya banyak badai dan cuaca ekstrim (IPCC, 2007).

Perubahan iklim berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung pada seluruh aspek kehidupan. Dampak perubahan iklim lebih terlihat nyata pada hutan boreal dari pada tipe hutan lainnya, namun berbagai faktor terkait kerentanan hutan terhadap perubahan iklim/variiasi musim lebih terlihat nyata di hutan tropis (Ayres *et al.*, 2009). Hal ini terjadi pula pada ekosistem hutan tropis di Indonesia.

Hubungan hutan dan iklim sangatlah erat. Hutan merupakan komponen penting dalam siklus karbon secara global. Besarnya CO₂ yang tersimpan dalam ekosistem hutan merupakan suatu penyangga penting dalam proses perubahan iklim. Dengan demikian, hutan membantu menciptakan stabilitas lingkungan, seperti: mengeliminasi temperatur ekstrem, disamping fungsi penting lainnya yaitu melindungi daerah aliran sungai (DAS), mencegah erosi tanah dan penurunan kualitas tanah, penyedia pangan, obat, dan energi, serta tempat kehidupan berbagai satwa.

Dampak perubahan iklim terhadap suatu ekosistem berbeda dari satu tempat ke tempat lain, begitu pula dengan vegetasi sebagai salah satu komponen biotik dalam ekosistem hutan (Badbalan, 2005). Suhu yang lebih hangat akan menyebabkan pergeseran spesies vegetasi dan ekosistem. Daerah pegunungan akan kehilangan banyak spesies vegetasi aslinya dan digantikan oleh spesies vegetasi dataran rendah. Bersamaan dengan itu kondisi sumberdaya air yang berasal dari pegunungan juga akan mengalami gangguan. Selanjutnya stabilitas tanah di daerah pegunungan juga terganggu dan sulit mempertahankan keberadaan vegetasi aslinya

(Ayres *et al.*, 2009). Perubahan vegetasi menyebabkan variasi karakteristik permukaan bumi seperti *albedo* (kemampuan memantulkan) dan *roughness* (ketinggian vegetasi) memengaruhi keseimbangan energi permukaan bumi lewat gangguan evapotranspirasi. Selain itu, perubahan vegetasi juga dapat mempengaruhi suhu, laju presipitasi, dan curah hujan di suatu wilayah (Badbalan, 2005). Bencana alam yang dapat terjadi karena perubahan vegetasi di antaranya adalah banjir, munculnya *heatstroke* akibat gelombang panas yang tidak diserap karena hilangnya vegetasi alami, kekeringan, dll (Boland *et al.*, 2005).

Timbulnya dampak perubahan iklim yang cenderung bervariasi ini disebabkan karena perbedaan tingkat kerentanan vegetasi hutan. Namun belum banyak penelitian di Indonesia mengarah pada kajian kerentanan vegetasi hutan, ketersediaan jasa air, dan respon fenologi tumbuhan hutan terhadap perubahan iklim. Kajian kerentanan vegetasi hutan secara detil memerlukan akurasi tinggi dan dilakukan pada areal yang luas. Analisis dapat dilakukan melalui penginderaan jauh citra satelit dan sistem informasi geografis (SIG).

Lokasi penelitian di tiga Taman Nasional (TN) yaitu TN Baluran, TN. Bromo Tengger Semeru (TN. BTS), dan TN. Bali Barat (TN.BB) dibahas kondisi kerentanan tumbuhan hutannya melalui inventarisasi vegetasi, meliputi struktur dan komposisi serta distribusi vegetasi dan pemetaan status kerentanan ekosistem hutan terhadap perubahan iklim. Pengaruh perubahan iklim terhadap jasa air dilakukan di enam DAS yang ada di P. Jawa, P. Bali, P. Timor, P. Sumba, dan P. Flores, dan pengaruh perubahan iklim terhadap vegetasi hutan, khususnya Dipterocarpaceae, dilakukan di TN. Bukit Barisan Selatan (TNBBS) untuk melihat respon fenologi tumbuhan tersebut.

Adanya informasi mengenai kerentanan vegetasi hutan, ketersediaan jasa air, dan fenologi tumbuhan hutan terhadap perubahan iklim akan menjadi referensi yang sangat berguna dalam pengelolaan hutan tropis, penentuan kebijakan dan program pembangunan yang memperhatikan dampak perubahan iklim dan potensi adaptasi ekosistem hutan untuk kepentingan khalayak umum terhadap pemenuhan pangan, energi dan air agar dapat terpenuhi secara lestari.

3.2 RESPON DAN KERENTANAN HUTAN TROPIS TERHADAP PERUBAHAN IKLIM DAN CUACA EKSTREM

3.2.1 Kerentanan Hutan

Kerentanan hutan tropis dapat dilihat dari kerentanan pada tingkat spesies dan tingkat ekosistem. Tingkat kerentanan tersebut dapat makin serius bila manusia/masyarakat cenderung mengeksploitasi hutan tanpa mepedulikan upaya perlindungannya.

Kerentanan tumbuhan hutan di ke 3 Taman Nasional (TN) Baluran, TN. Bromo Tengger Semeru (BTS), dan TN. Bali Barat (BB) sebagian besar dalam kondisi rentan, atau mudah mengalami kerusakan akibat perubahan iklim. Kerusakan ekosistem bisa diakibatkan karena kebakaran, kekeringan, dan degradasi lahan sehingga tumbuhan banyak yang mati. Kerentanan tumbuhan setiap daerah di dominasi oleh faktor penyebab yang berbeda. Di TN. Baluran faktor penyebab kerentanan meliputi pengaruh kekeringan dan kebakaran serta tanah dangkal dan berbatu. Kekeringan dan lahan marginal berpasir merupakan faktor penyebab kerentanan di TNBTS, sedangkan di TN. Bali Barat lebih dominan oleh faktor kekeringan, kebasahan di mangrove dan solum dangkal serta berbatu.

Masyarakat sekitar di TN. Baluran sebagiannya memanfaatkan kawasan taman nasional untuk lahan tegal, sayur dan areal penggembalaan. Sedangkan masyarakat di sekitar TN. Bromo Tengger Semeru, sebagiannya mengolah areal lereng gunung dan perbukitan sekitar. Mereka berperan dalam menjadikan hutan taman nasional makin rentan. Di TN. Bali Barat, masyarakat berpengaruh positif terhadap kelestarian lingkungan. Bangunan pura yang tersebar di dalam kawasan taman nasional merupakan tempat ibadah dan kunjungan wisata. Mereka menjaga sumber air dan tumbuhan hutan di sekitar pura tersebut.

3.2.1.1 Kerentanan di TN. Baluran

Perubahan iklim (variasi musim dan cuaca ekstrem) di TN. Baluran diindikasikan dengan kecenderungan kenaikan pada beberapa parameter iklim yaitu suhu tahunan, suhu rata-rata maximal, suhu rata-rata minimal, rata-rata tekanan udara maksimal, dan rata-rata tekanan udara minimal. Jumlah hari hujan dalam setahun berkisar antara 102 hari hingga 206 hari, sedangkan curah hujan tahunan dan curah hujan maksimal relatif tetap. Peningkatan suhu udara menyebabkan kekeringan di savana (Gambar 21) meningkat sehingga kebakaran sering terjadi meski sudah ada tanaman *Acacia nellotica* sebagai sekat bakar .



Foto: Beny Harjadi, 2010

Gambar 21. Savana di TN. Baluran



Foto: Beny Harjadi, 2010

Gambar 22. Savana di TN. Baluran semakin mengering saat kemarau

Perubahan iklim membawa air pasang laut di Taman Nasional Baluran menurun. Kondisi ini berpengaruh pada tumbuhan hutan, khususnya yang di hilir. Tanaman mangrove menjadi menjorok ke daratan menjadikan luas areal mangrove berkurang. Hal ini terjadi karena ada pergeseran ekosistem hutan dimana ekosistem mangrove sebagiannya menjadi ekosistem pantai.

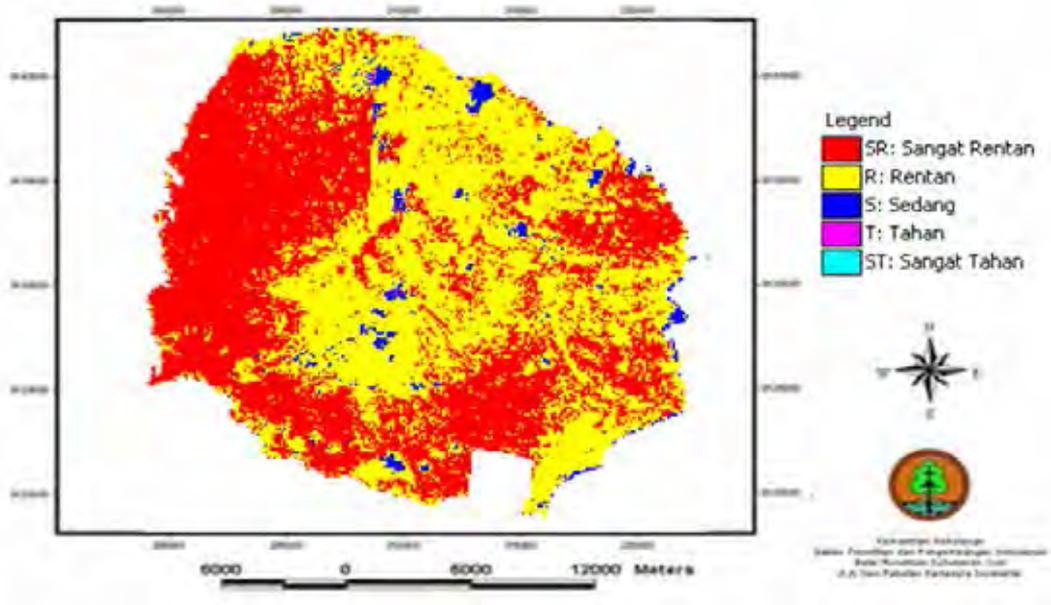
Adanya indikasi yang mengarah pada perubahan iklim belum memberikan pengaruh terhadap tumbuhan hutan di TN. Baluran. Potret kondisi tumbuhan di TN. Baluran saat ini dipantau melalui keaneka ragaman jenisnya. Keaneka-ragaman jenis tumbuhan di TN. Baluran berdasarkan indeks *Shannon Wiener* tergolong tinggi baik pada tingkat semai, pancang, tiang maupun pohon berkisar antara 3,19 sampai 3,03. Adanya keanekaragaman tinggi ini menandakan penyebaran jumlah individu tiap spesies tinggi dan kestabilan komunitas juga tinggi.

Namun demikian, ekosistem hutan di TN. Baluran tergolong rentan hingga sangat rentan (Gambar 24). Kondisi ekosistem sangat rentan menyebar hampir diseluruh TN. Baluran. Kondisi sangat rentan ini meliputi ekosistem hutan dataran rendah, savana, hutan tanaman pada bagian barat TN Baluran, sedikit di hutan mangrove dan pantai. Pada bagian tengah TN Baluran yang merupakan hutan dataran tinggi dan tergolong rentan. Hutan *evergreen* juga tergolong dalam kelas rentan, sedangkan kerentanan sedang terdapat di hutan mangrove dan dataran rendah.



FotoFoto: Beny Harjadi, 2010

Gambar 23. Tanaman Mangrove mengarah ke daratan

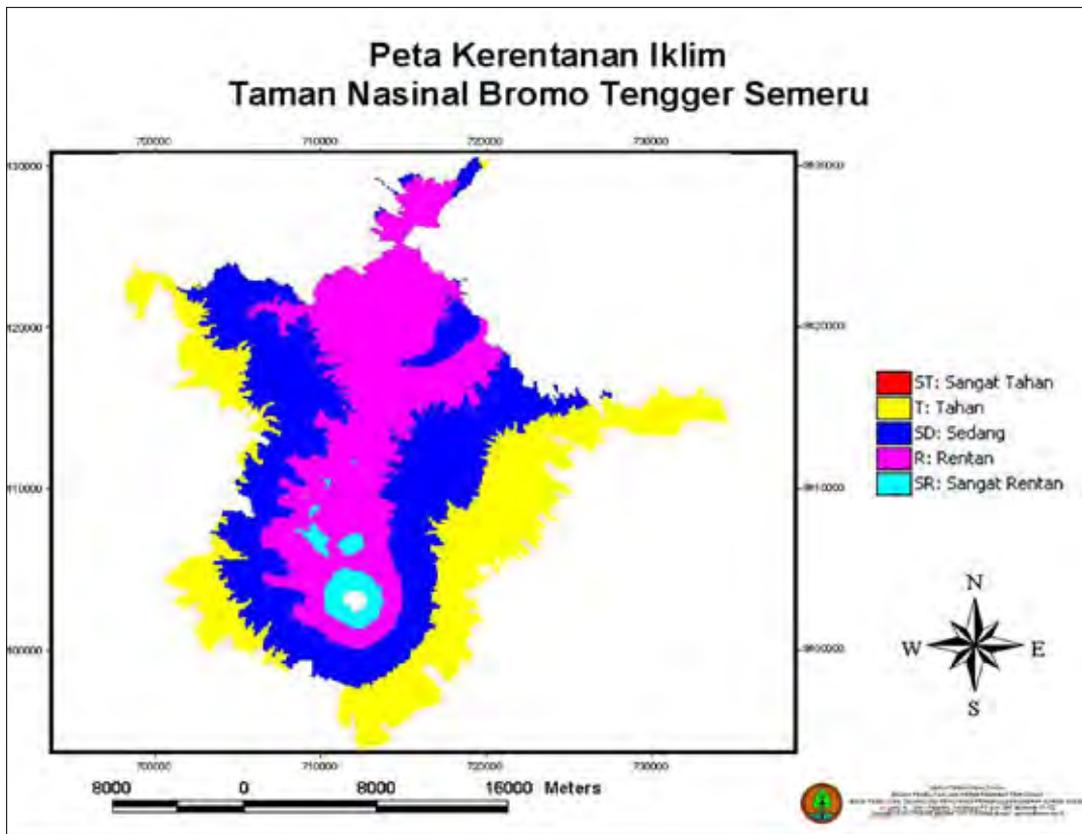


Gambar 24. Peta analisis kelas kerentanan vegetasi terhadap perubahan iklim di TN. Baluran dengan citra landsat 1999

3.2.1.2 Kerentanan TN. Bromo Tengger Semeru

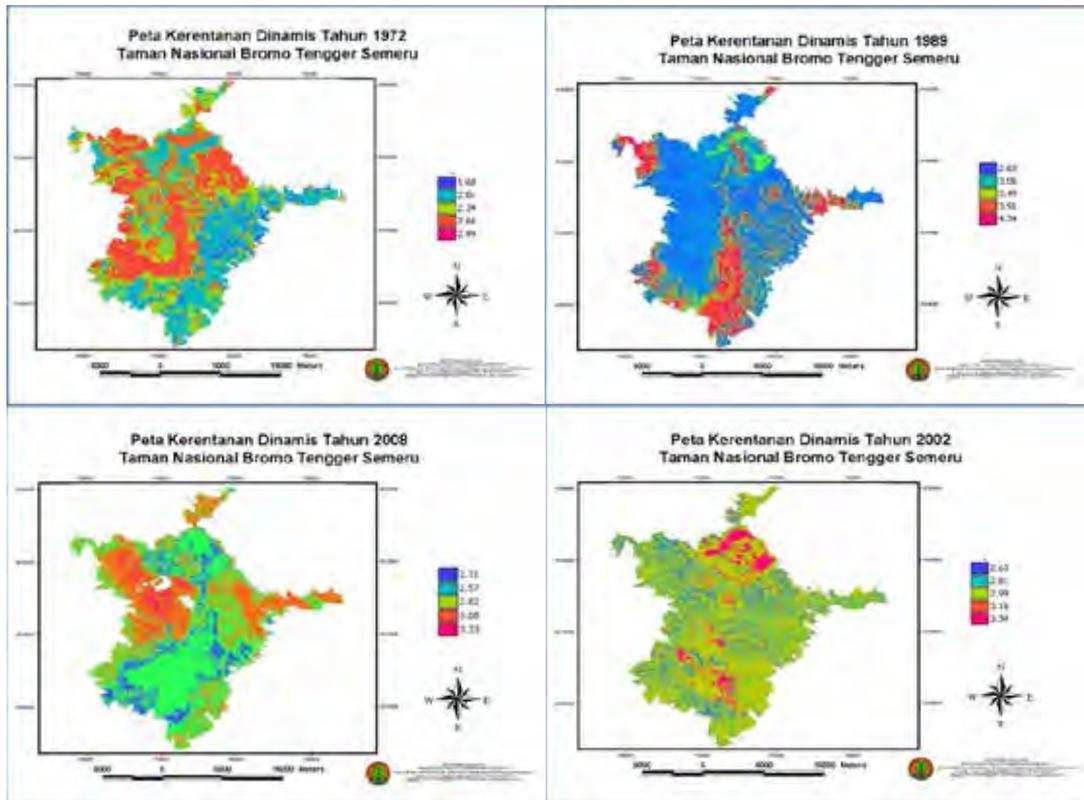
Indikasi perubahan iklim variasi musim dan cuaca ekstrem di TN. Bromo Tengger Semeru (BTS) diindikasikan dengan kecenderungan kenaikan pada beberapa parameter iklim yaitu suhu rata-rata bulanan dan kelembaban rata-rata bulanan. Potret kondisi tumbuhan di TNBTS saat ini dipantau melalui kelestarian jenisnya berdasarkan ketersediaan jenis pada tiap fase pertumbuhan pada tingkat semai-pancang tiang dan pohon. Keanekaragaman jenis tumbuhan di TNBTS berdasarkan indeks *Shannon Wiener* tergolong sedang pada tingkat semai, pancang, tiang maupun pohon berkisar antara 1,79 sampai 2,72. Adanya keanekaragaman yang sedang ini menandakan penyebaran jumlah individu tiap spesies sedang dan kestabilan komunitas juga sedang.

Penilaian kerentanan TNBTS terhadap perubahan iklim dilakukan dengan menginterpretasikan fungsi dari tiga aspek yaitu *Exposure* (curah hujan, suhu dan kelembaban), *Sensitivity* (Greenness Index, Wetness index dan Soil Brighness index) dan *Adaptive Capacity* (*aspect, slope, altitude*). Ekosistem hutan Montana lebih rentan jika dibandingkan dengan ekosistem hutan sub Montana. Hal ini memungkinkan adanya pergeseran ekosistem Montana ke ekosistem sub Montana. Jenis tumbuhan dari ekosistem Sub Montana terdapat pada ekosistem Montana. Hutan montana didominasi tumbuhan akasia dan cemara, sedangkan hutan Sub Montana didominasi tumbuhan nyapuh dan macropanax.



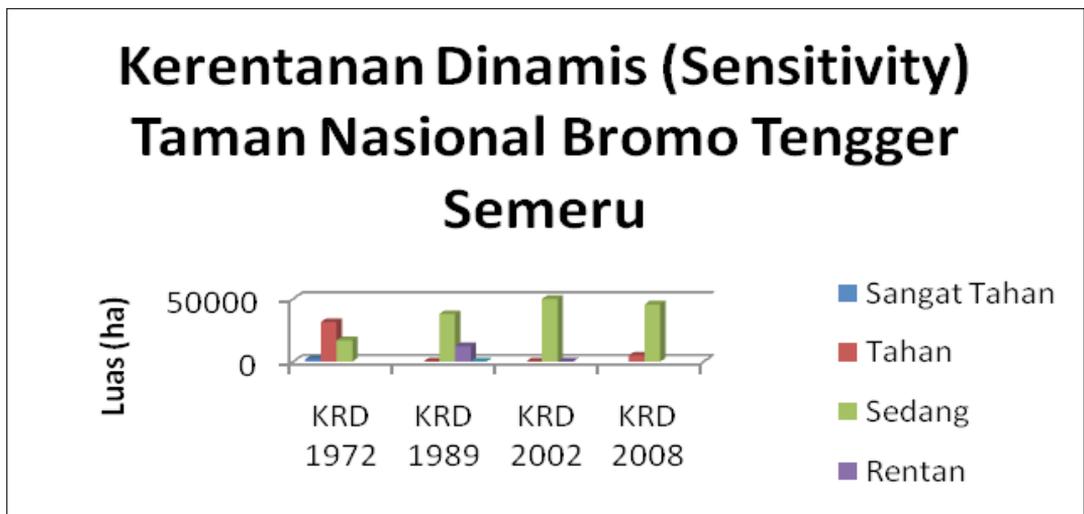
Sumber: Harjadi *et al.* 2011

Gambar 25. Peta Kerentanan Iklim di TNBTS



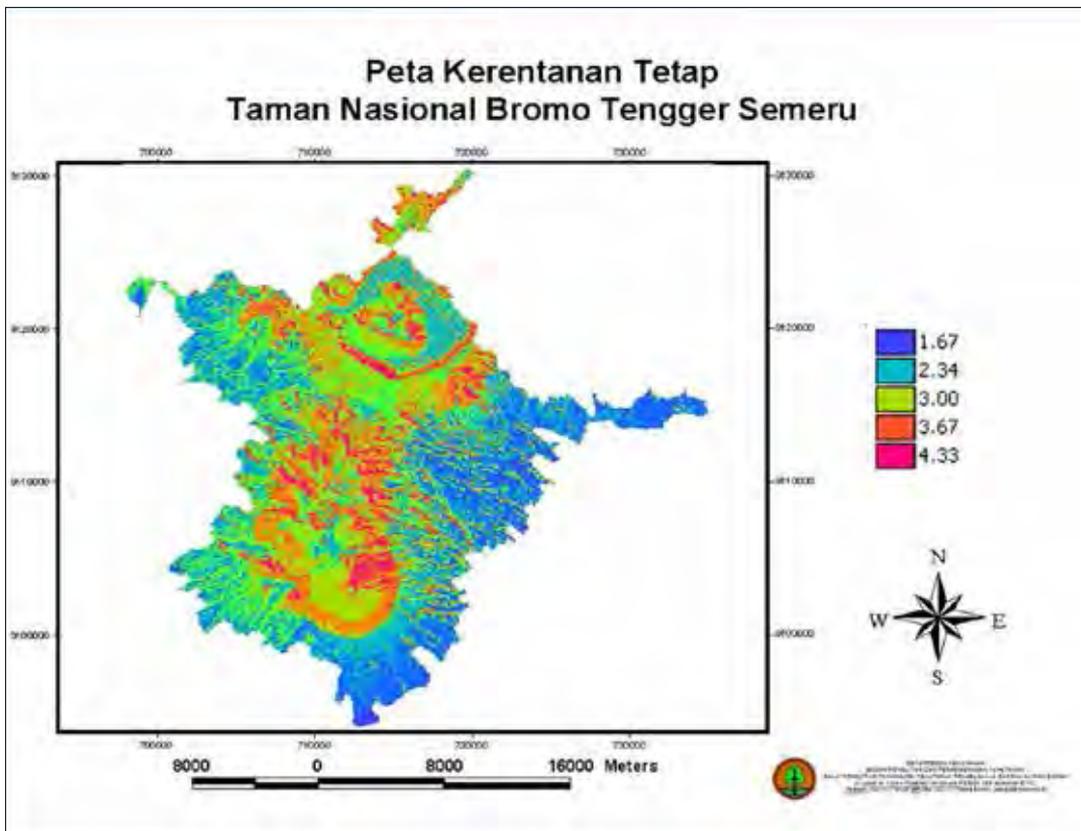
Sumber: Harjadi *et al.* 2011

Gambar 26. Peta Kerentanan Dinamis di TNBTS



Sumber: Harjadi *et al.* 2011

Gambar 27. Grafik *Sensitivity* TNBTS



Sumber: Harjadi et al (2011)

Gambar 28. Peta kemampuan adaptasi (kerentanan tetap) di TNBTS

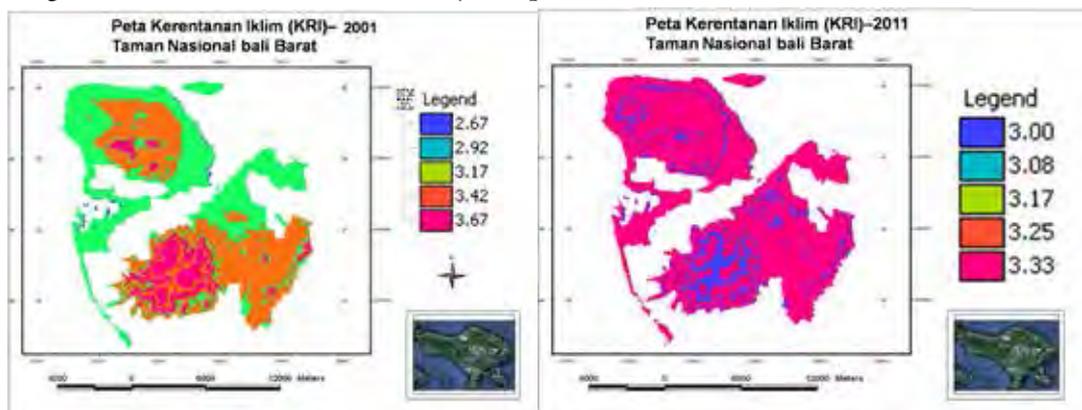
3.2.1.3 Kerentanan Taman Nasional Bali Barat (TNBB)

Di TNBB terjadi kenaikan air pasang laut, menjadikan air naik ke daratan dan mengakibatkan pertumbuhan mangrove sampai daratan. Dengan demikian, areal mangrove di TNBB menjadi lebih luas.

Kelestarian jenis tumbuhan di TNBB diketahui berdasarkan ketersediaan jenis pada tiap fase pertumbuhan pada tingkat semai, pancang, tiang, dan Pohon. Hasil analisis tingkat pertumbuhan pohon memiliki tingkat permudaan yang hampir merata pada tiap tingkat pertumbuhan. Keanekaragaman jenis tumbuhan di TNBB tergolong rendah sampai sedang dengan kisaran indeks *Shannon Wiener* untuk hutan mangrove berkisar 0,234 - 1,075, hutan pantai 1,099 - 1,768, hutan musim 1,164 - 1,841, dataran rendah 1,642 - 2,064, savana 0,67 - 0,867, dan *evergreen forest* 1,078 - 1,714. Indeks Keanekaragaman jenis menunjukkan bahwa keaneka-ragaman Savana tergolong paling rendah dan keanekaragaman paling tinggi terdapat di hutan dataran rendah.

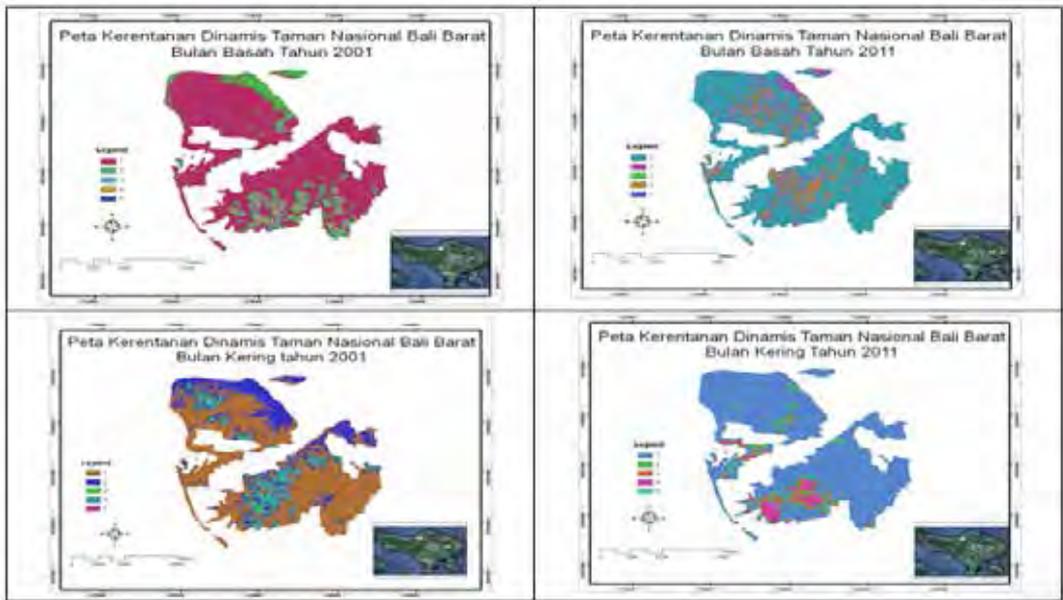
Perubahan Iklim menjadikan beberapa spesies tidak dapat menyesuaikan diri, terutama spesies yang mempunyai kisaran toleransi yang rendah terhadap fluktuasi suhu. Pohon yang hidup di daerah elevasi tinggi adalah jenis yang mampu menyesuaikan diri dengan kondisi iklim yang temperaturnya rendah, kelembaban tinggi dan intensitas matahari kurang. Populasi spesies yang relatif stabil akan lebih adaptif dibandingkan spesies yang populasinya fluktuatif terhadap perubahan lingkungan.

Penilaian kerentanan TNBB terhadap perubahan iklim dilakukan dengan menginterpretasikan fungsi dari tiga aspek yaitu *Exposure*, *Sensitivity* dan *Adaptive Capacity*. *Exposure* (Kerentanan Iklim KRI) merupakan fungsi dari suhu, kelembaban, dan curah hujan. Pemetaan Status Kerentanan Ekosistem Hutan Terhadap Perubahan Iklim dengan menganalisis citra satelit pada saat pengambilan gambar di musim kering dan basah pada tahun 2001 dan 2011. Peta analisis dalam melakukan kalkulasi perubahan iklim antara lain dari faktor *exposure* (Peta Curah Hujan, Peta Kelembaban dan Peta Temperatur), *sensitivity* (Peta WI, Peta GI dan Peta SBI), dan faktor *adaptive capacity* (Peta lereng, Peta Arah lereng, dan Peta Tinggi Tempat). Faktor *exposure* di TNBB antara lain curah hujan (1.022 mm/1996 – 2.123,5 mm/2005), Kelembaban (79,99-85,84%) dan Temperatur (23,17°C - 33,11°C). Faktor *adaptive* antara lain lereng (miring 23,5%), arah lereng (timur laut 15,03%) dan tinggi tempat (dataran pantai < 100 m dpl 40,18%). Faktor *sensitivity* antara lain: WI (Wetness Index), GI (Greenness Index) dan SBI (Soil Brightness Index). Hasil analisis disajikan pada Gambar 29, 30, 31.



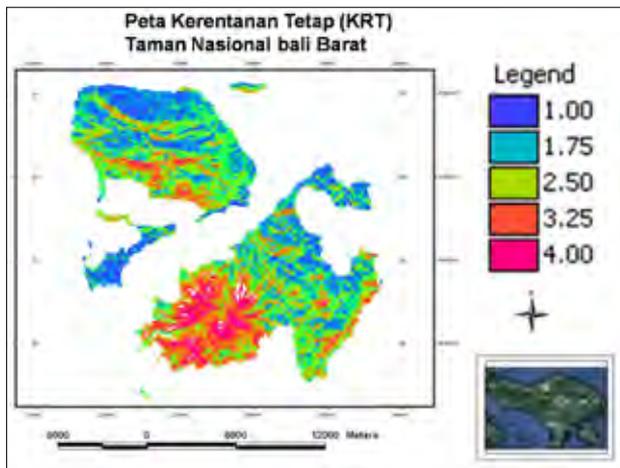
Sumber: Harjadi *et al* (2012)

Gambar 29. (a) Peta Kerentanan Iklim 2001, (b) Peta Kerentanan Iklim 2011 di TNBB



Sumber: Harjadi *et al* (2012)

Gambar 30. Peta Tingkat Kerentanan dinamis pada tahun 2001 (bulan basah dan bulan kering) dan tahun 2011 (bulan basah dan bulan kering)



Sumber: Harjadi *et al.*, (2012)

Gambar 31. Peta kapasitas adaptasi (kerentanan tetap) Taman Nasional Bali Barat

3.2.2 Implikasi Pengelolaan Hutan

Tumbuhan, hewan dan manusia yang bergantung pada ekosistem hutan akan menghadapi tantangan lebih besar ketika iklim berubah. Potensi terjadinya kondisi

cuaca ekstrem ke depan akan lebih besar (kekeringan, kebakaran), sehingga diperlukan dukungan pembiayaan pengelolaan yang lebih besar.

Kegiatan pengelolaan yang diarahkan untuk mengurangi dampak kekeringan dan kebakaran perlu dilakukan, terutama pada tipe ekosistem yang rentan terhadap kebakaran. Kerawanan akan kebakaran berpotensi cukup besar karena banyaknya bahan bakar di hutan yang kering karena terik matahari. Aksesibilitas ke Taman Nasional bagi masyarakat, misal untuk mengumpulkan hasil hutan bukan kayu, perlu dipertimbangkan dengan seksama untuk mengurangi gangguan terutama pada tipe ekosistem yang rentan.

3.3 DAMPAK PERUBAHAN IKLIM DAN CUACA EKSTREM TERHADAP JASA HUTAN AIR

Kelangkaan air bersih sudah menjadi isu global yang membawa gejala merugikan masyarakat. Diperkirakan 880 juta orang tidak memiliki akses rutin ke air (Postel, 2013). Kondisi ini diperburuk oleh perubahan iklim yang mempengaruhi ketersediaan air (Cheng dan Hu, 2011) dan menjadikan masyarakat makin sulit mendapatkan air bersih.

Dataran Cina Utara yang merupakan tempat tumbuhnya setengah dari gandum Cina mengalami penurunan *water table* 3 (tiga) meter/tahun. Beberapa negara bagian di India menggunakan setengah dari anggaran listrik mereka untuk memompa air dari kedalaman 100 meter untuk mengairi tanaman. Sekitar 300 juta orang Cina dan India memakan makanan yang ditanam di “fosil” air yang tidak diisi ulang. Di Timur Tengah dan Afrika Utara, saat ini, menggunakan air tawar yang setara dengan 115% dari total limpasan. Adanya pola pemanfaatan teknologi yang tidak berkelanjutan di berbagai belahan bumi tersebut menjadikan jumlah orang yang hidup di negara-negara langka air diperkirakan akan meningkat enam kali lipat antara tahun 1990 dan 2025 (Sudarmanto, 2013).

Banyak aspek yang memengaruhi keberadaan air bersih di bumi, seperti pencemaran lingkungan, bertambahnya jumlah penduduk, rusaknya daerah tangkapan air, bertambahnya jumlah penduduk, pemanfaatan air bersih yang kurang bertanggung jawab, dan kini diperparah dengan perubahan iklim (Hastri, 2010, Amalia dan Sugiri, 2014). Perubahan iklim yang ditandai antara lain dengan kekeringan dan banjir dipercaya mempengaruhi keberadaan air bersih. Namun demikian tutupan lahan hutan akan berperan dalam ketersediaan air bersih.

3.3.1 Hutan dan Jasa Air

Curah hujan sebagai salah satu parameter perubahan iklim dan jasa air erat kaitannya dengan ekosistem DAS (Daerah Aliran Sungai). Dalam ekosistem DAS, curah hujan merupakan input, dan debit air serta muatan sedimen merupakan output (Asdak, 1997). Di samping dipengaruhi oleh curah hujan, output jasa air yang meliputi debit air dan muatan sedimen

dipengaruhi juga oleh kualitas dan kuantitas tutupan hutan. Pengelolaan vegetasi, khususnya vegetasi hutan dapat mempengaruhi waktu dan penyebaran aliran air (Asdak, 1997).

Jasa air merupakan fungsi dari curah hujan, kualitas serta kuantitas tutupan hutan. Beberapa pengelola DAS beranggapan bahwa hutan dapat dipandang sebagai pengatur aliran air (*streamflow regulator*), artinya bahwa hutan dapat menyimpan air selama musim penghujan dan melepaskannya pada musim kemarau. Selain berfungsi sebagai pengatur sistem tata air, hutan juga berperan dalam mencegah banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut, memelihara kesuburan tanah, dan menjaga persediaan air dan pola persediaan air di daerah hilir (Departemen Kehutanan, 1999; Hamilton dan Snedaker, 1984). Hutan merupakan sub sistem yang memiliki fungsi sponsi yang dapat mempertahankan kontinuitas aliran dan kualitas air yang keluar (*water yield*) dari hutan. Hal ini akibat komposisi dan struktur vegetasi hutan dan serasah di lantai hutan yang memudahkan air masuk ke dalam tanah sehingga memperbesar daya penyimpanan air tanah (Darsono, 1992). Kondisi tersebut menyebabkan hutan dapat mengatur tata air sehingga mengeluarkan air yang terus menerus baik dalam musim hujan maupun kemarau. Namun Holmes (2000) dalam Talconci *et al.* (2003) melaporkan bahwa selama 35 tahun telah terjadi deforestasi hutan di Indonesia, seluas 1,6 – 1,7 juta ha setiap tahun bahkan kadang sampai 2,0 juta ha per tahun. Lembaga Ekolabel Indonesia/LEI (2003) melaporkan bahwa dari 120 juta ha hutan Indonesia, 101 juta ha berada dalam tahap kritis dan hanya 19 juta ha hutan yang masih primer.

Kerusakan hutan telah menimbulkan perubahan iklim, bahaya banjir, tanah longsor, dan proses desertifikasi. Perubahan iklim telah menyebabkan kenaikan suhu udara yang berdampak pada kenaikan evapotranspirasi. Kenaikan evapotranspirasi akan berpengaruh terhadap perubahan besarnya hasil air dari hutan. Di sisi lain, perubahan iklim telah menyebabkan perubahan distribusi curah hujan baik spasial maupun temporal. Perubahan distribusi spasial telah menyebabkan curah hujan tinggi di suatu tempat tetapi terjadi kekeringan di tempat lain. Perubahan distribusi curah hujan temporal telah menyebabkan perubahan musim sehingga seharusnya pada musim kemarau terjadi kekeringan tetapi sebaiknya terjadi hujan. Perubahan iklim global telah menyebabkan curah hujan di suatu wilayah menjadi ekstrem baik tebalnya maupun intensitasnya. Kondisi tersebut diduga menyebabkan perubahan terhadap hasil air dalam suatu DAS.

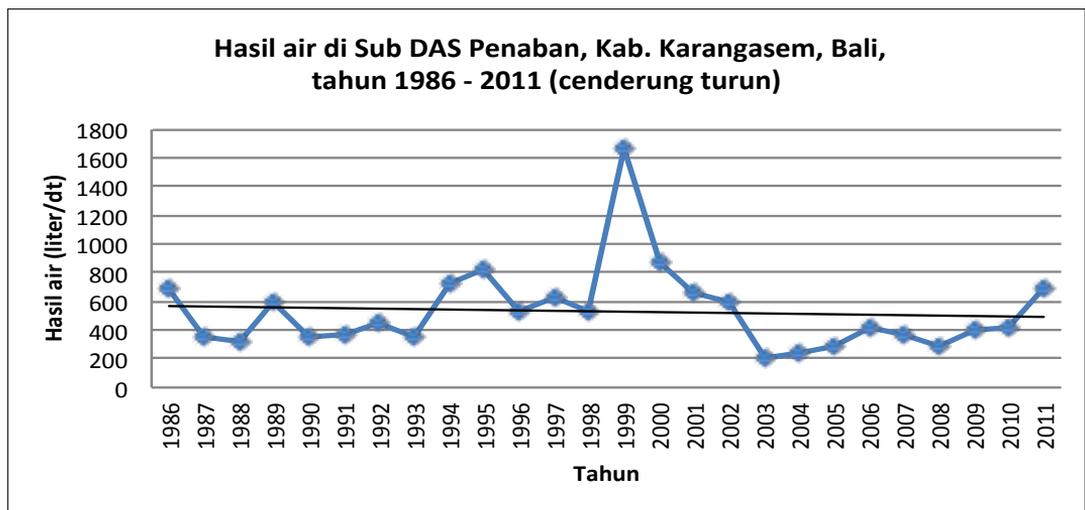
Berdasarkan permasalahan tersebut di atas akan dibahas pengaruh perubahan iklim dan cuaca ekstrem dan kondisi tutupan daerah tangkapan air terhadap hasil air bersih, terutama pada iklim kering D dan E menurut Schimdt dan Ferguson (1951). Pembahasan akan dilakukan terhadap beberapa kasus di pulau Jawa, Bali, Timor, Sumbawa, dan Flores. Ketersediaan air bersih dalam jumlah banyak sangat diperlukan di pulau-pulau tersebut karena banyaknya penduduk. Sebagai misal, P. Jawa yang berukuran 14% dari total daratan Indonesia merupakan pulau terpadat penduduknya, dihuni oleh 60% penduduk Indonesia

yang kini diperkirakan berjumlah 235 juta jiwa. P. Bali merupakan pulau tujuan wisata domestik dan internasional, sedangkan pulau-pulau di provinsi Nusa Tenggara Timur (P. Flores, P. Timor, dan P. Sumba) merupakan pulau-pulau di wilayah Indonesia Timur Indonesia yang padat penduduknya. Pulau-pulau tersebut tutupan lahannya banyak yang sudah rusak sehingga DAS-DAS dalam kondisi kritis. DAS dimaksud, antara lain, DAS Bajulmati (P. Jawa, Provinsi Jawa Timur), DAS Unda dan Panaban (Provinsi Bali); dan DAS Noelmina (P. Timor), (P. Sumba), dan DAS Aesesa (P. Flores) yang kesemuanya berada di Provinsi Nusa Tenggara Timur.

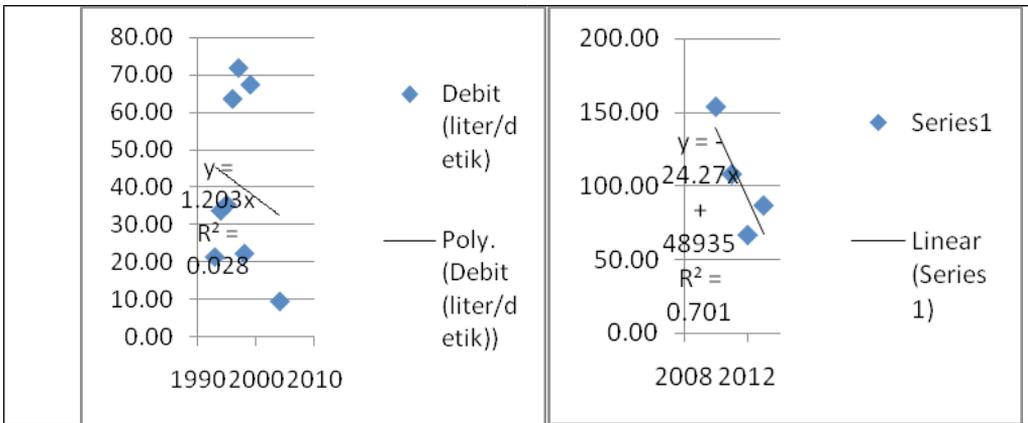
3.3.2 Pengaruh Perubahan Iklim pada Ketersediaan Air

Suhu udara maksimum di Banyuwangi, dalam kurun 1982-2002 cenderung naik sebesar 3°C, dari tahun 1982-2011 cenderung turun sedang suhu minimum relatif tetap sedangkan untuk lokasi Abang dan Eltari cenderung naik. Curah hujan tahunan di DAS Bajulmati (Banyuwangi, Jawa Timur) relatif konstan, di DAS Unda (Bali) berbentuk polynomial, di DAS Panaban (Bali), di DAS Takari-Bokong cenderung turun. Untuk hasil air hanya DAS Bajulmati yang relatif konstan sedangkan DAS lainnya cenderung menurun. Hasil kajian di berbagai DAS didapat beberapa poin penting, yaitu:

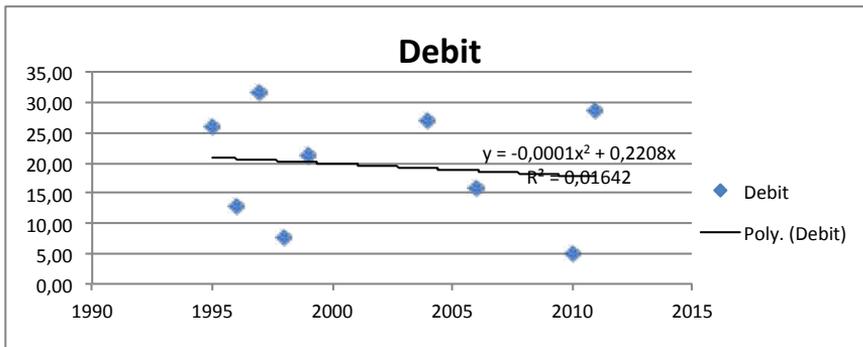
1. Hasil air di DAS berlokasi di Iklim E menurut Schmidt dan Ferguson (1951) ada kecenderungan penurunan hasil air pada jangka panjang (DAS Panaban-Karang Asem Bali; DAS Takari Bokong-NTT, dan DAS Oesao di NTT)



Gambar 32. Hasil air di Sub DAS Penaban, Kabupaten Karangasem, Bali tahun 1996-2011

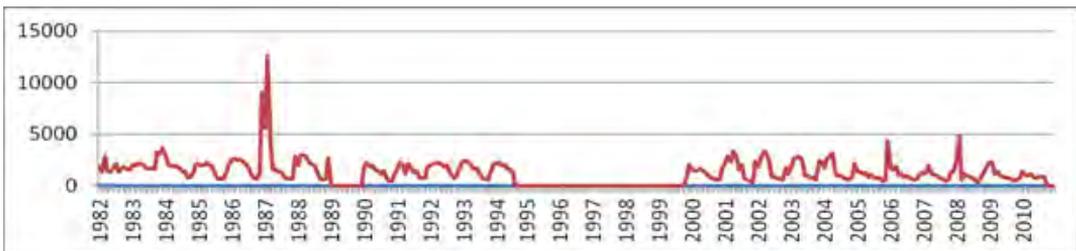


Gambar 33. Debit Air Sungai Takari Bokong, NTT dari Tahun 1999 s/d 2004 dan 2010 s/d Nop 2013 (cenderung turun)



Gambar 34. Debit air sungai Oesao Kupang 1995-2006 dan 2010-2011 (cenderung turun)

- Hasi air di DAS berlokasi di Iklim D menurut Schmidt dan Ferguson (1951) DAS Bajulmati Jawa Timur (relatif konstan)

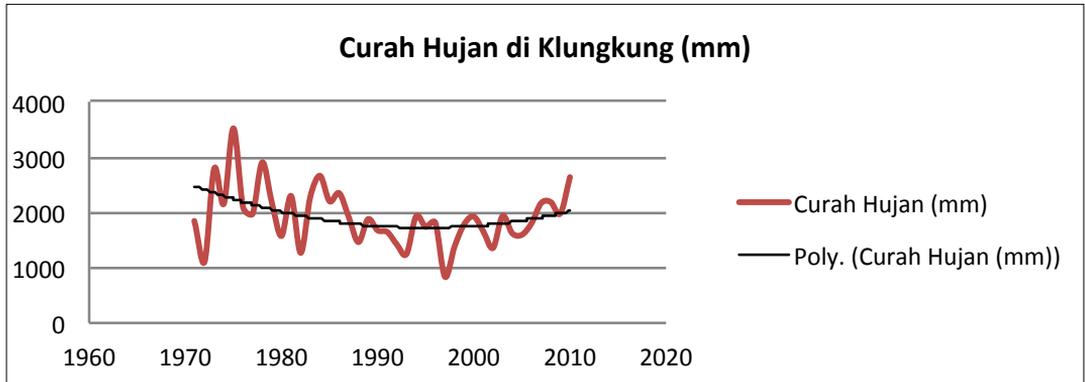


Keterangan: Tidak ada data: Januari - Desember 1989 dan Agustus 1994 - Oktober 1989

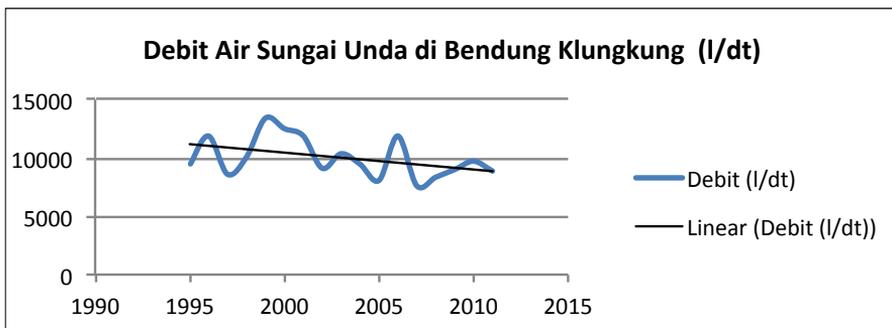
Gambar 35. Fluktuasi debit air sungai Bajulmati tahun 1982-2010 (lt/dt)

- Curah hujan yang relatif tinggi di DAS Unda Klungkung, dari tahun 1972-2000 cenderung turun sedangkan dari tahun 2000 s/d 2010 cenderung naik sedangkan hasil

airnya dari tahun 1994 -2011 cenderung turun. kondisi tutupan lahan hutan yang memburuk dan dibarengi dengan konsumsi air di masyarakat yang cenderung naik.



Gambar 36. Kecenderungan curah hujan di Klungkung dari tahun 1972-2000 cenderung turun sedangkan tahun 2000-2010 cenderung naik



Gambar 37. Debit air sungai Unda dari tahun 1994-2011 (cenderung turun)

4. Terjadi penurunan tinggi muka air tanah (dibuktikan dengan sumur yang makin dalam dari 10 m ke 20 sampai 30 meter pada tahun 1980an dibanding tahun 2012) di DAS Noelmina bagian hilir



Gambar 38. Sumur yang dibuat warga Desa Pollo (region hilir) sebagai upaya adaptasi guna memperoleh air bersih. Sumber air tanah ini dirasakan warga ketersediaannya mulai berkurang saat memasuki musim kemarau.

5. Di Sumbawa untuk daerah hulu curah hujan cenderung naik, sedang di DAS bagian tengah dan hilir tidak ada kecendeungan perubahan. Dalam jangka panjang ada perubahan distribusi curah hujan antara hulu dan hilir.

3.4 DAMPAK PERUBAHAN IKLIM DAN CUACA EKSTREM TERHADAP FENOLOGI TUMBUHAN

Perubahan iklim diindikasikan memiliki dampak pada makhluk hidup di dunia, termasuk tumbuhan. Perubahan iklim akan memengaruhi ekosistem hutan dan dapat berdampak pada kehidupan tumbuhan hutan. Tumbuhan memerlukan suhu dan air untuk bertahan hidup, serta memproduksi bunga dan buah. Tumbuhan hutan cukup sensitif terhadap perubahan ekosistem yang ada di sekelilingnya dan merespon perubahan yang terjadi di sekitarnya. Sensitivitas tumbuhan tersebut antara lain dapat dilihat dari produksi bunga dan buah. Respon adaptasi tumbuhan hutan dapat dilihat dari pergeseran waktu pembungaan.

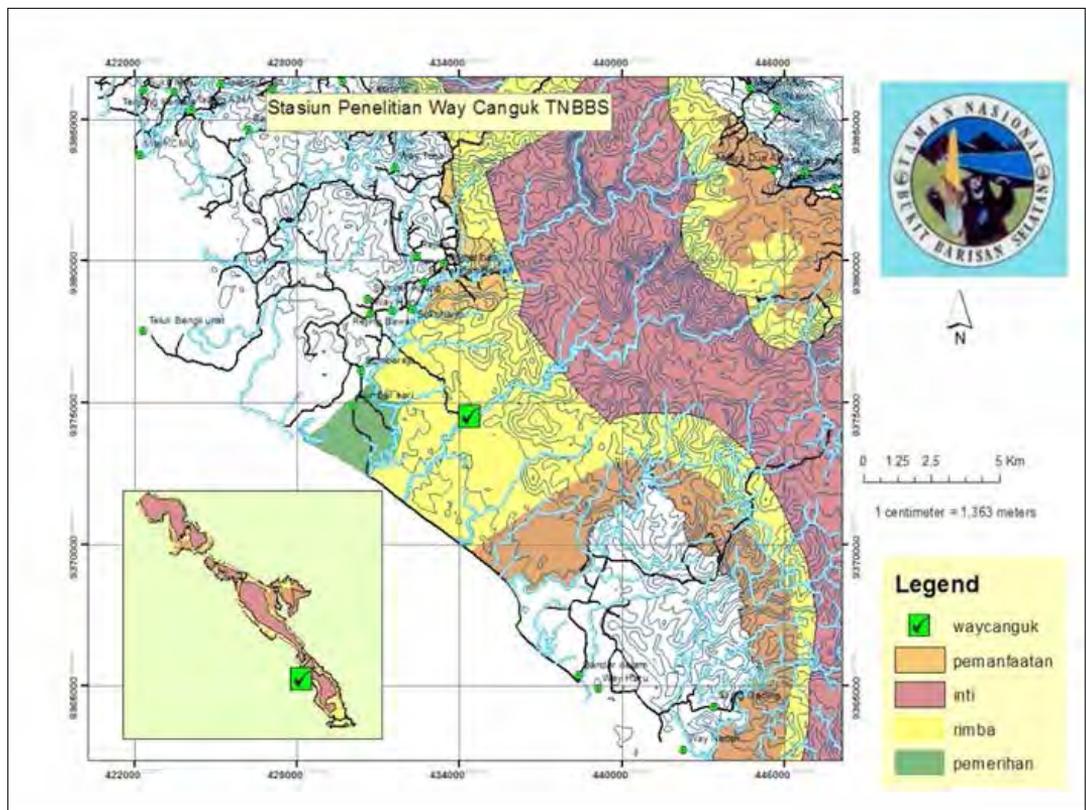
Tumbuhan di dalam ekosistem hutan memiliki peran penting, antara lain sebagai penyusun habitat, penyedia ruang untuk beraktivitas, dan penyedia pakan satwa liar, penghasil oksigen, penyimpan cadangan karbon, fungsi lainnya yang sangat dibutuhkan untuk keseimbangan ekosistem hutan. Di dalam suatu ekosistem, terdapat hubungan timbal balik antara faktor biotik dan abiotik. Pada komunitas hutan tropis, faktor iklim memainkan peran penting untuk pertumbuhan berbagai jenis flora didalamnya termasuk Dipterocarpaceae. Sebaliknya, tegakan Dipterocarpaceae yang mendominasi kanopi hutan diduga mampu menciptakan iklim mikro bagi organisme yang ada dibawahnya, termasuk vegetasi dan satwaluar. Keterkaitan tersebut diduga dapat saling mempengaruhi ketika terjadi perubahan pada salah satu faktor.

Suku Dipterocarpaceae adalah tanaman yang hanya ada di daerah tropis dan di Asia menempati berbagai variasi habitat (Appanah dan Turnbull 1998). Beberapa jenis suku Dipterocarpaceae seperti *Shorea* spp dimanfaatkan hasil kayunya karena mempunyai nilai komersial tinggi. Selain hasil hutan kayu, Dipterocarpaceae memiliki hasil hutan non kayu yang dapat dimanfaatkan, yaitu buah, kulit kayu, damar, daun dan getah (Rahayu, *et al.*, 2007). Untuk melihat respon Dipterocarpaceae terhadap kondisi iklim yang berubah dapat dilakukan melalui pendekatan pola fenologi. Fenologi merupakan studi mengenai waktu pengulangan fase-fase (fenofase) pada suatu organisme, baik hewan maupun tumbuhan yang dipengaruhi oleh faktor iklim (Sakai, 2001; Cleland *et al.*, 2007).

Perubahan curah hujan dan suhu dapat menyebabkan perubahan pola fenologi tumbuhan (Cleland *et al.*, 2007). Beberapa penelitian menunjukkan perubahan pola fenologi sebagai respon terhadap perubahan iklim. Perubahan pola fenologi dianggap sebagai respon pertama dari tanaman terhadap perubahan iklim. Perubahan pola

fenologi menyebabkan efek merugikan bagi satwa liar yang makanannya bergantung pada sumber daya makanan musiman (Corlett dan Lafrankie,1998). Informasi mengenai pola fenologi yang meliputi pola musim berbunga dan pola musim berbuah Dipterocarpaceae terkait dengan perubahan iklim masih terbatas (Winarni, 2010). Informasi tersebut penting untuk mengetahui bagaimana suatu tumbuhan (suku Dipterocarpaceae) merespon iklim yang berubah dalam bereproduksi, serta menyediakan sumber pakan bagi satwa berupa daun, bunga, dan buah pada suatu waktu di suatu wilayah tertentu (van Schaik, *et al.*, 1993). Pemahaman fenologi juga sangat berguna bagi proses restorasi seperti pemilihan jenis pohon serta waktu pemanenan biji sebagai sumber bibit (Ehrenfeld & Toth 1997).

Pengamatan fenologi Dipterocarpaceae dilakukan terhadap Plot pengamatan jenis Dipterocarpaceae terletak di Pusat Pendidikan dan Pelatihan Konservasi PHKA/WCS-IP di Way Canguk, TNBBS (Stasiun Penelitian Way Canguk). Area tersebut terletak pada koordinat 5°39' 325" LS-104°24'21" BT dengan ketinggian antara 0-100 mdpl (WCS-IP, 2001). Area pengamatan terletak dalam zona rimba (Gambar 39).



Sumber: Balai Besar Taman Nasional Bukit Barisan Selatan

Gambar 39. Peta lokasi pengamatan fenologi Dipterocarpaceae

Analisis dilakukan terhadap data hasil monitoring *Wildlife Conservation Society-Indonesia Program* (WCS-IP) yang berlokasi di Way Canguk sejak Februari 1998 hingga September 2012. Pohon Dipterocarpaceae yang diamati adalah yang masuk dalam plot fenologi. Dari 100 plot pengamatan fenologi, hanya 54 plot yang didalamnya terdapat tegakan Dipterocarpaceae. Pada tahun 1998 terdapat 104 pohon Dipterocarpaceae dalam plot dan jumlahnya bertambah menjadi 126 pohon pada tahun 2012.

3.4.1 Jenis Dipterocarpaceae di TN Bukit Barisan Selatan (TNBBS)

Sebanyak sembilan jenis Dipterocarpaceae dari lima genus terdapat pada plot fenologi (Tabel 6) dan didominasi oleh jenis *Dipterocarpus haseltii* dan *D. humeratus*. Dalam plot fenologi tersebut, 6 jenis Dipterocarpaceae termasuk kategori kritis (*critically endangered*) dan 1 jenis termasuk kategori terancam punah (IUCN, 2012).

Tabel 6. Daftar jenis Dipterocarpaceae pada plot fenologi Way Canguk

No	Nama spesies	Jumlah individu	Status (IUCN 2012)
1	<i>Anisoptera costata</i>	6	Terancam punah (EN)
2	<i>Dipterocarpus gracilis</i>	1	Kritis (CR)
3	<i>Dipterocarpus haseltii</i>	39	Kritis (CR)
4	<i>Dipterocarpus humeratus</i>	40	Belum ada data
5	<i>Dipterocarpus kunstleri</i>	4	Kritis (CR)
6	<i>Dipterocarpus littoralis</i>	21	Kritis (CR)
7	<i>Hopea sangal</i>	2	Kritis (CR)
8	<i>Shorea ovalis</i>	2	Belum ada data
9	<i>Vatica obovata</i>	11	Kritis (CR)
	Total	126	

Keterangan: EN: spesies terancam ; CR: spesies kritis

Sumber: Sari, et al., 2014

Terdapat 37 pohon *S. javanica* dan 1 pohon *S. ovata* di area stasiun Way Canguk, TNBB. Namun pohon-pohon tersebut berada di luar plot pengamatan fenologi. Karenanya fenofase kedua jenis tersebut belum teridentifikasi. Penyebaran yang tidak merata tersebut diduga karena kedua jenis tersebut jumlahnya sedikit dan tempat tumbuhnya terpencah sehingga tidak masuk dalam plot sampel. Dugaan lainnya adalah kedua jenis tersebut memiliki kemampuan kompetisi yang rendah. Kedua jenis tersebut tidak mengikuti pola berbunga/berbuah annual. Dari 32 pohon *S. javanica* yang diamati, 17 pohon terdapat lubang sadap. Jumlah lubang sadap bervariasi, semakin lebar diameter pohon, semakin banyak lubang sadapnya. Lubang sadap tersebut diduga menjadi

salah satu penghambat pohon untuk tidak berbunga maupun berbuah. *S. javanica* merupakan jenis yang paling banyak dimanfaatkan oleh masyarakat, terutama hasil hutan bukan kayunya yaitu getah damar.

3.4.2 Pola Fenologi Dipterocarpaceae

Secara umum, pola fenologi dari Dipterocarpaceae di TNBBS, tidak mengalami musim berbunga massal. Namun terjadi musim berbunga mayor, yaitu puncak musim berbunga yang lebih tinggi dibandingkan dengan puncak musim berbunga minor dan bukan merupakan puncak berbunga yang rutin terjadi setiap tahun.

Sebagian besar jenis-jenis Dipterocarpaceae yang terdapat di Way Canguk, TNBBS bersifat supra-annual yang mengalami perbungaan beberapa tahun sekali yang tersebar baik di hutan primer maupun hutan pasca kebakaran. Kalender musim berbunga dan berbuah Dipterocarpaceae berdasarkan hasil analisis yang dibandingkan dengan literatur dapat dilihat pada Tabel 7. Secara umum terdapat perbedaan musim berbunga dan berbuah pada genus yang sama yang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan lokasi tempat tumbuh serta perbedaan spesies.

Tabel 7. Musim berbunga dan berbuah Dipterocarpaceae berdasarkan genus

Genus	Hasil Penelitian			Pustaka		
	Jenis	Berbunga	Berbuah	Jenis	Berbunga	Berbuah
Anisoptera	<i>A. costata</i>	Feb-Agu, Okt	Feb-Des	<i>A. costata</i> (di Vietnam) ¹	Des-Feb-Mar	Mar-Mei
				<i>A. costata</i> (di Filipina) ¹	Mei	-
Diptero- carpus	<i>D. gracilis</i>	Feb-Mei	Apr-Sep	<i>D. glandulosus</i> ²	Mar-Apr	-
	<i>D. hasseltii</i>	Jan-Des	Jan-Des	<i>D. hispidus</i> ²	Apr	-
	<i>D. humeratus</i>	Jan-Des	Agu-Jun	<i>D. grandiflorus</i> ³	Jan	Mei-Jun
	<i>D. kunstleri</i>	Agu-Jan	Jan-Des	<i>D. retusus</i> ⁴	Jan-Feb	Jul-Agu
	<i>D. littoralis</i>	Jan-Des	Jan-Des			
Hopea	<i>H. sangal</i>	Jan-Mar; Mei-Jun; Agu-Nov	Des-Mar; Okt	<i>Hopea</i> ⁵	Feb & Apr	Mei & Jun
Shorea	<i>S. ovalis</i>	Nov-Mar; Mei; Jul; Sep	Jan-Mar	<i>S. roxburghii</i> ⁶	Mar	-
Vatica	<i>V. obovata</i>	Jan-Des	Jul-Jan; Mar-Mei	<i>V. odorata</i> ⁷	Jan-Mei	Agu-Okt
				<i>V. mangachapoi</i> ⁸	Mei-Jun	Sep-Okt
				<i>V. subglabra</i> ⁴	Apr-Mei	Mei-Jul

Keterangan: ¹Schmidt & Lieu (2004); ²Kostermans (1992); ³Orwa *et al.* (2009); ⁴Van (2012); ⁵World Agroforestry Centre & Prosea; ⁶Raju *et al.* (2011); ⁷Anonim; ⁸Qing *et al.* (1996)

3.4.2.1 Pola musim berbunga

Brearley *et al.* (2007) menyebutkan bahwa di Kalimantan terjadi musim berbunga massal, demikian juga di Sarawak menurut Sakai *et al.* (1999). Menurut Ashton *et al.* (1988), pola musim berbunga massal Dipterocarpaceae umumnya ditandai dengan 80% pohon yang berbunga. Sedangkan pola fenologi Dipterocarpaceae di Way Canguk TNBBS, Sumatera tidak mengalami musim berbunga massal. Pola musim berbunga Dipterocarpaceae di Way Canguk diperlihatkan dengan puncak musim berbunga mayor dan minor yang dibedakan berdasarkan tinggi persentase pohon berbunga. Puncak musim berbunga tersebut terlihat jelas pada grafik persentase pohon berbunga (Gambar 41). Persentase pohon berbunga menunjukkan persentase jumlah pohon yang sedang berbunga dibandingkan dengan seluruh pohon Dipterocarpaceae di plot penelitian.

Puncak musim berbunga minor merupakan puncak musim berbunga yang terjadi rutin setiap tahun selama 14 tahun. Puncak tersebut terjadi tiga kali di bulan Maret, enam kali di bulan April, tiga kali di bulan Mei, dan satu kali Puncak musim berbunga minor merupakan puncak musim berbunga yang terjadi rutin setiap tahun selama 14 tahun. Puncak tersebut terjadi menunjukkan Dipterocarpaceae berbunga rutin terutama sekitar bulan Maret hingga Juli setiap tahunnya, dan cenderung terjadi pada akhir musim hujan seperti yang umum terjadi di daerah tropis (Van Schaik *et al.* 1993). Namun, pada tahun 1999 puncak musim berbunga terjadi pada bulan Oktober. Pergeseran puncak musim berbunga saat itu diperkirakan sebagai akibat dari terjadinya kebakaran hutan tahun 1997 – 1998.

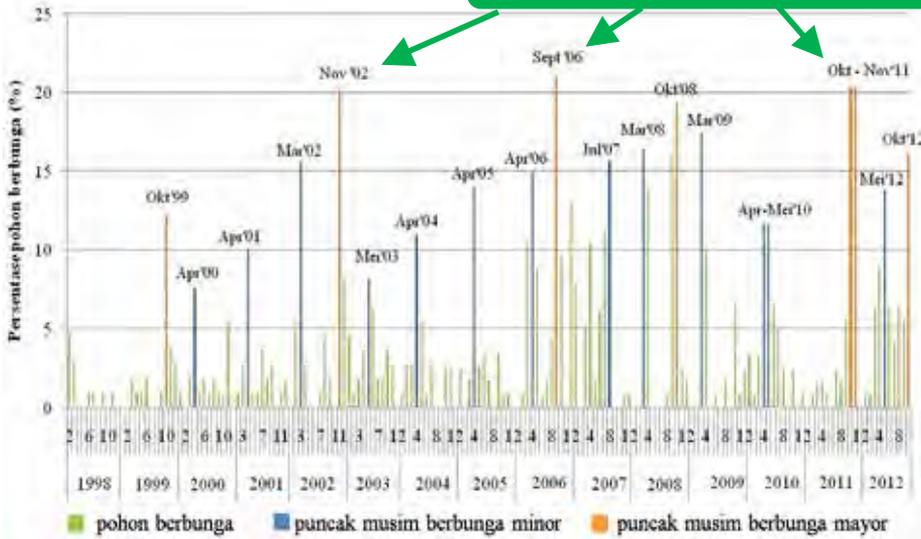
Pada rentang waktu 1998-2012, terjadi tiga kali puncak musim berbunga mayor (persentase pohon berbunga diatas 20%), yaitu pada bulan November 2002 (20,2%), September 2006 (21%), dan Oktober hingga November 2011 (20,3%) (Gambar 41).



Foto (Foto: Dewi Ratna Kurnia Sari, 2013)

Gambar 40. Musim berbunga Dipterocarpaceae

Puncak musim berbunga mayor



Gambar 41. Persentase pohon-pohon Dipterocarpaceae yang berbunga

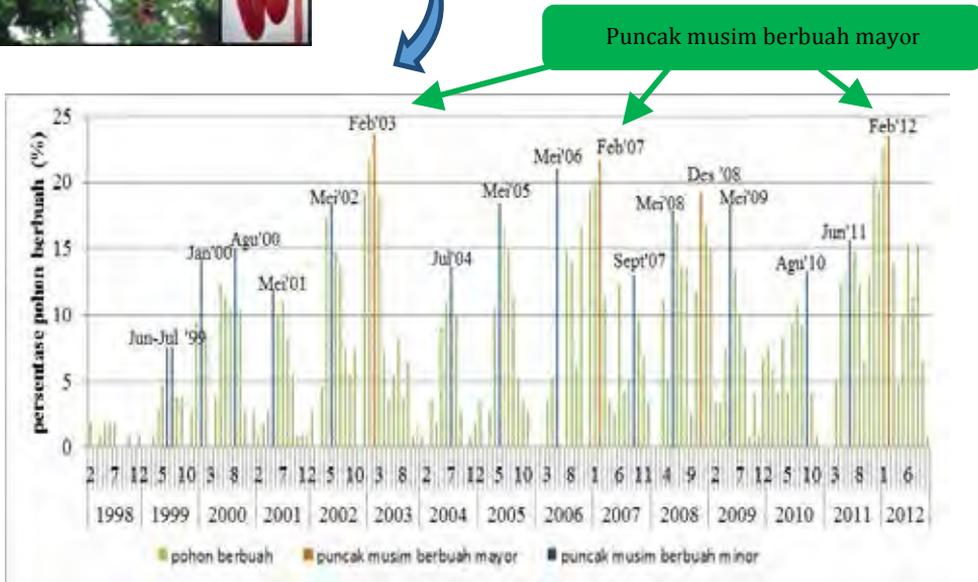
3.4.2.2 Pola Musim Berbuah

Musim berbuah biasa terjadi satu bulan setelah dimulainya musim berbunga. Musim berbuah berlangsung selama tiga hingga lima bulan. Puncak musim berbuah dapat terjadi pada salah satu dari lima bulan tersebut. Pada tahun 2001, musim berbuah terjadi selama empat bulan (Mei -Agustus 2001) dengan puncak musim berbuah pada bulan Mei, sedangkan tahun 2000 musim berbuah terjadi selama lima bulan (Mei -September) dengan puncak musim berbuah pada bulan Agustus.

Persentase pohon berbuah saat puncak berbuah minor terjadi lima kali pada bulan Mei, satu kali pada bulan Januari, Juni, Juli, dan September, juga dua kali pada bulan Agustus. Persentase pohon berbuah saat puncak musim berbuah mayor terjadi pada Februari 2003 (23%), Februari 2007 (21,7%), dan Februari 2012 (23,5%) (Gambar 43).



Gambar 42. Gambar 41. musim berbuah
Dipterocarpaceae (Foto: Dewi Ratna Kurnia
Sari, 2013)

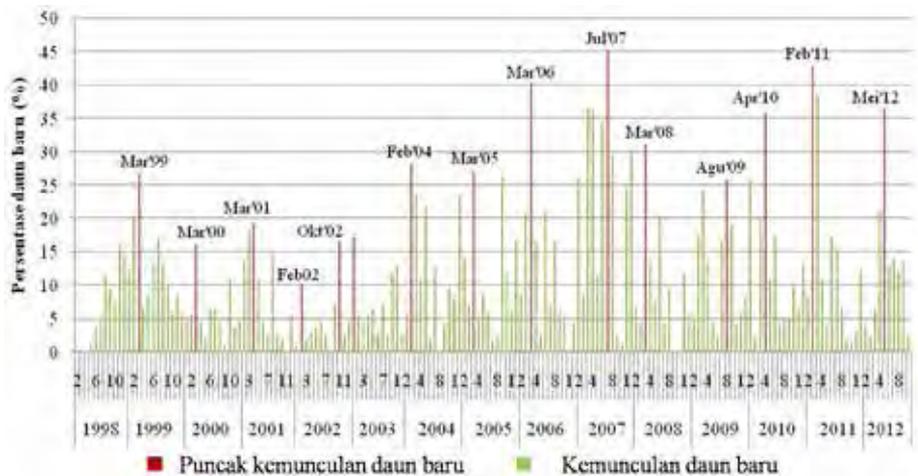


Gambar 43. Persentase pohon-pohon Dipterocarpaceae yang berbuah

3.4.2.3 Pemunculan daun baru

Persentase daun baru menunjukkan persentase jumlah pohon yang menghasilkan daun baru dibandingkan dengan seluruh pohon Dipterocarpaceae di plot fenologi Way Canguk. Puncak kemunculan daun baru terjadi delapan kali di bulan Maret, satu kali di bulan Januari, Februari, April, Mei, Juni, dan Oktober (Gambar 44) sehingga secara umum memperlihatkan suku Dipterocarpaceae menghasilkan daun baru pada bulan Maret, bersamaan dengan kemunculan bunga.

Daun baru Dipterocarpaceae di plot fenologi Way Canguk umumnya muncul satu bulan sebelum puncak musim berbunga minor. Hal tersebut disebabkan pohon Dipterocarpaceae membutuhkan banyak hasil fotosintesis untuk perkembangan bunga dan buah (Raju *et al.*, 2011). Munculnya daun baru diindikasikan dapat menyediakan hasil fotosintesis dalam jumlah lebih banyak karena permukaan bidang fotosintesis tumbuhan tersebut semakin luas.



Gambar 44. Persentase kemunculan daun baru

3.4.2.4 Pengaruh faktor iklim pada pola fenologi Dipterocarpaceae

Van Schaik (1986) mengemukakan bahwa fenologi pada komunitas hutan hujan tropika yang lembab lebih dipengaruhi oleh cahaya matahari ketimbang oleh curah hujan. Di Way Canguk, sejak tahun 1998-2012, suhu luar minimum terendah ($< 20^{\circ}\text{C}$) terjadi selama 26 bulan. Suhu luar minimum terendah dapat hingga 16°C . Namun, kejadian penurunan suhu luar minimum ini terjadi dan semakin berulang sejak 2005. Seperti yang diperlihatkan sebelumnya pola perbungaan umumnya terjadi pada bulan Maret - April, namun pada periode tertentu selain pembungaan umum, terjadi pula pembungaan mayor pada bulan September, Oktober, atau November.

Dinamika fenologi di Way Canguk, TNBBS dipengaruhi oleh gabungan antara faktor iklim serta jumlah jenis dan komposisi jenis Dipterocarpaceae. Pola puncak musim berbunga dan berbuah di TNBBS menunjukkan bahwa periode pembungaan mayor terjadi selama 4 kali dalam 15 tahun (bulan September, Oktober, dan November). Periode pembungaan mayor terkait dengan satu bulan terkering sebelumnya, sehingga hubungan antara fenologi jenis-jenis Dipterocarpaceae dan faktor-faktor iklim dianalisis dengan analisis regresi dengan *lag* 1 bulan.

Dari sembilan jenis Dipterocarpaceae pada plot fenologi Way Canguk (Tabel 6) terdapat lima jenis yang diduga pola fenologinya terkait dengan komponen iklim. Jenis tersebut yaitu *D. gracilis*, *D. hasseltii*, *D. humeratus*, *D. kunstleri* dan *H. sangal* (Tabel 8). Sedangkan hasil analisis regresi untuk *A. costata*, *D. littoralis*, *S. ovalis* dan *V. obovata*, hasilnya tidak menunjukkan signifikansi ($P > 0,05$).

Tabel 8. Pengaruh curah hujan dan suhu pada pembungaan dan perbuahan Dipterocarpaceae

	Curah hujan	Suhu dalam max dan min	Suhu luar	
			Max	Min
Bunga	<i>D. kunstleri</i>	<i>D. kunstleri</i>	<i>D. gracilis</i> , <i>D. humeratus</i>	<i>D. humeratus</i> , <i>D. kunstleri</i> , <i>H. sangal</i>
Buah	<i>D. kunstleri</i> , <i>D. hasseltii</i> , <i>D. humeratus</i>		<i>D. gracilis</i> , <i>D. hasseltii</i> , <i>D. humeratus</i> , <i>D. kunstleri</i>	

Jenis-jenis Dipterocarpaceae yang ada didominasi oleh genus *Dipterocarpus*, genus yang dikenali dengan ukuran buahnya yang besar, sementara jenis lainnya seperti *Vatica obovata*, *Anisoptera costata*, *Shorea ovalis*, dan *Hopea sangal* yang mempunyai buah berukuran kecil terdapat dalam jumlah sedikit. Berdasarkan perawakan morfologi, secara umum daun Dipterocarpaceae yang ditemukan di lokasi penelitian berukuran lebih besar dari ukuran daun pada literatur yang ada (Tabel 9).

Tabel 9. Perbandingan ukuran daun Dipterocarpaceae

Nama jenis	Hasil Pengamatan		Studi Literatur*	
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)
<i>A. costata</i>	6.4 - 20.1	3.5 - 9.7	7.5 - 25	3.5 - 11
<i>D. gracilis</i>	10.2 - 19.0	6.15 - 9.5	8 - 15	3.9 - 8.2
<i>D. hasseltii</i>	7.5 - 29.3	3.8 - 16.2	7 - 20	5 - 12
<i>D. humeratus</i>	21.7 - 40.0	13.6 - 31.2	20 - 43	12 - 24
<i>D. kunstleri</i>	15.7 - 23.0	11.8 - 14.7	13 - 27	7 - 18
<i>D. littoralis</i>	24.8 - 50.3	13 - 24.2	-	-
<i>H. sangal</i>	5 - 11.9	3.3 - 5.9	4.5 - 10	2.5 - 5
<i>S. ovalis</i>	16.4 - 18.3	5.4 - 6.3	7.8 - 21.9	2.7 - 6.9
<i>V. obovata</i>	13.3 - 27.4	5 - 17.8	-	-

Keterangan: *sumber literatur Newman et al. (1999)

Dinamika musim berbunga mayor juga dipengaruhi oleh spesies dominan seperti *Dipterocarpus humeratus* yang bersifat supra-annual. Pada spesies ini pula, pola musim berbuah mayor tampak bersamaan dengan kejadian El Nino.

3.4.3 Implikasi Pemahaman Fenologi bagi Adaptasi Perubahan Iklim

Curah hujan tetap adalah pemicu utama terjadinya buah. Walaupun pola produksi buah relatif tidak berubah, namun persentase buah cenderung berkurang. Dengan kecenderungan makin sering terjadinya bulan kering di bawah 60 mm, maka suplai air bagi pertumbuhan Dipterocarpaceae penting diantisipasi agar tidak menghambat produksi buah sehingga penyediaan sumber benih dapat tetap tersedia. Prediksi ENSO penting

karena kejadian El Nino diduga berkaitan dengan puncak berbunga mayor yang dapat menjadi sumber benih utama. Prediksi kalender ENSO dapat diintegrasikan dengan strategi pencegahan kebakaran hutan pada periode El Nino.

Bagi kepentingan konservasi Dipterocarpaceae, pemahaman pola fenologi seperti pola musim berbunga annual dan supra-annual penting artinya dalam pengelolaan spesies terancam. Di Way Canguk terdapat beberapa spesies yang masuk dalam kategori terancam menurut IUCN yaitu, *Anisoptera costata* (EN), *Dipterocarpus hasseltii* (CR), *Hopea sangal* (CR), *Vatica obovata* (CR) (IUCN 2012). *Vatica obovata* merupakan jenis endemik Sumatera yang statusnya kritis (Ashton, 1998) sehingga diperlukan upaya pelestariannya agar jenis tersebut tidak punah. Upaya pelestarian dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya dengan melakukan konservasi *in situ* maupun *ex situ*, dan rehabilitasi area bekas kebakaran maupun area lahan kritis.

Pada Tahun 1997 terjadi kebakaran besar di wilayah TNBBS, termasuk pada beberapa area plot pengamatan fenologi (O'Brien et al., 1998). Pada area bekas terbakar (1997) di Way Canguk didapat beberapa tegakan *D. gracilis* yang mampu bertahan hidup dan menjadi induk dari anakan di sekitarnya, dan anakan *A. costata*. Hal ini menunjukkan bahwa *D. gracilis* mampu bertahan untuk hidup pada kondisi cukup panas. Sedangkan adanya anakan *A. costata* di area bekas terbakar menunjukkan jenis tersebut mampu beradaptasi pada lingkungan bekas terbakar. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait kedua jenis tersebut tentang kemungkinannya dijadikan sumber bibit dalam upaya restorasi lahan bekas terbakar.

Jenis *D. hasseltii* cukup dominan di Way Canguk, sedangkan jenis lainnya ditemukan dalam jumlah sedikit. Artinya, jenis Dipterocarpaceae lainnya memiliki keterbatasan regenerasi secara alami. Dengan demikian, diperlukan pengelolaan kawasan yang mempertimbangkan perubahan iklim dan kejadian ekstrem lainnya. Upaya yang dapat dilakukan adalah 1) konservasi *ex-situ* dengan membuat persemaian dan pembibitan jenis-jenis Dipterocarpaceae yang ada di TNBBS, dan 2) melakukan uji genetik dari jenis-jenis Dipterocarpaceae yang ada untuk mendapatkan spesies yang paling mampu beradaptasi dengan perubahan iklim termasuk cuaca ekstrem.

3.4.4 Kesimpulan

Pola puncak musim berbunga dan berbuah Dipterocarpaceae di Way Canguk dari tahun 1998 hingga 2012 tidak memperlihatkan musim berbunga dan musim berbuah massal, melainkan musim berbunga dan berbuah mayor dan minor. Puncak musim berbunga mayor (tahun 2002, 2006 dan 2011) diindikasikan berkaitan dengan terjadinya El Nino dan kebakaran besar tahun 1997-1998.

Di TNBBS, curah hujan diduga berpengaruh pada pembungaan (*D. kunstleri*) dan perbuahan (*Dipterocarpus humeratus*; *D. hasseltii*; *Anisoptera costata*; *D. littoralis*).

Suhu dalam (maksimum dan minimum) diduga berpengaruh pada pembungaan (*D. kunstleri*). Suhu luar maksimum diduga berpengaruh pada pembungaan (*D. gracilis* dan *D. humeratus*) dan perbuahan (*D. gracilis*, *D. hasseltii*, *D. humeratus* dan *D. kunstleri*). Sedangkan suhu luar minimum diduga berpengaruh pada pembungaan *D. humeratus*, *D. kunstleri* dan *H. sangal*.

Terdapat kecenderungan makin sering terjadinya bulan kering. sehingga perlu diantisipasi dengan suplai air bagi pertumbuhan Dipterocarpaceae agar dapat memproduksi buah untuk keperluan sumber benih..

Bab 4

Adaptasi Tanaman Terhadap Kekeringan Akibat Perubahan Iklim

Rina Laksmi Hendrati

4.1 PENDAHULUAN

Peningkatan suhu rata-rata dunia menjadikan iklim berubah yang mengakibatkan terjadinya, antara lain, iklim ekstrem berupa kekeringan (JIFPRO, 1996; Anonim, 2009). Kondisi ini memberikan dampak berantai bagi makhluk hidup, antara lain, hilangnya spesies (Steffen *et al.* 2009), atau kematian tanaman pohon (Allen, 2010) disemua kelas umur sebagaimana terjadi pada tanaman *Cedrus antlatica* (Chenchouni 2010).

Iklim ekstrem berupa kekeringan menuntut makhluk hidup, termasuk tanaman, untuk beradaptasi terhadap efek perubahan iklim guna mempertahankan kelestariannya (Rehfeldt *et al.*, 2001; Westfall dan Millar, 2004). Namun demikian tidak semua spesies tanaman dan tidak semua genotip dalam spesies menunjukkan kemampuan toleransi yang sama terhadap perubahan yang mungkin mengarah ke kondisi yang relatif ekstrem tersebut.

Antisipasi terhadap dampak perubahan iklim perlu dilakukan untuk mempertahankan keberadaan hutan melalui kelangsungan hidup tanaman. Salah satu cara adalah identifikasi spesies, pemilihan genotip dan pengumpulan dari berbagai provenans untuk pengujian adaptifitas terhadap kondisi ekstrem kering. Spesies tanaman yang mengembangkan sistem adaptasi terhadap dampak perubahan iklim, dalam hal ini kekeringan, akan relatif lebih mampu tumbuh, berkompetisi dengan lebih baik, sehingga daya hidupnya akan meningkat.

Dalam bab ini akan disampaikan hasil pengujian berbagai jenis tanaman pada lokasi seragam yang cocok dengan gambaran prediksi perubahan iklim yang akan datang. Demplot uji kombinasi 'uji spesies-provenans spesies' adaptif pada daerah kering dibuat di tiga daerah kering, yaitu Gunung Kidul, Pracimantoro Wonogiri, dan Bangkalan Madura. Spesies dan genotip tanaman yang diuji diidentifikasi dan dikoleksi dari daerah-daerah asal yang relatif ekstrem dengan prioritas pada daerah pantai/dataran rendah dan kering dengan curah hujan rendah. Daerah asal yang relatif ekstrem dimaksud meliputi Madura, Taman Nasional Alas Purwo dan Taman Nasional Baluran (Provinsi Jawa Timur), Sulawesi Tengah, Sumba Timur (dataran rendah dan savanna), Sumba Barat dataran rendah dan NTT.

Daerah tersebut merupakan daerah kering dengan curah hujan kurang dari 1500 mm/th. Daerah-daerah asal yang relatif ekstrem dapat menjadi skrining alamiah terhadap populasi/provenans yang ada di alam (Rehfeldt, *et al.*, 2001). Materi genetis tanaman yang diujikan diseleksi atas dasar (1) tampilan tanaman, (2) manfaat (bagi masyarakat dan/atau industri), (3) ketersediaan populasi sebagai sumber materi genetik, dan (4) kemudahan budidaya.

Tindakan uji jenis ini merupakan salah satu langkah tepat untuk menyediakan spesies dan genotip/provenans yang adaptif pada daerah-daerah berkondisi ekstrem kering atau marginal.

4.2 ADAPTASI TANAMAN TERHADAP KONDISI KERING

Secara umum dalam menghadapi tekanan yang kurang menguntungkan, dalam hal ini kekeringan, tanaman cenderung melakukan respon dengan cara menghindari (*avoidance*), toleransi (*tolerance*) dan resistensi. Bagi tanaman, kekeringan akan berpengaruh terhadap pertumbuhan yang meliputi perubahan fisiologi maupun anatomi. Disisi lain perbedaan karakter tanaman akan memengaruhi kelembaban tanah yang ditumbuhinya. Pada suatu volume media yang sama dengan penyiraman yang sama, perbedaan tanaman yang tumbuh di atasnya akan memberikan pengaruh kelembaban tanah yang berbeda. Hal ini, antara lain, disebabkan perbedaan kecepatan tumbuh, luas daun, kecepatan transpirasi, dan intensitas perakaran. Tabel 10 menggambarkan pengaruh jenis tanaman terhadap kadar lengas tanah.

Tabel 10. Kadar lengas tanah (%) pada tanaman *A. auriculiformis* (A), Legaran (B), Jati (C) and Cedrela (D) pada berbagai periode kekeringan

Spesies	% Kadar Lengas Tanah (hari tak disirami)				
	0	10	20	30	40
<i>Acacia auriculiformis</i>	67-70	35	27	25	23
Jati (<i>Tectona grandis</i>)	46-53	16	14	13	12
Legaran (<i>Alstonia spectabilis</i>)	66-79	18	17	16	15
Cedrela (<i>Cedrela odorata</i>)	61-63	30	22	28	21

Keterangan: 0 - disirami normal (selalu disirami); 10 - tidak disirami selama 10 hari; 20 - tidak disirami selama 20 hari; 30 - tidak disirami selama 30 hari; 40 - tidak disirami selama 40 hari

Jati yang mempunyai daun terlebar menunjukkan kadar lengas tanah terendah, yang dimungkinkan karena transpirasi yang tinggi. *Acacia auriculiformis* dengan struktur menyerupai daun (*phylloida*) yang sempit dan paling tebal menunjukkan kadar lengas tanah relatif tinggi, yang diperkirakan karena transpirasi yang rendah. Legaran yang mempunyai daun tipis menunjukkan kelengasan tertinggi dengan penyiraman normal, namun menjadi tinggi transpirasinya saat perlakuan kekeringan diterapkan. Meski jati yang berdaun sangat lebar menyebabkan kelembaban

terendah pada media tumbuhnya, jenis ini menunjukkan kemampuan adaptasi pada kondisi kering dengan menggugurkan daun pada level kekeringan tertentu (30 hari).

Spesies yang sama bisa menunjukkan efek yang tidak sama terhadap kadar lengas media yang ditumbuhinya dikarenakan pengaruh adaptasi pada kondisi lingkungan asal (habitat) atau provenans yang berbeda (Tabel 11). Tanaman yang berasal dari kondisi lebih ekstrem, mengalami tekanan yang relatif lebih berat. Oleh karenanya diharapkan menjadi individu tanaman yang telah mengalami seleksi alam sehingga lebih bisa bertahan (Matyas, 1994; Matyas and Nagy, 1996; Rehfeldt, *et al.*, 1999; Spittlehouse and Stewart, 2003) serta lebih mengembangkan adaptifitas terhadap kondisi ekstrem. Tanaman tersebut dapat dikoleksi benihnya dan sumber (tempat asal) tanaman penting dipertimbangkan dalam pemilihan tanaman untuk mendapatkan tanaman dengan kemampuan beradaptasi.

Tabel 11. Kadar lengas tanah (%) pada tanaman Kemiri dan Kepuh yang masing-masing berasal dari 2 provenans yang berbeda pada berbagai periode kekeringan

Spesies (provenans)	Asal	% Kadar Lengas Tanah (hari tak disirami)				
		0	10	20	30	40
Kemiri (<i>Aleuretes mollucana</i>)	Baluran	30-43	16.5	12.4	20.1	
Kemiri (<i>Aleuretes mollucana</i>)	NTT	46-53	16	14	13	12
Kepuh (<i>Sterculia foetida</i>)	Alas Purwo	66-79	18	17	16	15
Kepuh (<i>Sterculia foetida</i>)	NTT	61-63	30	22	28	21

Keterangan: 0 - disirami normal (selalu disirami); 10 - tidak disirami selama 10 hari; 20 - tidak disirami selama 20 hari; 30 - tidak disirami selama 30 hari; 40 - tidak disirami selama 40 hari

Meskipun secara mikro beberapa tanaman mempunyai perbedaan karakter dalam mempertahankan kelembaban dalam tanah tempat tumbuhnya, namun untuk penanaman pada lahan pertumbuhan yang luas di daerah yang relatif kering spesies yang terpenting adalah spesies yang mempunyai kemampuan untuk tumbuh dengan memadai sampai dewasa. Jenis cepat tumbuh akan mempunyai dampak yang lebih cepat dalam penutupan lahan, perbaikan struktur tanah, serta penyimpanan air tanah sehingga secara umum lebih mengurangi dampak ekstrem kekeringan dari permukaan tanah. Oleh karenanya pengujian jenis-jenis yang diharapkan tahan terhadap kondisi keterbatasan air (kekeringan) tidak bisa hanya dilakukan pada kondisi terkontrol tetapi diperlukan juga pelaksanaan pengujian pada kondisi lapangan (Hendrati, 2010a).

Pada kondisi kekeringan, tanaman umumnya menjadi rentan terhadap serangan hama dan penyakit dibandingkan pada kondisi normal berkecukupan air. Vigoritas tanaman melemah bila mengalami defisit kelembaban tanah pada periode lama. Datangnya hama dan penyakit akan menjadikan hidup tanaman merana bahkan menyebabkan kematian pada jenis-jenis tertentu (Zhang 2010, Chenchouni 2010). Oleh karenanya pada daerah yang makin mengalami kekeringan akan banyak spesies tanaman yang cepat hilang, jika penyediaan jenis-jenis tanaman yang cocok pada kondisi tersebut tidak tersedia

(Ouedraogo dan Thiombiano 2010). Jenis tanaman untuk ditanam di daerah kering adalah yang mampu tumbuh pada kondisi yang relatif kering, mampu bertahan terhadap serangan hama penyakit, dan tetap dapat tumbuh sampai dewasa.

4.3 ADAPTIFITAS SPESIES

Pengujian tanaman untuk kondisi ekstrem seharusnya dilakukan pada uji terkontrol dan uji lapangan (Hendrati, 2010a). Pengujian pada kondisi terkontrol mempunyai kelebihan penerapan perlakuan kekeringan dan tingkat kekeringan yang dapat diukur dan direncanakan sehingga dapat diterapkan secara seragam pada semua individu, dapat diulang pelaksanaannya serta dapat dijadikan acuan level ke-ekstreman-nya. Pada kondisi ini, perbedaan genetik antar spesies dapat dideteksi dengan lebih baik karena kondisi lingkungan relatif seragam, sehingga bias bisa diminimalisir. Kekurangan dari uji terkontrol adalah bahwa tanaman hanya bisa diamati pada tingkat umur muda dan dengan jumlah tanaman yang sangat terbatas. Pengujian lapangan juga sangat penting karena mempresentasikan kondisi kehidupan tanaman yang sebenarnya. Pada kondisi ini, peran akar sebagai penopang kehidupan serta peran tajuk terhadap evapotranspirasi akan dapat berkembang sewajarnya dan terekspresi pada pertumbuhan tanaman yang diamati. Demikian juga pengamatan terhadap kemungkinan serangan hama dan penyakit yang mengganggu pertumbuhan tanaman juga dapat diamati lebih jelas. Kelemahan pengujian lapangan adalah keseragaman kondisi uji di lapangan, terutama dari segi edapik, sering jauh dari harapan (Zobel dan Talbert 1984). Hal ini disebabkan oleh perbedaan bebatuan, aliran air, tekstur dan karakter di dalam satu lapangan uji. Oleh karenanya pengujian di lapangan akan mempunyai bias yang lebih tinggi dibandingkan uji terkontrol, dan oleh karenanya memerlukan desain yang memadai untuk meminimalisir pengaruh lingkungan.

Tanaman yang bervigor lebih baik cenderung lebih bisa bertahan pada kondisi tertekan baik pada uji terkontrol maupun uji lapangan (Hendrati 2010b). Pada kedua jenis uji tersebut, perlu digunakan genotip yang sama (provenans, famili, klon) agar seleksi genotip dapat dilakukan lebih akurat. Respon tanaman berdasarkan perubahan dengan basis morfologis, anatomis atau fisiologis, ketika bertahan pada kondisi keterbatasan air, memungkinkan kita untuk menyeleksi jenis yang lebih mampu bertahan (Nam *et al.*, 2001; Martinez *et al.*, 2007). Sementara itu reaksi antar spesies umumnya sangat bervariasi dan tergantung pada waktu dan level cekaman kekeringan serta fase pertumbuhan

Pengujian pada kondisi terkontrol terhadap 21 spesies (25 aksesi) menunjukkan perbedaan respon fisiologi dan anatomi yang jelas pada masing-masing tanaman. Beberapa jenis termasuk *Acacia auriculiformis*, vitex, johar, kepuh, cidrela, gebang, jati, pulai telah mengembangkan respon terhadap kekeringan pada sejumlah sifat yang diamati. Namun masih sulit untuk menentukan jenis yang paling adaptif, sehingga jenis-jenis ini juga diujikan di lapangan di 3 lokasi uji di daerah kering. Tanaman yang dicobakan adalah tanaman yang

mempunyai kecepatan tumbuh dan manfaat yang berbeda. Namun demikian, tidak berarti bahwa tanaman yang tumbuh dengan biomasa besar merupakan tanaman yang paling adaptif. Sebagai contoh jenis *Acacia mangium* pada uji ini menggunakan bibit unggul yang kecepatan tumbuhnya secara normal sedikit melebihi *Acacia auriculiformis* menunjukkan pertumbuhan yang mengalami gangguan. Sebaliknya *Acacia auriculiformis* (yang juga menggunakan bibit unggul) merupakan salah satu jenis yang tampil terbaik pada uji kekeringan ini baik di lapangan maupun pada uji terkontrol. Jenis unggul *Acacia mangium* yang habitat asalnya dari daerah yang basah, pada uji terkontrol terlihat hanya memberikan respon pada character yang sangat terbatas (2 dari 8 yang diamati). Pada uji lapangan, banyak jenis *Acacia mangium* yang menunjukkan kekerdilan pertumbuhan dan daun-daunnya menguning. *Acacia mangium* telah ditanam jutaan hektar di Indonesia untuk produksi pulp, dan bibit unggul telah banyak digunakan. Ditekankan bahwa jika kekeringan ekstrem yang lama terjadi di lokasi penanamannya, dimungkinkan tanaman akan menjadi sangat menderita. Antisipasi ini perlu dimasyarakatkan, dan alternatif jenis perlu disiapkan.

Banyak penelitian menunjukkan hubungan positif antara osmolit dengan toleransi tanaman terhadap tekanan. Salah satu osmolit yang banyak diamati sebagai indikator ketahanan kekeringan adalah prolin. Sebagian ahli menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi prolin merupakan produk pada kondisi tertekan dan bukan merupakan respons adaptif terhadap stress. Hal ini menjadikan aplikasi solut (termasuk *proline* atau *glycine betaine*) secara eksogen (dari luar atau buatan) pada tanaman mulai menarik perhatian, meskipun demikian pertimbangan ekonomis masih menjadi sesuatu yang banyak dipertimbangkan (Ashraf dan Fooland, 2007).

Hasil pengamatan menunjukkan hampir semua spesies memberikan respon positif dalam memproduksi solut prolin, kecuali *A. auriculiformis*. Hal yang sangat menarik meski *A. auriculiformis* tidak memproduksi prolin namun paling tahan terhadap kekeringan diantara semua spesies di lapangan. Ini sesuai dengan informasi yang menyatakan bahwa tidak semua spesies memproduksi prolin (Ashraf dan Foolad, 2007), dan diperkirakan bahwa ketahanan terbaik *Acacia auriculiformis* ini adalah gabungan adaptasi dari berbagai karakter lain, termasuk ketahanan phyllodiana (struktur yang menyerupai daun yang tebal) dan akarnya yang mampu memperbesar diameter trakea yang dibuktikan pada uji terkontrol (Lampiran 1). Trakea adalah salah satu komponen *xylem* yang mempunyai fungsi untuk pengangkutan air. Pada kondisi kurang air, tanaman akan mengoptimalkan penyerapan air yang tersedia, dengan cara antara lain, memperbesar diameter akar (De Micco dan Aronne, 2010). Meski *Acacia auriculiformis* tidak memproduksi prolin, tanaman tersebut mampu tampil prima pada kondisi terkontrol maupun di lapangan. Ini menunjukkan bahwa pengujian tidak bisa hanya dilakukan pada kondisi terkontrol yang bisa diukur level tekanannya, namun juga perlu di kombinasikan dengan uji lapangan.

			
Kayu Merah (obat kanker, anti rayap, tanaman hias)	Kemiri (bumbu dapur, perawatan kecantikan, konstruksi kapal)	Johar (daun u/ obat malaria, gatal dan kudis, pakan ternak ruminansia)	Kepuh (sampam, cargo bo, perabot, peti jenazah)
			
Cendana (kayu dan minyak u/ aroma therapy, campuran parfum, dupa, kerajinan tangan)	Waru (bahan bangunan, roda pedati, alat rumah tangga, kayu bakar, daun u/ kosmetik rambut, obat batuk dan bisul)	Nyamplung (bio-fuel, konstruksi kapal, pemecah angin, pelindung pantai)	Kesambi (Kayu u/ jangkar perahu, inang kutu produksi lak)
			
Injuwatu (kayu u/ furnitur dan bahan bangunan, buah dimakan)	Pongamia (biji utk pelumas dan bio-diesel, obat luka krn ikan beracun)	Mimba (pakan ternak, konservasi tanah, tan, hias, resin u/ insektisida, biji u/ minyak, sabun)	Jati (perabotan, bangunan, jembatan, bantalan rel)
			
Legaran (kulit ky u/ obat diareta, desentri, demam, ky utk peti jenazah)	Pulai (ky u/ kerajinan tangan dan peralatan rumah tangga)	Sawo kecil (buah dimakan, kayu u/ ukiran, bahan bangunan, furniture)	Nilotica
			
Acacia auriculiformis (kayu bakar, perabot rumah tangga)	Gebang (daun muda u/ kerajinan tangan)	ViteX (kayu u/ bahan bangunan dan papal, daun u/ obat demam dan sakit perut, luka)	Casuarina (mencegah erosi, pemecah angin di pantai, kayu bakar, arang)

Gambar 45. Spesies yang diujikan merupakan spesies yang disukai masyarakat dan berpotensi tumbuh di daerah iklim kering



Acacia mangium 30 bl di G. Kidul yang menunjukkan daun-daun yang menguning kekurangan nutrisi



Acacia mangium di lokasi Pracimantoro umur 22 bulan yang menunjukkan daun-daun yang menguning kekurangan nutrisi

Gambar 46. Penggunaan bibit unggul (*Acacia mangium*) yang tidak menjamin kebagusan penampilannya (terhadap jenis lain yang bukan unggul)

Sangat penting untuk memahami respon spesies tanaman terhadap kekeringan (Zhao *et al.*, 2008) untuk menyeleksi tanaman yang mampu bertahan pada kondisi tertekan. Manakala pada level spesies telah dapat diketahui, maka seleksi pada level provenans, famili dan bahkan klon dapat dilakukan. Secara berturutan Lampiran 2 (6 bulan), Lampiran 3 (22 bulan) dan Lampiran 4 (30 bulan) menunjukkan hasil pengujian dari 21 spesies (25 akses) di lapangan pada 3 daerah kering.

Secara umum keberhasilan tanaman kehutanan tidak saja dipengaruhi oleh kecermatan dalam aplikasi silvikulturnya saja, tetapi juga partisipasi para pemangku kepentingan, masyarakat, tanggung jawab, pengalaman, maupun perhatian dari institusi-institusi yang terlibat. Kesuksesan penanaman pohon sebagai salah satu jalan keluar untuk mencegah erosi dan rehabilitasi lahan memerlukan keikutsertaan masyarakat secara aktif sebagai bagian integral dari pengelolaan yang lestari (Carle *et al.*, 2002). Lampiran 2 menunjukkan perbedaan persen hidup yang sangat signifikan hanya pada umur 6 bulan setelah penanaman pada 2 lokasi di Pracimantoro (99.5%) dan di Madura (74.8%). Tingginya persentase hidup tanaman di Pracimantoro dikarenakan keterlibatan berbagai instansi (Dinas Pariwisata, Dinas Pertanian, Dinas Kehutanan dan Perkebunan, Dinas Lingkungan Hidup dan Pemda Wonogiri) dan masyarakat dalam perencanaan dan pembahasan hingga pelaksanaannya.

Gambar 47.

Pengamatan pada umur 22 bulan dan 30 bulan, masih menunjukkan bahwa Pracimantoro adalah lokasi dengan pertumbuhan terbaik, meski merupakan lokasi karst yang lebih rentan dibanding kedua lokasi lainnya (Gunung Kidul dan Madura).

Lampiran 4 menggambarkan penampilan masing-masing jenis yang ditanam setelah umur 30 bulan (2,5 tahun), yakni masa sudah lepas dari pemeliharaan tanaman yang dilakukan sampai umur 2 tahun. Terlihat bahwa masing-masing jenis memberikan respon dan kemampuan adaptasi yang berbeda pada kondisi kering:

1. Kemiri, nyamplung dan legaran: mampu tumbuh sampai >2m namun persen hidupnya relatif rendah.
2. Gebang, kesambi dan pulai: mempunyai persen hidup sedang sampai tinggi, namun pertumbuhan biomasnya sangat lambat, kecuali pulai yang pertumbuhannya sedang.
3. Kayu merah, kepuh, waru dan cidrela: tumbuh tidak konsisten diantara 2 lokasi yang ditanam.
4. *Acacia mangium*: menggunakan bibit unggul dan menunjukkan biomasa yang bagus, namun persen hidupnya rendah (36%), dan banyak tanaman tumbuh menguning.
5. *Acacia auriculiformis*, johar, jati dan vitex adalah 4 jenis (dengan urutan terbaik) yang mempunyai persen hidup serta biomasa tinggi.
6. Injuwatu (dari NTT) mempunyai potensi sedang pada pertumbuhannya maupun persen hidupnya.



Gambar 48. Penyiraman pada musim kering tahun pertama (4 bulan) menggunakan infus pada uji spesies-provenans di lokasi Karst Pracimantoro

Jika dibandingkan dengan pengujian terkontrol maka *Acacia auriculiformis* dan Johar telah mengembangkan respon pada berbagai karakter. Johar mampu memperpanjang salah satu akarnya sampai 1-1,5m menjulur mendekati perakaran tanaman lain yang perakaranya pendek namun lebat (dalam hal ini kayu putih). Diperkirakan johar mengambil untung dari kelembaban yang diciptakan oleh kepadatan akar kayu putih yang sudah tumbuh secara mapan.

Lokasi Karst (Pracimantoro)

Lokasi Gunung Kidul



Aleuretes mollucana (kemiri) di Pracimantoro

Aleuretes mollucana (kemiri) di G. Kidul



Vitex pubescent di Pracimantoro

Vitex pubescent di G Kidul



Acacia mangium di Pracimantoro

Acacia mangium di G. Kidul



Cassia seamea (johar) di Pracimantoro

Cassia seamea (johar) di G. Kidul

Gambar 49. Perbandingan pertumbuhan beberapa jenis pada 2 lokasi uji yang berbeda yakni di Pracimantoro (kiri) dan di Gunung Kidul (kanan)

Tabel 12 menunjukkan perbedaan tampilan tanaman (prosentase hidup tanaman) pada umur 6 bulan pada lokasi yang ditanam menggunakan penyiraman buatan (model infus) pada musim kemarau tahun pertama (Pracimantoro) serta tanpa penyiraman (Gunung Kidul). Penyiraman memberikan hasil nyata.

Tabel 12. Persentase hidup tanaman pada perlakuan disiram dan tidak disiram

Jenis	Persentase hidup tanaman (%)	
	Tidak disiram	Disiram
Kemiri	30	95
Kepuh	60	80
Cemara udang	20	64
Gebang	65	93
Kesambi	60	93
Johar	80	99
Cidrela	30	90
Waru	64	96

Biaya penyiraman tiap 2 minggu sekali dengan cara infus relatif murah, dan mudah pelaksanaannya. Bantuan manusia pada tanaman baru amat diperlukan untuk meminimalisir terjadinya akar yang patah-patah karena tanah retak dan tanaman muda dapat mengembangkan akarnya dengan optimal.

Pada kondisi marginal kering, ekosistemnya cukup rentan. Untuk menciptakan ekosistem tangguh, penyediaan diversitas spesies yang adaptif. Mempertahankan biodiversitas terbukti merupakan solusi paling aman untuk menghindari kerusakan ekosistem (Lovett and Perry, 2013) terhadap kondisi tertekan kering. Variasi pohon selain menyediakan berbagai manfaat juga menghindari berkembangnya hama penyakit yang fatal. Studi biodiversitas menunjukkan pentingnya biodiversitas sebagai kekuatan tangguh menghadapi aksi perubahan biofisik global sehingga mempunyai hubungan langsung dengan fungsi ekosistem (Brown *et al.*, 2013).

Pertumbuhan tanaman di lokasi Pracimantoro pada umur 34 bulan (Gambar 49) menunjukkan hasil yang cukup memuaskan.



Acacia auriculiformis



Kepuh (Sterculia foetida)



Pongam (Milletia pinnata)



ViteX pubescent



Johar (Cassia seamea)



Pulai (Alstonia scholaris)



Cidrela



Kemiri (Aleuretes mollucana)

Gambar 50. Pertumbuhan beberapa jenis pada lokasi uji di Pracimantoro pada umur 34 bulan

4.4 SERANGAN HAMA DAN PENYAKIT

Selama kegiatan pengujian, pemeliharaan dilakukan dengan melaksanakan pembersihan lahan dan pemupukan. Hama penyakit pada saat tertentu dibiarkan menyerang tanaman utama dan diamati pada musim kemarau dan musim hujan untuk melihat kerentanan masing-masing spesies tanaman. Serangan hama penyakit pada kondisi kering merupakan sesuatu yang umum karena tanaman dalam kondisi rentan atau turun vigoritasnya karena keterbatasan air. Secara umum pada musim kemarau serangan hama penyakit lebih banyak. Tanaman yang berasal dari sumber yang telah beradaptasi pada kondisi kering akan lebih mampu bertahan pada kondisi keterbatasan air (Park *et al.*, 2009), defisit kelembaban tanah yang terjadi pada periode yang lama. Serangan hama dan penyakit terbukti bisa mematikan tanaman pada daerah kering (Zhang 2010, Chenchouni 2010).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa masing-masing tanaman mempunyai jenis serangan yang berbeda, baik dari segi jenis maupun keparahan (tidak ada, ringan, sedang, berat) (Tabel 9.). Pengamatan dilakukan pada bulan Mei (16 bulan) saat menjelang musim kemarau dan pada bulan Nopember (23 bulan) saat hujan mulai turun. Didapat adanya perbedaan kerentanan antar spesies yang sangat nyata terhadap serangan hama penyakit. Tanaman yang tumbuh bagus justru sering mendapat serangan cukup besar karena mempunyai biomasa yang besar. Dengan demikian '**serangan berbanding terbalik dengan pertumbuhan**'. Sebaliknya jenis yang pertumbuhannya lambat seperti Gebang (*Corypha utan*) justru tidak mendapat serangan.

Meski mengalami banyak serangan hama penyakit, tanaman dengan pertumbuhan bagus mampu bertahan dan memperbaiki diri secara cepat seperti pada johar (*Casseea seamea*). Secara umum serangan hama dan penyakit tidak mematikan tanaman. Kemungkinan hal ini dikarenakan organisme yang menyerang sifatnya tidak mematikan, misalnya serangan jamur embun jelaga pada *Acacia auriculiformis*. Namun demikian serangan hama dan penyakit tersebut sedikit mengganggu kecepatan pertumbuhannya, dan itu tergantung pada jenis hama dan penyakit yang menyerang

Hasil pengamatan mendapatkan bahwa hujan menurunkan intensitas serangan. Dari segi lokasi, tanaman pertanian yang ditanam secara tumpang sari di sekitar tanaman uji (seperti di Pracimantoro) akan menularkan hama dan penyakit pada tanaman uji meski telah dilakukan pemeliharaan lebih baik.

Tabel 13 menunjukkan klasifikasi serangan pada masing-masing spesies, namun tidak berarti bahwa dampak keparahan menentukan kehidupan spesies tersebut.

Tabel 13. Klasifikasi kerentanan spesies terhadap serangan hama dan penyakit

Serangan	Jenis tanaman	Keterangan
Sehat (tidak ada serangan)	<i>Corypha utan</i> , <i>Schleicera oleosa</i> , <i>Cidrela odorata</i> , <i>Hibiscus tiliaceus</i> , <i>Pleygonium timoriensis</i>	
R = Ringan	<i>Aleuretes</i> , <i>Casuarina</i> , <i>Acacia. Auriculiformis</i> , <i>Azadirachta indica</i>	<i>Aleuretes</i> dan <i>Acacia Auriculiformis</i> tumbuh dengan vigoritas tinggi.
S = Sedang	<i>Callophyllum</i> , <i>Sterculia</i> , <i>Vitex</i> , <i>Kayu merah</i> , <i>Santalum</i> , <i>Alstonia spectabilis</i> , <i>Milletia</i> , <i>Tectona</i> , <i>Alstonia scholaris</i> , <i>Manilkara</i>	<i>Vitex</i> , <i>Kayu merah</i> , <i>Alstonia spectabilis</i> , <i>Milletia</i> , <i>Alstonia scholaris</i> tumbuh dengan vigoritas tinggi
P = Parah*	<i>Johar</i> , <i>Acacia Mangium</i>	<i>Johar</i> menghasilkan ulat yang bisa dijual seharga Rp 26.000/kg. Serangan bisa sampai daun habis, namun trubusan daun menjadi sehat kembali akan terjadi <i>Acacia mangium</i> tumbuh dengan kuning, kekurangan nutrisi

Catatan: *) Tanaman yang parah serangan tidak berarti yang paling buruk pertumbuhannya, karena ada jenis yang meskipun serangan parah tapi mudah untuk memulihkan kesehatannya kembali

4.5 KESIMPULAN

1. Sumber atau tempat asal suatu tanaman perlu dipertimbangkan dalam pemilihan jenis yang adaptif, karena tanaman yang berasal dari daerah yang telah beradaptasi pada kondisi kering lebih mengembangkan adaptifitas pada kondisi keterbatasan air
2. Karena tingkat toleransi yang berlainan perlu dilakukan identifikasi spesies pohon yang tahan terhadap kondisi kekeringan serta pengujian adaptifitas pada kondisi terkontrol dan kondisi lapangan.
3. Penyiraman pada tahun pertama akan menentukan keberhasilan penanaman pada kondisi ekstrem kering
4. Didapat empat spesies dengan persen hidup serta biomasa yang tinggi pada kondisi kering, dengan urutan terbaik *Acacia auriculiformis*, johar, jati dan vitex. Sementara jenis lain yang berpenampilan sedang adalah waru, kepuh dan pulai.
5. Bibit unggul *Acacia mangium* menunjukkan biomasa yang bagus, namun persen hidupnya rendah (36%) dan banyak tanaman menguning. Di Indonesia, *Acacia mangium* telah ditanam jutaan hektar. Perlu diinformasikan bahwa kekeringan ekstrem yang berlangsung lama di lokasi penanaman dapat menyebabkan tanaman sangat menderita. Antisipasi terhadap dampak kekeringan ekstrem pada *Acacia mangium* perlu dilakukan dan alternatif jenis perlu disiapkan.
6. Kondisi kekeringan ditentukan oleh banyak hal, seperti presipitasi atau curah hujan, kondisi tanah, sosial budaya, serta kondisi vegetasi.

7. Spesies untuk penanaman di daerah kering agar dipilih jenis tanaman yang mampu tumbuh pada kondisi relatif kering, tahan terhadap hama penyakit, dan mampu tumbuh sampai dewasa.
8. Secara umum serangan hama dan penyakit tidak mematikan tanaman, namun mengganggu kecepatan pertumbuhan normalnya, dan itu tergantung hama dan penyakit yang menyerangnya. Informasi lebih detail tentang jenis dan dampak, serta intensitas atau keparahan serangan perlu dipelajari lebih lanjut oleh ahlinya.

Bab 5

Kerentanan Masyarakat di Dalam dan Sekitar Hutan Akibat Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem

Niken Sakuntaladewi

5.1 PENDAHULUAN

Perubahan iklim dan dampak negatif yang ditimbulkannya tidak diragukan lagi. Dampak tersebut dapat mengenai siapa saja tanpa terkecuali. Namun demikian, masyarakat kecil utamanya yang tinggal di negara sedang berkembang dan penghasilannya sangat tergantung pada lingkungan adalah yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim. Mereka tidak mempunyai banyak pilihan untuk mengantisipasi atau menyikapi dampak negative dari perubahan iklim.

Masyarakat kecil di negara sedang berkembang banyak yang tidak tahu ‘apa itu perubahan iklim’, apa yang menyebabkan perubahan tersebut terjadi, siapa yang menjadikan iklim berubah, apakah mereka berkontribusi didalamnya, dan apa yang harus mereka lakukan untuk menjadikan iklim kembali bersahabat dengan mereka. Mereka juga tidak dapat lagi memprediksi kapan musim hujan atau musim kemarau akan terjadi, kapan bahaya akan menimpa mereka, seberapa besarnya, untuk berapa lama, apa yang perlu mereka persiapkan agar tidak terkena bencana iklim, dan berapa biaya yang harus mereka sediakan.

Sebagai negara kepulauan dan negara sedang berkembang, Indonesia sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim. Peningkatan permukaan air laut mengancam keberadaan pulau-pulau kecil dan banjir rob yang makin sering terjadi mempengaruhi sosial ekonomi masyarakat pesisir. Perubahan musim mempengaruhi para petani tanaman pangan maupun petani tambak. Terdapat sekitar 78.609 desa di seluruh Indonesia, 17,8% diantaranya atau 11.884 merupakan desa pesisir (BPS, 2013). Tahun 2012 dilaporkan sekitar 54% penduduk Indonesia tinggal di perkotaan (Wahyudi, 2013), sisanya berada di pedesaan. Mayoritas penduduk desa utamanya hidup dari bertani atau nelayan (khusus masyarakat pesisir). Data BPS tahun 2012 menunjukkan sekitar 27% desa berbatasan langsung dengan kawasan hutan. Pada umumnya kondisi perekonomian warga desa

tersebut terbatas. Hidup mereka tergantung pada sumber daya hutan di sekelilingnya untuk pemenuhan kebutuhan pangan, air, energi, obat-obatan, dsb. Mereka hidup dari bertani (ladang berpindah maupun menetap), mendapatkan hasil hutan kayu dan non-kayu guna pemenuhan kebutuhan hidup.

Dampak perubahan iklim di Indonesia berupa banjir dan kekeringan memberikan dampak turunan berupa gagal panen (Antara News, 2012), kebakaran hutan, rusaknya terumbu karang dan merabaknya berbagai penyakit. Masyarakat kecil, termasuk mereka yang tinggal di dalam dan sekitar hutan, tidak terlepas dari kondisi ini. Untuk bertahan hidup, disadari atau tidak, mereka telah melakukan tindakan adaptasi. Namun demikian, masih terbatas informasi tentang seberapa besar dampak perubahan iklim yang mereka rasakan, seberapa rentan mereka, bagaimana cara mereka bertahan terhadap dampak negatif perubahan iklim, gap yang ada untuk melakukan adaptasi, serta berapa besar biaya yang mereka keluarkan.

Masyarakat desa di dalam dan sekitar hutan tidak selalu dapat melakukan sendiri dalam mengatasi dampak perubahan iklim. Peran pemerintah, penyuluh, LSM pendamping, dan pihak ketiga lainnya sangat diperlukan untuk menjadikan masyarakat mampu bertahan. Kebijakan dan program pembangunan diperlukan untuk mendukung suksesnya pengatasan dampak negative perubahan iklim di masyarakat dan menjadikan mereka *resilience*. Beberapa program di Kementerian Kehutanan sudah mengarah pada mitigasi terhadap perubahan iklim, namun belum ada kebijakan terkait adaptasi.

Kajian tentang masyarakat di dalam dan sekitar hutan yang dilakukan pada berbagai ekosistem di Indonesia (pantai, kering, dan pegunungan) mendapatkan informasi tentang pemahaman masyarakat terhadap perubahan musim, kerentanan, bentuk adaptasi, dan besarnya biaya adaptasi.

5.2 DAMPAK PERUBAHAN IKLIM DAN IKLIM EKSTREM SERTA STRATEGI ADAPTASI

Masyarakat desa di dalam dan sekitar hutan pada ekosistem pantai, kering, dan pegunungan umumnya rentan terhadap perubahan iklim. Banyak dari mereka yang mempunyai lebih dari satu sumber penghasilan, namun sumber penghasilan mereka banyak yang rentan terhadap perubahan iklim (Lampiran 5). Hanya sebagian kecil dari mereka yang mempunyai sumber penghasilan non-pertanian, antara lain, PNS, ABRI, usaha warung, ojek, bengkel motor yang kesemuanya ini mensyaratkan pendidikan formal yang cukup atau ketrampilan, dan modal usaha.

Selain menghadapi tantangan berupa kondisi iklim yang sulit diprediksi, masyarakat desa hutan mempunyai banyak keterbatasan, seperti keterbatasan ekonomi, akses pasar, akses modal/perbankan, infrastruktur yang tidak memadai, keterbatasan teknologi, dan

khusus desa-desa terpencil yang sulit diakses juga mengalami keterbatasan akses terhadap program pembangunan. Mereka yang hidup dari bertani atau berladang mempunyai keterbatasan lahan. Lahan pertanian mereka secara geografis terletak di lokasi rawan bencana seperti: i. di daerah pantai untuk tambak ikan sebagaimana dilakukan masyarakat pesisir desa Mojo, Kabupaten Pematang Jaya, dan desa Langensari, Kabupaten Subang, ii. pinggir sungai untuk lokasi padi masyarakat pada ekosistem kering di desa Benu, Kabupaten Kupang, dan iii. lereng pegunungan untuk bercocok tanam tanpa penerapan teknologi konservasi lahan seperti lahan pertanian masyarakat desa Apui di pegunungan Arfak, Distrik Minyambouw, Provinsi Papua Barat, dan masyarakat desa di Kabupaten Solok. Ini semua menjadikan mereka makin rentan terhadap dampak perubahan iklim.

Perubahan iklim telah mempengaruhi iklim mikro yang selama ini digunakan sebagai acuan bagi masyarakat desa hutan untuk merencanakan kegiatan ekonomi. Mereka merasakan menghadapi tantangan iklim yang sesungguhnya saat harus menentukan waktu untuk menanam atau memanen. Musim yang tidak terprediksi menyebabkan kerusakan dan kerugian berupa gagal total panen, hingga bencana kehilangan rumah dan korban jiwa.

Dampak dari perubahan iklim pada masyarakat yang tinggal di pesisir, daerah kering dan pegunungan serta bentuk adaptasinya disampaikan pada Lampiran 6, 7, 8, dan 9. Mayoritas dampak negatif yang dialami masyarakat terkait dengan ketersediaan air, yaitu banjir atau kekeringan, dengan jangka waktu yang tidak dapat ditentukan atau sulit diprediksi lamanya. Intrusi air laut dan kesulitan mengontrol/mempertahankan salinitas air tambak dialami masyarakat petani tambak atau kesulitan melaut bagi para nelayan karena gelombang besar.

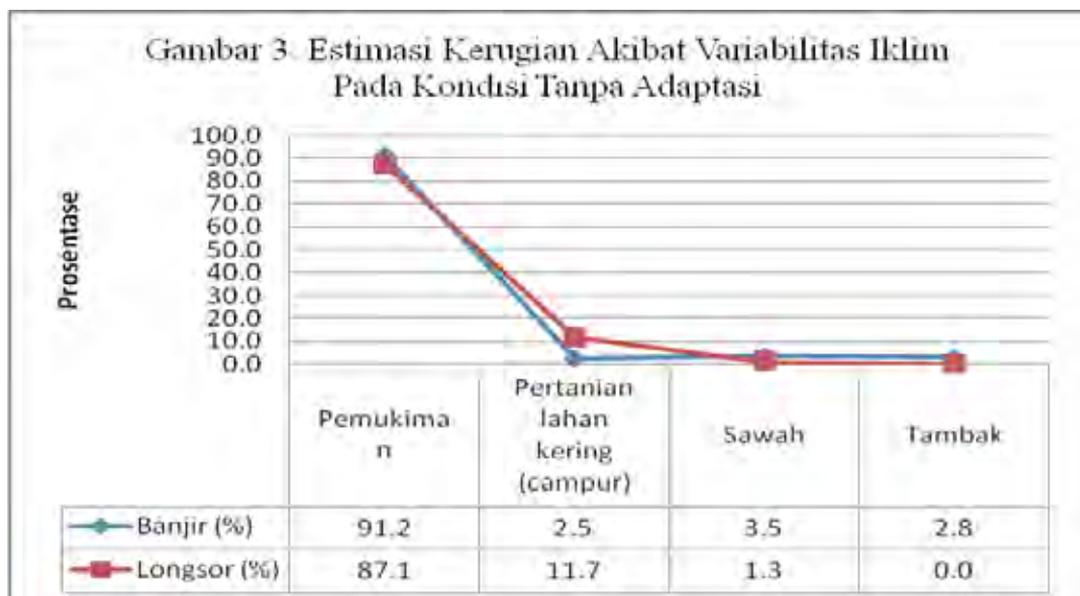
5.2.1 Dampak Perubahan Iklim dan Iklim Ekstrem

Secara empiris perubahan iklim telah memberikan berbagai dampak negatif bagi masyarakat, langsung maupun tidak langsung. Dampak tersebut bersifat '*multiplier effect*'. Ada banyak sektor yang terkena langsung, seperti sektor pertanian, perikanan, pariwisata, dan fasilitas umum serta pendidikan dan kemanusiaan. Sektor Kehutanan terdampak pada fenologi dan produktivitas tanaman, khususnya Dipterocarpaceae (Sari, *et al.*, 2014). Secara spasial dampak dan bentuk bencana iklim bersifat spesifik atau berbeda dari satu tempat ke tempat lain, dengan magnitudo yang berbeda juga. Namun perubahan iklim bisa memberikan dampak positif.

Di daerah pesisir dampak yang menonjol dari perubahan iklim adalah banjir karena hujan di bagian hulu dan banjir rob dari hilir, serta kekeringan. Akibat dari kejadian ini akan makin parah bila lingkungan sekitarnya rusak, seperti kerusakan hutan mangrove di pantai dan kerusakan tutupan lahan di hulu. Dampaknyapun bisa sangat luar biasa, tidak hanya kerugian ekonomi tetapi juga korban jiwa.

Di Kabupaten Subang, Wibowo, *et al.* (2013) menginformasikan kejadian banjir rob pada bulan Oktober 2009 di wilayah Legon Kulon, Legon Wetan, Patimban dan Mayangan, telah menenggelamkan 600 tambak milik 28 petambak dan 300 rumah dengan kerugian mencapai 1,8 miliar rupiah. Sakuntaladewi, *et al.* (2010) melaporkan banyaknya hama ikan bandeng di tambak masyarakat desa Langensari, dan udang di tambak mengalami stress dan banyak yang mati pada umur 40 hari. Kejadian banjir pada bulan Januari 2014 oleh Sekretaris Daerah Pemerintah Kabupaten Subang diperkirakan memberi kerugian mencapai Rp 32 miliar rupiah.

Rochmayanto, *et al.* (2013) mendapatkan estimasi kerugian akibat bencana iklim di tiga desa yang ada di DAS Cipunagara (Desa Cimeuhmal, Desa Cijambe, dan Desa Patimban) sebesar Rp 64,7 miliar. Dari tiga desa tersebut desa Patimban yang terletak di hilir DAS Cipunagara mengalami kerugian terbesar (71.7%), utamanya pada sektor pertanian, perikanan dan infrastruktur yang disebabkan kenaikan debit air sungai, banjir kiriman dari hulu, dan dari kenaikan muka air laut (banjir rob). Pada kondisi tanpa upaya adaptasi yang signifikan, banjir dapat menyebabkan kerugian sekitar Rp 1,56 triliun rupiah. Risiko longsor menyebabkan kerugian Rp 1,10 triliun rupiah dan mayoritas mengancam pemukiman dan pertanian lahan kering (Gambar 50). Dari total kerugian sebesar Rp 2,67 triliun tersebut, kerugian terbesar terjadi di pemukiman karena banjir memberi dampak langsung terhadap kehidupan dan properti (Jha, *et al.*, 2012), sedangkan dampak tidak langsung dalam jangka panjang dapat menyebabkan penyakit, penurunan nutrisi, kesempatan edukasi, dan hilangnya mata pencaharian.



Sumber: Rochmayanto, *et al.*(2013)

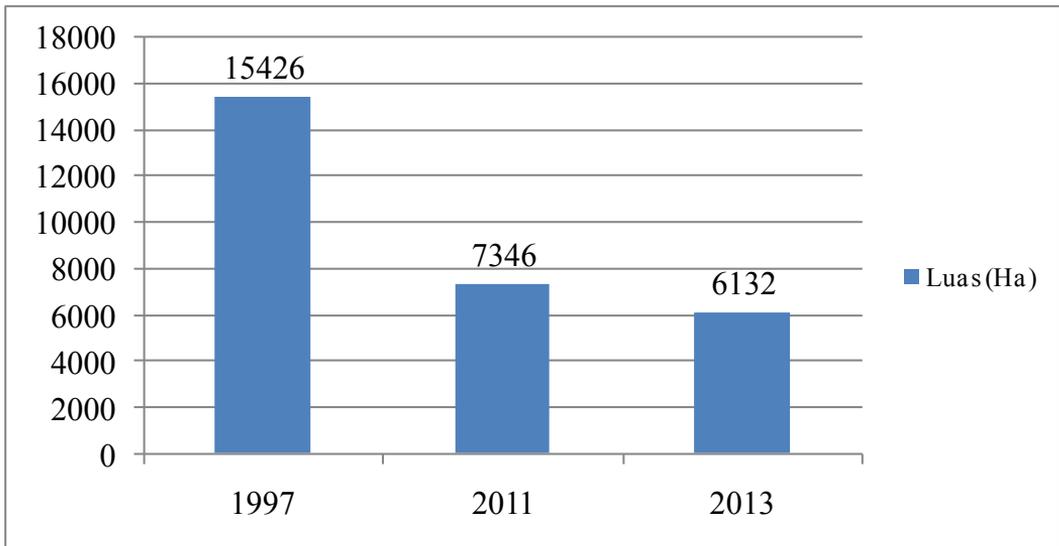
Gambar 51. Estimasi kerugian akibat variabilitas iklim pada kondisi tanpa adaptasi

Tingginya kerugian tanpa tindakan adaptasi dapat dikurangi bila dilakukan upaya adaptasi. Enam skenario diajukan yang meliputi bangunan fisik atau sipil teknis, perbaikan ekosistem, dan kombinasi keduanya. Hasil perhitungan efektivitas biaya adaptasi pada enam skenario tersebut menunjukkan bahwa tindakan adaptasi memberikan kerugian yang lebih kecil dibanding tanpa tindakan adaptasi.

Di Kabupaten Pemalang, intrusi air laut telah mencapai 7 km dari garis pantai yang diindikasikan oleh rasa dan bau air sumur penduduk Pemalang. Survei dari Dinas Lingkungan Hidup, Kabupaten Pemalang di 16 desa pesisir mendapatkan banjir rob tahun 2010 melanda 12,1 ha pemukiman penduduk, 477 ha tambak bandeng, serta 287 ha padi sawah. Lama genangan banjir rata-rata 6 jam. Dengan asumsi panen padi dan bandeng sebanyak 2 kali dalam satu tahun maka kerugian yang diderita akibat banjir rob tersebut sebesar Rp 6 miliar di 16 desa pesisir tersebut (Sakuntaladewi, 2010). Di desa Mojo, Kabupaten Pemalang, cuaca ekstrem berupa turunnya hujan hampir sepanjang tahun menjadikan salinitas air tambak tidak terkontrol dan berdampak pada penurunan kualitas dan produksi bandeng masyarakat. Penurunan berat mencapai 0,5 ons hingga 1 ons/ekor pada bandeng umur 6 bulan, dan harganya turun hingga Rp 1.500/kg. Panen bandeng dilakukan petani 2 kali dalam satu tahun dengan total kerugian mencapai Rp 15 juta/ha/panen (Sakuntaladewi, *et al.*, 2010).

Dampak negatif perubahan iklim menjadikan petani dan petambak di pesisir Kabupaten Subang sebagai pihak yang paling terkena dampak. Besarnya kerugian petani/petambak seiring dengan luasnya kerusakan lingkungan berupa penyusutan luas hutan mangrove secara signifikan di Kabupaten Subang (Gambar 51).

Hilangnya hutan mangrove berkaitan dengan pembukaan mangrove untuk tambak dan perumahan penduduk. Hariyani (2011) mendapatkan jumlah perumahan penduduk meningkat dari 1,3% pada tahun 1972 hingga 1990 menjadi 5,3% dari tahun 1990 hingga 2008. Wibowo dan Runggandini (2012) menggaris-bawahi bahwa program nasional pengembangan udang windu di Pantai Utara (Pantura) Jawa berdampak massif dengan dibatunya hutan mangrove di sepanjang Pantai Utara Jawa, termasuk di desa Patimban, desa Langensari dan desa Muara, Kabupaten Subang, dan desa Mojo, Kabupaten Pemalang. Ideologi utama pengembangan udang windu di Pantura adalah menempatkan intensifikasi dan maksimalisasi produksi untuk kepentingan pasar, baik lokal maupun internasional.



Sumber: Dirjen RRL 1997, Dephut, 2013 dan BLH, 2012

Gambar 52. Perkembangan Hutan Mangrove di kabupaten Subang

Konsekuensi dari pelembagaan nilai-nilai tersebut dalam institusi-institusi lokal dan masyarakat pesisir adalah pembabatan mangrove yang selama ini telah menjadi penyangga ekologis utama bagi kehidupan masyarakat pesisir dari bencana abrasi dan banjir rob. Argumentasinya adalah intensifikasi dan maksimalisasi produksi udang windu mengharuskan tambak steril dari berbagai tanaman bakau. Di Ulujami, Mojo, Kecamatan Pemalang, program pemerintah ini telah berhasil menarik investasi dari Korea.

Rusaknya hutan mangrove tersebut berpengaruh pada perubahan asset modal alamiah atau *'Natural Asset Capital'* sebagaimana yang terjadi di desa Patimban (Lampiran 10). Hasil penelitian Turner (1977) menunjukkan bahwa pembuatan 1 ha tambak ikan pada hutan mangrove alam akan menghasilkan ikan/udang sebanyak 287 kg/tahun, namun dengan hilangnya setiap 1 ha hutan mangrove akan mengakibatkan kerugian 480 kg ikan dan udang di lepas pantai per tahunnya. Pengurangan hutan mangrove terutama di areal *green belt* sudah barang tentu akan menurunkan produktivitas tangkapan ikan.

Selain tambak, pertanian masyarakat desa pesisir juga terganggu. Iklim ekstrem menjadikan petani tebu di Kabupaten Pemalang berkurang penghasilannya karena kadar gula tanaman tebu turun. Petani bunga melati juga mengalami kerugian karena bunga melati banyak yang busuk. Namun iklim ekstrem pada tahun 2010, memberikan keuntungan pada petani cabe di desa Sumber Klampok, Kabupaten Jembrana, dan di desa Mojo, Kabupaten Pemalang.

Di daerah kering, Sakuntaladewi dan Arifanti (2010) menyebutkan adanya, perbedaan nyata terlihat di desa-desa di DAS Noelmina bagian hulu (Desa Nenas) dan desa Benu di hilir. Badai dan air yang melimpah di desa Nenas (hulu DAS) menjadikan sawah di sekitar sungai terkikis banjir, tanaman jagung gagal, longsor di daerah perbukitan, ternak dan tanaman sayur banyak yang mati. Desa yang berada di DAS bagian hilir (desa Bena) mengalami kekeringan yang luar biasa. Tanaman dan semak belukar menjadi kering dan rawan kebakaran.

Di desa Benu (DAS bagian tengah), dua dusun tidak mengalami kesulitan air di musim hujan maupun kemarau karena dikelilingi oleh hutan alam Sisemeni Sanam milik Balai Diklat Kehutanan Kupang dan dijaga keberadaannya oleh masyarakat setempat. Terdapat sekitar 12 sumber air besar dan masih terlindungi dengan debit air sebesar 125 liter/detik. Sumber air tersebut dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PMLTH-dalam proses pembangunan) dengan daya 20 Kilo Watt listrik untuk 87 KK dan 5 fasilitas umum. Selain itu, terdapat pula bangunan irigasi non permanen (tradisional) di hampir setiap hamparan sawah di Desa Benu yang luasnya mencapai 60% dari total luas Desa. Tiga dusun lainnya di desa Benu mengalami kekeringan luar biasa pada musim kemarau.

Di DAS Palu, banjir yang terjadi di desa Toro (hulu DAS Palu) berubah menjadi banjir bandang di desa Omu dan desa Bobo yang ada di bagian tengah DAS Palu. Dibagian hulu, sawah diserang hama tikus dan dibagian tengah DAS terjadi kebakaran hutan. Perubahan musim yang tidak menentu sebagai dampak dari perubahan iklim, menjadikan produksi tanaman coklat masyarakat turun 50% hingga gagal panen pada tahun 2010, dan sawah diserang tikus. Dampak perubahan iklim pada daerah kering disajikan di lampiran 7 dan 8.

Di daerah pegunungan, DAS Kampar, Kabupaten Solok (Rochmayanto, 2010) maupun di Kabupaten Manokwari (Salosa, 2010), perubahan iklim mengancam mata pencaharian masyarakat. Ancaman dimaksud berupa gagal panen, terbatasnya kesempatan masyarakat untuk melakukan usaha ekonomi, atau banjir yang menjadikan akses masyarakat ke kota/ke desa terputus, serta longsor yang membahayakan keselamatan jiwa.

Di DAS Kampar banjir di bagian hulu diakibatkan oleh debit air sungai yang meningkat akibat curah hujan tinggi dan diperparah kondisinya dengan banyak lahan gundul di perbukitan karena pembukaan lahan untuk tanaman gambir. Masyarakat desa Salayo Tanang Bukit Sileh, Air Dingin, dan Air Batumbuk mengamati adanya perbedaan pola banjir berupa peningkatan frekuensi banjir dan sulit untuk diprediksi kapan banjir akan datang (Tabel 14).

Tabel 14. Perubahan pola banjir di hulu dan hilir DAS Kampar

DAS Kampar	Dulu	Sekarang
Hulu	<ul style="list-style-type: none"> Banjir terjadi tiap 5 tahun, lama genangan 10-15 hari. Kejadian banjir dapat diprediksi 	<ul style="list-style-type: none"> Frekuensi banjir meningkat hingga 5 kali dalam 5 tahun, lama genangan 3-4 hari. Kejadian banjir tidak dapat diprediksi
Hilir	<ul style="list-style-type: none"> Banjir 1 tahun sekali, lama genangan hingga 1 bulan Kejadian banjir dapat diprediksi 	<ul style="list-style-type: none"> Banjir bisa mencapai 4 - 5 kali/tahun, lama genangan hingga 10 hari Kejadian banjir tidak dapat diprediksi

Sumber: Rochmayanto, *et al.* (2010)

Dampak perubahan iklim meliputi 3 sektor: pertanian, kehutanan, dan biofisik. Sektor pertanian mengalami penurunan produktivitas panen hortikultura dan peningkatan hama penyakit tanaman layu daun, layu akar, meningkatnya populasi ulat, munculnya jenis kumbang baru yang menyerang buah. Sektor kehutanan mengalami dampak tidak langsung. Penurunan produktivitas pertanian menyebabkan penduduk melakukan upaya ekstensifikasi, sehingga lahan hutan menjadi alternatif perubahan lahan untuk perladangan. Untuk aspek biofisik, curah hujan bertambah menyebabkan peningkatan kejadian longsor.

Hujan yang tidak beraturan dan banjir memberikan dampak turunan berupa penurunan hasil pertanian (Tabel 15) dan longsor. Hujan yang tidak beraturan memberikan dampak penurunan produksi pertanian sebesar 10% (cabe rawit dan bawang merah) hingga 80% (kubis). Keadaan ini dengan sendirinya menurunkan penghasilan keluarga petani di tiga desa tersebut.

Tabel 15. Dampak perubahan iklim dan cuaca ekstrem terhadap penurunan produktivitas tanaman pertanian masyarakat di Kabupaten Solok

Komoditi pertanian	Penurunan produksi pertanian		
	Desa Bukit Sileh	Desa Air Batumbuk	Desa Air Dingin
Cabe rawit	50-60%	20-50%	10%
Kentang	50-60%	75%	-
Bawang merah	60-70%	50%	10%
Cabe	50%	-	-
Kubis	50-75%	80%	30%
Tomat	50%	25-50%	
Teh.		30-50%	

Sumber: Rochmayanto, *Y. et al.*, (2013)

Dampak lain adalah longsor yang terjadi di desa Air Dingin, khususnya di dusun Koto Baru, yang merusak 10 rumah, masjid, 15 ha sawah, dan membawa korban 18 orang meninggal, 11 orang terluka, dan 60 keluarga diungsikan. Longsor juga ditemukan secara sporadik di kebun warga. Karakter banjir dan longsor yang terjadi ini menunjukkan adanya deforestasi di lahan2 yang miring yang dilakukan masyarakat untuk kegiatan pertanian. Mereka tidak menerapkan teknologi konservasi dalam bercocok tanam di lahan miring.

5.2.2 Adaptasi Masyarakat terhadap Perubahan Iklim

Adaptasi terhadap perubahan iklim di masyarakat bervariasi bentuknya. Bentuk adaptasi dapat berupa adaptasi fisik (pembuatan bak penampung air), teknologi tepat guna (teknologi panen ikan tanpa mengeringkan tambak), perluasan lahan usaha (pelebaran tambak udang), aplikasi sarpras pertanian (herbisida, perstisida, insektisida), penyesuaian kegiatan dengan musim (penanaman dilakukan saat ada tanda-tanda hari akan hujan), hingga beralih profesi (misal dari petani menjadi pemandu wisata). Secara umum adaptasi dapat diklasifikasikan menjadi adaptasi yang sifatnya reaktif atau antisipatif, dilakukan secara individu ataupun kelompok, adaptasi spontan atau terencana (Romero, 2005), dan dilakukan dengan ataupun tanpa bantuan pihak ke tiga.

Di hilir khususnya daerah pesisir, terdapat perbedaan bentuk adaptasi masyarakat untuk mencukupkan penghasilan mereka. Di desa Mojo, Kabupaten Pematang, masyarakat menerapkan adaptasi reaktif berupa peninggian pematang tambak, penanaman mangrove di pantai dan di sepanjang pematang tambak (untuk memperkuat tambak) agar terlindung atau tahan terhadap gempuran ombak.

Masyarakat desa Mojo berhasil menghijaukan 397 ha mangrove (30,2% total mangrove di Kabupaten Pematang) pada tahun 2010. Bersama kelompok tani lainnya di pesisir utara Kabupaten Malang mereka berhasil menghijaukan 1.059 ha pantai utara dengan mangrove, meliputi pantai daerah pasang surut 82 ha dan areal pertambakan (dengan pola wanamina) seluas 977 ha. Mangrove selain berhasil mengurangi ganasnya gempuran ombak juga menjadi buffer bagi perekonomian masyarakat.

Di desa Langensari, Kabupaten Subang, masyarakat pesisir cenderung melakukan ekspansi tambak ke pantai, pelebaran tambak dengan memabat mangrove yang tumbuh dalam tambak melebihi ketentuan yang diberikan Perum Perhutani (yaitu menyisakan mangrove, dan menerapkan obat-obatan di tambak ikan untuk membunuh hama ikan).

Pengelola TNBB bersama masyarakat desa di sekitarnya menjaga hutan mangrove untuk wisata alam dan sebagian dari masyarakat beralih profesi menjadi pemandu wisata. WWF dan pengelola TNBB membantu meningkatkan sumber daya manusia masyarakat untuk mengelola lingkungan. Masyarakat menyadari bahwa mempertahankan mangrove dapat mendatangkan tambahan penghasilan untuk menutupi kekurangan pendapatan keluarga akibat menurunnya produksi pertanian karena iklim yang tidak menentu.

Di daerah kering, adaptasi dilakukan dengan membuat bak air untuk menyimpan air hujan, menempatkan lahan pertanian mereka dipinggir sungai untuk memudahkan



Foto: Tolani (2011)



Foto: Niken Sakuntaladewi (2012)

Gambar 53. Penanaman mangrove di pesisir desa Mojo, Kabupaten Pematang

Gambar 54. Penanaman mangrove di pematang tambak



Foto: Niken Sakuntaladewi (2012)



Foto: Niken Sakuntaladewi (2012)

Gambar 55. Pelebaran tambak dengan memabat mangrove

Gambar 56. Ekspansi tambak ke pantai

mendapatkan air, dan larangan merusak hutan. Sementara di dataran tinggi, adaptasi banyak dilakukan dengan pembuatan rumah panggung untuk menghindari banjir, perlindungan hutan di sekitar desa, menjadwalkan pemanfaatan air untuk pertanian. Adaptasi yang dilakukan masyarakat disajikan pada lampiran 7.

Strategi adaptasi dimaknai sebagai pilihan tindakan yang rasional dan efektif sesuai konteks lingkungan sosial, ekonomi, politik dan ekologi dimana masyarakat tersebut



Foto: Niken Sakuntaladewi (2012)

Gambar 57. Pengelolaan mangrove di Taman Nasional Bali Barat untuk wisata alam



(1) Bak penyimpanan air

(2) sawah di tepi sungai

(3) bangunan penahan longsor



(4) mempertahankan hutan di sekitar desa

Foto: Niken Sakuntaladewi (2012)

Gambar 58. Bentuk adaptasi di daerah kering

tinggal (Kusnadi 2000). Petani adalah sosok yang rasional yang selalu berusaha menentukan pilihan-pilihan hidup yang terbaik diantara berbagai strategi hidup sehingga mereka dapat terus bertahan hidup (Abar, 2002). Ketika masyarakat tidak mendapatkan penghasilan, mereka dihadapkan pada situasi krisis yang dapat mengancam kelangsungan hidup keluarganya. Dalam situasi semacam ini segala cara akan ditempuh agar dapat tetap bertahan hidup (Chambers, 1988). Sebagai contoh, di tingkat individual petani di desa Benu, NTT, menjual ternak untuk bertahan hidup, mencari ikan di danau sebagaimana dilakukan masyarakat desa Bena, NTT, atau makan ubi seperti masyarakat desa Toro (Sulawesi Tengah) saat mengalami kegagalan panen padi.

Para petambak secara reaktif melakukan pananggulangan tambak-tambak mereka bila banjir tidak terlalu besar. Sebagian lain tetap tinggal di rumah mereka dengan menempati meja sebagai tumpuan untuk bertahan selama banjir masih berlangsung termasuk dalam memasak. Sebagian lagi mengungsi ke tempat saudara atau kerabat di daerah yang lebih aman. Sementara langkah antisipatifnya adalah melakukan normalisasi sungai dan pananggulangan secara terencana dengan melibatkan pemerintah desa dan daerah. Secara individual, langkah antisipatif lain adalah para petambak biasanya memanfaatkan hubungan patron dan klien atau jaringan sosialnya untuk bisa bertahan hidup dengan meminjam uang untuk investasi tambaknya lagi. Bentuk adaptasi yang dilakukan secara berkelompok ditemui di berbagai daerah di Indonesia. Bentuk adaptasi tersebut meliputi, penjagaan hutan, penanaman mangrove, pembuatan Papi dan Nasio, dan sebagainya.

Sementara untuk kasus di wilayah tengah (Desa Cijambe) dan hulu (Desa Cimeuhmal) di tingkat individual secara reaktif masyarakat melakukan pembuatan tanggul teras dengan bronjong untuk menahan tanah tebing longsor lebih parah lagi dan penggiliran pemakaian air. Sementara saat bencana tersebut masih berlangsung, sebagian masyarakat melakukan diversifikasi dengan penanaman tanaman beragam jenis tanaman baik yang berjangka pendek maupun panjang, misalnya menanam padi jenis unggul ataupun tahan kekeringan.

Di tingkat kelembagaan, masyarakat juga melakukan kegiatan kolektif melalui kegiatan normalisasi sungai atau *lining* dan pengaturan air, terutama di Desa Cijambe, Cimeuhmal, dan Langensari. Dalam konteks penyediaan pasokan, diversifikasi adalah salah satu cara adaptasi yang efektif untuk mengurangi risiko produksi akibat perubahan iklim (Sumaryanto 2009). Namun demikian, Kemampuan respon semacam itu berbeda berdasarkan kelas, gender, etnis, dan usia (Maskrey, 1989; Rossi, 1993 dalam Abdullah, 2008). Bagi Oliver-Smith, (1996), tingkat integrasi masyarakat telah menjadi dasar bagi kemampuan pemulihan dan pembangunan kembali komunitas yang sekaligus menunjukkan bahwa pengetahuan lokal yang baik tentang lingkungan sosial dan fisik

menentukan kemampuan masyarakat dalam mengurangi kerugian jangka pendek dan jangka panjang.

Ditingkat supra struktur, peningkatan kapasitas adaptasi masyarakat terhadap dampak dari perubahan iklim telah dilakukan sesuai kapasitas lembaga-lembaga yang ada di Pemda di bawah koordinasi Satuan Koordinasi Pelaksanaan Kegiatan Penanganan Bencana (Satkorlak) yang bertugas mengkoordinasikan semua kegiatan penanggulangan bencana di tingkat daerah yang melekat di setiap Satuan Kerja Perangkat Daerah (SKPD). Salah satu lembaga yang melakukan upaya mitigasi dalam kerangka adaptasi jangka panjang adalah Badan Lingkungan Hidup Daerah yang melakukan penanaman mangrove.

Kemudian di tingkat pemerintah desa juga telah membentuk suatu wadah dengan nama Lumbung Ekonomi Desa (LED) untuk masyarakat Desa Cijambe. Hal ini dilakukan menindaklanjuti instruksi Bupati Subang, agar masyarakat gemar menabung demi meningkatkan taraf hidup masyarakat di pedesaan. Saat ini Lumbung Ekonomi Desa tersebut telah dibentuk menjadi Suatu Koperasi Wanita dengan Nama Koperasi Wanita “ BERKAH “. Namun demikian lembaga tersebut masih belum mampu berkontribusi banyak untuk mengangkat kinerja ekonomi rakyat.

5.2.3 Biaya Adaptasi

Disadari atau tidak, adaptasi telah dilakukan oleh perorangan, kelompok individu, hingga pada level negara untuk mengantisipasi ataupun menghadapi dampak negatif perubahan iklim. Meski pemahaman tentang penghitungan ‘biaya dan keuntungan’ tindakan adaptasi belum sempurna, upaya penghitungan biaya adaptasi terus diupayakan. Studi yang dilakukan World Bank pada tahun 2009 mendapatkan estimasi biaya adaptasi di negara-negara berkembang untuk kenaikan suhu sekitar 2°C pada tahun 2050 berkisar antara USD 70-100 miliar per tahun dari tahun 2010 hingga 2050 (Narain *et al.*, 2011, Sussman *et al.*, 2013). Studi yang dilakukan di Thailand terhadap masyarakat pesisir di enam desa yang rentan terhadap perubahan iklim mendapatkan besaran biaya adaptasi tiga puluh tahun mendatang sekitar 5 kali biaya yang dikeluarkan saat ini (Kulpraneet, 2013). Di Afrika biaya adaptasi diperkirakan akan terus meningkat dengan perkiraan sekitar USD 10-60 miliar per tahun (African Development Bank, 2011). Upaya adaptasi dapat mengurangi besaran biaya adaptasi ke depan (Watkiss *et al.*, 2010).

Biaya adaptasi berkaitan erat dengan bentuk adaptasi yang dipilih masyarakat. Pada umumnya bentuk adaptasi atau upaya yang dilakukan masyarakat untuk tetap bertahan hidup lebih pada tindakan penyesuaian waktu dalam melakukan kegiatan dengan kondisi lingkungan. Tindakan ini tidak mengeluarkan biaya.

Bentuk adaptasi yang menelan dana cukup besar adalah pembuatan bangunan fisik. Bangunan fisik dimaksud, antara lain, berupa pembuatan bronjong di pinggir sungai, pembuatan rumah panggung agar tidak terkena banjir yang selalu muncul setiap tahun,

pembuatan bak penampung air dan sumur untuk mengatasi kekeringan. Masyarakat desa Benu membuat sumur kira-kira sedalam 10 meter untuk mendapatkan air. Biaya pembuatan sumur sebesar Rp 2 hingga 3 juta/sumur ditanggung individu keluarga. Bila biaya pembuatan bangunan fisik cukup besar, maka pemerintah yang membiayainya dan tenaga bisa jadi dari masyarakat. Pada tahun 2011 Dinas PU Provinsi NTT memberi bantuan Rp 1,8 miliar untuk pembuatan embung guna menampung air hujan dan bak air minum. Dana tersebut untuk membuat 1). 2 unit embung (ukuran 80 x 40m x kedalaman 8 m; dan 40 x 70 m x kedalaman 8 m); 2). empat buah bak air minum; 3). tiga buah bak kecil untuk menampung air minum ternak.

Untuk sektor pertanian, biaya adaptasi meliputi biaya pengadaan bahan/peralatan sebagai tambahan biaya usaha tani dan biaya pembangunan infrastruktur. Kisaran biaya adaptasi yang teridentifikasi disajikan di Tabel 16.

Tabel 16. Tambahan biaya pengadaan bahan/alat usaha tani

No.	Jenis biaya	Nagari		
		Bukit Sileh	Air Batumbuk	Air Dingin
1	Pemupukan (pupuk kandang, kimia)	Rp 200.000,- s.d. 700.000,- /KK/musim	Rp 1-1,5 juta/ha	Rp 500.000 - 1.000.000 /musim
2	Pestisida/herbisida	Rp 50.000,- s.d. 100.000,- /komoditi	Rp 100.000 - 200.000/musim/komoditi	Rp 200.000-500.000/musim
3	Mulsa plastik	-	-	Rp 1-4 juta/ha

5.3 KERENTANAN MASYARAKAT DESA SEKITAR HUTAN

Kerentanan masyarakat akibat perubahan iklim/cuaca ekstrem tidak terlepas dari berbagai aspek terkait dengan kehidupan mereka, seperti: 1) sumber penghasilan, 2) ilmu pengetahuan, teknologi, dan ketrampilan masyarakat, 3) kelembagaan dan budaya masyarakat, 4) sarana-prasarana, 5) akses sumber daya alam, akses modal, akses informasi, dan akses ke program pembangunan, 6) Pendampingan.

Dengan menilai berbagai faktor di atas, kerentanan masyarakat pesisir disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Kerentanan Masyarakat Desa Penelitian

Lokasi/Desa	Angka Rata-Rata	Persentase Masyarakat yang Rentan
Pemalang, Jawa Tengah (Hutan Hak)		
Mojo	7,74	37%
Nyamplungsari	7,71	30%
Subang, Jawa Barat (Hutan Lindung)		
Muara	4,14	57%
Langensari	5,22	82%
Taman Nasional Bali Barat, Bali Barat		
Gilimanuk	6,03	58%
Sumber Klampok	8,00	55%

Sumber: Sakuntaladewi, *et al.* (2010)

Uji t untuk ketiga bentuk pengelolaan hutan (hutan hak, hutan produksi dan hutan konservasi) memberikan beda nyata pada level 0,05.

Tabel 17 memperlihatkan bahwa Kabupaten Subang berada pada kondisi paling rentan dibanding desa-desa lainnya. Angka rata-rata kemampuan beradaptasi paling rendah dibanding desa-desa di Kabupaten Pemalang dan Jembrana, namun persentase jumlah masyarakat yang rentan menduduki peringkat paling tinggi (57% untuk Desa Muara dan 82% untuk desa Langensari). Peringkat kedua rentan berada di TNBB dan daerah yang tidak rentan berada di Pemalang Jawa Tengah dengan angka rata-rata potensi beradaptasi paling tinggi namun persentase masyarakat yang rentan (37% untuk desa Mojo dan 30% untuk desa Nyamplungsari).

Kesadaran masyarakat desa Mojo dan Nyamplungsari akan peran penting mangrove timbul setelah mereka mengalami kesulitan hidup akibat rusaknya mangrove di desa mereka untuk ternak udang windu. Masyarakat mendapat pendampingan intensif dari LSM dan Pemerintah Daerah untuk membangun mangrove. Mereka juga mempunyai kelembagaan yang kuat di masyarakat, akses ke sumber daya alam, akses program pembangunan, dan mampu menciptakan teknologi tepat guna berupa panen ikan tanpa pengeringan untuk mengurangi kemungkinan tambak jebol, penguatan pematang tambak dengan penanaman mangrove di sepanjang pematang, penanaman mangrove di sepanjang pantai untuk mengurangi kuatnya gempuran ombak laut dan angin, serta pengembangan usaha kepiting cangkang lunak yang lebih tahan terhadap salinitas air di tambak yang sulit dikontrol.

Pada ekosistem pegunungan, potensi longsor dibentuk oleh 3 indikator, yaitu: kelerengan, batuan/penyusun tanah dan curah hujan. Desa dan lahan pertanian masyarakat di Sumatera Barat umumnya berada pada kelerengan tanah $>45^\circ$ sehingga memiliki potensi besar terjadinya gerakan tanah. Berdasar indikator tanah penyusun/batuan, potensi

gerakan tanah tergolong sedang sampai tinggi, dengan batuan/penyusun tanah berupa batuan gunung api tak teruraikan dan endapan lahar gunung berapi. Menurut indikator curah hujan, potensi gerakan tanah pada ketiga desa tergolong sedang, dengan rerata curah hujan tahunan 1000-4000 mm. Berdasarkan gabungan ketiga indikator dengan asumsi masing-masing indikator berbobot sama, maka potensi gerakan tanah tergolong tinggi. Kondisi makin rawan dengan rusaknya lingkungan.



Foto: Yanto Rochmayanto, 2010

Gambar 59. Penambangan batu meningkatkan kerawanan longsor di Nagari Air Dingin

Faktor sensitivitas serta kapasitas adaptif dipengaruhi oleh empat aspek, yaitu sosial, ekologi, infrastruktur dan ekonomi. Hasil analisis sensitivitas dan kapasitas adaptif desa-desa di dataran tinggi Kabupaten Solok disajikan pada Tabel 18.

Tabel 18. Tingkat sensitivitas masyarakat di Kabupaten Solok

No	Aspek	Kriteria	Nagari			Total Faktor	Kategori
			Bukit Sileh	Air Batum buk	Air Dingin		
1	Sosial	Tingkat pendidikan	3	2	3	8	Sedang
		Aksesibilitas	1	2	3	6	Rendah
		Kelembagaan	2	2	2	6	Rendah
2	Ekonomi	Sumber pendapatan (<i>portofolio</i>)	3	4	4	11	Sedang
		Mata pencaharian	5	5	5	15	Tinggi

No	Aspek	Kriteria	Nagari			Total Faktor	Kategori
			Bukit Sileh	Air Batumbuk	Air Dingin		
3	Infrastruktur	Bangunan teknik sipil	5	5	5	15	Tinggi
		Pola pemukiman daerah tinggi	5	5	5	15	Tinggi
4	Ekologi	Tutupan hutan	4	4	3	11	Sedang
		Kondisi bantaran tebing	4	2	4	10	Sedang
		Total lokasi	32	31	34		
		Kategori	Tinggi	Sedang	Tinggi		

Menurut sebaran spasial tingkat sensitivitas masyarakat terhadap perubahan iklim pada ekosistem pegunungan di Kabupaten Solok berada pada kategori sedang dan tinggi. Nagari Air Batumbuk yang berada pada elevasi kisaran 1200 mdpl teridentifikasi pada kategori tingkat sensitivitas sedang, sedangkan Nagari Bukit Sileh dan Nagari Air Dingin yang berada pada elevasi 1400 dan 1600 mdpl teridentifikasi pada kategori tingkat sensitivitas tinggi. Jika menghubungkan antara elevasi dan tingkat sensitivitas, maka ditemukan kecenderungan semakin tinggi elevasi semakin tinggi juga sensitivitas masyarakat terhadap perubahan iklim. Namun demikian, korelasi tersebut perlu diuji lagi dengan pengulangan lokasi masing-masing elevasi.

Faktor pendidikan, aksesibilitas dan kondisi bantaran tebing menjadi faktor penguat kapasitas adaptif masyarakat Air Batumbuk. Tingkat pendidikan masyarakat mayoritas SLTA, aksesibilitas nagari/pemukiman masyarakat berada dekat jalan lintas Solok-Muaralabuh, dan kondisi topografi lebih landai dibanding nagari lainnya.

Faktor sosial memberi kontribusi rendah sampai sedang terhadap kerentanan masyarakat. Tingkat pendidikan masyarakat di pedesaan mayoritas SLTP, akses jalan sudah beraspal dan perkerasan sampai ke pemukiman terdalam, dan kelembagaan menunjukkan peran baik untuk mengurangi sensitivitas dan meninggikan kapasitas adaptif masyarakat, karena karakteristik kultural Sumatera Barat yang religius dan berpegang teguh terhadap norma adat. Tokoh pemerintahan dan adat bersinergi secara harmonis dalam menelaraskan aktivitas sosial kemasyarakatan.

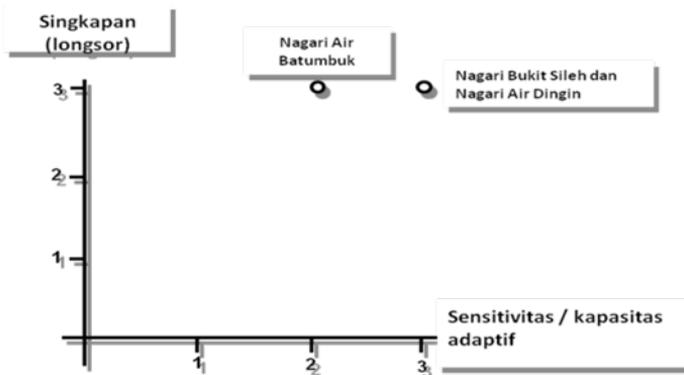
Aspek ekonomi berkontribusi sedang sampai tinggi bagi sensitivitas masyarakat terhadap perubahan iklim. Mayoritas penduduk memiliki mata pencaharian ganda yang berfungsi sebagai pengaman (*safeguard*). Namun, sumber mata pencaharian mereka sangat bergantung terhadap sumberdaya alam sehingga berkontribusi tinggi terhadap tingkat sensitivitasnya.

Aspek infrastruktur berkontribusi tinggi terhadap tingkat sensitivitas. Tidak terlihat upaya pemerintah maupun masyarakat untuk membuat bangunan teknik sipil agar risiko gerakan tanah dapat dikurangi. Pola pemukiman penduduk berisiko tinggi karena banyak bangunan rumah dan fasilitas umum berada di sisi tebing yang rawan. Bangunan teknik sipil yang banyak digunakan dalam aktivitas pertanian dan pemukiman adalah teras bangku.

Aspek ekologi menunjukkan kontribusi sedang, dan faktor yang mendukungnya adalah tutupan hutan dan stabilitas alami bantaran tebing. Tutupan hutan mengalami deforestasi tinggi, dan menyisakan hutan di lokasi yang jauh dari pemukiman. Diperkirakan terdapat 20-80% tebing labil dan rawan terjadi gerakan tanah apabila dipicu oleh faktor lain.

Hutan tidak berdiri sendiri dalam mengendalikan longsor, namun memberi kontribusi terhadap risiko yang tinggi apabila terjadi perubahan cuaca yang ekstrem. Herawati dan Santoso (2006) menjelaskan hubungan pengaruh antara vegetasi dengan curah hujan. Peran vegetasi terhadap longsor tidak terlalu besar jika dilihat pada skala kecil, tapi berperan besar pada skala lanskap. Fungsi vegetasi dipengaruhi oleh ketebalan solum tanah. Bila solum tanah cukup tebal, namun akar tumbuh tidak terlalu dalam, maka tanaman tidak terlalu berfungsi dalam memperkuat tebing. Vegetasi mempengaruhi kestabilan tebing jika dilihat dari sisi mekanis dan hidrologi. Secara mekanis, vegetasi dapat meningkatkan kestabilan lereng melalui proses peningkatan kekuatan tanah namun vegetasi juga akan menjadi beban ekstra bagi tanah. Secara hidrologis, vegetasi mempunyai peran positif yaitu dapat mengintersepsi dan men-transpirasi air hujan namun vegetasi juga meningkatkan infiltrasi air hujan dan permeabilitas tanah di lapisan atas tanah. Dalam hubungannya dengan penguatan tebing tanah, bagian yang terpenting dari vegetasi adalah akar.

Apabila dilakukan pemetaan tingkat kerentanan menurut sistem koordinat yang dibangun oleh tingkat risiko eksposur longsor sebagai sumbu Y dan sensitivitas/kapasitas adaptasi sebagai sumbu X, maka pada Gambar 59 terlihat posisi kerentanan masing-masing nagari. Sumbu Y menunjukkan derajat (seberapa jauh) ekosistem pegunungan secara alamiah rentan terhadap perubahan iklim. Sedangkan sumbu X menunjukkan tingkat risiko ekosistem pegunungan terkena dampak sebagai akibat dari perubahan iklim..



Gambar 60. Tingkat Kerentanan Masyarakat Kabupaten Solok Terhadap perubahan Iklim

Dari berbagai fenomena kerentanan masyarakat, perlu dilihat lebih lanjut tentang penyebab terjadinya kerentanan atau faktor-faktor yang menjadi prakondisi kerentanan, baik biofisik maupun sosial ekonomi. Abdullah (2008) menyatakan bahwa kerentanan itu bukan hanya status, tetapi merupakan sebuah sistem yang terbentuk dalam suatu proses yang bersifat historis (proses transformasi). Pada saat masyarakat desa pesisir menebang hutan mangrove untuk dijadikan tambak, disinilah kerentanan berawal yang menyebabkan bencana, antara lain, intrusi air laut, rusaknya tambak, hilangnya penghasilan tambahan dari mangrove yang merugikan masyarakat. Tidak ada perlindungan terhadap desa dan tambak ikan dari terpaan angin dan gelombang laut yang kencang. Perakaran mangrove yang berfungsi untuk meredam energi gelombang dengan cara menurunkan tinggi gelombang saat melalui mangrove (Mazda dan Wolanski, 1997; Mazda dan Magi, 1997) tidak ada lagi. Hilangnya mangrove berarti hilangnya atau berkurangnya ikan, udang, dan kepiting pantai yang biasa bersarang di hutan mangrove.

Di daerah pegunungan, rusaknya atau berkurangnya tutupan hutan di hulu untuk pertanian, frekuensi bencana meningkat dan kerugian yang ditimbulkannya makin besar. Hutan menyediakan banyak pangan, mengatur tata air, dan bisa mengurangi frekuensi bencana. Sebagaimana terjadi daerah kering di Desa Benu, Nusa Tenggara Timur, adanya hutan di desa tersebut menjadikan sumber air melimpah hingga bisa digunakan untuk pembangkit tenaga listrik. Masyarakat di desa Bobo, Sulawesi Tengah, hidup dari beternak lebah karena banyaknya bunga di hutan.

Di sini perhatian diberikan pada proses-proses struktural yang mendistribusikan dan mengatur sumber-sumber material, kekayaan, kekuasaan, dalam suatu masyarakat yang dinilai sebagai prakondisi suatu kerentanan terhadap suatu bencana (Blaikie, 2003). Tekanan-tekanan ekonomi dan proses transformasi struktural yang menyebabkan kelangkaan lahan dan kelebihan penduduk dapat menjadi suatu dasar bagi terjadinya

kerentanan sosial ekonomi masyarakat dalam menghadapi siklus bencana seperti banjir maupun kekeringan (Oliver-Smith, 1996).

5.4 TANTANGAN DALAM MEMBANGUN ADAPTASI YANG EFEKTIF

Didapat banyak bentuk adaptasi yang dilakukan masyarakat sekitar hutan untuk mengatasi dampak negatif dari perubahan iklim. Memperhatikan pilihan adaptasi mereka, terlihat bahwa tidak semua adaptasi yang mereka pilih mengatasi permasalahan yang sesungguhnya. Sebagai contoh, masyarakat desa Langensari memilih untuk menjadwalkan ulang/menyesuaikan dengan iklim tidak selalu berhasil mengurangi risiko karena mereka tidak tahu sama sekali tentang iklim. Apabila hasilnya positif, maka hal itu merupakan keuntungan. Adanya perbedaan pemahaman terhadap kondisi iklim, menjadikan mereka tidak melakukan jadwal penanaman pada saat yang sama, dan risiko sawah mereka gagal karena serangan tikus lebih tinggi, kecuali teknologi pagar plastik berhasil dengan baik.

Disisi lain, masyarakat desa Mojo mempunyai sumber pendapatan yang lebih baik dan lebih terjamin karena dapat mengatasi sumber datangnya bencana. Mereka mendapati sumber masalahnya adalah salinitas dan besarnya hempasan gelombang pasang yang ke tambak masyarakat. Mereka bergotong royong menanam mangrove di pantai untuk mengurangi gempuran gelombang pasang, dan menanam mangrove di pematang tambak untuk memperkuat tambak agar tidak hancur terkena hempasan gelombang pasang laut. Mereka juga menerapkan teknologi memanen ikan dengan cara mengosongkan air tambak, tetapi mendinginkan air dalam tambak dan menggunakan jalan untuk memanen ikan. Teknolgi ini mampu mempertahankan tambak dari gempuran ombak saat memanen ikan.

Penanaman mangrove di pantai dan di pematang tambak menjadikan ekosistem setempat cocok untuk kepiting. Banyaknya kepiting di Mojo menjadikan sekelompok masyarakat setempat menternakkan kepiting cangkang lunak sebagai sumber penghasilan mereka. Tidak seperti bandeng dan udang, kepiting lebih tahan terhadap perubahan salinitas air tambak.

Masyarakat desa Bobo mempunyai cara tersendiri untuk mengatasi dampak dari perubahan iklim. Mereka menyadari pentingnya hutan disekelilingnya untuk melindungi mereka. Bencana longsor yang terjadi di desa mereka dengan berbagai dampak negatif turunannya menjadikan mereka bersatu untuk bersama-sama merehabilitasi hutan yang terdegradasi dan melindungi hutan yang masih tertinggal. Aturan adat untuk melindungi hutan mereka berlakukan dengan tegas.

Pemilihan bentuk adaptasi yang efektif tidaklah mudah, dan menerapkan pilihan tindakan adaptasi memberikan tantangan tersendiri. Beberapa tantangan yang dijumpai di wilayah studi adalah: 1) Terbatasnya pengetahuan masyarakat desa hutan terhadap

perubahan iklim dan terbatasnya akses mereka terhadap informasi tentang perubahan iklim; 2) Tidak adanya model iklim regional; 3) Terbatasnya kajian kerentanan; 4) kurang dipertimbangkannya perubahan iklim dalam program pembangunan yang dijalankan pemerintah; 5) bervariasinya kapasitas aparat Pemda dalam penanganan masalah perubahan iklim; 6) kurangnya integrasi antar sektor.

1. Terbatasnya pengetahuan masyarakat desa hutan terhadap perubahan iklim dan terbatasnya akses mereka terhadap informasi tentang perubahan iklim.

Dalam banyak hal, terbatasnya pemahaman tentang perubahan iklim dan respon yang efektif terkait dengan akses terhadap informasi (Chandani *et al.*, 2011). Masyarakat desa hutan di semua lokasi penelitian mengamati adanya musim yang sulit diprediksi, namun mereka tidak memahami apa penyebab terjadinya musim yang sulit ditebak, dan bagaimana mereka bisa berperan untuk memperbaikinya. Meski ada LSM pendamping di desa Mojo; Perum Perhutani di desa di desa Langensari, pemahaman masyarakat terhadap perubahan iklim sangat terbatas. Mereka tidak tahu dimana bisa mengakses informasi tentang data iklim.

2. Terbatasnya kajian kerentanan

Masyarakat desa hutan umumnya tinggal di daerah yang mudah terkena bencana. Namun demikian tidak ada kajian yang dilakukan untuk memahami kerentanan desa-desa tersebut, penyebab kerentanan, kegiatan yang harus dilakukan, serta persiapan yang harus dilakukan untuk mengurangi kerentanan mereka

3. Kurangnya dipertimbangan perubahan iklim dalam program pembangunan yang dijalankan pemerintah

Meski masyarakat mengalami dampak negatif perubahan iklim, para perencana program belum secara serius mempertimbangkan aspek ini. Program Kebun Bibit Rakyat, sebagai misal banyak dijumpai di desa penelitian, namun program ini dijalankan sebagaimana biasanya. Di Jawa Barat, banyak bibit untuk program Kebun Bibit Rakyat yang mati karena ditanam tidak pada musimnya.

4. Bervariasinya kapasitas aparat Pemda dalam penanganan masalah perubahan iklim
Kehidupan masyarakat desa hutan sangat bervariasi dan unik. Masyarakat yang tinggal di pesisir mempunyai budaya yang berbeda dengan mereka yang tinggal di gunung. Namun demikian pilihan program yang disodorkan pemerintah untuk mengatasi dampak perubahan iklim cenderung untuk mengesampingkan permasalahan iklim dan kompleksitas dari tiap-tiap daerah. Dalam banyak hal program yang ada tidak merespon permasalahan yang namun menimbulkan permasalahan baru yang serius di maa mendatang. Sebagai contoh, subsidi beras di Desa Apui menjadikan masyarakat enggan untuk menanam ubi jalan dan taro (makanan pokok masyarakat setempat). Sekarang ini tidak banyak ubi jalan dan taro di pasar, dan harganya menjadi makin

mahal. Masyarakat sekarang lebih menyukai makan beras (subsidi) dan tidak diketahui dengan pasti apakah mereka akan selalu mendapat subsidi beras.

5. Kurangnya integrasi antar sektor.

Sektor Kehutanan dan Pertanian di Distrik Miyambow mempunyai konflik program pembangunan untuk desa-desa di seputar Gunung Arfak. Distrik Pertanian merencanakan untuk membuat 'pusat kebun sayur dan bunga', sementara Distrik Kehutanan merencanakan untuk melakukan rehabilitasi dengan tanaman buah-buahan. Pihak kehutanan berpendapat bahwa menjadikan Distrik Miyambow sebagai pusat sayur dan buah tidak sesuai karena berada di daerah pegunungan .

5.5 KESIMPULAN

Dampak perubahan iklim sudah dirasakan masyarakat pesisir dan menjadikan mereka sadar bahwa kehidupan mereka makin tidak aman. Masyarakat secara individu atau berkelompok sudah melakukan adaptasi untuk mengatasi dampak perubahan iklim, dengan dan tanpa bantuan/pendampingan pihak luar. Adaptasi reaktif sudah dan seringkali menjadi pilihan masyarakat. Adaptasi yang dilakukan seringkali dipengaruhi oleh program pembangunan pemerintah yang belum sepenuhnya mempertimbangkan perubahan iklim dan nilai-nilai sosial yang telah mengakar pada pengalaman nyata kehidupan mereka. Adanya keterbatasan informasi terhadap kondisi iklim menjadikan tindakan adaptasi masyarakat tidak selalu dapat mengatasi dampak negatif perubahan iklim

Bentuk adaptasi yang antisipatif, proaktif dan terencana sangat diperlukan untuk menciptakan masyarakat yang memiliki kapasitas adaptif. Salah satu diantaranya adalah adaptasi berbasis ekosistem yang telah terbukti mampu berfungsi sebagai *buffer* dan menjadikan masyarakat *resilience* terhadap ganasnya dampak perubahan iklim.

Dalam membangun adaptasi yang efektif dijumpai banyak tantangan, antara lain: (1) terbatasnya pengetahuan masyarakat desa hutan terhadap perubahan iklim dan terbatasnya akses mereka terhadap informasi tentang perubahan iklim; (2) terbatasnya kajian kerentanan; (3) kurang dipertimbangkannya perubahan iklim dalam program pembangunan yang dijalankan pemerintah; (4) bervariasinya kapasitas aparat Pemda dalam penanganan masalah perubahan iklim, (5) kurangnya integrasi antar sektor.

Kurang tepatnya pemilihan bentuk adaptasi yang efektif ditambah dengan kemampuan ekonomi, ilmu pengetahuan, teknologi dan ketrampilan masyarakat, kelembagaan yang kurang kuat di tingkat tapak, keterbatasan sarpras dan akses ke sumber daya alam, modal, informasi, dan akses ke program pembangunan menjadikan masyarakat desa sekitar hutan banyak yang rentan terhadap perubahan iklim.

Bab 6

Implikasi Kebijakan

Lukas Rumboko Wibowo

6.1 PENDAHULUAN

Perubahan iklim telah terjadi, dirasakan dampaknya, dan harus dihadapi semua pihak. Dampak perubahan iklim secara nyata dirasakan oleh beragam komunitas di beragam ekosistem, mulai dari pesisir, dataran rendah sampai pegunungan. Perubahan pola hujan yang saat ini sudah terjadi berdampak pada beberapa hal, antara lain: frekuensi banjir (luapan debit air sungai dan rob) dan tanah longsor meningkat, kerusakan infrastruktur tambak meningkat, pasang air laut (konda, pasang selama 10 hari dalam setahun) tidak dapat diprediksi, serta penurunan pendapatan masyarakat yang mata pencahariannya bergantung kepada sektor pertanian atau perikanan.

Beragam tindakan adaptasi dilakukan oleh semua komunitas, baik yang mendiami ekosistem pesisir, dataran rendah sampai pegunungan. Dalam melakukan proses adaptasi, baik secara individual maupun kelembagaan, masyarakat mendapatkan dukungan dari pemerintah melalui program-program yang dilakukan, namun sejauh mana program-program tersebut efektif masih menjadi pertanyaan besar. Efektivitas program dalam kerangka peningkatan kapasitas adaptasi dan resiliensi komunitas lokal, maupun kemampuan adaptasi pemerintah itu sendiri, sangat tergantung beragam faktor, terutama kemampuan membaca komunitas lokal dan pemerintah terhadap tingkat kerentanan bio-fisik dan sosial yang terus berinteraksi dan saling terkait satu sama lain.

6.2 AKSI KEBIJAKAN DALAM PENGURANGAN RISIKO DAN PENINGKATKAN KAPASITAS ADAPTASI

Perlu digarisbawahi bahwa kerentanan merupakan proses yang terjadi bukan hanya akibat dari terjadinya perubahan iklim, tetapi harus dipahami sebagai proses historis akibat beragam program pembangunan. Perubahan iklim hanya berkorelasi terhadap kedalaman kerentanan masyarakat bukan satu-satunya faktor yang menyebabkan kerentanan. Misalnya untuk ekosistem pesisir, kerentanan adalah merupakan akibat dari proses-proses pembangunan kawasan pesisir yang lekat dengan problem dan perubahan struktural historis, seperti adanya kapitalisasi tambak dan terbatasnya akses terhadap lahan. Demikian juga di ekosistem pegunungan, keterbatasan akses juga menjadi isu utama.

Potensi kerugian akibat variabilitas iklim pada kondisi BAU/tanpa tindakan adaptasi dari kasus di Subang menunjukkan nilai yang luar biasa besar yakni Rp 1,56 triliun dari risiko terlanda banjir dan Rp 1,1 triliun dari risiko longsor. Total potensi kerugian Rp 2,66 triliun. Sementara proses adaptasi masyarakat tidak bisa terlepas dari peran suprastruktur, seperti Pemerintah Desa, Dinas Kehutanan, Dinas Sosial dan Pemberdayaan, dalam meningkatkan kapasitas adaptasi masyarakat. Terbatasnya dana dan *setting* kelembagaan penanganan bencana yang tidak maksimal menyebabkan proses penanganan bencana tidak optimal. Di tingkat empiris penanganan bencana seperti yang terjadi di Desa Patimban, hasilnya tidak lebih dari situasi awal sebelum bencana itu terjadi, seperti penataan fisik dan infrastruktur seperti normalisasi sungai yang terbatas, sehingga masyarakat pun akan mengalami hal yang sama ketika tahun berikutnya ada bencana lagi bahkan seringkali lebih parah karena tidak menyelesaikan problem-problem struktural yang dihadapi warga, seperti terbatasnya akses terhadap sumberdaya alam, modal dan penguatan kelembagaan.

Belajar dari berbagai kasus yang terjadi seperti di wilayah yang beriklim kering (E), secara nyata perubahan iklim cukup berdampak terhadap tingkat kerentanan jasa hutan air. Misalnya di akibat cuaca ekstrem pada DAS Aesesa, kerentanan jasa hutan air bergerak menuju tingkat sedang untuk wilayah hulu, tengah dan hilir. Contoh lain dimana terjadi penurunan hasil air di sub DAS Penaban sebesar 15 %. Dalam sistem DAS, hasil air merupakan input, curah hujan sebagai input, dan suhu udara merupakan bagian dari proses yang mendorong evapotranspirasi. Penurunan hasil air ini disebabkan oleh penurunan curah hujan sebesar 14 %. Penurunan hasil air ini proporsional dengan penurunan curah hujan. Kemudian hasil air di Sungai Takari Bokong dan Oesao, Kupang, juga cenderung turun.

Sementara perubahan iklim juga bisa diindikasikan oleh adanya perubahan suhu dimana suhu udara maksimum, seperti di Banyuwangi, dalam kurun 1982-2002 cenderung naik sebesar 3°C, dari tahun 1982-2011 cenderung turun sedang suhu minimum relatif tetap.

Pola adaptasi yang dominan dari berbagai kasus yang ada menunjukkan masih bersifat reaktif, Sedangkan pola antisipatif belum banyak ditemu oleh karena pemahaman pemerintah daerah terhadap dampak perubahan iklim masih relatif terbatas, sumberdaya yang terbatas, baik tenaga dan modal.

Tindakan adaptasi yang bersifat fisik seperti pembangunan tanggul, pembangunan kanal, pembuatan sumur resapan, rehabilitasi hutan dan mangrove, kombinasi pembangunan tanggul, kanal, sumur resapan, rehabilitasi hutan dan mangrove, dan kombinasi pembangunan tanggul, sumur resapan, rehabilitasi hutan dan mangrove tidak akan optimal mengurangi kerentanan dan meningkatkan kapasitas adaptasi bila tidak ada penguatan kelembagaan dan akses masyarakat terhadap sumberdaya. Dalam arti banjir

mungkin tidak terjadi karena ada penanggulan tetapi kerentanan masyarakat lokal masih berlangsung dan tidak berubah secara signifikan.

Berdasarkan hasil penelitian maka ada beberapa rekomendasi aksi kebijakan yang kami sarankan diantaranya:

1. Kebijakan prioritas yang perlu dilakukan adalah mengubah paradigma pembangunan untuk merubah secara struktural penguasaan asset dan akses terhadap sumberdaya alam, baik di ekosistem pesisir, dataran rendah maupun pegunungan. Kebijakan revitalisasi tambak adalah salah satu contoh kebijakan prioritas dengan konsep dan paradigma yang salah yang hanya beorientasi pada capaian-capaian ekonomi tanpa memperhatikan struktur akses yang timpang.
2. Sementara di level masyarakat, penguatan kelembagaan lokal dan pengetahuan serta ketrampilan masyarakat dalam kaitannya proses adaptasi juga merupakan kebijakan prioritas. Tentunya kebijakan ini perlu diikuti dengan penguatan hak akses masyarakat terhadap informasi iklim, modal dan dalam perencanaan dan program pembangunan, dan tidak jauh berbeda bagi masyarakat di wilayah tengah dan di agroekosistem hulu. Sementara kebijakan-kebijakan teknis pemerintah, seperti program rehabilitasi kawasan atau peningkatan produktivias lahan perlu didasarkan pertimbangan informasi dampak iklim terhadap ekosistem hutan (fenologi tanaman), bukan hanya berdasarkan target waktu program atau proyek.
3. Mitigasi terhadap perubahan iklim misalnya melalui rehabilitasi mangrove maupun hutan harus dipahami sebagaimana proses adaptasi sosial, bukan merupakan bagian yang terpisah.
4. Perlu *mainstreaming* kebijakan kebijakan prioritas yang terkait dengan perubahan iklim dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah maupun Panjang (RPJM/P) Provinsi dan Kabupaten, misalnya peningkatan adaptasi masyarakat pesisir dan rehabilitasi mangrove dan pelaksanaanya bisa dilakukan oleh SKPD yang ada di pemerintah daerah.
5. Ada dua jalan yang bisa dilakukan untuk transformasi kelompok rentan yaitu melalui reformasi birokrasi dan perubahan kultur masyarakat. Peran pemerintah yang responsif atas pelayanan masyarakat. Dalam artian pendekatan lokalitas menjadi kekuatan besar dalam membangun kultur “keamanan hidup dan rasa solidaritas sosial”. Sedangkan terkait kultur, sejauh ini, konstruksi pengetahuan dan budaya yang melekat pada diri masyarakat sekitar hutan bersifat mekanistik dalam berinteraksi dengan alam sebagai sumber ekonomi dan tentu tidak banyak pilihan. Demikian pula, kultur masyarakat komunalitas yang masih belum keluar dari nalar subsistensi membuat perubahan apapun “yang mendadak” menjadi sulit diantisipasi, tidak terbiasa diprediksi dan tidak menjadi kebiasaannya. Diperlukan upaya peningkatan kapasitas masyarakat

untuk lebih mengembangkan pola adaptasi antisipatif guna mengantisipasi dampak perubahan iklim secara efektif dan efisien.

6. Kabupaten Subang telah ditetapkan sebagai daerah yang rawan bencana dan faktanya hampir setiap tahun kabupaten ini terkena bencana iklim, maka perlu segera dibentuk Badan Penanggulangan Bencana Daerah agar penanganan bencana lebih terarah dan sistematis. Keberadaan lembaga *ad hoc* seperti sakorlak tidak optimal untuk bias memobilisasi dana dan sumberdaya lain. Namun demikian keberadaan BPBD tidak akan bermanfaat bila sifatnya hanya sebagai pemadam kebakaran ketika terjadi bencana. Yang lebih penting adalah peningkatan kapasitas dari lembaga ini dalam kegiatan pra bencana dan pasca bencana agar dampak bencana yang akan datang bisa diminimalisir dan masyarakat memiliki daya adaptasi.

PUSTAKA

- Adger, W.N., Agrawala, S., Mirza, M.M.Q., Conde, C., O'Brien, K., Pulhin, J., Pulwarty, R., Smit, B. and Takahashi, K. 2007. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. (eds.). *Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. P. 717-743
- Adger, W.N. dan Vincent, K. 2005. Uncertainty in adaptive capacity. *Comptes Rendus Geoscience*, 337(4): 399-410.
- African Development Bank. 2011. *The Cost of Adaptation to Climate Change in Africa*. African Development Bank. Africa.
- Aldrian, E., Karmini, M., Budiman. 2011. *Adaptasi dan mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia*. Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara. Kedeputan Bidang Klimatologi, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Jakarta
- Allen, CD. 2010. Drought-induced tree mortality: global interview of patterns and emerging climate change risks for forests, JA Parrota dan MA Carr. Eds. *The International Forestry Review*, XXIII IUFRO World Congress, Forest for the future: sustaining society and the environment, 23-28 Agustus 2010, Seoul, Republic of Korea
- Amalia, B.I. dan Sugiri, A. 2014. Ketersediaan Air Bersih dan Perubahan Iklim: Studi Krisis Air di Kedungkarang Kabupaten Demak. *Jurnal Teknik PWK* Vol. 3. No. 2, 2014. Hal 295 – 302.
- Anonim, 2009. Effects of global warming, http://www.absoluteastronomy.com/topics/Effects_of_global_warming (diunduh February 2010)
- Antara News. 2012. Kekeringan Petani Gagal Panen. <http://www.antaraneews.com/print/329212/kekeringan-petani-gagal-panen>, diunduh 27 Desember 2013.
- Appanah, S. & J. M. Turnbull. 1998. *A review of Dipterocarps: taxonomy, ecology and silviculture*. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia.
- Asdak, C. 1997. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ashraf, M. and M. R. Fooland. 2007. Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance. *Environ Exp Bot.* 59: 206-216.
- Ashton, P. S., T. J. Givnish, and S. Appanah. 1988. Staggered Flowering in the Dipterocarpaceae: New Insights Into Floral Induction and the Evolution of Mast Fruiting in the Aseasonal Tropics. *The American Naturalist* 132:44-66.

- Ashton, P. 1998. *Vatica obovata*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Diunduh 26 Desember 2012
- Austin, J., L. Zhang, R.N. Jones, P. Durack, W. Dawes, dan D. Hairsine. 2010. Climate Change Impact on Water and Salt Balances: an Assessment of the Impact of Climate Change on Catchment Salt and Water Balances in the Murray-Darling Basin, Australia. *Climate Change*, Vol. 100, Issue 3-4: pp. 607-631.
- Ayres, Matthew, David Karnosky and Ian Thompson. 2009a. Forest Responses and Vulnerabilities to Recent Climate Change dalam *Adaptation of Forests and People to Climate Change* (Risto Seppala, Alexander Buck, Pia Katila, editor). IUFRO World Series Volume 22
- Ayres, Matthew, David Karnosky, Seppo Kellomaki, Bastian Louman, Chin Ong, Gian-Kasper Plattner, Heru Santoso and Ian Thompson. 2009b. Future Environmental Impacts and Vulnerability dalam *Adaptation of Forests and People to Climate Change* (Risto Seppala, Alexander Buck, Pia Katila, editor). IUFRO World Series Volume 22.
- Ayres, M., D. Karnosky and Ian Thompson. 2009. Forest Responses and Vulnerabilities to Recent Climate Change dalam *Adaptation of Forests and People to Climate Change* (Risto Seppala, Alexander Buck, Pia Katila, editor). IUFRO World Series Volume 22.
- Badbaldan T., 2005. Characterization of Desertification Status by Integrated Use of Satellite Remote Sensing and GIS a Case Study of Eastern Part of Rajasthan State. Centre For Space Science and Technology Education in Asia and The Pacific (CSSTEAP), (Affiliated to The United Nations) IIRS Campus, Dehradun, India
- [BAPPENAS] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2010. Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap (ICCSR): Sektor Sumber Daya Air. Bappenas. Jakarta.
-
- _____ . 2013. Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN-API). Perubahan Iklim dan Dampaknya di Indonesia. Jakarta
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2013. Statistik Indonesia. *Statistical Yearbook of Indonesia*. 2013. http://www.bps.go.id/hasil_publicasi/SI_2013/index3.php?pub=Statistik%20Indonesia%202013. Diunduh 17 Agustus 2014.
- Boland, G.J. M.S. Melzer, A. Hopkin, V. Higgins, and A. Nassuth. 2004. Climate change and plant diseases in Ontario. *Can. J. Plant Pathol.* 26: 335–350
- Brearley, F. Q., J. Proctor, L. Nagy, G. Dalrymple and B. C. Voysey. 2007. Reproductive phenology over a 10-year period in a lowland evergreen rain forest of central Borneo. *Journal of Ecology* 95:828-839.

- Brown, J K, Herrmann, H W, Zia-Ur-Rehman, M, Hameed, U. and Haider MS (2013): Begomovirus diversity, phylogeography, and population genetics in cultivated and uncultivated plant ecosystems in Pakistan, In: *International Conference of Biodiversity and Integrated Pest Management: working together for a sustainable future*, 4-7 July, Manado, North Sulawesi, Indonesia, Virginia Tech, USAID and Sam Ratulangi University, Integrated Pest Management Innovation Lab, International Association for the Plant Protection Sciences
- Carle, J., Vuorinen, P., Lungo, AD. 2002. Tree farms, Business; Forest products industry, July-August, 2002, Penerbit Forest Products Society, ISSN: [0015-7473](#)
- Cheng, H dan Y. Hu, 2011. Improving China's Water Resources Management for Better Adaptation to Climate Change. Springer Science-Business Media. BV. 2011.
- Chenchouni, H, 2010, Drought-induced mass mortality of Atlas cedar forest (*Cedrus atlantica*) in Algeria, JA Parrota dan MA Carr. Eds. The International Forestry Review, XXIII IUFRO World Congress, Forest for the future: sustaining society and the environment, 23-28 Agustus 2010, Seoul, Republic of Korea
- Cleland, E. E., I. Chuine, A. Menzel, H. A. Mooney, and M. D. Schwartz. 2007. Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology & Evolution* 22:357-365.
- Corlett, R. T. and J. V. Lafrankie. 1998. Potential Impacts of Climate Change on Tropical Asian Forests Through an Influence on Phenology. *Climatic Change* 39:439-453.
- Darsono, P. 1992. Hidrologi Hutan. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- De Micco, V. and Aronne, G. 2010. Root structure of *Rumex scutatus* L. growing on slopes. *IAWA J* 31(1):13–28.
- Departemen Kehutanan. 1999. *Pedoman Penilaian Peranserta Masyarakat dalam Kegiatan Hutan Kemasyarakatan*. Direktorat Penghijauan dan Perhutanan Sosial, Subdit Perhutanan Sosial. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Ehrenfeld, J. G. & L. A. Toth. 1997. Restoration Ecology and the Ecosystem Perspective. *Restoration Ecology* 5:307-317.
- Faqih, A. 2011. Kajian Ilmiah Perubahan Iklim dan Hubungannya dengan Kejadian Iklim Ekstrem di Indonesia. Simposium Penelitian Perubahan Iklim dan launching IPCC Indonesia. IPB International Convention Center-Bogor
- Febriyani, R. 2010. Pengaruh Perubahan Parameter Cuaca Pada Peningkatan Angka Kesakitan 'Dengue Haemorrhagic Fever' di Kabupaten Jember. Universitas Airlangga Surabaya.
- Fischlin, Andreas, Peter Gluck, John Innes. Alan Lucier. John Parrotta, Heru Santoso, Ian Thomson, dan Anita Wreford. 2009. *Forest Ecosystem Services: A Cornerstone*

- for Human Well-Being dalam Adaptation of Forests and People to Climate Change (Risto Seppala, Alexander Buck, Pia Katila, editor). IUFRO World Series Volume 22. Hamilton, LS. dan SC. Snedeker, 1984. Handbook for Mangrove Area Management. Honolulu-Hawaii. Environment and Policy Institute, East West Center, pp: 123.
- Harjadi, B., Miardini, A., Gunawan, Atmoko, BD. 2011. Analisis Kerentanan Tumbuhan Hutan Akibat Perubahan Iklim di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Laporan hasil penelitian. Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Solo
- Harjadi, B., Supangat, ABS., Murtiono, UH., Miardini, A., Atmoko, BD. 2012. Analisis kerentanan tumbuhan hutan akibat perubahan iklim dan cuaca ekstrem di Taman Nasional Bali Barat. Laporan hasil penelitian. Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Solo
- Hariyani, P. 2011. Perubahan Penutupan/Penggunaan Lahan Dan Perubahan Garis Pantai Di Das Cipunagara Dan Sekitarnya, Jawa Barat. IPB Bogor Agricultural University
- Hastri. 2011. Dampak Perubahan Iklim, Indonesia Krisis Air Bersih. Seminar Sehari World Water Day. Prodi Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung.
- Hendrati, R.L. 2010a. Respons Populasi *Eucalyptus occidentalis* Terhadap Seleksi Kondisi Garam Tinggi Pada Uji Terkontrol dan Uji Lapangan, Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan, Vol. 4, No. 2, September 2010
- Hendrati, R.L. 2010b. Penampilan Klon dan Semai Dua Famili *Eucalyptus occidentalis* Bertoleransi Garam Tinggi dan Rendah Pada Kondisi Tergenang dan Salinitas Tinggi (Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan, Vol. 4, No. 1, Juli 2010
- Herawati, Hety dan Heru Santoso. 2006. Pengarus –utamaan Adaptasi Perubahan Iklim ke Dalam Agenda Pembangunan: Tantangan Kebijakan dan Keilmuan. “Adaptasi Terhadap Bahaya Gerakan tanah di Masa yang akan datang akibat Pengaruh Perubahan Iklim”. CIFOR. Bogor Indonesia.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Climate Change 2001: the Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. R.T. Watson, and the Core Writing Team (eds.) Cambridge University Press: Cambridge, UK Accessed January 21, 2008
- IPCC. 2007. *Climate change 2007: Synthesis report*. Cambridge University Press, New York: 26--73 hlm

- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007b. Summary for policy makers. Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC). Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. dan Hanson, C.E. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, U.K., p. 7 – 22.
- JIFPRO, 1996. Global Warming and Forests, Global Forestry Promotion. Japan International Forestry Promotion and Cooperation Centre (JIFPRO), Tokyo, Japan.
- Lembaga Ekolabel Indonesia. 2003. Kerusakan Hutan Indonesia Sudah Stratum 4. *News/Info*, 19 April 2003. April 2007 (http://www.lei.or.id/Indonesia/news_detail.php?cat=08news_id=42).
- Locatelli, Bruno, Markku Kanninen, Maria Brockhaus, Carol J.P. Colfer, Daniel Murdiyarso, dan Heru Santoso. 2008. Facing an uncertain future. How forests and people can adapt to climate change. *Forest Perspectives* no. 5. CIFOR. Indonesia
- Locatelli, B., H. Herawati, M. Brockhaus, M. Idinoba, and M. Kanninen. 2008. Methods and tools for assessing the vulnerability of forests and people to climate change: an introduction. Page 24p. Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Louman, B., Fischlin, A., Gluck, P., Innes, J., Lucier, A., Parrotta, J., Santoso, H., Thompson, I., Wreford, A. 2009. Forest Ecosystem Services: A Cornerstone for Human Well-Being. Dalam *Adaptation of Forest and People to Climate Change*. IUFRO World Series Volume 22.
- Lovett, J and Perry, S (2013): Biodiversity, biosecurity and integrated pest management, In: *International Conference of Biodiversity and Integrated Pest Management: working together for a sustainable future*, 4-7 July, Manado, North Sulawesi, Indonesia, Virginia Tech, USAID and Sam Ratulangi University, Integrated Pest Management Innovation Lab, International Association for the Plant Protection Sciences.
- Martinez J.P., Silva H., Ledent J.F. and Pinto M, 2007, Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.), *Europ J. Agronomy* 26:30-38
- Matyas, Cs 1994. Modelling Climate Change data with provenance test, *Tree Physiology*, 14:797-804
- Matyas, Cs and Nagy, L. 2005, Genetic potential of plastic response to climate change, Forest Research Institute, Experiment Station Sarvar, Hungary
- Mazda, Y. and E. Wolanski. 1997. Drag Force Due to Vegetation in Mangrove Swamp. *Mangrove and Salt Marches*. Kluwer Academic Publisher, Netherland.
- Mazda, Y. and M. Magi. 1997. Mangrove Coastal Protection From Waves in the Tong King Delta, Vietnam. Kluwer Academic Publisher, Netherland.

- MoE (Ministry of Environment). 2007. Indonesia Country Report: Climate Variability and Climate Change, and their Implication. Ministry of Environment, Republic of Indonesia.
- Nam N.H., Chauhan Y.S. and Johansen C., 2001, Effect of timing of drought stress on growth and grain yield of eXtra-short duration pigeon pea lines. *J. Agric. Sci* 136: 179-189
- Newman, MF, PF. Burgess and TC. Whitmore. 1999. Pedoman Identifikasi Pohon-Pohon Dipterocarpaceae Sumatera. Prosea Indonesia. Bogor
- O'Brien, T. G., M. F. Kinnaird, Sunarto, A. A. Dwiyahreni, W. M. Rombang and K. Anggraini. 1998. Effects of the 1997 fires on the forest and wildlife of the Bukit Barisan Selatan National Park, Sumatra. Wildlife Conservation Society.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37:637-669.
- Park, GE., Lee, DK. dan Park YD., 2010, Growth biomass and water use efficiency of one-year-old *Ulmus pumilla* seedlings under different irrigation intervals and from different seed sources, JA Parrota dan MA Carr. Eds. The International Forestry Review, XXIII IUFRO World Congress, Forest for the future: sustaining society and the environment, 23-28 Agustus 2010, Seoul, Republic of Korea
- Postel, S. 2013. Air: Bagian Penting dari Dunia. <http://lingkungan.net/2012/11/air-bagian-penting-dari-bumi/>
- Pujiono, E., B.D. Prasetyo dan R. Kurnaidi. 2012. Identifikasi Tingkat Kerentanan Jasa Hutan Air akibat Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem di DAS Kambaniru. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Kehutanan Kupang, 2012 (tidak diterbitkan)
- Pujiono, E., R. Setyowati dan J. Modena. 2013. Identifikasi Tingkat Kerentanan Jasa Hutan Air akibat Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem di DAS Aesesa. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Kehutanan Kupang, 2013 (tidak diterbitkan)
- Purwanto dan IB. Pramono, 2012. Analisis Kerentanan Jasa Hutan Air Akibat Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Surakarta, 2013 (Tidak diterbitkan).
- Rahayu, M., Susiarti, S., & Purwanto, Y. 2007. Kajian pemanfaatan tumbuhan hutan non kayu oleh masyarakat lokal di kawasan konservasi PT Wira Karya Sakti Sungai Kapa – Jambi. *Biodiversitas* 8(1): 73 -- 78 hlm.
- Raju, A.J.S., Ramana, K.V. and Chandra, P.H. 2011. Reproductive ecology of *Shorea roxburghii* G. Don (Dipterocarpaceae), an Endangered semievergreen tree species of peninsular India. *Journal of Threatened Taxa* 3(9): 2061 -- 2070 hlm.

- Rehfeldt G.E., Ying C.C., Spittlehouse D.L. dan Hamilton Jr, D.A, 1999, Genetic Responses to Climate in *Pinus contorta*: Niche Breadth, Climate Change and Reforestation, Ecological Monographs Vol 69, No 3: 375-407
- Reid, H. and Huq, S. 2007. Community-based adaptation. A Vital approach to the threat climate change poses to the poor. IIED Briefing paper. <http://www.iied.org/pubs> (dikutip Desember 12, 2008) 2 p.
- Rochmayanto, Y. 2010. Tingkat Kerentanan dan Pola Adaptasi Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim di DAS Kampar. Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat. Kuok.
- Rochmayanto, Y., Sakuntaladewi, N., Wibowo, L.R., Kurniasih, P. 2013. Women in Climate Change: Gender Representation in Reducing Poverty and Protecting Livelihood in Mountainous Ecosystem at Solok District, West Sumatera. International Conference of Indonesia Forestry Research (INAFOR). Forestry Research and Development Agency. Indonesia
- Romero, J. 2005. Adaptation to Climate Change: Findings from the IPCC TAR. Dalam Tropical forests and adaptation to climate change. In search of synergies. CIFOR. Indonesia.
- Sakuntaladewi, Niken, Setiasih Irawanti, Sylviani. 2010. Penaksiran Kerentanan dan Strategi Adaptasi Masyarakat di Dalam dan Sekitar Hutan Terhadap Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem pada Ekosistem Pantai. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Bogor
- Sakai, S. 2001. Phenological diversity in tropical forests. *Population Ecology* 43:77-86
- Sakai, S., K. Momose, T. Yumoto, T. Nagamitsu, H. Nagamasu, A. A. Hamid and T. Nakashizuka. 1999. Plant reproductive phenology over four years including an episode of general flowering in a lowland dipterocarp forest, Sarawak, Malaysia. *American Journal of Botany* 86:1414-1436.
- Sakuntaladewi, N.; Arifanti, V.B 2011. Penaksiran Kerentanan dan Strategi Adaptasi Masyarakat di Dalam dan Sekitar Hutan Terhadap Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem pada Ekosistem Kering. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Bogor
- Salosa, S. 2010. Penafsiran Kerentanan (Ketergantungan) Masyarakat di Dalam dan Sekitar Hutan Terhadap Sumberdaya Hutan dan Strategi Adaptasi Terhadap Perubahan Musim dan Cuaca Ekstrem pada Ekosistem Pegunungan. Laporan Hasil Penelitian 2010. Balai Penelitian Kehutanan Manokwari.
- Sari, D.R.K., Winarni, N.L., Butar, T.B., Pribadi, M.A., Amalia, B. 2014. Analisis Dampak Perubahan Iklim dan Cuaca Ekstrem Terhadap Produktivitas Hutan dan Fenologi. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Litbang Perubahan Iklim dan Kebijakan. Bogor.

- Schmidt, F.H., and J.H.A. Ferguson. 1951. Rainfall Type Based on Wet and Dry Period Ratio for Indonesia with Western New Gurinea. Kementerian Perhubungan. Jawatan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Schmidt, L & N.X. Lieu. 2004. *Anisoptera costata* Korth. Seed Leaflet No. 96. Forest and Landscape Denmark & Central Forest Seed Company/ Vietnam Tree Seed Project
- Seppala, Risto, Alexander Buck, Pia Katila (edt.). 2009. Adaptation of Forests and People to Climate Change – A Global Assessment Report. IUFRO World Series Volume 22. IUFRO. Austria
- Siswanto. 2010. Systematic Review Sebagai Metode Penelitian Untuk Mensintesis Hasil-Hasil Penelitian (Sebuah Pengantar). Buletin Penelitian Sistem Kesehatan, Vol. 13 No. 4 Oktober 2010: 326 – 333.
- Spittlehouse, D.L. dan Stewart, R.B., 2003, Adaptation to climate change in forest management, BC Journal of Ecosystems and Management, Vol. 4. No 1
- Steffen W., Burbidge A., Hughes L., Kitching R., Lindenmayer D., Musgrave W., Stafford Smith M., Werner P. (2009). Australia's Biodiversity and Climate Change. CSIRO Publishing, Melbourne.
- Stern Review. 2007. The Economic of Climate Change. http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete
- SUCOFINDO. 2009. Penyusunan Informasi Tematik Untuk Mengantisipasi Dampak Perubahan Iklim Terhadap Isu Priorotas Nasional Bidang Pangan, Kesehatan dan Fenomena Iklim Ekstrem. Kementerian Negara Lingkungan Hidup. Jakarta
- Sudarmanto. 2013. Awas! Keturunan anda akan kekurangan air untk waktu mendatang. <http://kuliahgratislewatinternet.blogspot.com/2013/07 /awas-keturunan-anda-akan-kekurangan-air.html>
- Supriyanto, B. Dr. 2012. Peran Hutan Dalam Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim. Seminar Peran Hutan dalam Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim. Dalam rangka Hari Jadi Bogor ke 530. Bogor, 23 Mei 2012. www.jasling.dephut.go.id
- Sylviani dan Sakuntaladewi. N. 2010. *Dampak Perubahan Musim dan Strategi Adaptasi Pengelolaan dan Masyarakat Desa Sektiar Taman Nasional Baluran (The Impact of Season Change and Adaptation Strategies of Management and Local Communities Around the Baluran National Park)*. Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan. Volume 7 Nomor 3. Halaman 155-177.
- Talcoconi, L., K. Obidzinski, & F. Agung. 2003. *Proses Pembelajaran (Learning Lessons) Promosi Serifikasi Hutan dan Pengendalian Penebangan Liar di Indonesia*. The Nature Conservancy, CIFOR, USAID dan WWF. Bogor.

- [UNFCCC] United Nations Framework Convention on Climate Change. 2011. Assessing the Costs and Benefits of Adaptation Options, an Overview of Approaches. United Nations Framework Convention on Climate Change. Bonn, Germany.
- van Schaik, C. P. 1986. Phenological changes in a Sumatran rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 2:327-347.
- van Schaik, C. P., J. W. Terborgh and S. J. Wright. 1993. The Phenology of Tropical Forests: Adaptive Significance and Consequences for Primary Consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24:353-377.
- Van, T.H. 2012. Status and conservation action plan for three globally threatened tree species in Xuan Son National Park, Phu Tho province, Viet Nam. The Detailed Final Report. The Rufford Small Grants Foundation.
- Wahyudi, M.Z. 2013. Hampir 54 persen penduduk Indonesia tinggal di kota. <http://nasional.kompas.com/read/2012/08/23/21232065/Hampir.54.Persen.Penduduk.Indonesia.Tinggal.di.Kota> (diunduh 17 Agustus 2012)
- WCS-IP. 2001. Taman Nasional Bukit Barisan Selatan dalam ruang dan waktu: Laporan hasil penelitian 2000-2001. WCS-IP/PHKA. Bogor: 149 hlm
- Westfall, R.D. dan Millar C.I., 2004, Genetic consequences of forest population dynamics influenced by historic climatic variability in the Western USA, *Forest Ecology and Management*, 197: 159-170
- Wibowo, L.R., Sakuntaladewi, N., Sika, A.P., Arifanti, V.B. 2013. Pemodelan Dampak Perubahan Iklim Terhadap Sosial Ekonomi Masyarakat Di Dalam dan Sekitar hutan. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Litbang Perubahan Iklim dan Kebijakan.
- Winarni, N.L. 2010. Tropical Rainforest Heritage of Sumatra: Climate Change Impact Assessment. Wildlife Conservation Society-Indonesia Program and UNESCO. Bogor.
- Zhang, Z, 2010, Chinese and global examples of drought and heat-induced forest mortality associated with insect pests and pathogen, JA Parrota dan MA Carr. Eds. *The International Forestry Review*, XXIII IUFRO World Congress, Forest for the future: sustaining society and the environment, 23-28 Agustus 2010, Seoul, Republic of Korea
- Zhao, C.X, L.Y. Guo, C.A. Jaleel, H.B. Shao and H.B. Yang, 2008. Prospects for dissecting plant-adaptive molecular mechanisms to improve wheat cultivars in drought environments. *Comptes Rendus Biology*, 331: 579-586
- Zobel, B. J., and Talbert, J. 1984. *Applied Forest Tree Improvement*. Wiley, New York, USA.

Lampiran

Lampiran 1. Hasil pengujian kekeringan secara terkontrol dari 21 spesies (25 aksesi) menggunakan penyiraman normal dan tidak disirami sama sekali sampai umur 40 hari

No aksesi	No Sp	Jenis	Asal Benih	Karakter yang diamanti										Indeks stomata	Kadar air tanah	
				T	D	JD	LD	Akar	S/R	Diameter trakhea akar	Diameter stomata	Prolin	Laju transpirasi			
1	1.	Kayu Merah (<i>Pterocarpus indicus</i>)	NTT	Tak diuji terkontrol karena materi tidak cukup												
2	2.	Kemiri (<i>Aleurites moluccana</i>)	NTB	+ (30)	+ (30)	-	+ (20)	+ (40)	+ (30)	*	*	*	+ (10)	+ (30)	*	*
3			Baluran	+ (30)	+ (30)	-	+ (20)	+ (40)	+ (30)	*	*	*	+ (20)	+ (30)	*	*
4	3.	Nyampung (<i>Calophyllum inophyllum</i>)	Baluran	+(40)	+(40)	+(40)	+(40)	+(40)	*	*	*	*	+ (10)	+(40)	+(40)	+(30)
5			Madura	+(40)	+(40)	+(40)	+(40)	+(40)	*	*	*	*	+ (30)	+(40)	+(40)	+(30)
6	4.	Kepuh (<i>Sterculia foetida</i>)	NTT	-	+ (30)	-	+ (20)	-	-	*	*	*	+ (10)	+ (10)	*	*
7			Alaspurwo	-	+ (30)	-	+ (20)	-	-	*	*	*	+ (10)	+ (10)	*	*
8	5.	<i>Vitex (Vitex pubescent)</i>	Kendari	-	-	+ (40)	-	-	+ (30)	*	*	*	+ (10)	+ (30)	*	+ (30)
9	6.	Cemara Udang (<i>Casuarina equisetifolia</i>)	Madura	+ (40)	+ (30)	+ (30)	+ (10)	+ (40)	+ (30)	*	*	*	+ (20)	*	*	*
10	7.	Gebang (<i>Corypha utan</i>)	Alaspurwo	-	-	+ (30)	+ (30)	+ (40)	*	*	*	*	+ (10)	+ (30)	+ (10)	+ (30)
11	8.	Kesambi (<i>Schleichera oleosa</i>)	Baluran	+ (20)	+ (20)	-	-	-	*	+ (30)	*	*	+ (20)	*	*	*
12	9.	Johar (<i>Cassia seamea</i>)	NTT	+(40)	+(30)	+(30)	+(40)	+(40)	*	*	*	*	+(20)	+(40)	*	-
13			Bondowoso	+(30)	+(40)	+(30)	+(40)	+(40)	*	*	*	*	+(20)	+(40)	*	+(30)
14	10.	Cendana (<i>Santalum album</i>)	G. Kidul	Tak diuji terkontrol karena materi tidak cukup												
15	11.	Injuwatu (<i>Pleigonium timoriense</i>)	NTT	Tak diuji terkontrol karena materi tidak cukup												
16	12.	Legaran pantai (<i>Alstonia spectabilis</i>)	G. Kidul	-	-	+ (20)	+ (10)	+ (40)	*	+ (30)	*	*	+ (10)	*	*	*

No akses	No Sp	Jenis	Asal Benih	Karakter yang diamanti												
				T	D	JD	LD	Akar	S/R	Diameter trakhea akar	Diameter stomata	Prolin	Laju transpirasi	Indeks stomata	Kadar air tanah	
17	13.	<i>Pongamia (Pongamia pinnata)</i>	Alaspurwo	-	+(20)	+(40)	+(40)	-	-	-	+(30)	*	+(10)	*	*	*
18	14.	<i>Jati (Tectona grandis)</i>	G. Kidul	-	-	+(30)	+(10)	*	*	+(10)	+	+(30)	*	*	*	*
19	15.	<i>Acacia auriculiformis</i>	20 Famili F1	+(40)	+(30)	+(30)	+(10)	+(40)	+	+	+	*	-	*	*	*
20	16.	<i>Mimbo (Azadirachta indica)</i>	Jawa Timur	Tak diuji terkontrol karena materi tidak cukup												
21	17.	<i>Cidrela odorata</i>	Bondowoso	+(40)	+(30)	+(30)	+(30)	+(20)	-	+	+	*	+(10)	*	*	*
22	18	Waru (<i>Hibiscus tiliaceus</i>)	Lombok	Tak diuji terkontrol karena materi tidak cukup												
23	19	Pulai (<i>Alstonia scholaris</i>)	G. Kidul	-	-	+(30)	+(20)	+(20)	*	*	*	*	+(10)	+	+	-
24	20	Sawokecik (<i>Manilkara kauki</i>)	G. Kidul	-	-	-	-	+(40)	*	*	*	*	+(10)	+	+	*
25	21	<i>Acacia mangium</i>	5 Famili F2	-	-	-	+(40)	-	-	-	-	*	+(10)	*	*	*

: * = tak diamati, - = tidak signifikan, + (hr) = signifikan (setelah kekeringan hari ke...)

No ak-sesi	No Sp	Jenis	Asal Benih	Karakter yang diamanti												
				+40	+ (30)	+ (30)	+ (10)	+ (40)	+ (30)	*	*	+	+	+	*	
9	6.	Cemara Udag (<i>Casuarina equisetifolia</i>)	Madura	+40	+ (30)	+ (30)	+ (10)	+ (40)	+ (30)	*	*	*	+	+	*	*
10	7.	Gebang (<i>Coryph utan</i>)	Alas-punwo	-	-	+ (30)	+ (30)	+ (40)	*	*	*	+	+	+	+	+
11	8.	Kesambi (<i>Schleiera oleosa</i>)	Baluran	+ (20)	+ (20)	-	-	-	*	+	+	+	+	+	*	*
12	9.	Johar (<i>Cassia seamea</i>)	NTT	+(40)	+(30)	+(30)	+(40)	+(40)	*	*	*	+	+	+	*	-
13			Bondo-woso	+(30)	+(40)	+(30)	+(40)	+(40)	*	*	*	+	+	+	+	+(30)
14	10.	Cendana (<i>Santalum album</i>)	G. Kidul													
15	11.	Injuwatu (<i>Pleigonium timoriense</i>)	NTT													
16	12.	Legaran pantai (<i>Alistonia spectabilis</i>)	G. Kidul	-	-	+ (20)	+ (10)	+ (40)	*	+	+	+	+	+	*	*
17	13.	Pongamia (<i>Pongamia pinnata</i>)	Alas-punwo	-	+ (20)	+ (40)	+ (40)	-	-	+	+	+	+	+	*	*
18	14.	Jati (<i>Tectona grandis</i>)	G. Kidul	-	-	+ (30)	+ (10)	*	*	+	+	+	+	+	*	*
19	15.	<i>Acacia auriculiformis</i>	20 Famili F1	+ (40)	+ (30)	+ (30)	+ (10)	+ (40)	+ (40)	+	+	+	+	+	*	*
20	16.	Mimbo (<i>Azadirachta indica</i>)	Jawa Timur													

Tak diuji terkontrol karena materi tidak cukup

Tak diuji terkontrol karena materi tidak cukup

Tak diuji terkontrol karena materi tidak cukup

No ak-sesi	No Sp	Jenis	Asal Benih	Karakter yang diamanti												
				+(40)	+(30)	+(30)	+(30)	+(30)	+	+(10)	*	+(10)	*	*	*	
21	17.	<i>Cidrela odorata</i>	Bondo-woso	+(40)	+(30)	+(30)	+(30)	+	+(10)	*	+(10)	*	+(10)	*	*	*
22	18	Waru (<i>Hibiscus tiliaceus</i>)	Lombok	Tak diuji terkontrol karena materi tidak cukup												
23	19	Pulai (<i>Alstonia scholaris</i>)	G. Kidul	-	+(30)	+(20)	+(20)	*	+	*	+(10)	+	+(40)	*	-	-
24	20	Sawokecik (<i>Manilkara kauki</i>)	G. Kidul	-	-	+(40)	-	*	*	*	+(10)	+	+(30)	+	+(30)	*
25	21	<i>Acacia mangium</i>	5 Famili F2	-	-	+(40)	+	-	-	*	+(10)	*	*	*	*	*

* = tak diamati, - = tidak signifikan, + (hr) = signifikan (setelah kekeringan hari ke...)

Lampiran 3. **Pertumbuhan awal (6 bulan) tanaman uji spesies-provenans pada 2 lokasi di daerah kering dengan pendekatan yang berbeda**

No	Spesies	Asal	Praci 6 bulan			Madura 6 bulan		
			T	D	% hdp	T	D	% hdp
1	Ky Merah (<i>Pterocarpus indicus</i>)	NTT	36.4	4.7	98.7	60.59	7.53	64.00
2	Kemiri (<i>Aleuretes mollucana</i>)	NTB	94.1	12.4	93.3	49.16	7.61	48.00
3	Kemiri (<i>Aleuretes mollucana</i>)	Baluran	57.5	8.2	98.7	93.05	12.27	78.67
4	Nyamplung (<i>Calophyllum inophyllum</i>)	Baluran	41.5	5.3	100.0	47.18	6.63	94.67
5	Nyamplung (<i>C. inophyllum</i>)	Madura	32.9	6.4	100.0	54.93	8.20	97.33
6	Kepuh (<i>Sterculia foetida</i>)	NTT	53.4	7.6	100.0	56.89	7.62	96.00
7	Kepuh (<i>Sterculia foetida</i>)	Alaspurwo	53.6	6.6	98.7	56.99	7.38	72.00
8	Vitex (<i>Vitex pubescent</i>)	Kendari	79.6	8.4	100.0	71.46	7.49	85.33
9	Cemara Udang (<i>Casuarina equisetifolia</i>)	Madura	54.9	3.7	100.0	53.90	3.34	45.33
10	Gebang (<i>Corypha utan</i>)	Alaspurwo	26.2	3.3	100.0	28.15	4.82	97.33
11	Kesambi (<i>Schleicera oleosa</i>)	Baluran	24.4	3.8	100.0	27.17	4.39	84.00
12	Johar (<i>Cassia seamea</i>)	NTT	57.0	8.9	100.0	73.48	9.39	93.33
13	Johar (<i>Cassia seamea</i>)	Bondowoso	65.6	30.1	100.0	66.12	6.93	32.00
14	Cendana (<i>Santalum album</i>)	Kupang	11.6	1.1	100.0			
15	Injuwatu (<i>Pleygonium timoriensis</i>)	NTT				81.81	8.76	62.67
16	Legaran pantai (<i>Alstonia spectabilis</i>)	Kupang	27.1	3.3	100.0	32.96	3.53	29.33
17	Milletia (<i>Milletia pinnata</i>)	Alaspurwo	22.4	3.8	98.7	28.73	5.32	86.67
18	Jati (<i>Tectona grandis</i>)	G. Kidul	39.6	8.8	100.0	47.31	7.79	85.33
19	<i>Acacia auriculiformis</i>	20 Famili F1	96.3	8.1	100.0	176.16	12.69	97.33
20	Mimbo (<i>Azadirachta indica</i>)	Jawa timur	12.1	2.0	100.0	24.64	3.03	61.33
21	<i>Cidrela Mexicana</i>	Bondowoso	36.8	8.7	100.0	23.42	6.12	34.67
22	Waru (<i>Hibiscus tiliaceus</i>)	Lombok	58.2	7.0	100.0	76.82	9.17	90.67
23	Pulai (<i>Alstonia scholaris</i>)	G. Kidul	40.0	7.8	100.0	51.45	10.56	96.00
24	Sawokecik (<i>Manilkara kauki</i>)	Bali	26.5	4.4	100.0	29.90	4.53	85.33
25	<i>Acacia mangium</i>	5 Famili F2	59.7	4.9	100.0	64.91	4.66	78.67
			46.1	7.1	99.5	57.4	7.1	74.8

Lampiran 4. **Pertumbuhan tanaman uji spesies-provenans (18-22 bulan) pada 3 lokasi di daerah kering**

No	Spesies	Asal	Praci 22 bulan			Madura 18 bl			G. Kidul 22 bulan		
			T	D	%hdp	T	D	%hdp	T	D	%hdp
1	Ky Merah (<i>Pterocarpus indicus</i>)	NTT	307.2	13.3	80	111.1	10.8	50.7	134.4	1.5	84.0
2	Kemiri (<i>Aleuretes mollucana</i>)	NTB	441.9	6.3	78.3	75.7	12.9	10.7	157.6	2.4	30.4
3	Kemiri (<i>Aleuretes mollucana</i>)	Baluran	236	5.7	38.3	102.4	17.8	8.0	181.4	3.9	40.0
4	Nyamplung (<i>Calophyllum inophyllum</i>)	Baluran	259.2	5.1	12	58.1	7.4	26.7	78.2	1.1	29.6
5	Nyamplung (<i>C. inophyllum</i>)	Madura	225.1	6	80	78.9	11.3	29.3	106.0	2.1	64.8
6	Kepuh (<i>Sterculia foetida</i>)	NTT	221.9	7.9	89.3	81.8	12.2	55.3	84.4	1.5	67.2
7	Kepuh (<i>Sterculia foetida</i>)	Alas Purwo	246.6	6.8	80	106.4	10.9	37.3	84.3	1.7	73.6
8	Vitex (<i>Vitex pubescent</i>)	Kendari	259.7	4.6	86.7	113.3	10.6	26.7	158.5	2.0	84.0
9	Cemara Udang (<i>Casuarina equisetifolia</i>)	Madura	172.6	5.7	74.7	55.2		0.0	117.4	1.7	34.4
10	Gebang (<i>Corypha utan</i>)	Alas Purwo	93.7		93.3	73.1	3.5	34.7	29.6		79.2
11	Kesambi (<i>Schleicera oleosa</i>)	Baluran	161.5	1.5	80	176.0	24.0	74.7	42.9	0.7	65.6
12	Johar (<i>Cassia seamea</i>)	NTT	407.1	25.9	94.7	121.5	13.2	56.0	140.3	3.3	78.4
13	Johar (<i>Cassia seamea</i>)-Bndws	Bondowoso	498	12.3	96	158.7	14.8	60.0	172.9	2.6	80.0
14	Cendana (<i>Santalum album</i>)	Kupang	125.1	3.2	33.3						
15	Injuwatu (<i>Pleygonium timoriensis</i>)	NTT				121.8	11.2	17.3	123.1	1.6	48.0
16	Legaran pantai (<i>Alstonia spectabilis</i>)	Kupang	323.9	7.2	61.3	94.1	12.4	29.3	121.5	1.6	40.0
17	Milletia (<i>Milletia pinnata</i>)	Alas Purwo	271.9	3	56.1	101.2	25.0	65.3	87.9	1.9	54.0
18	Jati (<i>Tectona grandis</i>)	G. Kidul	382.8	9.5	76	260.7	13.8	64.0	149.7	2.5	90.4
19	<i>Acacia auriculiformis</i>	20 Famili F1	676.2	17	89.3	206.4	17.0	45.3	351.4	5.5	82.4
20	Mimbo (<i>Azadirachta indica</i>)	Jawa timur	206.5	2.2	38.7	81.3	11.3	8.0	66.6	0.7	56.0
21	<i>Cidrela Mexicana</i>	Bondowoso	349.6	12.6	90.7	172.0	22.2	60.0	115.1	2.3	18.4
22	Waru (<i>Hibiscus tiliaceus</i>)	Lombok	394.2	5.7	92	112.8	11.8	78.7	113.7	3.1	66.0
23	Pulai (<i>Alstonia scholaris</i>)	G. Kidul	166.7	10.7	80	46.8	8.4	20.0	128.1	5.3	81.6
24	Sawokecik (<i>Manilkara kauki</i>)	Bali	67.5	0.8	16	229.3	11.8	36.0	43.4	0.6	25.6
25	<i>Acacia mangium</i>	5 Famili F2	529.2	10.4	65.3	60.0	6.0	4.0	299.3	2.6	30.4
			292.7	8	70.1	116.6	13.0	37.4	128.7	2.3	58.5

Lampiran 5. **Pertumbuhan tanaman uji spesies-provenans (30 bulan) pada 2 lokasi di daerah kering setelah melewati 2 tahun pemeliharaan (pemupukan dan pembersihan tanaman pengganggu)**

No	Spesies	Asal	Praci 30 bl			G. Kidul 30 bl		
			T	D	% hdp	T	D	% hdp
1	Kayu Merah (<i>Pterocarpus indicus</i>)	NTT	317.6	3.4	56	153.6	1.8	77.0
2	Kemiri (<i>Aleuretes mollucana</i>)	NTB	369.6	6.9	95	211.6	2.7	30.0
3	Kemiri (<i>Aleuretes mollucana</i>)	Baluran	162.5	7.3	26	229.0	24.3	42.7
4	Nyamplung (<i>Calophyllum inophyllum</i>)	Baluran	259.2	5.1	12	125.5	1.5	39.0
5	Nyamplung (<i>C. inophyllum</i>)	Madura	131.9	2.1	72	146.8	1.5	66.0
6	Kepuh (<i>Sterculia foetida</i>)	NTT	163.4	4.7	86	94.2	1.6	61.0
7	Kepuh (<i>Sterculia foetida</i>)	Alaspurwo				94.9	1.6	71.0
8	Vitex (<i>Vitex pubescent</i>)	Kendari	170.1	2.4	72	200.0	1.8	83.0
9	Cemara Udang (<i>Casuarina equisetifolia</i>)	Madura	181.9	1.8	64	126.8	1.1	28.0
10	Gebang (<i>Corypha utan</i>)	Alaspurwo	93.7		93.3	33.2	0.4	65.0
11	Kesambi (<i>Schleicera oleosa</i>)	Baluran	129	8.4	82	44.1	0.8	60.0
12	Johar (<i>Cassia seamea</i>)	NTT	267.2	32.3	100	223.1	2.5	80.0
13	Johar (<i>Cassia seamea</i>)-Bndws	Bondowoso	436.2	14.3	98	237.3	2.3	81.0
14	Cendana (<i>Santalum album</i>)	Kupang	105.4	0.9	36			
15	Injuwatu (<i>Pleygonium timoriensis</i>)	NTT				196.0	1.8	60.0
16	Legaran pantai (<i>Alstonia spectabilis</i>)	Kupang	203.6	2.9	32	171.2	1.5	35.0
17	Milletia (<i>Milletia pinnata</i>)	Alaspurwo	172.3	2.5	50	129.1	1.8	46.0
18	Jati (<i>Tectona grandis</i>)	G. Kidul	276.4	3.8	78.7	258.1	3.1	93.0
19	<i>Acacia auriculiformis</i>	20 Famili F1	749.8	8.3	88	473.6	4.1	89.0
20	Mimbo (<i>Azadirachta indica</i>)	Jawa timur	159.9	2.3	40	81.4	1.3	41.0
21	<i>Cidrela Mexicana</i>	Bondowoso	169.9	4.5	92	192.4	2.5	26.7
22	Waru (<i>Hibiscus tiliaceus</i>)	Lombok	291.8	7.1	96	153.3	1.7	64.0
23	Pulai (<i>Alstonia scholaris</i>)	G. Kidul	152	3.5	74	185.9	3.6	85.0
24	Sawokecik (<i>Manilkara kauki</i>)	Bali	43	0.4	32	49.3	0.8	21.3
25	<i>Acacia mangium</i>	5 Famili F2	504.4	7.2	36	557.1	5.3	36.0
			239.6	6	65.7	182.0	3.0	57.5

Lampiran 6. Sumber Penghasilan Masyarakat Desa Penelitian pada Ekosistem Pantai, Kering, dan Pegunungan

Ekosistem	Desa, Provinsi	Sumber Penghasilan Masyarakat
Pesisir	Langensari, Jawa Barat	Tambak ikan/udang, sawah irigasi, ternak kambing
	Mojo, Jawa Tengah	Tambak ikan/udang, sawah tadah hujan, kebun (sayur, melati, tebu)
	Sumber Klampok, TNBB	Kebun palawija, ternak sapi, pemandu wisata
Kering		
DAS Noelmina, Nusa Tenggara Timur	Hulu: Desa Nenas	Pertanian (sawah, ladang, kebun wortel, bawang Bombay, daun abwang, jagung, ubi jalar, kacang2an), ternak, HHBK, non pertanian (PNS, pengusaha kecil/menengah, TNI/POLRI)
	Tengah: Desa Benu i. Dusun 1,2 ii. Dusun 3,4,5	i. Kebun sayur, sawah irigasi, HHBK dari hutan desa, ternak sapi, babi ii. Kebun jagung, HHBK dari hutan desa, sawah
	Hilir: Desa Bena	Sawah dan ladang (68%), nelayan (8%), ternak, HHBK (asam, nira), dan non-pertanian
DAS Palu, Sulawesi Tengah	Hulu: Desa Toro	Pertanian (sawah, ladang, coklat, jagung), ternak
	Tengah: Desa Bobo	Kebun coklat, ternak lebah madu. Musim hujan melakukan usaha tani (padi ladang, sayur dan jagung), musim kemarau mencari rotan, buah kemiri, atau menjadi buruh bangunan. Generasi muda mencari emas di Paboya.
Pegunungan		
DAS Kampar, Sumatera Barat	Hulu (ekosistem pegunungan)	Kebun gambir, Kebun karet, Sawah, Tebu, Tambang pasir, Wiraswasta
	Tengah (ekosistem dataran rendah)	Kebun karet, Kebun sawit, Nelayan sungai, Keramba, Tambang pasir, Wiraswasta
	Hilir (ekosistem pantai)	Kebun sawit, Nelayan, Kebun karet, Wiraswasta
Kabupaten Solok	Nagari Air Dingin	Hortikultura (kentang, bawang daun, bawang merah, lobak, tomat, jagung, cabe, markisa)
	Nagari Salayo Tanang Bukit Sileh	Hortikultura
	Nagari Air Batumbuk	Hortikultura

Ekosistem	Desa, Provinsi	Sumber Penghasilan Masyarakat
Kabupaten Manokwari, Papua	Kampung Apui	Kebun sayur dan hortikultur

Keterangan: Kampung Apui dan Memangker, Kabupaten Manokwari, setelah pemekaran masuk dalam kabupaten pemekaran yaitu Kabupaten Pegunungan Arfak

Lampiran 7. Dampak Perubahan Iklim dan Strategi Adaptasi Masyarakat Pesisir

Dampak	Strategi Adaptasi	
	Reaktif	Antisipatif
Langensari, Jawa Barat		
a. Banjir rob makin sering terjadi dan berlangsung lebih lama → salinitas air tambak menurun → kualitas ikan turun	Ekspansi tambak ke lahan timbul	
b. Banjir di sawah,	<i>Masyarakat:</i> Penjadwalan ulang waktu tanam untuk menghindari banjir dan resiko kerugian yang tinggi (petani)	
c. Tikus dan wereng meningkat menyerang padi sawah	<i>Masyarakat:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Mengelilingi sawah dengan plastik agar terlindung dari tikus (petani) • Insektisida 	
Mojo, Jawa Pengah		
a. Gempuran ombak kuat → tambak jebol → produksi ikan turun	<i>Masyarakat:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Meninggikan tanggul • Teknologi panen ikan 	<i>Masyarakat:</i> <ul style="list-style-type: none"> • penanaman mangrove di pantai, di lahan timbul, dan sepanjang pematang tambak <i>Pemerintah:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Penyadaram masyarakat tentang ‘cintai mangrove -broadcast’ • KBR mangrove <i>NGO OISCA:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Pendampingan untuk kelestarian mangrove
b. Musim tidak menentu → salinitas air tidak sesuai → penurunan kualitas bandeng	<i>Masyarakat:</i> Penyesuaian waktu tanam ikan	<i>Masyarakat:</i> Mencoba budi daya kepiting cangkang lunak, penggemukan kepiting

Dampak	Strategi Adaptasi	
	Reaktif	Antisipatif
c. Serangga lebih sering menyerang sawah → produksi padi turun hg 50%,	<i>Masyarakat:</i> insectisida	
d. Kekurangan air di musim kemarau → kebun sayur berkurang hasilnya	<i>Masyarakat:</i> pembuatan sumur	
e. Hujan banyak → tanaman/ kebun melati busuk, bunga cepat busuk	<i>Masyarakat:</i> Penyesuaian jadwal menanam dan saat memanen	
f. Musim tidak tentu → mati pucuk pd bibit tanaman KBR	<i>Masyarakat:</i> Penyesuaian saat menanam	
Sumber Klampok, TNBB		
a. Musim hujan tidak menentu → Hasil pertanian (jagung, cabe, palawija, kacang hijau) tidak menentu karena	a. Pembuatan 4 sumur bor (Pemda '10) b. Penyesuaian jenis tanam (dari palawija monokultur → campuran jagung, cabe, kacang2an)	Masyarakat: Beralih profesi menjadi pemandu wisata TNBB: <ul style="list-style-type: none"> • Penyesuaian masyarakat akan peran penting mangrove (TNBB) • Kursus bahasa Inggris dan pemandu wisata

Lampiran 8. Dampak Perubahan Iklim dan Strategi Adaptasi Masyarakat Pada Daerah Kering

Dampak	Strategi Adaptasi	
	Reaktif	Antisipatif
DAS Noelmina, Nusa Tenggara Timur		
Hulu: Desa Nenas		
<ul style="list-style-type: none"> • Hujan → Banjir → • Sawah/padi sekitar sungai terkikis banjir • Ternak mati 		<i>Masyarakat:</i> Penanaman bambu di sekitar sungai
<ul style="list-style-type: none"> • Panen madu berkurang 		
<ul style="list-style-type: none"> • Longsor di daerah berbukit → kebun sayur rusak 	<i>Masyarakat:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Pembuatan bangunan penahan dari batu • Mengandalkan tanaman ubi kayu, wortel, ubi jalar untuk kebutuhan hidup 	
a. Kemarau → kekurangan air untuk ladang	<i>Pemerintah:</i> Pembuatan bak untuk menampung air bersih dari sumber mata air	
b. Hujan tidak menentu → Gagal tanam jagung		
Tengah: Desa Benu		
a. Hujan → Banjir → <ul style="list-style-type: none"> • Sawah/padi sekitar sungai terkikis banjir 	<i>Masyarakat:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Menjual ternak untuk kebutuhan hidup 	
<ul style="list-style-type: none"> • Longsor di daerah berbukit 	<i>Pemerintah:</i> Pembuatan bronjong untuk menahan erosi & longsor	
b. Kemarau → Sumber mata air kering <ul style="list-style-type: none"> • Kekurangan air untuk pertanian 	<i>Pemerintah:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Pembuatan embung untuk menampung air hujan / irigasi • Pembuatan bak air bersih 	

Dampak	Strategi Adaptasi	
	Reaktif	Antisipatif
<ul style="list-style-type: none"> Tanaman, rumput/semak kering sehingga rawan kebakaran 		
Hilir: Desa Bena		
a. Hujan → Banjir → <ul style="list-style-type: none"> Sawah/padi sekitar sungai terkikis banjir 	<i>Masyarakat:</i> Menjual ternak untuk kebutuhan hidup	
<ul style="list-style-type: none"> Air menggenangi sebagian rumah warga → pencemaran air karena kotoran ternak terendam air → kesulitan air bersih 	<i>Masyarakat:</i> Pembuatan rumah panggung	
<ul style="list-style-type: none"> Beberapa ternak kecil hanyut 	<i>Masyarakat:</i> Ternak diungsikan ke atas bukit	
b. Kemarau →		
<ul style="list-style-type: none"> Kekurangan air untuk pertanian 	<i>Masyarakat:</i> Pembuatan saluran irigasi	
<ul style="list-style-type: none"> Tanaman, rumput/semak kering sehingga rawan kebakaran 		
c. Gelombang besar → Frekuensi nelayan melaut menurun	<i>Pemda:</i> Mencari ikan di danau dengan sampan bantuan Pemda	
DAS Palu. Sulawesi Tengah		
Hulu: Desa Toro		
a. Kemarau <ul style="list-style-type: none"> Kekurangan air → tanaman tidak berproduksi 	Makan ubi	<i>Masyarakat:</i> <ul style="list-style-type: none"> Pelestarian hutan untuk mengurangi dampak negatif terhadap ketersediaan air/meningkatkan kerentanan Larangan adat menebangan pohon di hutan Pengusahaan desa wisata PPL untuk HPT

Dampak	Strategi Adaptasi	
	Reaktif	Antisipatif
<ul style="list-style-type: none"> • Hasil sawah turun (panen 2 kali/th - tidak dapat 3 kali, hingga gagal panen, kelapa panen 3 kali/th - tidak dpt 4 kali) 	<p>Pemerintah Pembuatan saluran irigasi</p>	
<p>b. Musim hujan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Banjir/sungai meluap ('98) → padi rusak → gagal panen → pendapatan berkurang 	<p>beternak sapi/ayam; mencari rotan</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tanam palawija • masyarakat menanam rumput gajah di sekitar sungai
<ul style="list-style-type: none"> • Tanaman coklat kecil dan hitam buahnya, terserang hama, mati pucuk → produksi turun 50% hingga gagal panen. 2010 gagal panen karena hujan 	<p>buruh ternak</p>	<ul style="list-style-type: none"> • tanam palawija (tahan cuaca ekstrem) • Kearifan lokal: menyepakati larangan untuk merotan selama 5 tahun dari tahun 2009 hingga 2014 untuk perbaikan kebun coklat
<p>c. Buah biji-bijian di hutan berkurang → sawah diserang tikus (20000, 2010)</p>	<p>-</p>	
<p>Tengah: Desa Bobo</p>		
<p>a. Banjir bandang → Rumah rusak, ternak hilang, sulit air bersih, akses desa putus</p>	<p>Masyarakat</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perbaikan rumah, • Gotong royong membersihkan longsor <p>Pemda</p> <ul style="list-style-type: none"> • pembangunan selokan agar pembuangan air lancar, • membuat bak penampung air bersih, th 2001 membangun 2 buah check dam • perbaikan jalan 	<p>Pemda</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penanaman tumbuhan berkayu (GERHAN) <p>Masyarakat</p> <ul style="list-style-type: none"> • Larangan merusak hutan

Dampak	Strategi Adaptasi	
	Reaktif	Antisipatif
b. Kopi produksi turun, harga turun	<p>Masyarakat: Beralih dari kebun kopi ke kebun coklat (harga bagus, lebih tahan perubahan iklim), teknik sambung samping untuk meningkatkan produksi</p>	
c. Produksi madu turun	<p>Pemerintah/TN memperbesar kotak lebah, pelatihan processing madu</p>	<p>Masyarakat:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tanam kaliandra di sepanjang batas TN
d. Gagal panen padi ('83)	<p>Masyarakat:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tanam palawija, • ternak ayam/sapi, • makan ubi dan sagu aren, • merotan, • buruh bangunan, • pemuda kerja tambang emas 	

Lampiran 9. Dampak Perubahan Iklim dan Strategi Adaptasi Masyarakat Pada Daerah Kering

Dampak	Strategi Adaptasi	
	Reaktif	Antisipatif
DAS Kampar		
Hulu: Desa Pangkalan, Muaro Pati, Gunung Malintang, Durian Tinggi, Ulu Air, Harau.		
Gagal panen, kebun dan sawah terendam karena banjir.	<ul style="list-style-type: none"> • pengaturan pembukaan pintu air bendungan Koto Panjang • pemeliharaan sempadan sungai oleh Pemda Kabupaten 	-
Tengah: Buluh Cina, Pulau Baru, Sei Pinang, Danau Binguang, Sering Silam, Merangin		
Hujan yang lebih banyak menghilangkan kesempatan menyadap getah karet.	Mencari pekerjaan lain (buruh)	Perlindungan hutan dan danau (hutan ulayat)
Keramba berpotensi hanyut karena air sungai makin besar.	Mengikat keramba	
Hilir: : Langgam, Pelalawan, Teluk Meranti, Kerumutan, Ukui		
banjir alam di rawa-rawa karena pengaruh pasang surut air laut, dan banjir kiriman dari hulu.	<ul style="list-style-type: none"> • Diversifikasi mata pencaharian • Pemeliharaan sempadan sungai (oleh Pemerintah Daerah) 	<ul style="list-style-type: none"> • Peralihan mata pencaharian dari nelayan ke kebun.
Kabupaten Solok		
Nagari Air Dingin		
Hama penyakit bertambah banyak → Penurunan produktivitas pertanian, gagal panen	<p>Pemda, swadaya masyarakat:</p> <p>Pemeliharaan pasokan air (pembangunan bak penampung air)</p>	
Longsor	Terasering di ladang dan kebun yang miring	<p>Pemda</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perbaikan respon tanggap darurat <p>BPDAS -Kemenbut</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rehabilitasi lahan

Dampak	Strategi Adaptasi	
	Reaktif	Antisipatif
Nagari Salayo Tanang Bukit Sileh		
Hama penyakit bertambah banyak sumber mata air kurang → Penurunan produktivitas pertanian, gagal panen	Pemda, swadaya masyarakat: Pemeliharaan pasokan air (pembangunan bak penampung air)	
Longsor	Terasering di ladang dan kebun yang miring	Pemerintah (Dinas Sosial, BNPB,) dan YEH International <ul style="list-style-type: none"> Perbaikan respon tanggap darurat dan penanggulangan bencana BPDAS, Kemenhut <ul style="list-style-type: none"> Rehabilitasi lahan Swadaya masyarakat <ul style="list-style-type: none"> hutan rakyat Terasering Pemeliharaan Hutan lindung nagari
Nagari Air Batumbuk		
Hama penyakit bertambah banyak → Penurunan produktivitas pertanian, gagal panen padi	Pemda, swadaya masyarakat: Pemeliharaan pasokan air (pembangunan bak penampung air)	BPDAS, Kemenhut <ul style="list-style-type: none"> Rehabilitasi lahan
Markisa tidak tumbuh, cengkeh dan kelapa tidak berbuah, kayu manis banyak diserang hama		
Kabupaten Manokwari, Papua		
Kampung Apui		
Banjir dan sedimentasi di sungai	<ul style="list-style-type: none"> Menunggu sampai air sungai surut Subsidi beras murah 	-

Lampiran 10. **Dampak bencana iklim terhadap sosial ekonomi masyarakat**

Bencana	Dampak	Jenis dampak
Desa Patimban		
Banjir		
	Sektor Pertanian	Gagal panen Pengairan rusak
	Sektor Perikanan	Banyak ikan dan udang yang hilang
	Sektor Pariwisata	Kunjungan wisatawan menurun
	Fasilitas umum, kesehatan dan pendidikan dan kemanusiaan	Banyak rumah dan jalan yang rusak Korban jiwa
Banjir rob		
	Sektor Perikanan	Banyak ikan dan udang yang hilang Salinisasi lahan sawah di wilayah pantai
	Sektor Pariwisata	Lokasi wisata dan bangunan hotel hancur atau lenyap
	Fasilitas umum, kesehatan dan pendidikan	Garis pantai rusak
Kekeringan		
	Sektor pertanian	Gagal panen Sulit mencari air
	Sektor perikanan darat	Gagal panen
Suhu/cuaca tidak menentu		
	Sektor Pertanian	Peningkatan serangan hama dan penyakit
	Sektor Perikanan	Semakin sulit mencari ikan Berubahnya daerah tangkapan
Desa Cijambe		
Longsor		
	Fasilitas umum, kesehatan dan pendidikan	Jalan rusak dan rumah hancur

Bencana	Dampak	Jenis dampak
Kemarau		Dulu satu mata air sudah cukup dan pada tahun 1985 tidak rebutan air untuk irigasi, sekarang walau dua atau tiga mata air masih kurang sehingga sering berebut antar warga Padi puso karena banyak hama tikus, wereng, dan belalang
		Panen gagal 100% pada 2011 dan 2012 padi kering
		Durian selama tiga tahun terakhir i gagal, 70% buah tidak manis, dan yang jadi buah sedikit Kebun pisang dulu bisa panen satu kali per bulan sekarang 2 bulanan baru panen
Desa Cimeuhmal		
Longsor		
	Fasilitas umum, kesehatan dan pendidikan	Jalan rusak dan rumah hancur
Kemarau		Hama pertanian banyak
		Air untuk irigasi tidak cukup

Sumber: Data primer 2013

Lampiran 11. Perubahan Nilai Aset di Patimbang

Faktor kunci	Tahun										
	'60	'65	'70	'75	'80	'85	'90	'95	'00	'05	'13
Hutan bakau	***	***	***	**	*	*	*	*	*	*	8
Pemukiman/jumlah rumah	*	*	**	**	***	***	***	***	***	***	****
Air bersih	***	***	***	***	**	**	**	*	*	*	*
Kedalaman sungai	**	**	**	***	***	***	**	**	*	*	*
Banjir ke pemukiman	o	O	O	o	*	*	**	**	**	**	***
Hasil Tangkapan ikan laut	o	o	*	**	**	**	**	**	***	***	**
Hasil pertanian	o	o	*	**	**	***	***	***	**	**	**
Abrasi pantai	o	o	O	*	*	*	**	**	***	***	***
Tambak	*	*	**	**	**	**	**	***	***	**	***

Keterangan:***:banyak;** : sedang; *: sedikit; 0: tidak ada.

Sumber: Rochana et al. (2005) dan Data Primer (2013).

Lampiran 12. Strategi Adaptasi Masyarakat Desa Penelitian

Desa	Tipe adaptasi	Kegiatan
Patimban (Hilir)	Reaktif	<ul style="list-style-type: none"> • Menanggul tambaknya masing masing • Tetap tinggal dirumah dengan menempati meja sebagai tumpuan dan memasak • Mengungsi ke saudara • Menggantungkan bantuan makan dan obat-obatan dari pihak luar (pemda dan pihak lain)
	Konkuren	<ul style="list-style-type: none"> • Mencari ikan secara berkelompok • Mencari alternatif pekerjaan lain sebagai buruh atau tukang
	Antisipatif	<ul style="list-style-type: none"> • Penanggulan secara lebih terencana dengan melibatkan pemerintah desa dan kabupaten • Normalisasi sungai
Cijambe (Tengah)	Reaktif	<ul style="list-style-type: none"> • Memperbaiki teras terutama bila ada longsor • Penggiliran air irigasi (sejak 10 th lalu) karena tidak bisa perbesar volume air saat ada kekeringan. • Penggunaan obat-obatan organik dan satu kali seminggu untuk memberantas wereng, masalahnya bila dengan kimia modal makin banyak. • Penundaan penanaman padi
	Konkuren	<ul style="list-style-type: none"> • Menanam palawija • Menanam tanaman padi jenis yang toleran terhadap kekeringan air • Peningkatan intensitas pengobatan, misalnya bila penyemprotan belalang dengan Rp 10.000 kurang mempen maka diusahakan dengan obat yang lebih mahal (Rp 50.000).
	Antisipatif	<ul style="list-style-type: none"> • Menanam pohon pisang untuk di kebun dan di lahan Perhutani • Memperbaiki bendungan sungai sebesar Rp 27 juta • Menanam kebun dengan aneka ragam buah dan jenis kayu-kayuan • Normalisasi sungai (lining)
Cimeuhmal (Hulu)	Reaktif	<ul style="list-style-type: none"> • Memperbaiki teras terutama bila ada longsor • Tanam palawija (tumpang sari), jahe, sengon, pisang • Menunda menanam padi
	Konkuren	<ul style="list-style-type: none"> • Menanam palawija • Menanam tanaman padi jenis yang toleran terhadap kekeringan air • Buruh tani • Ngojek
	Antisipatif	<ul style="list-style-type: none"> • Menanam kopi di lahan perhutani • Tukang • Buruh tani



Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan
Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan

Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor; Telp.: **0251 8633944**; Fax: **0251 8634924**;

Email: **publikasipuspijak@yahoo.co.id**;

Website: **<http://puspijak.litbang.dephut.go.id>** atau **www.puspijak.org**