

PROSIDING

Seminar Nasional

Pembelajaran **Inisiatif dan Praktik**
TATA KELOLA SUMBER DAYA ALAM
UNTUK MITIGASI DAN ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM

YOGYAKARTA, 21-22 DESEMBER 2015

KERJASAMA

ASOSIASI AHLI PERUBAHAN IKLIM DAN KEHUTANAN INDONESIA
DIREKTORAT MOBILISASI SUMBER DAYA SEKTORAL DAN REGIONAL
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM, KLHK



Prosiding Seminar Nasional
**Pembelajaran Inisiatif dan Praktik Tata Kelola Sumber Daya
Alam untuk Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim**

Yogyakarta, 21-22 Desember 2015



**Asosiasi Ahli Perubahan Iklim dan
Kehutanan Indonesia**



**Direktorat Mobilisasi Sumber Daya
Sektoral dan Regional
Direktorat Jenderal Pengendalian
Perubahan Iklim, KLHK**

Prosiding Seminar Nasional Pembelajaran Inisiatif dan Praktik Tata Kelola Sumber Daya Alam untuk Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim

Penyusun :

Yayan Hadiyan, S.Hut, M.Sc
Ifa Elfira Olivia, S.Hut

ISBN : 978-602-73376-1-9

Editor:

Prof. Dr. Ir. Deddy Hadriyanto, M. Agr
Prof. Dr. Ir. Agus Kastanya, MS
Dr. Ir. Abdul Rauf, M.Sc
Ir. Agus Susatya, M.Sc, Ph.D
Dr. Ishak Yassir, S.Hut, M. Sc
Dr. Ir. Sabaruddin, M.Sc

Penerbit :

Asosiasi Ahli Perubahan Iklim dan Kehutanan Indonesia
(APIK Indonesia)

Redaksi :

Jl. Argo No. 1, Bulaksumur Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta
Telp. (0274) 512102, 901420.
Email : apik.indonesia@yahoo.co.id

Design Sampul dan Tata letak:

Edy Wibowo

Cetakan Pertama, Juni 2016

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang :

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Kebakaran hutan dan lahan sepanjang tahun 2015 ini telah menunjukkan situasi yang sulit dikendalikan. Tidak hanya mengganggu sektor sosial ekonomi, tetapi sektor lingkungan terutama keanekaragaman hayati dan meningkatnya jumlah emisi CO₂ dari kebakaran Gambutyang telah menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat luas. Dalam kondisi ini, Pemerintah tidak bisa diminta bertanggungjawab secara sepihak, tetapi peran serta multi stakeholder menjadi sangat penting.

Para ilmuwan adalah salah satu pihak kunci yang sangat strategis memberikan input kepada pemerintah. Sejumlah persoalan penyebab kebakaran perlu diurai dan berbagai solusi perlu diformulasikan secara ilmiah. Di sisi lain, perubahan iklim di Indonesia juga tidak hanya didorong oleh adanya kebakaran ini. Berbagai penyebab terkait adaptasi dan mitigasi pada berbagai sektor membutuhkan kerjasama banyak pihak. Berbagai pembelajaran berupa inisiatif dan praktik-praktik tata kelola sumber daya alam perlu dicoba dan dikritisi secara kontinyu agar selalu terjadi perbaikan.

Melalui seminar nasional tahunan Asosiasi Ahli Perubahan Iklim dan Kehutanan Indonesia, kita dapat memberikan masukan kepada para pengambil keputusan tentang pentingnya perbaikan lingkungan khususnya hutan hujan tropis, tidak hanya bagi Indonesia tetapi bagi kepentingan global. Prosiding yang berisi berbagai penelitian terkait dengan perubahan iklim ini memberikan pelajaran yang berharga bagi kita.

Diucapkan terimakasih atas dukungan yang telah diberikan Direktorat Mobilisasi Sumberdaya Sektoral dan Regional Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, Kementerian Kehutanan dalam Pelaksanaan Seminar tersebut, segenap panitia dan pihak lainnya. Semoga bermanfaat.

Yogyakarta, Juni 2016
Ketua Umum,

ttd.

Dr. Sastyawan Pudyatmoko, S.Hut, M.Sc

Kerjasama

Asosiasi Ahli Perubahan Iklim dan Kehutanan Indonesia &

Direktorat Mobilisasi Sumber Daya Sektoral dan Regional, Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, KLHK

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
1. KARBON TERSIMPAN DALAM BIOMASSA TEGAKAN BAMBU DI DESA SUKAHARJA, KECAMATAN RADJADESA Aditya Hani dan Yonky Indrajaya	1
2. STUDI PENYUSUNAN PERSAMAAN ALLOMETRIK PALA (<i>Myristica fragrans</i> Houtt) UNTUK PENDUGAAN BIOMASSA ATAS TANAH DI AMBON, MALUKU Gun Mardiatmoko, Agustinus Kastanya dan Jan Willems Hatulesila	7
3. ESTIMASI KARBON TERSIMPAN PADA BEBERAPA LANSEKAP HUTAN DI SULAWESI TENGGARA Rosmarlinasiah, Siti Marwah, dan Satya Agustina Laksanany	25
4. STUDI POTENSI BIOMASSA ATAS DAN BAWAH PERMUKAAN TANAH PADA PSP KPHP UNIT IV DAN KPHL UNIT XIV UNTUK MENDUKUNG SISTEM MRV STOK KARBON HUTAN DI MALUKU Gun Mardiatmoko, Agustinus Kastanya, Ronnie Loppies	37
5. KAPABILITAS IMPLEMENTASI INDC <i>UNCONDITIONAL</i> BERBASIS KONSEP PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN DAERAH Mahawan Karuniasa	51
6. PEMETAAN KERAWANAN EKSPLORASI SEBAGAI PRIORITAS KONSERVASI DI TAMAN NASIONAL MERU BETIRI Purnomo Siddy, Januar Fery Irawan	69
7. PENGELOLAAN RESIKO BENCANA PERTANIAN AKIBAT KONDISI IKLIM EKSTRIM DI KEPALA BURUNG PAPUA (STUDI KASUS: KABUPATEN FAK-FAK) Hendri, Julius D Nugroho, Nurlaela and Aditya Rahmadaniarti	81
8. DINAMIKA SUHU UDARA KABUPATEN KUTAI BARAT Akas Pinarigan Sujalu dan Akas Yekti Pulihasih	95
9. STRATEGI ADAPTASI NELAYAN DI PULAU KECIL TERHADAP PERUBAHAN IKLIM DAN DAMPAKNYA PADA EKOSISTEM PESISIR Heru Setiawan	103
10. KEARIFAN LOKAL PETANI KOPI DI LAMPUNG DALAM BERADAPTASI DENGAN PERUBAHAN IKLIM Rusdi Evizal, Sugiatno, Fembriarti Erry Prasmatiwi	113
11. ADAPTASI PETANI DALAM MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM Eva Fauziyah dan Tri Sulistyati Widyaningsih	123

12. PEMANFAATAN TITONIA DAN JERAMI SEBAGAI SUMBER HARA DALAM KONDISI LEMBAB SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PRODUKSI PADI SAWAH Gusnidar	131
13. PERBANYAKAN GENERATIF TANAMAN JAMBLANG (<i>Syzygium cumini</i> Linn) UNTUK KONSERVASI SUMBER DAYA GENETIK TANAMAN HUTAN Aris Sudomo	138
14. AKTIVASI BUBUK BATU BARA TIDAK PRODUKTIF (<i>Subbituminus</i>) DENGAN PUPUK BUATAN UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIFITAS OXISOL Herviyanti, Ismon, Yusnaweti, Prasetyo, Harianti, dan Gusnidar	147
15. KONSERVASI EKS SITU CENDANA (<i>Santalum album</i>) PADA DAERAH KERING DI GUNUNG KIDUL: ADAPTASI DAN STRATEGI PENGEMBANGANNYA Yayan Hadiyan, Liliek Haryjanto, Yuliah, Ari Fiani	157
16. PENGARUH CUACA TERHADAP KADAR AIR BAHAN BAKAR PERMUKAAN DI BAWAH TEGAKAN <i>Gmelina Arborea</i> Nurhuda Adi Prasetyo dan Aris Sudomo	165
17. POTENSI TANAMAN GARAPAN MASYARAKAT DI LAHAN EKS HGU PT TEJA MUKTI UTAMA KABUPATEN MAJALENGKA, JAWA BARAT Tri Sulistyati Widyaningsih, Eva Fauziah, dan Suyarno	175
18. KARBON TERSIMPAN DALAM BIOMASSA POHON DI KEBUN RAYA KEBUN BINATANG GEMBIRA LOKA, YOGYAKARTA Yonky Indrajaya Aris Sudomo dan Soleh Mulyana	187
19. BERBAGAI INISIATIF MASYARAKAT SETEMPAT DALAM PELESTARIAN HUTAN DI SULAWESI TENGAH (Studi Kasus pada Hutan Mangrove dan Hutan Konservasi) Bau Toknok, Wardah dan Golar	197
20. AGROFORESTRY SEBAGAI SOLUSI PERUBAHAN LAHAN DAN PERSPEKTIF EKONOMI PETANI KAKAO DI KABUPATEN PARIGI MOUTONG Sri Jumiati dan Abdul Hadid	215

Prosiding Seminar Nasional
**Pembelajaran Inisiatif dan Praktik Tata Kelola Sumber Daya
Alam untuk Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim**

Yogyakarta, 21-22 Desember 2015



**Asosiasi Ahli Perubahan Iklim dan
Kehutanan Indonesia**



**Direktorat Mobilisasi Sumber Daya
Sektoral dan Regional
Direktorat Jenderal Pengendalian
Perubahan Iklim, KLHK**

Prosiding Seminar Nasional Pembelajaran Inisiatif dan Praktik Tata Kelola Sumber Daya Alam untuk Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim

Penyusun :

Yayan Hadiyan, S.Hut, M.Sc
Ifa Elfira Olivia, S.Hut

ISBN : 978-602-73376-1-9

Editor:

Prof. Dr. Ir. Deddy Hadriyanto, M. Agr
Prof. Dr. Ir. Agus Kastanya, MS
Dr. Ir. Abdul Rauf, M.Sc
Ir. Agus Susatya, M.Sc, Ph.D
Dr. Ishak Yassir, S.Hut, M. Sc
Dr. Ir. Sabaruddin, M.Sc

Penerbit :

Asosiasi Ahli Perubahan Iklim dan Kehutanan Indonesia
(APIK Indonesia)

Redaksi :

Jl. Argo No. 1, Bulaksumur Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta
Telp. (0274) 512102, 901420.
Email : apik.indonesia@yahoo.co.id

Design Sampul dan Tata letak:

Edy Wibowo

Cetakan Pertama, Juni 2016

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang :

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Kebakaran hutan dan lahan sepanjang tahun 2015 ini telah menunjukkan situasi yang sulit dikendalikan. Tidak hanya mengganggu sektor sosial ekonomi, tetapi sektor lingkungan terutama keanekaragaman hayati dan meningkatnya jumlah emisi CO₂ dari kebakaran Gambutyang telah menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat luas. Dalam kondisi ini, Pemerintah tidak bisa diminta bertanggungjawab secara sepihak, tetapi peran serta multi stakeholder menjadi sangat penting.

Para ilmuwan adalah salah satu pihak kunci yang sangat strategis memberikan input kepada pemerintah. Sejumlah persoalan penyebab kebakaran perlu diurai dan berbagai solusi perlu diformulasikan secara ilmiah. Di sisi lain, perubahan iklim di Indonesia juga tidak hanya didorong oleh adanya kebakaran ini. Berbagai penyebab terkait adaptasi dan mitigasi pada berbagai sektor membutuhkan kerjasama banyak pihak. Berbagai pembelajaran berupa inisiatif dan praktik-praktik tata kelola sumber daya alam perlu dicoba dan dikritisi secara kontinyu agar selalu terjadi perbaikan.

Melalui seminar nasional tahunan Asosiasi Ahli Perubahan Iklim dan Kehutanan Indonesia, kita dapat memberikan masukan kepada para pengambil keputusan tentang pentingnya perbaikan lingkungan khususnya hutan hujan tropis, tidak hanya bagi Indonesia tetapi bagi kepentingan global. Prosiding yang berisi berbagai penelitian terkait dengan perubahan iklim ini memberikan pelajaran yang berharga bagi kita.

Diucapkan terimakasih atas dukungan yang telah diberikan Direktorat Mobilisasi Sumberdaya Sektoral dan Regional Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dalam Pelaksanaan Seminar tersebut, segenap panitia dan pihak lainnya. Semoga bermanfaat.

Yogyakarta, Juni 2016
Ketua Umum,

ttd.

Dr. Sastyawan Pudyatmoko, S.Hut, M.Sc

Kerjasama

Asosiasi Ahli Perubahan Iklim dan Kehutanan Indonesia &

Direktorat Mobilisasi Sumber Daya Sektoral dan Regional, Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, KLHK

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
1. KARBON TERSIMPAN DALAM BIOMASSA TEGAKAN BAMBU DI DESA SUKAHARJA, KECAMATAN RADJADESA Aditya Hani dan Yonky Indrajaya	1
2. STUDI PENYUSUNAN PERSAMAAN ALLOMETRIK PALA (<i>Myristica fragrans</i> Houtt) UNTUK PENDUGAAN BIOMASSA ATAS TANAH DI AMBON, MALUKU Gun Mardiatmoko, Agustinus Kastanya dan Jan Willems Hatulesila	7
3. ESTIMASI KARBON TERSIMPAN PADA BEBERAPA LANSEKAP HUTAN DI SULAWESI TENGGARA Rosmarlinasiah, Siti Marwah, dan Satya Agustina Laksanany	25
4. STUDI POTENSI BIOMASSA ATAS DAN BAWAH PERMUKAAN TANAH PADA PSP KPHP UNIT IV DAN KPHL UNIT XIV UNTUK MENDUKUNG SISTEM MRV STOK KARBON HUTAN DI MALUKU Gun Mardiatmoko, Agustinus Kastanya, Ronnie Loppies	37
5. KAPABILITAS IMPLEMENTASI INDC <i>UNCONDITIONAL</i> BERBASIS KONSEP PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN DAERAH Mahawan Karuniasa	51
6. PEMETAAN KERAWANAN EKSPLORASI SEBAGAI PRIORITAS KONSERVASI DI TAMAN NASIONAL MERU BETIRI Purnomo Siddy, Januar Fery Irawan	69
7. PENGELOLAAN RESIKO BENCANA PERTANIAN AKIBAT KONDISI IKLIM EKSTRIM DI KEPALA BURUNG PAPUA (STUDI KASUS: KABUPATEN FAK-FAK) Hendri, Julius D Nugroho, Nurlaela and Aditya Rahmadaniarti	81
8. DINAMIKA SUHU UDARA KABUPATEN KUTAI BARAT Akas Pinarigan Sujalu dan Akas Yekti Pulihasih	95
9. STRATEGI ADAPTASI NELAYAN DI PULAU KECIL TERHADAP PERUBAHAN IKLIM DAN DAMPAKNYA PADA EKOSISTEM PESISIR Heru Setiawan	103
10. KEARIFAN LOKAL PETANI KOPI DI LAMPUNG DALAM BERADAPTASI DENGAN PERUBAHAN IKLIM Rusdi Evizal, Sugiatno, Fembriarti Erry Prasmatiwati	113
11. ADAPTASI PETANI DALAM MENGHADAPI PERUBAHAN IKLIM Eva Fauziyah dan Tri Sulistyati Widyaningsih	123

12. PEMANFAATAN TITONIA DAN JERAMI SEBAGAI SUMBER HARA DALAM KONDISI LEMBAB SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PRODUKSI PADI SAWAH Gusnidar	131
13. PERBANYAKAN GENERATIF TANAMAN JAMBLANG (<i>Syzygium cumini</i> Linn) UNTUK KONSERVASI SUMBER DAYA GENETIK TANAMAN HUTAN Aris Sudomo	138
14. AKTIVASI BUBUK BATU BARA TIDAK PRODUKTIF (<i>Subbituminus</i>) DENGAN PUPUK BUATAN UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIFITAS OXISOL Herviyanti, Ismon, Yusnaweti, Prasetyo, Harianti, dan Gusnidar	147
15. KONSERVASI EKS SITU CENDANA (<i>Santalum album</i>) PADA DAERAH KERING DI GUNUNG KIDUL: ADAPTASI DAN STRATEGI PENGEMBANGANNYA Yayan Hadiyan, Liliek Haryjanto, Yuliah, Ari Fiani	157
16. PENGARUH CUACA TERHADAP KADAR AIR BAHAN BAKAR PERMUKAAN DI BAWAH TEGAKAN <i>Gmelina Arborea</i> Nurhuda Adi Prasetyo dan Aris Sudomo	165
17. POTENSI TANAMAN GARAPAN MASYARAKAT DI LAHAN EKS HGU PT TEJA MUKTI UTAMA KABUPATEN MAJALENGKA, JAWA BARAT Tri Sulistyati Widyaningsih, Eva Fauziah, dan Suyarno	175
18. KARBON TERSIMPAN DALAM BIOMASSA POHON DI KEBUN RAYA KEBUN BINATANG GEMBIRA LOKA, YOGYAKARTA Yonky Indrajaya Aris Sudomo dan Soleh Mulyana	187
19. BERBAGAI INISIATIF MASYARAKAT SETEMPAT DALAM PELESTARIAN HUTAN DI SULAWESI TENGAH (Studi Kasus pada Hutan Mangrove dan Hutan Konservasi) Bau Toknok, Wardah dan Golar	197
20. AGROFORESTRY SEBAGAI SOLUSI PERUBAHAN LAHAN DAN PERSPEKTIF EKONOMI PETANI KAKAO DI KABUPATEN PARIGI MOUTONG Sri Jumiati dan Abdul Hadid	215

PENGELOLAAN RESIKO BENCANA PERTANIAN AKIBAT KONDISI IKLIM EKSTRIM DI KEPALA BURUNG PAPUA (STUDI KASUS: KABUPATEN FAK-FAK)

*Agriculture Disaster Risk Management Due to Extreme Climate Condition
in the Bird's Head Papua (Case Study: Fak-Fak Regency)*

Hendri¹, Julius D Nugroho¹, Nurlaela² and Aditya Rahmadaniarti¹

¹Faculty of Forestry, Papua University, Manokwari 98314, Indonesia

²Faculty of economic, Papua University, Manokwari 98314, Indonesia

E-mail: hendri888@gmail.com

ABSTRACT

Northern part of Bird's Head Papua has created the most disastrous agricultural sector from ENSO (El Niño Southern Oscillation) phenomena. During this time, dry condition will be occurred and affected crop failure in several place of West Papua Province. To reduce the effect from El Niño, mycorrhizal fertilizer will introduce for sampling plot in Fak-Fak Regency. Agro-ecological survey methods, parameters of productivity, economic analysis and carbon calculation performed to support this research. The output of research was showed the productivity several crop (yam, peanut, taro, pineapple) significantly increasing due to mycorrhizal fertilizer input during the El Niño event and the B/C of 1.78, so the demplot production belongs to the category of good to be further developed for anticipation of the extreme climate and as a strategy for agriculture disaster risk management.

Keywords: disaster risk management, agriculture, extreme climate, ENSO, mycorrhiza.

ABSTRAK

Bagian Utara Kepala Burung Papua telah menjadikawan bencana pada sektor pertanian, terutama dari fenomena ENSO (*El Niño Southern Oscillation*). Selama fenomena tersebut, terjadi kekeringan mengakibatkan kegagalan panen di beberapa tempat di Provinsi Papua Barat. Untuk mengurangi efek negatif dari El Niño, digunakan inokulat mikoriza pada lokasi uji coba produksidi Kabupaten Fak-Fak. Penelitian ini menggunakan metode survei agroekologi, parameter produktivitas, analisis ekonomi dan kandungan karbon. Output dari penelitian menunjukkan produktivitas beberapa tanaman (ubi, kacang tanah, talas dan nanas) secara signifikan meningkat karena adanya input inokulat mikoriza selama fenomena El Niño dan nilai B/C sebesar 1,78, sehingga uji coba produksi tersebut termasuk dalam ketegori layak untuk dikembangkan selanjutnya untuk antisipasi iklim ekstrim dan sebagai strategi untuk pengelolaan resiko bencana pertanian.

Kata kunci: pengelolaan resiko bencana, pertanian, iklim ekstrim, ENSO, mikoriza.

I. PENDAHULUAN

Analisis ENSO menunjukkan bahwa El Niño pada tahun 2015 (nilai 2,5) mendekati kejadian tahun 1982/1983 (nilai 3,0) dan tahun 1997/1998 (nilai 3,0). Dengan demikian, dampak kekeringan meluas di seluruh Indonesia, seperti yang ditunjukkan oleh data BMKG (2015) dari jumlah hari tidak hujan sejak hujan terakhir dalam periode 90 hari terakhir. Provinsi Sumatra Selatan, Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur mengalami kondisi kekeringan ekstrim (> 61+ hari tidak hujan), demikian pula di sebagian besar wilayah Nusa Tenggara, Maluku, Sulawesi dan Papua.

Kekeringan tersebut memberikan dampak penurunan dan bahkan kegagalan panen pada areal pertanian (Wahyunto, 2005; Las *et al.*, 2008; Boer, *at al.*, 2009b). Namun pola penanaman yang mengikuti sistem agroforestri, telah terbukti lebih adaptif terhadap iklim ekstrim termasuk kekeringan (Michon *et al.*, 1986; Utami *et al.*, 2003; Hairiah *et al.*, 2006, van Straaten, *et al.*, 2010, Asian Development Bank, 2011). Hal tersebut disebabkan sistem agroforestri terdiri dari multi strata yang dapat menciptakan iklim mikro dan konservasi tanah dan air yang lebih baik.

Disamping itu juga, salah satu opsi teknologi yang ditawarkan untuk mengatasi kekeringan di lahan pertanian atau sistem agroforestri adalah penggunaan inokulat mikoriza. *Mikoriza Vesikular Arbuskular* (MVA) adalah inokulat yang sering digunakan dan termasuk dalam kelompok endomikoriza yang berasosiasi simbiosis mutualisme dengan akar tanaman.pangan, hortikultura dan perkebunan yang berfungsi untuk meningkatkan serapan unsur-unsur hara pada tanah yang tidak subur dan kekeringan (Mayerni dan Hervani, 2008; Musfal, 2010; Kumalawati, 2014).

Sistem agroforestri juga memiliki fungsi ekologi lainnya yaitu meningkatkan cadangan karbon dan berpotensi untuk terlibat dalam skema pendanaan dari REDD+ (*Reduction Emission from Deforestation and Degradation*). Untuk hal tersebut, diperlukan adanya perhitungan potensi karbon di lahan agroforestri berdasarkan panduan yang dikeluarkan oleh badan internasional (IPCC, 2007; Winrock International Institute, 1997). Sehingga sistem agroforestri dapat memberikan tambahan keuntungan lainnya, selain dari peningkatan produksi tanaman pangan lokal dan kehutanan.

Penerapan sistem agroforestri di lahan pekarangan di wilayah Papua pada umumnya masih belum memanfaatkan lahan secara efisien. Oleh karena itu, intensifikasi lahan dan teknologi mikoriza akan diintroduksi dalam penelitian ini. Demonstrasi plot (demplot) diperlukan untuk uji coba produksi pada lokasi penelitian di Kepala Burung Papua (studi kasus di Kabupaten Fak-Fak). Diharapkan demplot tersebut dapat memecah permasalahan rendahnya produktivitas yang dikelola oleh masyarakat lokal terutama pada iklim ekstrim dan strategi pembangunan rendah karbon di wilayah Papua yang memiliki potensi luar biasa dan belum termanfaatkan.

Tujuan penelitian ini adalah peningkatan produktivitas tanaman dengan implementasi teknologi agroforestri yang berkelanjutan dan adaptif terhadap perubahan iklim dan kondisi ekstrim secara ruang dan waktu dalam rangka,

1. Intensifikasi lahan pekarangan masyarakat lokal.
2. Peningkatan pendapatan masyarakat lokal di wilayah Papua Barat untuk menunjang Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) sektor pertanian pangan di koridor Papua-Kepulauan Maluku.
3. Potensi nilai tambah lainnya dari nilai karbon dan lingkungan (pelestarian dan pengembangan produktivitas tanaman pangan lokal terutama umbi-umbian yang

berkelanjutan) dalam rangka penerapan strategi pembangunan rendah karbon di dalam sistem agroforestri.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai Desember 2015, yakni periode terjadinya fenomena El Niño. Adapun lokasi penelitian difokuskan pada daerah Kepala Burung Papua Barat pada daerah studi kasus Kabupaten Fak-Fak.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang di gunakan dalam menunjang penelitian ini berupa *tally sheet*, inokulat mikoriza dan bahan untuk analisis karbon tanah di laboratorium. Sedangkan alat yang dibutuhkan adalah pita ukur, haga/clinometer, meteran, bor tanah, tali rafia, timbangan digital, GPS, kamera dan parang.

C. Metode Penelitian

Metode yang akan digunakan adalah dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dan kualitatif dengan tehnik pengumpulan data melalui teknik oberservasi, pengambilan contoh dan wawancara dengan masyarakat lokal yang menerapkan sistem agroforestri dan daftar pustaka.

D. Metode Analisis dan Sintesis

Adapun metode analisis yang digunakan dalam pengumpulan data terbagi menjadi 3 tahapan, yaitu:

1. Intensifikasi lahan pekarangan

Skenario pengembangan intensifikasi lahan dan pembuatan demplot dengan pemilihan jenis setempat berdasarkan pola sistem agroforestri dengan produktivitas berkelanjutan.

2. Analisis produksi

Pengamatan nilai ekonomi meliputi umur panen, hasil panen, harga pasar, dan pendapatan bruto dari setiap spesies, kemudian biaya-biaya yang dikeluarkan selama kegiatan dan keuntungan yang diperoleh.

Selanjutnya, kelayakan usaha merupakan suatu ukuran apakah suatu usaha layak untuk dikembangkan atau tidak. Layak dalam arti menghasilkan *benefit* untuk para petani. Kelayakan usaha tani dapat dilakukan secara finansial atau ekonomi. Secara finansial harga-harga yang menjadi patokan adalah harga pasar. Untuk mengetahui kelayakan uji coba produksi digunakan analisis *Benefit Cost Ratio* (B/C), dengan rumus (Diniyati *et al.*, 2013) sebagai berikut:

$$B/C = \frac{TB}{TC}$$

Keterangan:

- B/C = Perbandingan antara penerimaan dengan biaya
- TR = *Total Benefit* (Penerimaan Total), dinyatakan dalam satuan (Rp)
- TC = *Total Cost* (Biaya Total), dinyatakan dalam satuan (Rp)

Denganketentuan apabila:

- B/C > 1 maka uji coba produksi layak untuk dikembangkan lebih lanjut.
- B/C < 1 maka uji coba produksi tidak layak untuk dikembangkan lebih lanjut
- B/C = 1 maka uji coba produksi dinyatakan impas.

3. Potensi karbon dan manfaat ekonomi

a) *Total Biomassa*

Terdiri dari biomassa di atas permukaan (*aboveground biomass*, AGB) dan bawah permukaan (*belowground biomass*, BGB) dengan menggunakan rumusan persamaan allometrik (Chave *et al.*, 2005 dan Cairns *et al.*, 1997) sebagai berikut:

$$AGB \text{ or } N_t = \exp[-2.5570 + 0.9400 \ln(\rho_w D^2 H)] \dots\dots\dots 1$$

$$BGB = \exp[-1.0587 + 0.8836 \ln(AGB)] \dots\dots\dots 2$$

$$TB = (AGB p_{t,c} + BGB p_{t,c}) \cdot c_f \dots\dots\dots 3$$

dengan AGB adalah biomassa di atas permukaan (kg/pohon), BGB adalah biomassa di bawah permukaan (kg/pohon), N_t adalah necromassa batang/cabang yang melapuk (kg/pohon), ρ_w adalah kerapatan jenis kayu (gr/cm³), D adalah diameter di atas dada (DBH, cm), H adalah tinggi tanaman (m), TB adalah total biomassa, p_t adalah populasi per unit area (pohon/ha), c adalah faktor konversi dari kg ke ton dan c_f adalah faktor konversikarbon (0,5).

b) *Biomassa tumbuhan bawah,*

dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$B_u = (cf) \cdot B(u) \cdot A \dots\dots\dots 4$$

dengan B_u adalah biomassa tanaman bawah (t/ha), $B(u)$ adalah berat kering tanaman bawah per luasan (t/m²), A adalah luasan basal area (m²/ha) dan c_f adalah faktor konversikarbon (0,5).

c) *Necromassa daun melapuk,*

dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$N_l = (cf) \cdot N(u) \cdot A \dots\dots\dots 5$$

Dengan N_l adalah nekromassa daun melapuk (t/ha), c_f adalah faktor konversikarbon (0,5), $N(u)$ adalah berat kering nekromassa daun melapuk per luasan (t/m²), dan A adalah luasan basal area (m²/ha).

d) *Tanah*

dengan persamaan berikut:

$$S = (c_f)\rho_s \cdot d \times 100 \dots\dots\dots 6$$

dengan S adalah karbon tanah (tC/ha), c_f adalah faktor konversikarbon (0,5), ρ_s adalah kerapatan tanah (g/cm^3), d adalah kedalaman tanah dan 100 adalah faktor konversi.

Selanjutnya, potensi mitigasi dan biaya efektivitas dari sistem agroforestri dinilai dengan menggunakan proses analisis mitigasi yang komprehensif dikembangkan oleh Sathaye *et al.*(1995) yang dikenal dengan model *Comprehensive Mitigation Assessment Process*(COMAP). Rumus perhitungan potensi mitigasi dari sistem agroforestri tersebut dapat disajikan secara sederhana sebagai berikut:

$$C_t = (C_v * T) + (C_d * T) + (C_s * T) + \sum (C_{pi} * n_i) \dots\dots\dots 7$$

dengan C_t adalah total karbon yang diserap (*sequestration*) oleh sistem agroforestri per ha, C_v adalah karbon vegetasi/ tanaman, C_d adalah karbon yang terdekomposisi, C_s adalah karbon tanah, T adalah periode akumulasi waktu (tidak di rotasi) dan C_{pi} adalah total karbon yang terseimpan dalam produk ke-i dan n_i adalah lamanya waktu penggunaan produk ke-i.

Dan rumus perhitungan Net Present Value (NPV) dapat dilihat berikut:

$$NPV = \sum_{i=1}^n NB_i(1 + i)^{-n} \dots\dots\dots 8$$

Dengan NPV adalah Net Present Value, NB adalah Net Benefit (Benefit – Cost plus diskon), i adalah dsikon faktor dan n adalah tahun.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Intensifikasi Lahan Pekarangan

Intensifikasi lahan pekarangan dilakukan pada lahan pekarangan, karena akses pengawasan yang dekat dengan rumah dan pemeliharaan yang lebih baik, dibandingkan dengan wilayah kebun yang umumnya berada sangat jauh dari tempat tinggal (minimum 1 km).

Adapun potensi pengembangan skenario intensifikasi lahan pekarangan yang dipadukan dengan sistem agroforestri untuk setiap lokasi pekarangan diasumsikan mempunyai rata-rata luas sekitar 5.000 m². Dengan demikian skenario yang dikembangkan untuk meningkatkan intensifikasi umbi-umbian sebagai berikut:

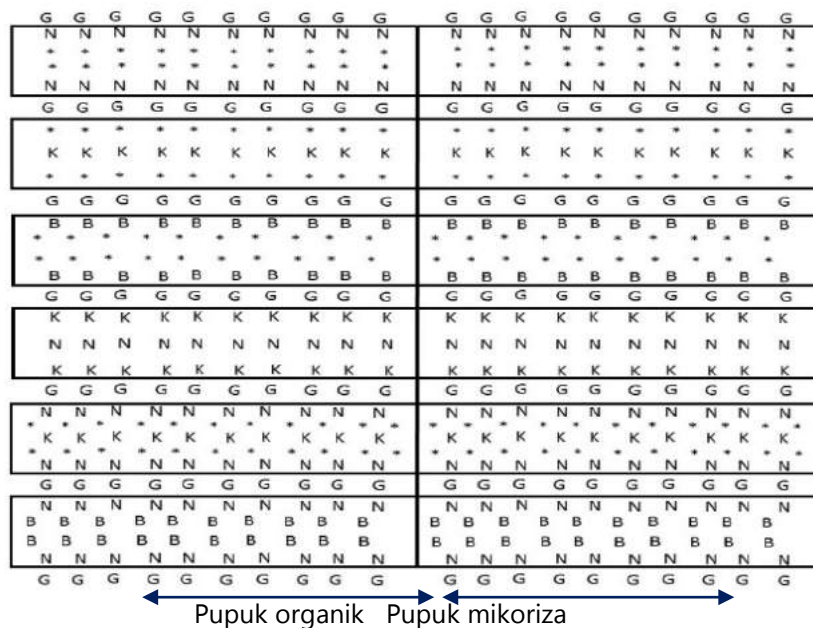
1. Intensifikasi lahan lahan seluas 10% dari rata-rata luas pekarangan (500 m²) dengan perbandingan tanaman semusim dan tanaman MPTs dan kehutanan dapat dilihat pada Tabel 1.
2. Intensifikasi lahan seluas 20% dari rata-rata luas pekarangan (1.000 m²) dengan perbandingan tanaman semusim dan tanaman MPTs dan kehutanan mengikuti pola yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentasi tanaman semusim, tanaman MPTs dan kehutanan

No	Tanaman Semusim	Tanaman MPTs & Kehutanan
1	10%	90%

No	Tanaman Semusim	Tanaman MPTs & Kehutanan
2	20%	80%
3	30%	70%
4	40%	60%
5	50%	50%
6	60%	40%
7	70%	30%
8	80%	20%
9	90%	10%
10	100%	0%

Adapun uji coba produksi dikembangkan pada lahan pekarangan rumah penduduk dalam bentuk pembuatan demonstrasi plot (demplot). Demplot tersebut dengan membuat sistem guludan yang berukuran 1,5 m (lebar) x 20 m (panjang) sebanyak 6 bedeng. 10 m panjang pertama dengan perlakuan pupuk organik dan mikoriza dan 10 meter berikutnya dengan perlakuan pupuk alami saja. Adapun denah demplot Kabupaten Fak-Fak dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Denah demplot wilayah penelitian

Keterangan gambar:

G adalah gamal, N adalah nanas, K adalah talas ungu dan kuning, dan B adalah ubi jalar ungu dan kuning, dan * adalah kacang tanah.

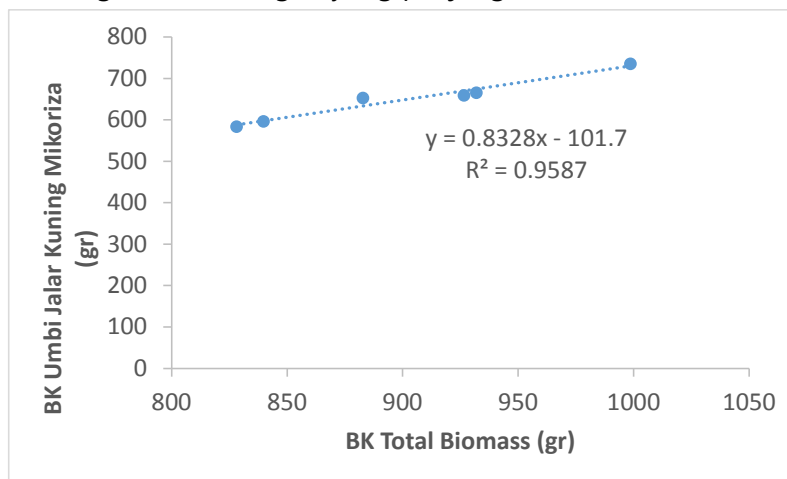
(c) Kabupaten Fak-Fak

B. Analisis Produksi

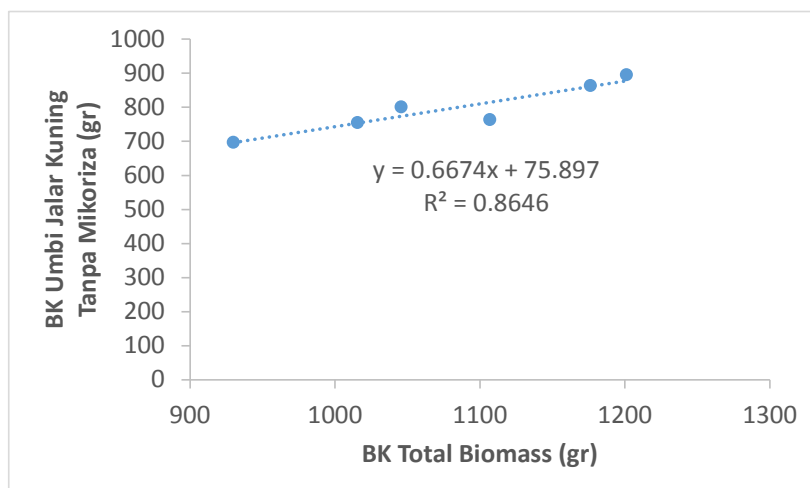
Fak-Fak mengalami dampak terparah akibat dari fenomena El Niño, sehingga terjadi kemunduran masa panen yang direncanakan yakni dari awal Agustus menjadi awal Desember. Kondisi kekeringan tersebut ditandai dengan adanya hotspot atau titik api kebakaran hutan pada beberapa wilayah termasuk tempat uji coba produksi. Kondisi iklim

ekstrim ini mengakibatkan terjadinya penurunan produksi dari umbi jalar kuning, talas dan nanas lokal dibandingkan pada Kabupaten lain di Kepala Burung Papua. Khusus produksi umbi jalar kuning penurunan produksi mencapai **49%** dari Kabupaten Sorong Selatan dan Manokwari yang juga menjadi tempat uji coba produksi

Nilai intersep dari efisiensi pembentukan umbi dengan perlakuan pupuk mikoriza adalah 0,8238 dengan $R^2 = 0,9587$ (Gambar 2). Sedangkan nilai intersep tanpa perlakuan mikoriza adalah 0,6674 dengan $R^2 = 0,8646$ (Gambar 3). Lebih lanjut, uji umbi jalar kuning juga dilakukan dengan perlakuan pupuk mikoriza sebesar 0,74 dan 0,72 dengan tanpa perlakuan mikoriza. Dengan demikian, hasil perhitungan dengan perlakuan pupuk mikoriza terjadi peningkatan umbi sebesar **22,69 %**. Sehingga, perlakuan pupuk mikoriza juga dapat membantu dalam mengatasi kekeringan yang panjang.



Gambar 2. Efisiensi pembentukan umbi jalar kuningFak-Fak dengan pupuk mikoriza

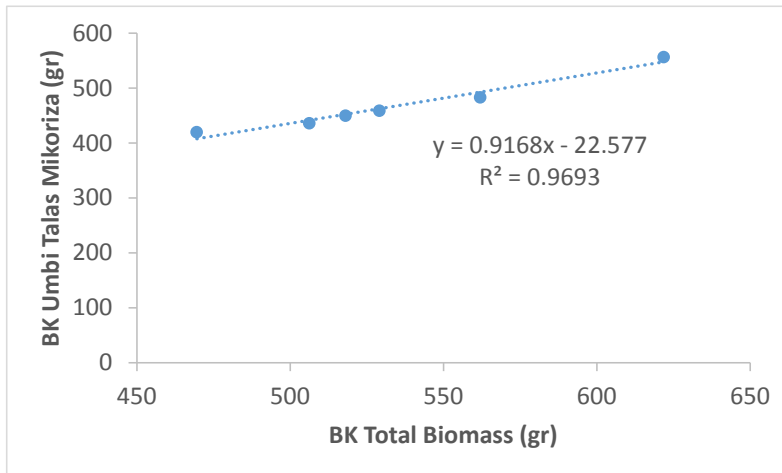


Gambar 3. Efisiensi pembentukan umbi jalar kuningFak-Fak tanpa pupuk mikoriza

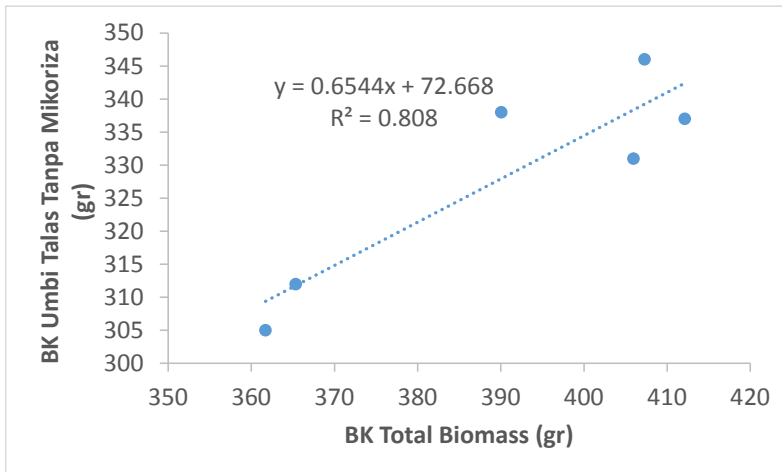
Pada komoditas talas, nilai intersep dari efisiensi pembentukan umbi dengan perlakuan pupuk mikoriza sebesar 0,9168 ($R^2 = 0,9693$) yang dapat dilihat pada Gambar 4 dan 0,6544 ($R^2 = 0,808$) tanpa perlakuan mikoriza yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Sedangkan indeks umbi talas pada perlakuan mikoriza adalah 0,87 dan 0,84 tanpa perlakuan mikoriza. Dengan demikian, perlakuan pupuk mikoriza memberikan peningkatan terbentuknya umbi sebesar **14,43%**. Sehingga, perlakuan pupuk mikoriza tersebut bermanfaat untuk digunakan untuk mengatasi kondisi kekeringan yang parah.

Produksi umbi talas secara keseluruhan mengalami penurunan mencapai **19%** jika dibandingkan dari produksi umbi talas pada Kabupaten Sorong Selatan dan Manokwari. Hal tersebut karena parahnya kondisi kekeringan di daerah demplot.

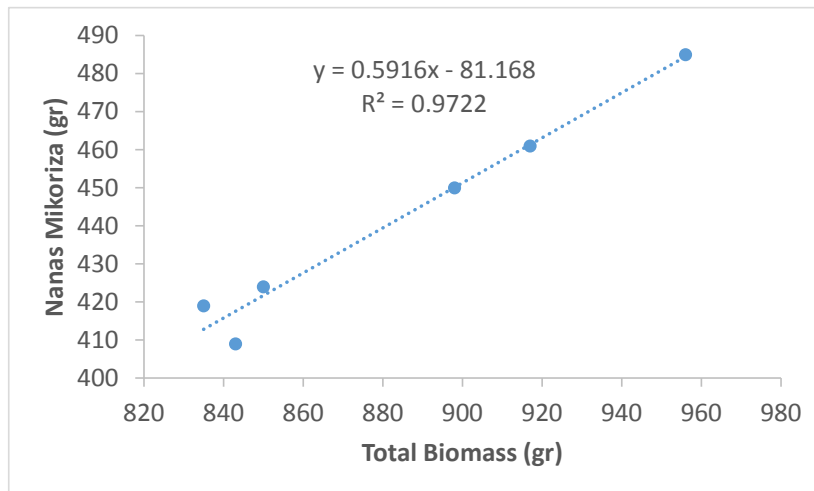


Gambar 4. Efisiensi pembentukan umbi talas Fak-Fak dengan pupuk mikoriza

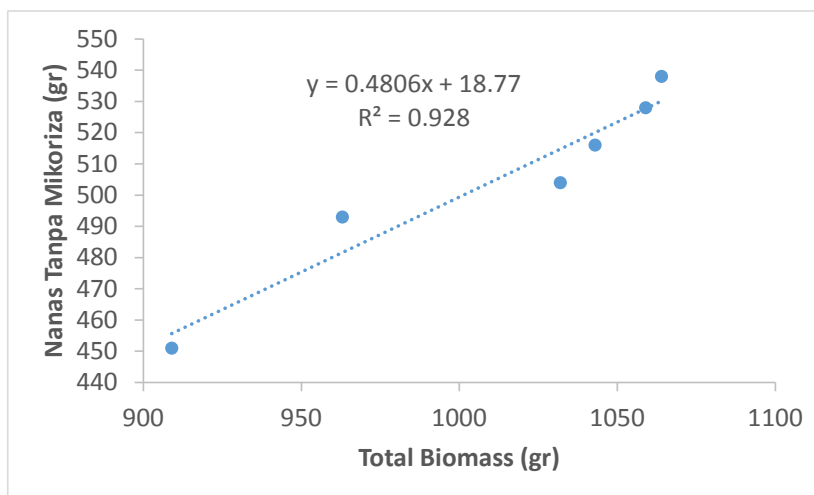


Gambar 5. Efisiensi pembentukan umbi talas Fak-Fak tanpa pupuk mikoriza

Produksi nanas lokal dengan perlakuan mikoriza menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,9722 (Gambar 6) dan 0,9280 tanpa perlakuan mikoriza (Gambar 7). Dengan perhitungan didapatkan bahwa terjadi peningkatan berat nanas sebesar **14,43%**. Sehingga, perlakuan pupuk mikoriza ini dapat digunakan untuk mengatasi kekeringan yang terjadi di Fak-Fak. Namun secara keseluruhan, produksi nanas juga mengalami penurunan mencapai **70%** jika dibandingkan pada Kabupaten lainnya.



Gambar 6. Produksi nanas Fak-Fak dengan mikoriza



Gambar 7. Produksi nanas Fak-Fak tanpa mikoriza

Pada Tabel 2 disajikan analisa kelayakan uji coba produksi yang menunjukkan hasil analisis kelayakan dengan perlakuan mikoriza dengan nilai B/C Ratio pada uji coba produksi di Kabupaten Fak-fak sebesar 1,78 yang artinya setiap Rp 1,00 biaya produksi yang dikeluarkan maka akan menyebabkan penambahan penerimaan sebesar Rp 1,78. Dengan demikian uji coba produksi di Kabupaten Fak-fak **layak** untuk dikembangkan lebih lanjut dan introduksi penggunaan mikoriza pada lahan usaha tani layak untuk dikembangkan lebih lanjut.

Tabel 2. Analisis pendapatan dan kelayakan ekonomi uji coba produksi di Kab. Fak-Fak

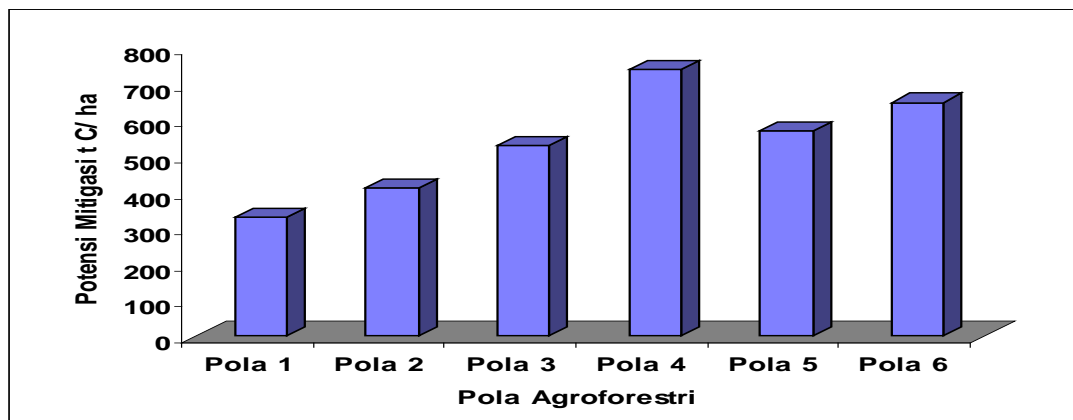
Komponen	Dengan Perlakuan Mikoriza	Tanpa Perlakuan Mikoriza
Penerimaan (Rp/MT)	3.970.752,-	3.021.920,-
Biaya (Rp/MT)	2.240.000,-	1.490.000,-
Pendapatan (Rp/MT)	1.730.752,-	1.531.920,-
B/C	1,78	2,03

C. Potensi Karbon dan Manfaat Ekonomi

Evaluasi potensi karbon untuk setiap jenis tanaman semusim wilayah studi dapat dilihat bahwa potensi karbon tertinggi sampai terendah setiap jenis tanaman pangan. Adapun potensi karbon tertinggi untuk jenis tanaman pangan adalah umbi jalar sebesar 173,4 kg C/ 180 m² dan diikuti oleh talas (47,7 kg C/ 180 m²) dan nanas (17,3 kg C/ 180 m²).

Pola agroforestri (Tabel 3) yang dikembangkan di Kabupaten Fak-Fak masih dalam tahap monokultur dan pola sederhana. Tanaman monokultur yang dikembangkan adalah jati mas (pola 1) dengan pengembangan pola sederhana (pola 2 & 3) ditambah dengan diversifikasi jenis yang akan dikembangkan (pola 4 – 6). Adapun potensi mitigasi dari pola-pola agroforestri tersebut dapat dilihat pada Gambar 8. Potensi mitigasi tertinggi pada pola 4 dengan rotasi tanaman selama 40 tahun dan terendah pada pola 1 dengan sistem monokultur. Sedangkan potensi mitigasi diantaranya adalah pengembangan pola agroforestri sederhana dan kompleks dengan sistem rotasi yang diasumsikan 15 tahun.

Biaya awal pembangunan selama rotasi untuk pola agroforestri kompleks (pola 4 – 7) lebih tinggi jika dibandingkan dengan sistem sederhana dan monokultur (Tabel 3). Sedangkan pendapatan tertinggi juga diperoleh dari pengembangan sistem kompleks dengan diversifikasi jenis tanaman buah-buahan dan terendah pada sistem monokultur.



Gambar 8. Potensi mitigasi karbon dari 6 pola agroforestri Fak-Fak

Tabel 3. Pola dan parameter ekonomi pola agroforestri di Kabupaten Fak-Fak

No	Pola Agroforestri	Initial Cost	Life Cycle Cost	NPV Benefit
		\$/ ha	\$/ ha	\$/ ha
1.	Jati	184	731	1.858
2.	Jati – Durian, Pala	184	731	10.467
3.	Jati – Durian, Pala, Sukun, Matoa – Kacang Hijau, Petsai, Jagung	364	969	33.296
4.	Merbau – Durian, Pala, Matoa – Kacang Tanah, Kacang Panjang, Jagung	264	814	39.079
5.	Jati, Merbau – Durian, Pala, Masohi, Matoa, Cacao –	382	988	33.408

No	Pola Agroforestri	Initial Cost	Life Cycle Cost	NPV Benefit
		\$/ ha	\$/ ha	\$/ ha
	Kacang Tanah, Kacang Hijau, Petsai, Jagung			
6.	Jati, Merbau – Durian, Rambutan, Pala, Matoa, Masohi – Kacang Tanah, Kacang Hijau, Petsai, Kacang Panjang, Jagung	403	1.010	34.577

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Uji coba produksi berdasarkan skenario yang dikembangkan dengan pembuatan demonstrasi plot (demplot) sampling pada Kabupaten Fak-Fak dengan ukuran 1,5 m x 20 meter sebanyak 6 bedeng. Jenis-jenis tanaman semusim lebih difokuskan pada umbi jalar kuning, talas (tanaman pangan lokal) dan nanas menunjukkan:

1. Penggunaan mikoriza mampu resiko pertanian akibat iklim ekstrim yakni meningkatkan produksi umbi jalar kuning sebesar 22,69%, umbi talas sebesar 14,43%, dan nanas berkisar 14,43% dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Namun peningkatan produksi tersebut masih dibawah produksi dari Kabupaten lainnya. Penurunan produksi berkisar dari 19% pada umbi-umbian dan 70% pada nanas. Hal ini disebabkan fenomena El Niño yang kuat pada tahun ini dengan dampak kekeringan terparah di Kabupaten Fak-Fak.
2. Analisis kelayakan uji coba produksi menunjukkan pada perlakuan mikoriza nilai B/C ratio sebesar 1,78 yang berarti layak dikembangkan untuk skala produksi.
3. Potensi karbon untuk jasa lingkungan pada jenis tanaman pangan berkisar dari 17,3 – 173,4 kg C/ 180 m² dengan potensi tertinggi pada umbi jalar kuning. Sedangkan potensi karbon tertinggi untuk pola agroforestri kompleks mencapai 800 tC/ha. Demikian juga, keuntungan tertinggi berkorelasi dengan intensifikasi lahan dan kompleksitas agroforestrinya yang mencapai 34.577 US\$ berdasarkan daur tanaman kehutanan.

B. Saran

Diperlukan adanya uji lanjut mengenai kualitas tekstur dan kandungan gula pada umbi-umbian dan nanas untuk kelayakan hasil tanaman pangan lokal yang akan dipersiapkan untuk skala produksi dan pengujian produksi pada kondisi ekstrim basah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada Kemenristekdikti melalui hibah penelitian dari skema MP3EI dengan fokus pertanian pangan dalam koridor Papua –

Kepulauan Maluku dengan topik kegiatan, "Model Intensifikasi Umbi-Umbian Lokal untuk Menjamin Ketersediaan Pangan pada Kondisi Cuaca Ekstrem di Papua Barat".

DAFTAR PUSTAKA

- Asian Development Bank, 2011. *Food security and climate change in the Pacific*. ISBN 978-92-9092-394-7, Philippines, 85 pp.
- BMKG, 2015. Peta Monitoring Hari Tanpa Hujan Wilayah Indonesia. http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Informasi_Iklim/Informasi_Hari_Tanpa_Hujan.bmkg. Diakses pada tgl 15 Oktober 2015.
- Boer, R., A. Buono, Sumaryanto, E. Surmaini, A. Rakhman, W. Estiningtyas, K. Kartikasari, and Fitriyani. 2009b. Agriculture Sector. *Technical Report on Vulnerability and Adaptation Assessment to Climate Change for Indonesia's Second National Communication*. Ministry of Environment and United Nations Development Programme, Jakarta.
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H. and Baumgardner, G.A., 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111:1-11.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Foster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riera, B. and Yamakura, T., 2005: Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145: 87-99.
- Diniyati, D., Acmad, B., dan Santoso, HB., 2013. Analisis Finansial *Agroforestry* Sengon di Kabupaten Ciamis (Studi Kasus di desa Ciomas Kecamatan Panjalu). *Jurnal Penelitian Agroforestry*. Vol 1. No 1, Agustus. Hal 13 – 30.
- Hairiah K, Sulistyani H, Suprayogo D, Widiyanto, Purnomosidhi P, Widodo R H, and Van Noordwijk M, 2006. Litter layer residence time in forest and coffee agroforestry systems in Sumberjaya, West Lampung. *Forest Ecology and Management* 224: 45-57.
- Hairiah, K., Kurniawan, S., Sari, R.R., and Nina, D.L., 2010. *Agroforestri*, Panduan Praktikum Lapangan. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, 31 pp.
- IPCC: *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland. 104 pp, 2007.
- Kumalawati, Z., Musa, Y., Amin, N., Asrul, L., and Ridwan, I., 2014. Exploration of arbuscular mycorrhizal fungi from sugarcane rhizosphere in South Sulawesi. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 3 (1): 201-203.
- Las, I., H. Syahbuddin, E. Surmaini, A M. Fagi., 2008. Iklim dan Tanaman Padi.: Tantangan dan Peluang dalam : Buku *Padi: Inovasi Teknologi dan Ketahanan Pangan*. BB Padi.
- Mayerni, R. dan Hervani. D., 2008. *Pengaruh Jamur Mikoriza Arbuskula Terhadap Pertumbuhan Tanaman Selasih (Ocimum sanctum L)*. Fakultas Pertanian, Universitas Andalas.
- Michon, G., Mary, F., and Bompard, J., 1986. Multistoried agroforestry garden system in West Sumatra, Indonesia. *Agroforestry Systems* 4: 315-338.
- Musfal, 2010. Potensi cendawan mikoriza arbuskula untuk meningkatkan hasil tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29 (4): 154-158.

- Sathaye, J., Makundi, W., and Andrasko, K., 1995. A comprehensive mitigation assessment process (COMAP) for the evaluation of forestry mitigation options. *Biomass & Bioenergy*, 8 (5): 345-356.
- Utami, S.R., Verbist, B., van Noordwijk, M., Hairiah, K., dan Sardjono, M.A., 2003. *Prospek penelitian dan pengembangan agroforestri di Indonesia*. Bahan Ajaran Agroforestry, ICRAF, Bogor, 32 hal.
- van Straaten O., Veldkamp, E. and Anas, L., 2010. Spatial and temporal effects of drought on soil CO₂ efflux in a cacao agroforestry system in Sulawesi, Indonesia. *Biogeosciences* 7: 1223-1235.
- Wahyunto, A.A., 2005. Kriteria Biofisik Dalam Penetapan Lahan Sawah Abadi Di Pulau Jawa. *Jurnal Litbang Pertanian*, 24 (4) hal 131-135.
- Winrock International Institute, 1997. *A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects*. Forest Carbon Monitoring Program, Winrock International Institute for Agricultural Development. 91 pp.