

SISTEM PENGELOLAAN TANAH PADA LAHAN KERING BERIKLIM KERING



**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN**

2013

SISTEM PENGELOLAAN TANAH PADA LAHAN KERING BERIKLIM KERING

SISTEM PENGELOLAAN TANAH PADA LAHAN KERING BERIKLIM KERING

Penyusun:

Ai Dariah
I G.M. Subiksa
Sutono



**Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Kementerian Pertanian
2013**

Cetakan 2013

Hak cipta dilindungi undang-undang
© Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2013

Katalog dalam terbitan

DARIAH, AI

Sistem pengelolaan tanah pada lahan kering beriklim kering/
Penyusun, Ai Dariah, I.G.M Subiksa, dan Sutono; Penyunting, Neneng
L. Nurida dan Joko Purnomo.--Jakarta: IAARD Press, 2013.

vii, 63 hlm.: ill.; 21 cm

631.6.02

1. Pengelolaan tanah 2. Lahan kering 3. Iklim kering

I. Judul II. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

ISBN 978-602-1520-69-7

Redaksi Pelaksana dan Tata Letak:
Sri Erita Aprillani
Moch. Iskandar

IAARD Press

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta 12540
Telp. +62 21 7806202, Faks.: +62 21 7800644

Alamat Redaksi:

Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
Jalan Ir. H. Juanda No. 20, Bogor 16122
Telp. +62-251-8321746. Faks. +62-251-8326561
e-mail: iaardpress@litbang.deptan.go.id

KATA PENGANTAR

Lahan kering beriklim kering merupakan agroekosistem yang mempunyai arti penting dalam pembangunan pertanian. Dengan proporsi luasan $< 10\%$ dari total luas lahan kering di Indonesia, lahan kering beriklim kering (LKIK) di NTT telah mampu berkontribusi dalam menghasilkan produk pangan utama. Provinsi NTT menempati peringkat ke enam pada tingkat nasional sebagai penghasil jagung. Peluang peningkatan produksi masih terbuka, karena rata-rata produktivitas aktual yang dicapai masih jauh di bawah potensinya. Optimalisasi LKIK dilakukan dengan menanggulangi faktor pembatas utama, yaitu penyediaan air, namun aspek lainnya seperti konservasi tanah, pengelolaan hara, dan pemulihan kualitas tanah juga harus diprioritaskan.

Buku ini menguraikan karakteristik, potensi, dan kendala LKIK untuk pengembangan pertanian. Pokok bahasan meliputi aspek inovasi teknologi dan rekomendasi teknologi pengelolaan tanah. Penyusunan rekomendasi teknologi pengelolaan tanah didasarkan pada data dan informasi yang dihasilkan dari kegiatan penelitian Sistem Pengelolaan Tanah untuk Mendukung Sistem Pertanian Terpadu LKIK di Nusa Tenggara. Buku ini diharapkan menjadi salah satu referensi dalam pengembangan sistem pertanian pada LKIK, khususnya dalam aspek pengelolaan tanah.

Terima kasih disampaikan kepada Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian yang telah memfasilitasi diterbitkannya buku ini serta kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat dan saran konstruktif sangat diharapkan.

Bogor, Desember 2013
Kepala Balai,



JP

Dr. Ir. Ali Jamil, MP
NIP. 19650830 199803 1 001

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
II. POTENSI DAN KARAKTERISTIK LAHAN KERING BERIKLIM KERING	4
2.1. Potensi lahan kering beriklim kering	4
2.2. Karakteristik lahan kering beriklim kering	6
2.2.1. Kondisi iklim	6
2.2.2. Karakteristik tanah	8
2.2.3. Potensi erosi dan <i>Tolerable Soil Loss</i>	15
2.2.4. Kearifan lokal teknik konservasi tanah	16
III. INOVASI TEKNOLOGI DAN REKOMENDASI PENGELOLAAN TANAH PADA LAHAN KERING BERIKLIM KERING	21
3.1. Inovasi teknologi konservasi tanah	22
3.2. Inovasi teknologi pengelolaan bahan organik	33
3.3. Inovasi teknologi pemupukan	42
3.3.1. Pemupukan berimbang	42
3.3.2. Rekomendasi pemupukan LKIK (Kasus NTT dan NTB)	47
IV. PENUTUP	55
DAFTAR PUSTAKA	58

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
1	Luas lahan kering beriklim kering dibandingkan lahan kering masam berdasarkan pulau/kepulauan di Indonesia	4
2	Lahan potensial untuk pertanian tanaman pangan dan lahan potensial indikatif untuk perluasan pertanian tanaman pangan di wilayah beriklim kering	5
3	Pola curah hujan di Nusa Tenggara Timur	7
4	Sifat fisik dan kimia tanah dari beberapa lokasi lahan kering beriklim kering di NTT	11
5	Sifat fisik dan kimia tanah pada LKIK di beberapa lokasi di Desa Motong, Kec. Utan, Kab. Sumbawa, NTB.....	13
6	Sifat fisik tanah pada beberapa areal lahan kering iklim kering di NTT	15
7	Pengaruh penggunaan <i>biochar</i> terhadap perbaikan sifat fisik tanah	35
8	Serapan hara makro oleh beberapa jenis tanaman pangan dan hortikultura	44
9	Status hara tanah lapisan atas yang mewakili beberapa lokasi pilot SPT-LKIK di NTT berdasarkan hasil analisis tanah di laboratorium	49
10	Status hara tanah KP. Naibonat, Nusa Tenggara Timur berdasarkan pengujian dengan menggunakan PUTK ..	49
11	Status hara tanah di desa Motong, NTB menggunakan PUTK	50
12	Dosis rekomendasi pemupukan N, P, dan K untuk jagung hibrida dan komposit di lokasi kebun percobaan Naibonat.....	52
13	Dosis rekomendasi pemupukan N, P, dan K untuk jagung hibrida, jagung komposit dan kedelai di lokasi penelitian Desa Motong, Sumbawa NTB	53

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
1	Penyebaran curah hujan pada lahan kering beriklim kering dengan tipe curah hujan D, E, dan F	7
2	Pola curah hujan di KP. Naibonat, Kabupaten Kupang, NTT (berdasarkan rata-rata curah hujan bulanan tahun 2000-2009)	8
3	Kondisi batuan di permukaan tanah pada lahan kering iklim kering di Oebola, Kupang, NTT dan di Puncak Jringo, Lombok Timur, NTB	9
4	Profil tanah Mollisols di Desa Oebola, Kabupaten Kupang, NTT	12
5	Batuan digunakan untuk memperkuat bedengan tanaman oleh petani di Desa Oebola, Kupang, NTT (kearifan lokal ini diberi nama <i>tabatan watu</i>)	17
6	Batuan disusun membentuk teras pada lahan kering iklim kering di Puncak Jringo, Lombok Timur, NTB	18
7	<i>Kebekolo</i> , kearifan lokal di bidang konservasi tanah yang berkembang pada petani di wilayah lahan kering iklim kering di NTT, khususnya di Ende dan Maumere	19
8	Petak Pengujian efektivitas <i>tabatan watu</i> dan <i>kebekolo</i> dalam mencegah erosi di Desa Oebola, Kec. Fatuleu, Kab. Kupang, NTT	22
9	<i>Efektivitas tabatan watu</i> dan <i>kebekolo</i> dalam menekan erosi (berdasarkan hasil 30 kejadian pada puncak musim hujan pada lahan kering iklim di Oebola, Kec. Fatuleu, Kab. Kupang, NTT	23
10	Tanaman rumput raja ditanam sebagai penguat <i>kebekolo</i> dan <i>tabatan watu</i>	24

No.	Judul	Halaman
11	<i>Tabatan watu</i> yang telah dibuat mengikuti garis kontur di Desa Oebola, Kec. Fatuleu, Kab. Kupang, NTT	25
12	Membuat titik beda tinggi menggunakan selang berisi air	28
13	Segi tiga sama sisi untuk membuat garis kontur memotong lereng	28
14	Menentukan garis sama tinggi menggunakan selang berisi air	29
15	Proses pembuatan teras batu	31
16	Guludan batu yang mulai terbentuk	31
17	Penanaman penguat teras	32
18	Dampak penggunaan <i>biochar</i> terhadap produktivitas tanaman jagung pada lahan kering beriklim kering di Oebola, Kupang, NTT	34
19	KILN alat untuk membuat <i>biochar</i> dan kegiatan pembuatan <i>biochar</i> dari biomas limbah pertanian dan pakan ternak (tongkol jagung dan ranting atau dahan pangkasan pohon legum) oleh petani di Oebola Kupang	38
20	Proses pembuatan <i>biochar</i> secara sangat sederhana (dengan sistem pembakaran terbuka)	40
21	Praktek formulasi pembenah tanah berbahan baku <i>biochar</i> dan kompos pukan yang dilakukan petani di lahan kering iklim kering di NTT	41
22	Ilustrasi interaksi faktor-faktor penentu produktivitas tanaman.....	42
23	Ilustrasi faktor pembatas utama peningkatan produktivitas lahan sesuai hukum minimum Leibig	43

No.	Judul	Halaman
24	Kotoran ternak sapi sebagai sumber bahan organik yang potensial, dan tanaman kacang gude sebagai tanaman penambat N	51
25	Cara aplikasi pupuk organik atau pembenah tanah dalam larikan	54

I. PENDAHULUAN

Tuntutan pemanfaatan lahan untuk berbagai sektor (termasuk sektor pertanian) semakin besar. Disisi lain Indonesia didesak untuk tidak membuka lahan pertanian baru dari lahan yang bervegetasi hutan atau lahan gambut (Wahyunto dan Dariah 2013), oleh karena itu optimalisasi lahan pertanian eksisting harus menjadi prioritas. Salah satu agroekosistem yang berpeluang untuk ditingkatkan produktivitasnya adalah lahan kering beriklim kering, karena rata-rata tingkat produktivitas yang dicapai masih jauh di bawah potensinya.

Lahan kering beriklim kering (LKIK) adalah ekosistem yang tidak pernah tergenang atau digenangi air pada sebagian besar waktu dalam setahun atau sepanjang waktu (Hidayat dan Mulyani 2005), dan berada pada wilayah dengan total hujan tahunan < 2.000 mm/th, dengan rata-rata bulan kering > 7 bulan (Balitklimat *dalam* Mulyani 2013). Dengan faktor pembatas utama ketersediaan air, LKIK digolongkan sebagai lahan suboptimal. Pengaturan masa dan pola tanam, serta penyediaan air permukaan pada musim kemarau merupakan titik ungit untuk pengembangan pertanian pada LKIK (Mulyani 2013; Kartiwa dan Dariah 2012).

Pada beberapa wilayah LKIK misalnya di Nusa Tenggara Timur, hujan hanya terjadi dalam jangka waktu kurang dari 2 bulan (Balitklimat 2004), sehingga berdampak pada musim tanam yang sangat pendek jika hanya menggantungkan pada musim hujan saja. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan masukan inovasi teknologi pengelolaan air, agar air yang seringkali berlebih pada musim hujan, masih dapat dimanfaatkan pada musim kemarau. Salah satu inovasi yang bisa dilakukan adalah dengan menerapkan inovasi teknologi panen air dan peningkatan efisiensi penggunaan air. Konservasi air tidak bisa dipisahkan dari

konservasi tanah (Subagyono *et al.* 2004; Kartiwa dan Dariah 2012), oleh karena itu dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air, aspek konservasi tanah tidak boleh diabaikan. Aplikasi teknologi konservasi tanah dan konservasi air pada LKIK juga sangat berperan dalam menanggulangi proses degradasi lahan, terutama yang disebabkan oleh erosi. Pada LKIK meskipun curah hujan tahunan tergolong rendah, namun potensi bahaya erosi di wilayah ini tetap tinggi, karena curah hujan yang terjadi dalam waktu singkat berpotensi menghasilkan curah hujan dengan intensitas tinggi (Abdurachman *et al.* 2008; Wahyunto dan Shofiyati 2012, Dariah *et al.* 2013a).

Kesuburan tanah di LKIK pada umumnya relatif lebih baik dibanding lahan kering beriklim basah, namun produktivitas lahan tidak akan bisa optimal jika aspek pengelolaan hara dan pemupukan tidak diperhatikan. Teknologi pemupukan berimbang spesifik untuk LKIK perlu diformulasikan agar produktivitas lahan bisa optimal dan berkelanjutan, serta terhindar dari bahaya pengurasan hara.

Kahat bahan organik merupakan permasalahan yang sering ditemukan pada lahan kering termasuk di wilayah beriklim kering. Pengelolaan bahan organik merupakan faktor yang menentukan keberhasilan pengelolaan LKIK. Bahan organik yang mudah lapuk berupa sisa tanaman maupun pupuk kandang dapat digunakan sebagai bahan kompos, sedangkan bahan organik dari limbah pertanian yang sulit lapuk dapat dikonversi menjadi arang (*biochar*) atau dimanfaatkan sebagai mulsa.

Program peningkatan produktivitas lahan pertanian di LKIK telah banyak dilakukan, namun tingkat adopsinya masih rendah, akibatnya sebagian besar petani masih melakukan sistem usaha tani yang bersifat subsisten (Seran 2013). Pengembangan teknologi yang berbasis kearifan lokal merupakan salah satu

pilihan yang bisa ditempuh untuk mempermudah adopsi inovasi teknologi karena petani sudah lebih mengenal dan lebih mengerti azas manfaatnya (Suradisastra dan Dariah 2012; Dariah *et al.* 2013a). Untuk meningkatkan efektivitasnya, teknologi yang berbasis kearifan lokal umumnya masih memerlukan penyempurnaan.

Buku ini menguraikan karakteristik LKIK, antara lain potensi dan kendalanya untuk pengembangan pertanian, inovasi teknologi dan rekomendasi pengelolaan tanah spesifik LKIK (khususnya teknik konservasi tanah, pemupukan berimbang, serta pemanfaatan bahan organik untuk pemulihan kualitas tanah). Informasi dan rekomendasi teknologi pengelolaan tanah disusun berdasarkan pembelajaran dan hasil kegiatan penelitian sistem pengelolaan tanah mendukung sistem pertanian terpadu lahan kering iklim kering yang dilakukan di Nusa Tenggara Timur (NTT) dan Nusa Tenggara Barat (NTB).

II. POTENSI DAN KARAKTERISTIK LAHAN KERING BERIKLIM KERING

2.1. Potensi lahan kering beriklim kering

Total luas LKIK adalah 13,3 juta ha utamanya tersebar di Kalimantan (khususnya Kamimantan Timur), Jawa (khususnya Jawa Timur), sebagian Sulawesi, Maluku dan Maluku Utara, Papua dan Papua Barat, Sumatera, Bali, NTT dan NTB (Tabel 1). Lahan kering beriklim kering terluas terdapat di Kepulauan Nusa Tenggara, sedangkan provinsi dengan proporsi wilayah beriklim kering tertinggi adalah NTT yaitu sekitar 3,3 juta ha (71,7% dari total luas wilayah NTT) (Mulyani, 2013).

Tabel 1. Luas lahan kering beriklim kering dibandingkan lahan kering masam berdasarkan pulau/kepulauan di Indonesia

Pulau	Lahan kering masam	Lahan kering iklim kering
	-----	ha-----
Sumatera	28.434.565	197.913
Jawa	8.470.403	3.261.130
Bali dan Nusa Tenggara	220.220	4.581.331
Kalimantan	41.326.323	131.774
Sulawesi	9.320.122	3.726.195
Maluku dan Maluku Utara	3.660.947	1.027.827
Papua dan Papua Barat	17.343.250	345.924
Indonesia	108.775.830	13.272.094

Sumber: Mulyani dan Sarwani 2013

Lahan kering beriklim kering yang berpotensi untuk pengembangan pertanian adalah 7,8 juta ha (Mulyani dan Sarwani 2013). Lebih spesifik Sukarman *et al.* (2012) menyatakan bahwa luas lahan kering beriklim kering yang sesuai untuk pengembangan tanaman pangan adalah sekitar 2,23 juta ha

yang tersebar 886.000 ha di Pulau Jawa (khususnya Jawa Timur), 219.000 ha di Sulawesi, dan 1.122 ha di Nusa Tenggara (Tabel 2).

Tabel 2. Lahan potensial untuk pertanian tanaman pangan dan lahan potensial indikatif untuk perluasan pertanian tanaman pangan di wilayah beriklim kering

Pulau/kepulauan	Lahan potensial	Lahan potensial indikatif untuk perluasan areal
	----- ha -----	
Sumatera	-	-
Jawa	886.000	26.394
Kalimantan	219.000	-
Sulawesi	-	93.417
Bali	-	-
Nusa Tenggara	1.122	137.659
Maluku	-	-
Papua	-	-
Jumlah	2.227.000	257.470

Sumber: Sukarman *et al.*(2012)

Pemanfaatan LKIK khususnya untuk pengembangan tanaman pangan masih belum optimal. Proporsi lahan pertanian pangan di NTT sekitar 18,7% (sekitar 853 ribu ha), sehingga sulit untuk bisa menopang kebutuhan pangan seluruh penduduk NTT yang telah mencapai 4.619.700 jiwa. Kebutuhan pangan di provinsi ini sangat tergantung pada lahan kering, karena luas lahan sawah hanya sekitar 116 ribu ha (2,52%). Berdasarkan data penggunaan lahan aktual dan peta arahan penggunaan lahan, di Provinsi NTT masih tersedia lahan sekitar 820.000 ha yang potensial untuk pengembangan lahan kering tanaman semusim dan tahunan (BPS, 2008 dan Mulyani 2013). Sebagian areal yang cocok untuk pengembangan pertanian saat ini berada dalam

kondisi terlantar. Berdasarkan data BPS (2008) luas lahan yang dalam kondisi tidak diusahakan (semak belukar) di NTT sekitar 732 ribu ha (16% dari total luas NTT).

Selain pemanfaatan lahan yang belum optimal, rata-rata produktivitas tanaman yang dicapai pada LKIK juga masih tergolong rendah. Rata-rata produksi jagung mencapai 2,3 t/ha, sementara rata-rata produksi nasional sekitar 3,5 t/ha (BPS Provinsi NTT 2010). Tingkat produksi jagung pada LKIK di NTT bisa ditingkatkan menjadi lebih dari 3,5 t/ha, karena pada skala percobaan tingkat produksi bisa mencapai >5 t/ha (Seran 2013, Nurida dan Dariah 2013; Dariah *et al.* 2013b; Bunga *et al.* 2013; BBSDLP 2013).

2.2. Karakteristik lahan kering beriklim kering

2.2.1. Kondisi iklim

Beberapa wilayah lahan kering, misal sebagian wilayah di NTT (dengan luas sekitar 1 juta ha) mempunyai iklim sangat kering (semi arid) dengan curah hujan <1000 mm/th, bulan basah ≤ 2 bulan, dan bulan kering 7-10 bulan (Tabel 3). Menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson (Puslitbangtanak *dalam* Wahyunto dan Shofiyati 2012), curah hujan di wilayah beriklim kering termasuk tipe D, E dan F, sedangkan di wilayah beriklim basah termasuk dalam tipe A, B dan C.

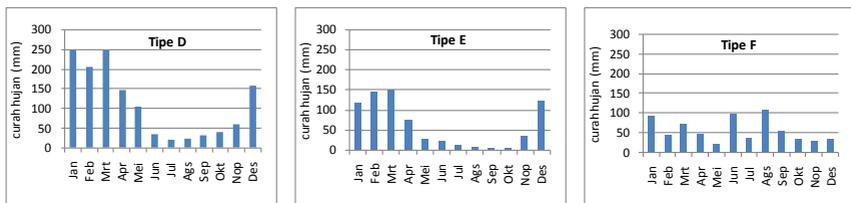
Berdasarkan pola penyebaran curah hujan, sebagian besar lahan kering iklim kering hanya bisa ditanami tanaman pangan satu kali musim tanam (Gambar 1). Aplikasi teknik panen air dan irigasi suplemen dapat meningkatkan indek pertanaman (IP). Pada daerah dengan curah hujan yang relatif tinggi seperti di Naibonat, Kabupaten Kupang (curah hujan termasuk tipe D, Gambar 2), penanaman bisa dilakukan dua musim tanam. Misalnya jagung-kacang hijau jika tidak disertai irigasi suplemen, pilihan kacang

hijau pada MT 2 dianggap tepat karena berumur pendek. Lahan LKIK bisa diusahakan menjadi 3 musim tanam (jagung-jagung-kacang hijau) jika disertai irigasi suplemen, diantaranya yang bersumber dari embung (Mulyani 2013; Kartiwa dan Dariah 2012).

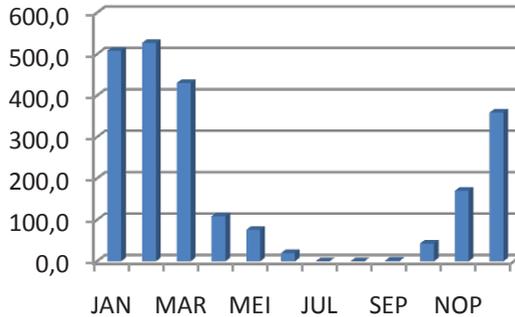
Tabel 3. Pola curah hujan di Nusa Tenggara Timur

Tipe iklim	Curah hujan tahunan (mm)	Bulan kering (<100 mm)	Bulan basah (>200 mm)	Total area (ha)
Iklim kering	<1000	7-10	≤2	644.040
Iklim kering	<1000	8-12	0	-
Iklim kering	<1000	8-9	≤2	409.412
Iklim kering	1000-2000	5-8	≤4	2.316.822
Iklim kering	1000-2000	≤4	≤4	-
Iklim kering	1000-2000	≤5	≤5	954.363
Iklim basah	2000-3000	≤6	≤6	140.840
Iklim basah	2000-3000	≤4	5-6	-
Iklim basah	2000-3000	≤4	6-8	48.788
Iklim basah	3000-4000	≤2	7-9	47.944

Sumber: Balitklimat dalam Mulyani, 2013



Gambar 1. Penyebaran curah hujan pada lahan kering beriklim kering dengan tipe curah hujan D, E, dan F (Sumber: Wahyunto dan Shofiyati 2012)



Gambar 2. Pola curah hujan di KP. Naibonat, Kabupaten Kupang, NTT (berdasarkan rata-rata curah hujan bulanan tahun 2000-2009)

2.2.2. Karakteristik tanah

Pada daerah beriklim kering banyak ditemukan ordo tanah Alfisols, Vertisols, Molisols, dan Inceptisols. Tanah tersebut berkembang dari berbagai bahan induk, yaitu aluvium, batu kapur, batu karang, sedimen, sedimen kapur, dan vulkanik. Berdasarkan kondisi biofisik, lahan kering beriklim kering umumnya digolongkan sesuai marginal untuk pengembangan pertanian tanaman pangan, karena secara umum tanahnya bersolum dangkal, berbatu dan/atau mempunyai lereng relatif curam. Pada wilayah beriklim kering proses pembentukan tanah relatif lambat, sehingga banyak ditemukan tanah bersolum dangkal (Wahyunto dan Shofiyati 2012; Mulyani 2013; Dariah *et al.* 2013a).

Persen batuan di permukaan relatif tinggi, sehingga sering menjadi penghambat fisik pemanfaatan lahan untuk pertanian. Selain menyulitkan pengolahan lahan, areal yang dapat diolah menjadi lebih sempit, serta mempersulit pengaturan jarak tanam. Di beberapa areal lahan kering seperti di Oebola, Kupang, NTT

jenis batuan yang banyak menyebar di permukaan tanah adalah batuan gamping atau batu kapur (Gambar 3). Penanggulangan batuan seperti ini relatif mudah, karena ukurannya relatif kecil dan lebih mudah dipecah. Lain halnya dengan jenis batuan basalt dengan ukuran besar dan sulit untuk dipecah, seperti yang ditemukan pada lahan kering di Puncak Jringo, Kab. Lombok, NTB (Gambar 3).



Gambar 3. Kondisi batuan di permukaan tanah pada lahan kering iklim kering di Oebola, Kupang, NTT (kiri) dan di Puncak Jringo, Lombok Timur, NTB (kanan)

Tingkat kesuburan dan potensi produktivitas tanah di wilayah beriklim kering relatif lebih tinggi dibandingkan tanah-tanah di daerah beriklim basah, meskipun banyak ditemui kondisi tanah dangkal berbatu. Tanah dari beberapa lokasi di NTT menunjukkan bahwa karakteristik kimia tanah dipengaruhi oleh bahan induk yang mengandung batu kapur yang menyebabkan tanah bereaksi netral sampai agak alkalin (Tabel 4). Tanah-tanah di bagian lembah seperti kebun percobaan Naibonat didominasi oleh liat tipe 2:1 yang membawa sifat-sifat vertikal, yaitu mengembang saat basah, mengkerut dan merekah saat kering. Komplek jerapan tanah didominasi oleh kalsium dan dipastikan masih banyak kalsium karbonat bebas sehingga total kation basa-

basa lebih tinggi dibandingkan KTK. Potensi kandungan hara P dan K tergolong tinggi, namun hal ini tidak secara langsung menentukan ketersediaannya untuk tanaman. Hara fosfat memerlukan kelembapan tanah yang cukup karena pergerakannya lebih banyak melalui difusi. Karena Ca sangat dominan, potensi jerapan P oleh Ca termasuk tinggi. Untuk mengekstrak P yang sudah terjerap cukup lama, diperlukan bakteri pelarut P yang sudah banyak diformulasi dalam pupuk hayati. Sementara itu, hara kalium (K) ketersediaannya akan tergantung pada keseimbangan dengan hara Ca dan Mg. Karena kompleks jerapan tanah didominasi oleh Ca dan Mg, maka kemungkinan ketersediaan K akan tertekan atau menjadi subjek pencucian bila kelembapan (kadar air) tinggi. Hara sulfur (S) juga harus dimonitor karena akumulasi kalsium bisa menyebabkan defisiensi sulfur, terutama pada tanah-tanah di posisi lereng puncak atau tengah.

Jenis tanah lain yang juga ditemukan pada lahan kering iklim kering adalah tanah Molisols (Gambar 4) seperti yang ditemukan di Desa Oebola. Tanah ini dicirikan oleh kadar bahan organik yang tinggi pada tanah lapisan atas sampai lebih dari 40 cm. Mollisols tergolong tanah yang subur dan memiliki struktur tanah yang baik, sehingga bisa diusahakan untuk banyak jenis tanaman. Bila kelembapan tanah cukup, khususnya pada musim hujan, tanah ini tidak memerlukan *input* pupuk yang tinggi untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman yang optimal.

Pada LKIK juga ditemui tanah aluvial utamanya di daerah dataran banjir seperti di daerah desa Noelbaki. Tanah ini memiliki tekstur yang lebih kasar (lempung berdebu). Status hara P dan K tanah di daerah ini tergolong tinggi, status hara sekunder seperti Ca dan Mg juga tinggi, sedangkan kadar bahan organik tergolong rendah.

Tabel 4. Sifat fisik dan kimia tanah dari beberapa lokasi lahan kering beriklim kering di NTT

Parameter	KP-Naibonat (Udic Haplustert)		Noelbaki		Oebola (Typic Haplustols)	
	0-27	27-62	0-20	20-40	0-20	20-40
----- cm -----						
Tekstur:						
Pasir (%)	15	4	6	5	6	12
Debu (%)	33	37	22	18	41	23
Liat (%)	52	59	72	77	53	65
pH H ₂ O	7,5	7,7	7,1	6,8	7,4	7,1
pH KCl	6,7	6,8	6,3	5,7	6,2	7,0
Bahan Organik:						
C (%)	1,11	0,5	1,89	0,81	7,63	7,18
N (%)	0,09	0,05	0,14	0,06	0,21	0,22
C/N	12	10	14	14	36	33
Ekstrak HCl 25%:						
P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹)	129	128	58	35	89	25
K ₂ O (mg 100 g ⁻¹)	123	92	57	34	115	96
P ₂ O ₅ (Olsen) (ppm)	38	26	61	4	28	9
K ₂ O (Morgan) (ppm)	378	257	-	-	-	-
Nilai Tukar Kation						
Ca (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	48,89	50,52	45,96	34,73	57,31	57,45
Mg (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	2,43	3,6	5,6	2,72	5,12	5,88
K (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0,75	5,1	0,85	0,67	2,12	1,84
Na (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0,22	0,48	0,18	0,32	0,33	0,63
Jumlah (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	52,29	55,10	52,59	38,44	64,88	65,80
KTK (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	31,8	30,91	24,30	21,0	36,75	42,17
KB * (%)	100	100	100	100	100	100

Sumber data: BBSDLP (tidak dipublikasikan)



Gambar 4. Profil tanah Mollisols di Desa Oebola, Kabupaten Kupang, NTT

Lahan kering di NTB, khususnya di desa Motong, Kec. Utan, Kab. Sumbawa memiliki tekstur lebih kasar dibandingkan dengan tanah di NTT. Tanah didominasi oleh fraksi debu dan pasir sehingga tanahnya lebih porus dan mudah kehilangan air. Kadar bahan organiknya juga lebih rendah dibandingkan dengan tanah-tanah di NTT. Pengukuran menggunakan PUTK, kadar P potensial pada umumnya tinggi, namun berdasarkan hasil laboratorium P tersedia tergolong rendah. Hal ini disebabkan karena kandungan kalsium tinggi sehingga banyak P yang difiksasi oleh kalsium sehingga sulit tersedia bagi tanaman. Kejenuhan kalsium di beberapa tempat melebihi 100% sehingga bisa dipastikan dalam tanah masih banyak kalsium karbonat yang bebas.

Tanah yang diambil dari 3 lokasi di desa Motong memiliki KTK yang tergolong rendah (Tabel 5). Komplek jerapan didominasi oleh kalsium yang berasal dari kalsium karbonat yang

cukup tinggi di daerah tersebut. Kadar magnesium juga tergolong tinggi, sehingga akan mempengaruhi keseimbangan K, walaupun unsur hara ini masih tergolong tinggi. Bila cukup air, kemungkinan K akan mudah tercuci karena rasio $K/(Ca+Mg)$ sangat rendah. Di beberapa lokasi (Tabel 5) ditemukan kandungan Na yang cukup tinggi dan membahayakan perakaran tanaman, terutama bila kondisi tanah kering dalam jangka waktu yang lama. Namun bila kelembapan tanah di permukaan cukup, bahaya natrium bisa dihindari. Di lokasi desa Motong, telah tersedia air yang disalurkan melalui pipa dari lokasi celah bukit di atas lokasi pengembangan.

Tabel 5. Sifat fisik dan kimia tanah pada LKIK di beberapa lokasi di Desa Motong, Kec. Utan, Kab. Sumbawa, NTB.

Parameter	Lokasi I		Lokasi II		Lokasi III	
	0-30 cm	30-50 cm	0-10 cm	28-58 cm	0-20 cm	20-40 cm
Tekstur						
Pasir (%)	34	32	47	40	51	47
Debu (%)	39	42	40	36	38	28
Liat (%)	27	26	13	24	11	25
pH H ₂ O	6,7	7,0	6,7	6,7	6,9	7,0
pH KCl	5,7	5,7	5,5	5,3	5,7	5,6
Bahan Organik:						
C	2,25	1,22	1,61	1,24	1,58	1,11
N (%)	0,21	0,11	0,14	0,11	0,13	0,09
C/N	11	11	12	11	12	12
P2O5 (Olsen)	28	18	19	10	21	9
K2O (Morgan)						
Nilai Tukar Kation						
Ca (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	14,27	9,83	7,82	15,34	6,18	14,03
Mg (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	3,06	2,63	2,79	3,72	2,08	3,98
K (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	2,05	1,8	1,48	1,3	1,18	0,99
Na (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0,36	0,42	0,56	2,04	0,78	4,49
Jumlah (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	19,75	14,68	12,65	22,40	10,22	23,49
KTK (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	13,29	7,83	5,45	17,75	3,35	21,58
KB * (%)	100	100	100	100	100	100

Sumber data: BBSDLP (tidak dipublikasikan).

Tingkat kesuburan tanah LKIK di Desa Motong relatif lebih rendah dibandingkan dengan LKIK di NTT (Tabel 5). Jika keterbatasan air bisa diatasi, lahan di desa Motong ini bisa dikembangkan menjadi areal pertanian yang cukup potensial dengan menerapkan pengelolaan hara yang baik. Untuk meningkatkan produktivitas lahan, pupuk P, K, dan S mutlak diperlukan agar keseimbangan hara bisa diperbaiki. Pengelolaan bahan organik juga menjadi teknologi andalan untuk memperbaiki tingginya jerapan P dan meningkatkan kapasitas tukar kation, sehingga efisiensi pemupukan bisa ditingkatkan. Tanpa penambahan bahan organik, pemupukan yang dilakukan kemungkinan efisiensinya rendah karena banyak pupuk yang tercuci.

Kandungan bahan C organik yang tergolong tinggi didapat pada tanah Molisols di Oebola. Pada tanah lainnya rata-rata bahan organik <2%, merupakan indikasi proses degradasi lahan telah berjalan intensif. Pengelolaan bahan organik merupakan aspek yang perlu diperhatikan, karena degradasi bahan organik bisa berdampak buruk terhadap sifat fisik, kimia, maupun biologi tanah. Tanah dengan kadar bahan organik rendah umumnya mudah mengalami pemadatan, aerasi menjadi buruk dan kemampuan tanah memegang air menjadi menurun. Tanah di Oebola 1 masih dalam kondisi baik, hal ini bisa terjadi karena kandungan bahan organik pada tanah ini masih sangat tinggi (Tabel 6). Sifat fisik tanah di KP Naibonat relatif lebih buruk, yang dicirikan oleh persen pori drainase dan pori air tersedia yang tergolong rendah. Pada lahan kering beriklim kering sering ditemui tanah retak-retak pada musim kemarau, sehingga dapat berpengaruh buruk terhadap perakaran tanaman (Wahyunto dan Shofiyati 2012).

Tabel 6. Sifat fisik tanah pada beberapa areal lahan kering iklim kering di NTT

Lokasi	BD	Ruang pori total	Pori drainase	Pori air tersedia
	g cm ⁻³	-----	%vol	-----
Naibonat , Kupang, NTT	1,1	50,3	5,10 (rendah)	8,97 (rendah)
Oebola 1. Kupang, NTT	1,1	50,1	7,3 (rendah)	13,5 (sedang)
Oebola 2, Kupang, NTT	0,8	63,27	17,3 (tinggi)	12,7 (sedang)
Noelbaki, Kupang, NTT	1,07	52,9	13,7 (sedang)	9,1 (rendah)

2.2.3. Potensi erosi dan Tolerable Soil Loss

Curah hujan yang rendah tidak menutup kemungkinan LKIK terbebas dari ancaman erosi. Curah hujan yang terjadi dalam waktu yang relatif singkat menghasilkan intensitas hujan yang sama berbahayanya dibandingkan intensitas hujan di daerah beriklim basah.

Potensi erosi yang tinggi bisa terjadi karena kondisi lahan yang didominasi lahan berlereng, misalnya NTT yang sebagian besar wilayahnya (71%) didominasi wilayah berbukit dengan lereng 13-30% dan bergunung dengan lereng >30%. Indikasi proses erosi yang telah terjadi di NTT ditunjukkan proses sedimentasi yang terjadi di daerah pelebahan di lereng bawah yang mempunyai solum dalam (sekitar 100 cm), sedangkan di

lereng di daerah perbukitan dan pegunungan di atasnya ditemukan tanah dengan solum dangkal (<50 cm) (Mulyani 2013).

Kondisi solum yang dangkal juga ditemukan pada lahan datar, hal ini terjadi karena proses pembentukan tanah pada lahan beriklim kering berjalan lambat, akibat kondisi iklim kurang mendukung proses pelapukan bahan induk. Solum tanah yang dangkal antara lain disebabkan proses pengikisan atau karena lambatnya pembentukan tanah. Dominannya tanah dengan solum dangkal dan berbatu, menyebabkan prioritas penanggulangan erosi pada LKIK menjadi semakin penting, karena rata-rata tingkat *tolerable soil loss* (erosi yang masih ditoleransi) untuk tanah bersolum dangkal dan berbatu sangat rendah. Thomson dalam Arsyad (2000) menyatakan bahwa *tolerable soil loss* (TSL) pada tanah berbatu yang bersolum dangkal-dalam hanya berkisar antara 1,12-2,24 t/ha/tahun (bandingkan dengan TSL yang besarnya sekitar 27 t/ha/tahun untuk tanah bersolum dalam di atas bahan yang tidak terkonsolidasi). Artinya jika erosi melampaui TSL, maka terjadi proses degradasi lahan karena erosi, sehingga pengelolaan lahan menjadi tidak bersifat berkelanjutan. Oleh karena itu, erosi juga merupakan faktor pembatas utama pengembangan lahan kering beriklim kering untuk pertanian.

2.2.4. Kearifan lokal teknik konservasi tanah

Faktor pembatas pengelolaan LKIK yang tergolong berat, memunculkan beberapa kearifan lokal pada tingkat petani. Beberapa kearifan lokal utamanya ditujukan untuk menanggulangi faktor pembatas lahan yang berpengaruh terhadap hasil panen, misalnya kearifan lokal untuk menanggulangi tingginya batuan di permukaan. Petani menyingkirkan bebatuan untuk memperluas bidang olah dan mempermudah proses pengolahan tanah, sehingga hasil panen yang didapat menjadi

lebih tinggi. Di Oebola, Kupang petani menyingkirkan batuan dari bidang olah secara bertahap setiap melakukan pengolahan tanah, selanjutnya batuan digunakan untuk memperkuat bedengan tanaman. Kearifan lokal tersebut dikenal sebagai *tabatan watu* (Gambar 5). Bedengan seperti ini sering dibuat dengan arah kurang beraturan atau tidak mengikuti garis kontur.



Gambar 5. Batuan digunakan untuk memperkuat bedengan tanaman oleh petani di Desa Oebola, Kupang, NTT (kearifan lokal ini diberi nama *tabatan watu*)

Pada lahan datar *tabatan watu* sudah cukup optimal untuk menjaga agar pupuk yang diberikan tidak hilang terbawa aliran air, selain itu membuat bedengan tanaman menjadi lebih permanen. Pada lahan miring, batuan disusun memotong lereng atau mengikuti garis kontur, sehingga bermanfaat untuk memperlambat aliran permukaan dan menghambat erosi. Batuan permukaan sebagai faktor penghambat menjadi bermanfaat untuk konservasi tanah. Pada wilayah dimana petani belum mempunyai pengalaman dalam menentukan garis kontur diperlukan pendampingan berupa pelatihan sekaligus praktek di lapangan. Pada lahan yang sudah dipengaruhi budi daya lahan sawah, petani menyusun teras batu dengan lebih baik (mengikuti garis kontur) seperti ditunjukkan petani di Desa Puncak Jringo, Lombok Timur, (Gambar 6) dan di Desa Mbawa, Kab. Bima, NTB.



Gambar 6. Batuan disusun membentuk teras pada lahan kering iklim kering di Puncak Jringo, Lombok Timur, NTB.

Adanya kearifan lokal di bidang konservasi merupakan potensi yang perlu terus digali dan disempurnakan. Beberapa kendala dalam mengembangkan kearifan lokal ini perlu diidentifikasi. Selain kesulitan menentukan garis kontur, kendala yang seringkali dihadapi adalah kesulitan membongkar dan memecah batu. Petani mengupah tenaga pemecah batu, dengan biaya yang relatif mahal. Misalnya di Puncak Jringo NTB, upah pecah batu sekitar Rp. 100.000 (seratus ribu rupiah) per kubik, yang dapat digunakan untuk sekitar 3 m panjang teras. Perlu jalan keluar untuk pembiayaan ini, karena keterbatasan biaya bisa menyebabkan petani tidak melakukan tindakan konservasi tanah, padahal manfaat yang sangat besar dari aplikasi konservasi bukan hanya akan dirasakan petani yang melaknakan konservasi, namun akan berdampak pada areal di sekitarnya termasuk areal di daerah hilir.

Kearifan lokal lain di bidang konservasi yang berkembang di LKIK di NTT, khususnya di wilayah yang tidak berbatu, adalah *kebekolo* (Gambar 7). *Kebekolo* adalah ranting atau kayu pangkasan *legum tree* (gamal atau lamtoro) yang disusun menurut

garis kontur. Kearifan lokal ini diantaranya didapati di Ende dan Maumere. Kearifan lokal ini perlu terus dikembangkan, karena *kebekolo* efektif dalam mengurangi erosi pada LKIK di Oebola, NTT (Dariah *et al.* 2013a). Di daerah Jawa Barat teknologi ini dikenal dengan istilah sengkedan.



Gambar 7. *Kebekolo*, kearifan lokal di bidang konservasi tanah yang berkembang pada petani di wilayah lahan kering iklim kering di NTT, khususnya di Ende dan Maumere (Foto: T. Basuki)

Kearifan lokal pada aspek pengelolaan hara masih sangat terbatas, artinya penggunaan pupuk belum didasarkan pada kebutuhan tanaman dan ketersediaan hara dalam tanah. Pupuk yang umum digunakan baru terbatas pada pupuk urea. Beberapa tahun terakhir mulai banyak beredar pupuk majemuk seperti Ponska, sehingga petani yang mampu membeli pupuk mulai menggunakan pupuk majemuk, namun demikian jumlah yang digunakan umumnya masih terbatas.

Sumber-sumber bahan organik juga belum dimanfaatkan secara optimal untuk perbaikan kualitas tanah. Pupuk kandang merupakan sumber pupuk organik yang potensial, karena sebagian besar petani memiliki ternak yang dipelihara dengan sistem kandang, sehingga pengumpulan bahan organik bisa

dilakukan dengan mudah. Pendampingan teknik pengomposan belum berkembang, sebagian petani hanya menumpuk kotoran hewan dalam kondisi basah, sehingga menjadi sulit matang.

Sistem pengelolaan bahan organik juga belum mengarah pada sistem pengelolaan yang bersifat *zero waste*. Bahan organik yang sulit lapuk seperti ranting pangkasan *legum tree*, tongkol jagung, brangkasan kacang hijau masih diperlakukan sebagai limbah. Penanggulangan bahan organik yang diperlakukan sebagai limbah ini, sebagian besar dibakar sempurna sehingga yang tersisa hanya abu. Abu bakaran bisa dimanfaatkan sebagai amelioran namun hanya sebagian kecil yang dapat dimanfaatkan, karena banyak yang hilang saat proses pembakaran atau setelah jadi abu banyak yang hilang terbawa aliran air.

Teknologi *biochar* merupakan solusi pengelolaan bahan organik yang susah melapuk melalui proses pembakaran tidak sempurna (*pyrolysis*) yang mampu menghasilkan arang. Nilai manfaat *biochar* menjadi lebih besar. Arang/*biochar* dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kemampuan tanah memegang air (Dariah dan Nurida 2012; Nurida *et al.* 2012; Dariah *et al.* 2013b).

III. INOVASI TEKNOLOGI DAN REKOMENDASI PENGELOLAAN TANAH PADA LAHAN KERING BERIKLIM KERING

Program peningkatan produktivitas lahan kering beriklim kering seperti Proyek Pembangunan Penelitian Pertanian Nusa Tenggara (P3NT), *Upland Farmers Development Project* (UFDP), *National Watershed Management Conservation Project* (NWMCP) (Momuat *et al.* 1993; Rachman *et al.* 1995; Dariah *et al.* 1995, Agus *et al.* 1998; Abdurahman *et al.* 1998), telah dilakukan sejak sebelum tahun 1980. Namun demikian sampai saat ini pembangunan pertanian pada agroekosistem ini masih jauh tertinggal, padahal sebagian besar penduduknya bergantung hidup pada sektor pertanian, dampaknya tingkat kemiskinan di wilayah ini masih tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi tentang berbagai faktor penghambat adopsi teknologi, baik yang bersifat umum maupun yang bersifat spesifik lokasi, sehingga dapat dirumuskan beberapa alternatif pemecahannya.

Teknologi pengelolaan lahan kering beriklim kering sudah banyak tersedia, namun pengembangannya masih jauh tertinggal. Teknologi tersebut masih perlu diintegrasikan, dikemas dan dikaji secara praktis di lapangan dengan mempertimbangkan faktor penghambat yang bersifat umum maupun spesifik lokasi. Pada tahun 2009, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian telah meluncurkan suatu program dalam bentuk konsorsium yaitu “Sistem Pertanian Terpadu Lahan Kering Beriklim Kering (SPT-LKIK)”. Tujuan kegiatan konsorsium tersebut adalah: (1) membangun model/sistem pertanian terpadu spesifik pada lahan kering beriklim kering sebagai *pilot project*; (2) menerapkan inovasi teknologi dan kelembagaan pertanian lahan kering beriklim kering secara terintegrasi di lokasi pilot; (3) melakukan pengujian beberapa inovasi teknologi melalui penelitian

superimpose di dalam kawasan *pilot project*; (4) melakukan transfer teknologi pertanian lahan kering ke pelaku usaha agribisnis; dan (5) menyusun *grand design* sistem pengembangan pertanian terpadu lahan kering beriklim kering secara nasional. Lokasi pilot SPT-LKIK di antaranya terdapat di NTT, tepatnya di Kebun Percobaan Naibonat, Kab. Kupang; Desa Persiapan Puncak Jringo, Kec. Suela, Kab. Lombok Timur; Desa Oebola, Kec. Fatuleu, Kab. Kupang, dan Desa Mbawa, Kec. Donggo, Kab. Sumbawa, NTB. Hasil penelitian teknologi pengelolaan tanah (konservasi tanah, pemulihan kualitas tanah, dan pemupukan) dijadikan salah satu acuan dalam menyusun rekomendasi teknologi pengelolaan tanah.

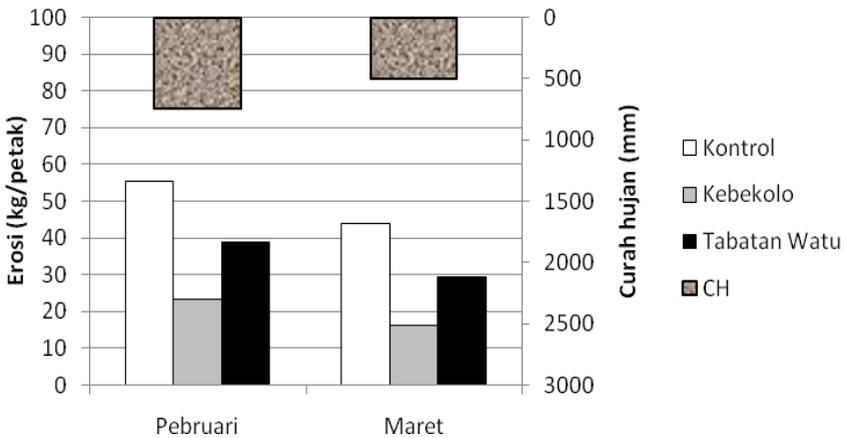
3.1. Inovasi teknologi konservasi tanah

Kegiatan pengembangan teknologi konservasi LKIK dilakukan pada lokasi pilot SPT-LKIK di Desa Oebola, Kec. Fatuleu, Kab. Kupang. Teknologi konservasi yang dikembangkan bersumber dari kearifan lokal yang telah berkembang di lokasi pilot yaitu *tabatan watu*, kearifan lokal lainnya yang juga berkembang di luar Desa Oebola (khususnya untuk daerah yang tidak berbatu), adalah *Kebekolo* yang juga turut diuji dalam kegiatan ini (Gambar 8).



Gambar 8. Petak Pengujian efektivitas *tabatan watu* dan *kebekolo* dalam mencegah erosi di Desa Oebola, Kec. Fatuleu, Kab. Kupang, NTT

Dariah *et al.* (2013) mengemukakan bahwa *tabatan watu* dan *kebekolo* efektif dalam mengendalikan erosi (Gambar 9). Pada tahun pertama aplikasi, efektivitas *kebekolo* lebih baik dibanding *tabatan watu*, karena pada *tabatan watu* kemungkinan masih ada celah diantara batuan yang bisa dialiri aliran permukaan yang mengandung bahan sedimen, namun dengan berjalannya waktu diharapkan celah ini akan tertutup. Kelemahan *kebekolo* adalah diperlukannya perawatan rutin karena dalam jangka waktu tertentu, kayu akan lapuk sehingga diperlukan penggantian kayu.



Gambar 9. Efektivitas *tabatan watu* dan *kebekolo* dalam menekan erosi (berdasarkan hasil 30 kejadian hujan pada puncak musim hujan pada lahan kering iklim di Oebola, Kec. Fatuleu, Kab. Kupang, NTT (Sumber: Dariah *et al.* 2013)

Penyempurnaan *tabatan watu* dan *kebekolo* bisa dilakukan dengan menanam tanaman penguat teras yang bisa dimanfaatkan untuk pakan ternak, dan hal ini akan relatif mudah diadopsi petani jika ada integrasi ternak dalam sistem usaha tani. Tantangan

dalam memilih tanaman penguat teras, harus memenuhi kriteria: (1) tidak menimbulkan naungan yang bisa mengganggu pertumbuhan tanaman pokok; (2) sistem perakarannya tidak horizontal, sehingga tidak bersaing dalam penggunaan hara dengan tanaman pokok; dan (3) harus tahan melewati musim kering. Salah satu tanaman penguat teras yang telah teruji bisa melewati musim kemarau adalah rumput raja (Gambar 10).



Gambar 10. Tanaman rumput raja ditanam sebagai penguat *kebekolo* dan *tabatan watu*

Penentuan garis kontur merupakan tahap awal yang perlu dilakukan dalam pembuatan *tabatan watu* dan *kebekolo*. Dengan berjalannya waktu, kedua tindakan konservasi dapat membentuk teras, karena prosesnya secara bertahap dapat juga dikategorikan sebagai teras kredit (Gambar 11).



Gambar 11.
Tabatan watu
yang telah dibuat
mengikuti garis
kontur di Desa
Oebola, Kec.
Fatuleu, Kab.
Kupang, NTT

Tabatan watu dan *kebekolo* direkomendasikan untuk diterapkan pada LKIK. Adopsi teknologi yang dikembangkan dari kearifan lokal diharapkan bisa dilakukan dengan relatif mudah, karena petani sudah lebih mengenal dan merasa memiliki kearifan tersebut. Penyempurnaan yang perlu dilakukan dalam membangun *tabatan watu* (diartikan sebagai teras batu atau sengkedan dari batu) dan *kebekolo* (teras atau sengkedan kayu/ranting) pada tingkat petani adalah penentuan jarak antar teras dan pengaturan *kebekolo* atau *tabatan watu* menurut kontur, oleh karena berikut akan diuraikan secara lebih detil proses pembangunan *tabatan watu* berdasarkan studi kasus di Desa Oebola, Kab. Kupang. Pembangunan *tabatan watu* dan *kebekolo* prinsipnya sama, yang berbeda hanya dalam hal pemilihan bahan sebagai pembentuk teras.

Tabatan watu merupakan teknik konservasi dari kearifan lokal yang menggunakan batu sebagai sengkedan. Prinsip pelaksanaan konservasi tanah adalah mengendalikan laju aliran permukaan dengan cara memperpendek panjang lereng. Laju aliran permukaan pada kondisi lahan dengan lereng yang panjang akan lebih cepat dibandingkan dengan lereng yang pendek dan datar. Pada lahan datar, aliran permukaan yang lambat harus

diikuti dengan infiltrasi yang cepat. Kendala yang menghambat laju infiltrasi pada lahan di Oebola, Kabu. Kupang, NTT adalah terdapat lapisan kedap air pada kedalaman <0,5 meter, karena bahan induk tanah berupa kapur. Di dalam melaksanakan tindakan konservasi tanah, tahapan yang harus dilakukan adalah (1) perencanaan; (2) pembuatan kontur memotong lereng; (3) pembuatan teras atau guludan; dan (4) penanaman tanaman penguat teras.

Perencanaan konservasi tanah

Data minimal yang diperlukan untuk melakukan perencanaan penerapan konservasi tanah adalah distribusi curah hujan bulanan, kemiringan lereng, dan kondisi permukaan tanah. Berdasarkan data tersebut kemudian ditentukan cara konservasi tanah yang paling cocok untuk diterapkan. Distribusi curah hujan bulanan tidak merata (Gambar 1 dan 2), yaitu rata-rata terkonsentrasi pada bulan Januari sampai dengan Maret. Bulan Desember sudah mulai hujan tetapi belum banyak sehingga belum saatnya untuk menanam. Dengan demikian bulan Desember merupakan waktu yang cocok untuk mulai melaksanakan pengukuran kontur di lapangan.

Tingkat kemiringan pun menentukan jenis tindakan konservasi tanah yang harus diterapkan. Makin landai makin jarang kontur yang harus dibuat jika beda tinggi yang ditetapkan adalah sama. Dengan kemiringan 15-20 %, beda tinggi yang digunakan adalah 0,5 meter, sehingga bidang olah yang terdapat di antara 2 garis kontur cukup lebar, sekitar 4-6 m. Tindakan konservasi yang cocok untuk diterapkan adalah pembuatan teras dengan batu kapur atau gamping yang banyak terdapat di lapangan.

Pembuatan kontur memotong lereng

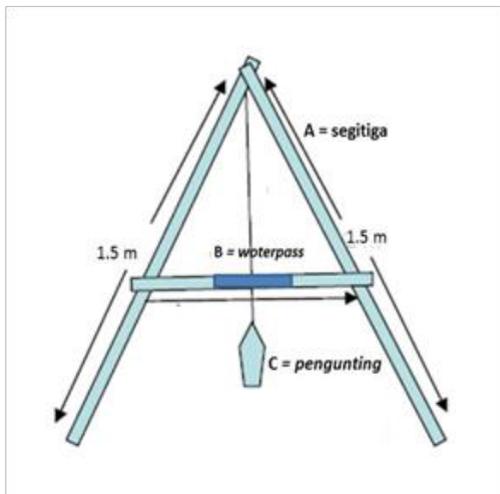
Kontur adalah garis yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian yang sama. Untuk membuat kontur diperlukan peralatan sederhana yaitu ondol-ondol yang dapat dibuat di lapangan dari kayu dan *waterpass* biasa, atau menggunakan selang. Cara yang lebih modern untuk menentukan kontur adalah dengan menggunakan *theodolit* atau *waterpass* berteropong. *Waterpass* biasa adalah *waterpass* yang biasa digunakan oleh tukang tembok atau tukang kayu, sedangkan *waterpass* berteropong adalah *waterpass* yang khusus dibuat untuk mengukur beda tinggi seperti *theodolit*.

Langkah-langkah untuk menarik garis kontur adalah: pertama membuat jalur induk dari lereng atas ke lereng bawah dengan beda tinggi setiap titik 0,5 meter. Menentukan beda tinggi dapat menggunakan selang berisi air dan meteran (Gambar 12); selanjutnya membuat garis kontur, dengan menggunakan alat sederhana yaitu ondol-ondol atau selang. Ondol-ondol bisa dibuat dari tiga bilah kayu dengan panjang 2 – 3 meter, selanjutnya dibuat segitiga sama sisi, panjang masing-masing sisinya adalah 1,5 meter (Gambar 13). Pengunting atau bandul dihubungkan menggunakan benang (digantung) dari puncak segitiga. Pada kayu penghubung yang ditempati *waterpass* dibuat titik yang menandakan bahwa titik tersebut berada ditengah-tengah dua sisi segitiga. Cara menggunakan alat ini adalah dengan cara meletakkan salah satu sisi segitiga pada satu titik, sedangkan satu kaki yang lain ditempatkan pada titik tertentu sehingga *waterpass* menunjukkan kedua titik tersebut sama tinggi. Kedua titik sama tinggi ditunjukkan oleh benang yang berada di titik tengah, dan gelembung *waterpass* juga berada pada titik tengah. Ketika kedua kaki segi tiga menempati dua titik yang sama tinggi, titik tersebut diberi tanda menggunakan ajir. Untuk menentukan titik

ke tiga, geser salah satu kaki segi tiga ke titik yang lain untuk di-*waterpass*-kan, jika *waterpass* telah diberi tanda sebagai titik ke tiga. Begitu seterusnya sampai satu garis terbentuk.



Gambar 12. Membuat titik beda tinggi menggunakan selang berisi air



Gambar 13. Segi tiga sama sisi untuk membuat garis kontur memotong lereng

Penentuan garis kontur, selain menggunakan segi tiga sama sisi dapat juga digunakan selang (Gambar 14). Sebuah selang sepanjang 10 meter atau sesuai kebutuhan digunakan untuk keperluan ini. Dari titik pada garis induk ditarik selang memotong lereng, setiap titik dengan ketinggian yang sama diberi tanda dengan ajir atau patok dari kayu atau bambu sesuai dengan ketersediaan. Sebagai contoh, pada Gambar 14 pemuda berkaos coklat memegang tongkat kayu bersama ujung selang (T), ujung selang lain berada di titik utama (B). Pemuda tersebut bertugas mencari titik (T) yang sama tinggi dengan titik (B) menggunakan petunjuk tinggi air yang harus sama di kedua titik tersebut. Jika permukaan air di titik B adalah 20 cm dari permukaan tanah, maka muka air di titik T juga 20 cm dari permukaan tanah. Titik T dibuat terus memanjang memotong lereng sesuai dengan keadaan tanah yang akan dibuat konturnya. Jika jalur ini sudah selesai dilanjutkan ke jalur lain di bawahnya atau di atasnya.



Gambar 14.
Menentukan garis
sama tinggi
menggunakan
selang berisi air

Garis kontur ditandai oleh tali rafia. Biasanya garis ini terpatah-patah sesuai dengan ajir yang dibuat ketika mengukur titik sama tinggi, untuk memperhalus garis tersebut, dilakukan

dengan cara menggeser ke atas atau ke bawah sesuai kondisi permukaan tanah. Cara tersebut ditujukan untuk memperhalus garis, sehingga garis kontur tersebut terlihat tidak terputus-putus atau patah-patah, seperti kontur yang digambarkan dalam peta rupa bumi. Jika garis kontur telah dibuat, pekerjaan selanjutnya adalah membuat teras, gulud, *strip cropping*, atau *alley cropping*.

Pembuatan teras atau guludan batu

Penggunaan bongkahan batu sebagai guludan atau teras merupakan pilihan yang paling tepat, karena bahan tersebut berserakkan di permukaan tanah. Terdapat dua keuntungan penggunaan batu sebagai penguat teras, yaitu mengkonservasi tanah untuk jangka panjang dan menambah bidang olah sebagai tempat bertanam menjadi lebih luas karena tidak lagi berbatu. Pembuatan gulud atau teras dari tanah pada sebagian besar lahan kering di NTT tidak dapat dilakukan karena tanahnya terlalu dangkal dan permukaannya berbatu.

Pembuatan teras menggunakan batu juga banyak dilakukan di Pulau Jawa, terutama di Gunung Kidul, D.I. Yogyakarta, Wonogiri, Jawa Tengah, Pacitan, Trenggalek, dan Blitar. Teras diperkuat batu mampu bertahan sangat lama karena tidak mudah lapuk. Kendalanya adalah gugur atau longsor jika terlalu tinggi, tetapi mudah untuk diperbaiki kembali. Gambar 15 menunjukkan kegiatan pembuatan teras batu di Oebola, Kupang, NTT.

Bongkahan batu ditumpuk di permukaan tanah mengikuti garis kontur yang telah dibuat. Bongkahan batu yang besar di tata di bagian bawah dan bongkahan kecil menutup lubang-lubang diantara bongkahan batu besar. Susunan batu tersebut kemudian ditimbun tanah yang diambil dari lereng bagian atas batu. Tanah

tersebut mengisi seluruh lubang diantara batu sehingga terbentuk teras yang memanjang memotong lereng (Gambar 16).



Gambar 15. Proses pembuatan teras batu



Gambar 16. Guludan batu yang mulai terbentuk

Bongkahan batu paling bawah sebaiknya sedikit ditanamkan ke dalam tanah agar mempunyai kedudukan yang kuat sehingga tidak mudah longsor. Hal ini dapat segera diatasi dengan meninggikan permukaan tanah di bagian lereng atas dari batu, yaitu dengan cara menggosur tanah dari bidang olah agak

ditimbunkan dekat batu. Cara ini merupakan pembuatan teras batu yang cukup baik pada daerah dengan solum dangkal, sehingga tanah di dekat teras batu mempunyai ketebalan yang cukup baik untuk perkembangan tanaman. Di bagian atas teras tersebut dapat ditanami rumput pakan ternak.

Penanaman tanaman penguat teras

Tanaman pakan yang dapat dipilih untuk penguat teras adalah rumput pakan ternak atau legum pohon. Penanaman rumput pakan ternak berupa rumput gajah, *Brachiaria ruziziensis* (Br), rumput raja, atau rumput lainnya yang sudah dikenal petani dapat dilakukan dengan cara menanam setiap tunas pada jarak tertentu, sedangkan legum pohon yang dapat digunakan seperti lamtoro atau glirisidia. Legum pohon yang digunakan adalah yang daunnya dapat dijadikan pakan ternak. Sebelum ditanami rumput, permukaan tanah ditinggikan dan digemburkan sehingga sebagian batu yang jadi bibir teras tertimbun tanah. Gambar 17 memperlihatkan bahwa penanaman rumput dapat dilakukan dengan mudah ketika tanah telah digemburkan. Jarak tanam bisa digunakan 20 cm atau 25 cm tergantung kebutuhan dan ketersediaan bibit.



Gambar 17.
Penanaman
penguat teras

Tanaman penguat teras penting ditanam agar petani mendapat manfaat, yaitu tersedianya pakan ternak. Selain itu, teras menjadi lebih kuat, tidak mudah roboh atau rusak diterjang aliran permukaan. Pemangkasan terhadap rumput pakan ternak dapat dilakukan mulai umur 6 bulan atau lebih tergantung kepada keragaan tanaman. Makin cepat tumbuh, tanaman rumput makin cepat dapat dipangkas. Tanaman dapat dipangkas ulang setelah 2-3 bulan sejak pemangkasan terakhir dilakukan.

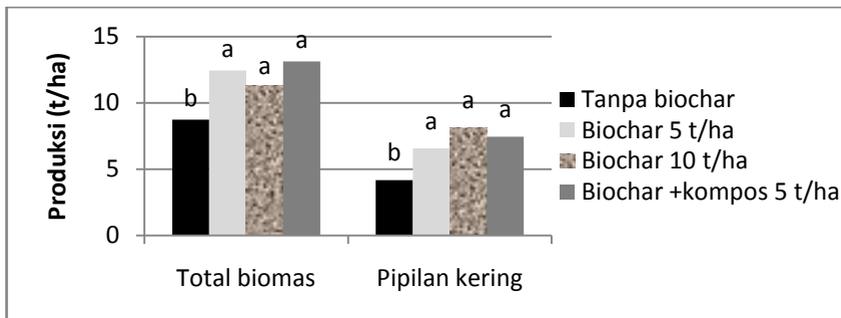
3.2. Inovasi teknologi pengelolaan bahan organik

Pengelolaan bahan organik merupakan salah satu kunci keberhasilan pengelolaan LKIK. Sistem pengelolaan lahan bersifat *zero waste*, selain dapat mendukung sistem pengelolaan bahan organik yang bersifat *insitu*, juga dapat mendukung terwujudnya sistem pengelolaan lahan yang hemat karbon. Bahan organik yang mudah lapuk baik berupa sisa tanaman maupun pukan dapat digunakan sebagai bahan kompos, sedangkan bahan organik berupa limbah pertanian yang sulit lapuk dapat dikonversi menjadi arang.

Arang, akhir-akhir ini dipopulerkan dengan nama *biochar*, sangat efektif digunakan untuk perbaikan kualitas tanah khususnya kemampuan tanah memegang air (Glaser *et al.* 2002; Nurida *et al.* 2012; Nurida *et al.* 2012, Sutono 2012). Peran penting lainnya dari *biochar* adalah untuk mengkonservasi karbon dalam tanah (Glaser *et al.* 2002; Iragashi 2002; Kuwagaki dan Tamura 1990; Ogawa 1994; Okimori 2003). Karena dapat bertahan lama di dalam tanah, maka manfaatnya sebagai pembenah tanah juga bisa bertahan lama.

Penggunaan *biochar* berpengaruh positif terhadap produktivitas tanaman (Gambar 18). Pada musim pertama dosis pemberian atau kombinasi pemberian *biochar* dan pupuk kandang

tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap produksi tanaman jagung. Namun demikian ada kecenderungan pada dosis yang sama *biochar* yang diberi campuran kompos pukan dengan perbandingan 1:1 menghasilkan produksi tanaman lebih tinggi.



Gambar 18. Dampak penggunaan *biochar* terhadap produktivitas tanaman jagung pada lahan kering beriklim kering di Oebola, Kupang, NTT (Sumber: Dariah *et al.* 2013b)

Penggunaan *biochar* berpengaruh nyata terhadap perbaikan sifat fisik tanah yaitu terhadap BD (*bulk density*), ruang pori total dan distribusi pori (Tabel 7), *biochar* juga berpengaruh positif terhadap persen agregasi tanah (Dariah dan Nurida 2012). Pengaruh positif terhadap peningkatan pori air tersedia akan berdampak terhadap kemampuan tanah memegang air, yang sangat bermanfaat dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air. Peningkatan porositas tanah selain akan berdampak terhadap perbaikan aerasi tanah juga akan meningkatkan penyerapan air ke dalam tanah, sehingga jumlah air aliran permukaan bisa ditekan dan hal ini akan berdampak terhadap penurunan erosi.

Tabel 7. Pengaruh penggunaan *biochar* terhadap perbaikan sifat fisik tanah (Dariah *et al.* 2013b)

Perlakuan	BD	Total Pori	Pori aerasi	Pori air tersedia
	g/cm ³	-----%vol-----		
Tanpa <i>biochar</i>	1,00a*	55,10b	16,75c	2,73c
<i>Biochar</i> 5 t/ha	0,91b	57,50b	20,83bc	3,62bc
<i>Biochar</i> 10 t/ha	0,82c	63,17a	28,23a	4,62ab
(<i>Biochar</i> +kompos) 5 t/ha	0,86bc	61,25a	23,10b	5,45a

* angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%

Bahan organik sulit lapuk seperti jerami selain bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku *biochar*, bisa juga dimanfaatkan sebagai mulsa. Hasil penelitian Dariah dan Nurida (2011a) pada lahan kering di Naibonat menunjukkan bahwa penggunaan mulsa berpengaruh positif terhadap produktivitas tanaman. Hasil penelitian pada lahan kering di NTB juga menunjukkan pengaruh positif dari penggunaan mulsa (Dariah *et al.* 2007; Dariah dan Nurida 2011a). Pemanfaatan jerami pada LKIK sudah cukup optimal, yaitu sebagai sumber pakan. Bahan organik sulit lapuk seperti sekam, tongkol jagung, ranting pangkasan legum lebih baik dimanfaatkan sebagai bahan baku *biochar*.

Pemanfaatan bahan organik

Bahan organik yang relatif mudah lapuk seperti pupuk kandang, daun pangkasan tanaman legum direkomendasikan untuk diberikan dalam bentuk kompos, sedangkan untuk bahan organik yang sulit lapuk diolah terlebih dahulu menjadi *biochar* sebelum diaplikasikan. Formulasi *biochar* dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1 merupakan campuran terbaik, namun dalam

praktek petani ditentukan oleh ketersediaan bahan baku. Dosis *biochar* yang digunakan cukup 2,5 t/ha jika kandungan bahan organik tanah masih di atas sedang, namun jika kadar bahan organik dalam tanah <2%, maka sebaiknya diberikan pada dosis >5 t/ha. Untuk lokasi pilot SPT-LKIK direkomendasikan dosis >2,5 t/ha, karena rata-rata kandungan bahan organik tanahnya rata-rata tergolong rendah, kecuali untuk tanah Molisol di Oebola. Keuntungan dari pemberian bahan organik dalam bentuk *biochar* adalah karena sifatnya yang tidak mudah lapuk, sehingga bisa bertahan lama dalam tanah. Hasil penelitian Nurida *et al* (belum dipublikasi) pada lahan kering masam menunjukkan efek *biochar* masih stabil sampai empat musim tanam. Pada era perubahan iklim penambahan *biochar* ke dalam tanah mempunyai arti penting dalam hal mengkonservasi karbon dalam tanah.

Teknik pembuatan *biochar* pada tingkat petani disarankan untuk menggunakan cara yang sederhana, dengan peralatan yang mudah didapat, di antaranya bisa dilakukan dengan menggunakan alat yang dirancang oleh IPB yang diberi nama KILN. Berikut akan diuraikan petunjuk teknis pembuatan *biochar* dengan menggunakan KILN yang pernah disosialisasikan pada areal demplot di Desa Oebola, Kupang, NTT.

Teknik pembuatan biochar secara sederhana

Alat yang digunakan untuk membuat arang adalah Reaktor Karbonisasi (KILN) buatan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Insitut Pertanian Bogor (Gambar 19). Bahan yang bisa digunakan di antaranya tongkol jagung, ranting kayu berbagai jenis, sekam, dan bahan organik yang bersifat sulit lapuk lainnya. Langkah-langkah pembuatan *biochar* dengan menggunakan KILN adalah sebagai berikut (sebagai contoh, bahan yang dipakai sebagai bahan baku *biochar*

adalah tongkol jagung, biomas limbah pertanian lainnya seperti sekam, brangkasian ranting pangkasan legum, tempurung kelapa, dan lain-lain bisa digunakan sebagai bahan baku *biochar*):

- a. Menyiapkan KILN dengan membuka semua lubang pemasukan udara yang terdapat di sekeliling dinding KILN dan memasang termometer yang mampu mengukur suhu sampai 500 °C, kemudian tongkol kering dimasukkan ke dalam KILN bagian dasar kira-kira 5 cm.
- b. Memasang tabung kasa di tengah-tengah KILN dan memasukkan tongkol jagung di sekeliling tabung kasa sampai KILN hampir penuh.
- c. Menghidupkan api menggunakan bahan-bahan yang mudah terbakar di dalam tabung kasa.
- d. Memasang penutup KILN setelah api benar-benar menyala dan membakar sebagian tongkol jagung.
- e. Memonitor suhu di dalam KILN. Setelah suhu meningkat dan mencapai sekitar 200 °C, separuh dari jumlah lubang pemasukan udara di dinding KILN ditutup.
- f. Ketika suhu telah mencapai 300 °C semua lubang pemasukan udara ditutup dan pembakaran berlangsung dengan sedikit oksigen di dalam KILN (*pyrolysis*).
- g. Reaktor karbonisasi (KILN) dibiarkan bekerja membakar tongkol jagung dengan mengeluarkan asap tebal dari cerobongnya.
- h. Setelah asap mulai menipis (warna lebih cerah), tutup KILN dibuka dan kondisi tongkol jagung diperiksa apakah sudah terbakar semua. Jika belum seluruhnya terbakar, tutup KILN dibiarkan terbuka beberapa saat sampai semua tongkol terbakar, kemudian ditutup lagi.

Begitu asap telah menipis maka tutup KILN dibuka lagi dan arang yang masih membara dikeluarkan.

- i. Agar arang yang dikeluarkan tidak menjadi abu, maka arang disiram air. Penyiraman dapat dilakukan di dalam atau di luar KILN. Jika tidak memakai sarung tangan, sebaiknya penyiraman dilakukan sebelum arang dikeluarkan dari KILN.
- j. Arang yang telah diperciki air, dan api telah betul-betul mati, disimpan ke dalam wadah tertentu untuk diproses lebih lanjut.



Gambar 19. KILN (kanan) alat untuk membuat *biochar* dan kegiatan pembuatan *biochar* dari biomas limbah pertanian dan pakan ternak (tongkol jagung dan ranting atau dahan pangkasan pohon legum) oleh petani di Oebola Kupang.

Pada kondisi petani LKIK yang serba terbatas, pengadaan alat pembuat *biochar* seperti KILN kemungkinan sulit dilakukan petani secara mandiri. Praktek yang lebih sederhana dilakukan petani di desa Noelbaki, Kupang, NTT yaitu hanya dengan menggunakan gulungan kawat. Metode sederhana ini baru bisa dipraktekkan untuk pembuatan *biochar* dari bahan sekam

(Gambar 20). Keunggulannya dari metode ini jumlah bahan yang dibakar tidak terbatas pada ukuran drum. Sekali pembakaran bisa sampai 10 karung, dengan bobot sekam 50 kg per karung (sekitar 500 kg). Tahap-tahap pembuatannya adalah sebagai berikut:

- a. Siapkan bahan dan pilih tempat yang aman serta cukup luas untuk areal pembakaran
- b. Buat cerobong dari kawat ayak yang digulung dengan diameter 20 – 30 cm
- c. Letakkan gulungan kawat ayak pada satu titik, yang diperkuat menggunakan patok agar dalam posisi tegak
- d. Letakkan sekam mengelilingi tegakan kawat ayak, sehingga membentuk gunung setinggi tegakan tersebut
- e. Buatlah secara paralel sesuai dengan kondisi dan situasi, lebih banyak gundukan paralel yang dibuat akan semakin efektif dan efisien dalam pembuatan arang sekam
- f. cerobong kawat ayak yang merupakan titik sulut diberi sedikit minyak tanah, dan sulut dengan api, maka mulailah proses pembakaran
- g. Sekam akan terbakar perlahan tanpa adanya kobaran api
- h. Lakukan proses pembalikan (pengadukan) dengan menggunakan sekop, khususnya saat sekam sudah mulai terbakar dan api mulai menjalar, selain agar pembakaran merata serta paralel, juga meminimalkan proses perubahan arang menjadi abu.
- i. Setelah proses pembalikan/pengadukan terakhir (ditandai tidak ada lagi sekam yang masih mentah), segera lakukan penyiraman sambil terus dilakukan pembalikan agar benar-benar tidak ada api lagi.
- j. Kontrol, jangan sampai masih ada api, jika hal itu terjadi maka proses pembakaran akan berlanjut sehingga arang sekam bisa berubah menjadi abu sekam



<p>Sekam (bahan baku <i>biochar</i>) ditumpuk di tempat yang aman serta cukup luas untuk areal pembakaran</p>	<p>Gulungan kawat diameter 20-30 cm diposisikan dalam tumpukan sekam, dan digunakan sebagai titik sulut</p>	<p>Selama proses pembakaran, lakukan proses pembalikan (pengadukan) dengan menggunakan sekop</p>	<p>Setelah sekam terbakar sempurna, segera lakukan penyiraman sambil terus dilakukan pembalikan agar api benar-benar padam</p>
---	---	--	--

Gambar 20. Proses pembuatan *biochar* secara sangat sederhana (dengan sistem pembakaran terbuka)

Formulasi pembenah tanah dengan bahan baku biochar dan kompos

Biochar yang akan diformulasi hendaknya dipakai yang halus. Formulasi pembenah tanah berbahan baku *biochar* ditujukan untuk meningkatkan nilai guna *biochar*. Arang (*biochar*) ditumbuk dan diayak sehingga diperoleh tepung arang dengan kehalusan sekitar 2 mm. Penghalusan arang dilakukan selain untuk lebih mempermudah pencampuran dengan bahan pembenah lainnya (misal pupuk kandang), juga ditujukan untuk

meningkatkan luas permukaan *biochar*, sehingga efektivitasnya bisa meningkat. Kompos pupuk kandang diberi perlakuan yang sama, yaitu ditumbuk dan diayak dengan ukuran 2 mm. Selanjutnya *biochar* dan pupuk kandang dicampur dengan perbandingan 1:1 (Gambar 21).



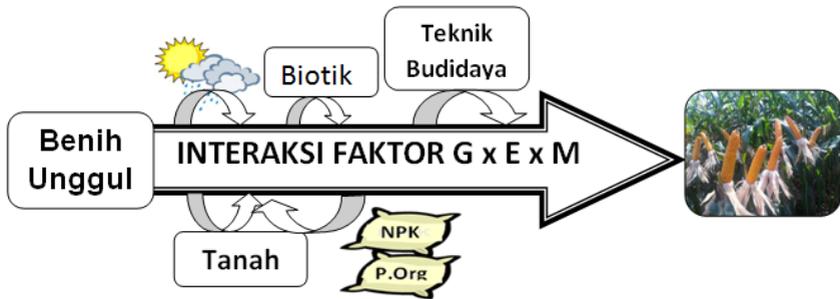
Gambar 21. Praktek formulasi pembenah tanah berbahan baku *biochar* dan kompos pukan yang dilakukan petani di lahan kering iklim kering di NTT

Aplikasi pembenah tanah

Pembenah tanah diaplikasikan pada lubang tanam atau pada larikan di sebelah jalur tanam. Aplikasi seperti ini dilakukan agar pembenah tanah yang diberikan berada sedekat mungkin dengan lingkungan tumbuh tanaman. Artinya teknik pemberian seperti ini dilakukan agar dosis yang diberikan bisa ditekan. Pembenah tanah pada lahan yang telah terdegradasi berat, diberikan dalam jumlah besar (>10 t/ha) jika dicampur merata pada ke dalam bidang olah sekitar 20 cm. Hasil penelitian Dariah *et al.* (2013) menunjukkan pemberian pembenah tanah pada larikan atau lubang tanam, pada tanah yang telah terdegradasi (kandungan C-organik <2%) dengan dosis 5 t/ha berpengaruh nyata terhadap perbaikan produktivitas tanaman.

3.3. Inovasi teknologi pemupukan

Produktivitas tanaman merupakan fungsi dari faktor genetik tanaman (G), lingkungan (E), dan manajemen budidaya (M). Faktor genetik adalah ragam dari jenis varietas tanaman. Faktor lingkungan adalah kondisi tanah dan iklim setempat, sedangkan faktor manajemen budi daya adalah teknologi budi daya dari pengolahan tanah, pemupukan sampai panen dan pasca panen. Di antara ketiga faktor tersebut, yang bisa diintervensi adalah sebagian dari faktor kondisi tanah dan faktor manajemen budi daya untuk mencapai produktivitas yang tinggi.



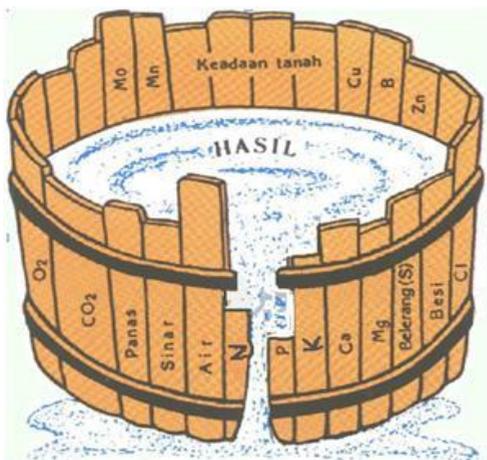
Gambar 22. Ilustrasi interaksi faktor-faktor penentu produktivitas tanaman

3.3.1. Pemupukan berimbang

Tanaman membutuhkan 19 unsur hara esensial agar dapat tumbuh dan berkembang secara optimal, yaitu C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, B, Mo, Fe, Mn, Si, Cl, Na, dan Co. Unsur C, H, dan O tersedia dalam jumlah tidak terbatas dari udara dan air. Unsur N, P, K, Ca, Mg, dan S disebut unsur hara makro karena diperlukan dalam jumlah yang banyak. Unsur lainnya disebut unsur hara mikro karena diperlukan dalam jumlah yang sedikit. Untuk

tanaman padi unsur Si juga diperlukan dalam jumlah yang banyak, walaupun secara umum dikelompokkan hara mikro.

Pemupukan berimbang adalah pemberian pupuk ke dalam tanah dengan jumlah dan jenis hara sesuai dengan kondisi status hara tanah dan kebutuhan tanaman untuk mencapai hasil yang optimal. Jadi tidak semua jenis hara yang diperlukan harus diberikan melalui pupuk. Secara umum, produksi tanaman ditentukan oleh unsur hara yang ketersediaannya relatif paling rendah (Gambar 23). Tanpa memperbaiki kondisi hara yang paling rendah tersebut, maka usaha pemberian input lainnya akan sia-sia. Fenomena ini dikenal dengan hukum minimum Leibig. Oleh karenanya, kita harus mengenali kondisi atau karakteristik tanah sebelum tindakan pengelolaan yang tepat diputuskan.



Gambar 23.
Ilustrasi faktor pembatas utama peningkatan produktivitas lahan sesuai hukum minimum Leibig

Sumber unsur hara adalah tanah dan air dimana tanaman tersebut tumbuh. Jumlah masing-masing unsur hara yang diperlukan berbeda untuk berbagai jenis tanaman. Sebagai contoh, Cooke (1985) menyatakan bahwa serapan hara N, P, dan K tanaman jagung mencapai 260 kg N, 46 kg P dan 172 kg K

(dengan tingkat produksi 9 t/ha). Serapan hara untuk berbagai komoditas tanaman pangan ditampilkan pada Tabel 8. Angka-angka yang ditampilkan dalam tabel tersebut menggambarkan kebutuhan hara tanaman yang perlu dipertimbangkan dalam rekomendasi pemupukan berimbang. Hanya sebagian kecil dari jumlah serapan hara tersebut yang disediakan dari tanah, oleh karenanya pemupukan menjadi kebutuhan mutlak tanaman untuk menghasilkan produksi optimal.

Tabel 8. Serapan hara makro oleh beberapa jenis tanaman pangan dan hortikultura

Tanaman	Hasil (t/ha)	Total serapan (bagian atas tanaman) kg ha ⁻¹					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Padi lokal	2	45	7	54	6	5	2
Padi unggul	4	90	13	108	11	10	4
Jagung	9	260	46	172	-	-	-
Kacang hijau	1	90	7	71	21	12	10
Kedelai	1.5	90	8	36	15	6	10
Wortel	20	90	13	125	43	12	10
Terong	16	100	11	125	29	18	10
Kacang panjang	12	120	11	58	29	9	10
Tomat	12	90	9	116	29	12	10
Legum	8	300	35	266	107	42	40
Rumput	6	180	22	166	43	30	25

Sumber: Cooke (1985).

Parameter utama yang perlu dianalisis adalah status hara P dan K. Parameter lainnya juga tidak kalah penting untuk mendukung teknik pemupukannya dan perlakuan lain yang

diperlukan. Untuk mendapatkan produksi yang optimal maka pemupukan harus memperhatikan asas lima tepat, yaitu tepat jenis, tepat dosis, tepat waktu, tepat cara, dan tepat tempat.

Tepat jenis

Jenis pupuk yang beredar di pasar saat ini sangat beragam, baik kandungan hara, bentuk, maupun reaksinya. Berdasarkan kandungan hara ada pupuk tunggal dan pupuk majemuk. Berdasarkan bentuknya, ada prill, granul, padat, cair, dan sebagainya. Berdasarkan reaksinya, ada pupuk yang bereaksi masam, netral, dan alkalin atau ada yang cepat larut dan lambat larut.

Hara nitrogen (N) merupakan salah satu unsur hara yang paling banyak dibutuhkan tanaman. Unsur ini berperan penting dalam fotosintesis dan pembentukan protein (Dierof *et al.* 2001). Tanaman jagung yang kekurangan hara N akan menunjukkan gejala klorosis yang dimulai pada daun tua. Pupuk yang mengandung N yang paling populer adalah urea, ZA, dan NPK majemuk.

Hara fosfor (P) merupakan unsur hara yang berperan sangat penting dalam metabolisme tanaman. Selain berperan dalam transfer energi, P juga sangat penting dalam pertumbuhan akar, pembentukan biji, ketahanan penyakit dan lain-lain (Dierof *et al.* 2001). Oleh karenanya, pupuk yang mengandung hara P sangat diperlukan, karena dalam tanah tidak cukup tersedia.

Hara kalium (K) merupakan unsur hara kedua yang paling banyak dibutuhkan tanaman yaitu berkisar antara 50 - 300 kg K/ha per musim tanam (Laegreid *et al.* 1999). Jumlah ini hampir sama dengan serapan N, tapi terakumulasi lebih banyak pada serasah dibandingkan pada biji. Kalium tidak menjadi bagian dari struktur sel tanaman, tapi kalium mempunyai peranan sangat

penting dalam berbagai proses metabolisme tanaman (Janke, 1992). Tanaman jagung yang kekurangan K akan menunjukkan gejala nekrotik mulai dari ujung dan tepi daun. Pupuk K yang paling populer adalah KCl dan NPK.

Tepat dosis

Dosis pupuk N, P, dan K ditentukan oleh status hara tanah. Sebagian besar tanah pada lahan kering iklim kering memiliki status hara P dan K yang tinggi, namun faktor lain seperti Ca yang tinggi bisa menghambat ketersediaan P dan K. Oleh karenanya pemupukan P dan K masih sangat diperlukan untuk mencukupi kebutuhan tanaman jangka pendek dan mempertahankan status hara tetap tinggi.

Tepat waktu

Hara yang diberikan melalui pupuk ke dalam tanah haruslah diberikan pada saat yang tepat sesuai perkembangan tanaman dan sifat pupuk. Pupuk yang memiliki sifat sulit melarut seperti P perlu diberikan pada awal pertumbuhan, sedangkan pupuk mudah larut seperti N diberikan secara bertahap sesuai perkembangan tanaman. Dahnke *et al.* (1992) menyatakan bahwa serapan hara N 65%, P 50% and K 75% dari total serapan terjadi saat pembentukan tongkol (*silking stage*) untuk tanaman jagung. Oleh karenanya pada saat tersebut ketersediaan hara dalam tanah harus mencukupi dan dalam kondisi lingkungan yang optimal.

Tepat cara dan tepat tempat

Cara pemberian pupuk juga menentukan pertumbuhan tanaman dan efektivitas pemupukan. Aplikasi pupuk yang kurang tepat menyebabkan pupuk banyak hilang baik karena proses pencucian (perkolasi), pengangkutan (aliran permukaan, atau penguapan

(volatilisasi). Penempatan pupuk yang tepat pada areal yang mudah diserap tanaman misal dengan cara ditugal atau dilarikan merupakan usaha untuk lebih mengefisienkan penggunaan pupuk, misal untuk tanaman jagung, pupuk dasar NPK majemuk diberikan dengan cara ditugal 5 cm dari posisi benih. Bila bersamaan dengan tanam, pemupukan NPK majemuk dapat diberikan dengan cara dilarik dan dibenam dengan jarak 5 cm dari barisan tanaman.

3.3.2. Rekomendasi pemupukan LKIK (Kasus NTT dan NTB)

Salah satu keunggulan lahan kering beriklim kering adalah karakteristik kimia tanahnya relatif lebih baik dibandingkan lahan kering iklim basah atau lahan suboptimal lainnya. Artinya bahwa potensi kesuburan tanahnya relatif tinggi dan bisa diwujudkan bila kendala air bisa diatasi. Keseimbangan hara menjadi pokok persoalan dikarenakan ada beberapa jenis hara yang bersifat kompetitif, dimana hara kalsium dan magnesium yang terlalu tinggi akan menekan ketersediaan kalium dan sulfur. Sistem pengelolaan LKIK bersifat berkelanjutan jika *input* dan *output* hara berjalan secara seimbang, hal ini hanya bisa dilakukan jika sistem pemupukan dilakukan secara berimbang dan terpadu dengan pengelolaan bahan organik dan pupuk hayati.

Di lokasi NTT dan NTB, unsur hara lain seperti Ca dan Mg ketersediaannya melimpah, bahkan bisa jadi menimbulkan masalah untuk ketersediaan hara lainnya. Tanah dengan bahan induk karst atau batu gamping, unsur hara S dan Fe seringkali menjadi tidak tersedia, sehingga perlu ditambahkan melalui pemupukan.

Tanaman pangan pada umumnya memiliki sistem perakaran yang dangkal, sehingga kebutuhan hara tanaman akan ditentukan oleh tanah lapisan atas dan bawah hingga kedalaman

sekitar 40 cm. Evaluasi status hara tanah untuk tanaman semusim berdasarkan pada tanah lapisan atas sampai kedalaman 40 cm tersebut. Sistem perakaran yang dangkal juga menyebabkan tanaman sangat peka terhadap kekeringan. Hasil analisis tanah lapisan atas dari 4 satuan lahan yang ada di lokasi pengembangan LKIK di NTT menunjukkan bahwa semuanya memiliki status hara P dan K yang sangat tinggi (Tabel 9). Hal ini menunjukkan tanah mempunyai potensi untuk menyediakan hara P dan K sangat besar sepanjang kelembaban tanah cukup optimal. Ketersediaan hara P bisa terhambat karena kandungan kalsium (Ca) yang sangat tinggi disebabkan fiksasi P oleh Ca. Unsur hara K bisa terhambat ketersediaannya karena rasio $K/(Ca+Mg)$ menjadi sangat rendah. Pembentukan tongkol memerlukan unsur hara P dan K sangat besar sehingga penambahan kedua unsur ini masih tetap diperlukan, sekaligus untuk menjaga status hara tetap tinggi secara berkelanjutan.

Tanah di kebun percobaan Naibonat memiliki tekstur liat yang berkembang dari bahan induk batu gamping, sehingga memiliki reaksi tanah agak basa. Kandungan bahan organik pada tanah lapisan atas umumnya rendah ($<2\%$), namun demikian terdapat beberapa lokasi yang memiliki status bahan organik sedang.

Kandungan hara P dan K (potensi dan tersedia) dalam tanah tergolong sangat tinggi. Kandungan N tanah tergolong rendah sampai sangat rendah. KTK tanah tergolong sangat tinggi dimana kompleks jerapan didominasi oleh kalsium. Rasio K/Ca menjadi sangat rendah sehingga ketersediaan K untuk tanaman bisa terhambat. Kejenuhan basa yang dihitung dari jumlah basa-basa dibagi KTK di atas 100%. Hal ini menunjukkan bahwa dalam tanah terdapat banyak karbonat bebas, khususnya kalsium karbonat.

Tabel 9. Status hara tanah lapisan atas yang mewakili beberapa lokasi pilot SPT-LKIK di NTT berdasarkan hasil analisis tanah di laboratorium

Parameter	Satuan	SPT-1.1	SPT-1.2	SPT-2	SPT-3	SPT-4
P ₂ O ₅	Mg/100g	153	103	129	129	169
K ₂ O	Mg/100g	164	102	123	123	198
Ca	Mg/100g	70,38	51,19	48,89	48,89	56,90
Mg	Cmol/kg	5,17	2,53	2,43	2,43	3,13
K	Cmol/kg	1,80	0,51	0,75	0,75	1,04

Tabel 10. Status hara tanah KP. Naibonat, Nusa Tenggara Timur berdasarkan pengujian dengan menggunakan PUTK

Lokasi Contoh	pH	Status hara			
		N	P	K	C-org
Lahan Sawah (SPT-1)	8	Rendah	Sedang-tinggi	Rendah-sedang	Sedang
Lahan Jagung (SPT-2)	7	Rendah	Tinggi	Rendah	Rendah
Lahan Pakan (SPT-3)	8	Rendah	Tinggi	Rendah	Rendah
Lahan Mangga (SPT-4)	7-8	Rendah	Tinggi	Rendah	Sedang

Tabel 11. Status hara tanah di desa Motong, NTB menggunakan PUTK

Lokasi Contoh	pH	P	K	Kebutuhan Kapur (t/ha)		C-org
				Kedelai	Jagung	
Lokasi 1 (Ami)	6 – 7	Tinggi	Sedang	0	0	Rendah
Lokasi 2 (Kahar)	6 – 7	Tinggi	Sedang	0	0	Rendah
Lokasi 3 (Naim)	6 – 7	Tinggi	Rendah	0	0	Rendah

Untuk areal kebun percobaan Naibonat dan Motong yang memiliki pH tinggi (Tabel 10 dan 11), direkomendasikan untuk menggunakan pupuk majemuk NPK sebagai pupuk dasar dan ZA atau urea sebagai pupuk susulan, namun demikian pupuk ZA di daerah LKIK seperti NTT sulit didapat di pasaran. Padahal dengan ZA, selain mampu memberikan hara N, juga menyediakan hara S yang ketersediaannya terbatas akibat pH tanah yang terlalu tinggi. Pupuk NPK yang digunakan adalah yang memiliki proporsi N tinggi dan proporsi P dan K yang rendah seperti Pelangi 20-10-10.

Selain pupuk kimia, tanah pada lahan kering iklim kering (LKIK) juga memerlukan tambahan pupuk organik, baik yang berasal dari kompos maupun dari pupuk kandang dan pupuk hayati. Pupuk organik berfungsi sebagai pembenah tanah, mengurangi pengaruh buruk pH tanah yang terlalu tinggi, mengurangi fiksasi P oleh Ca dan mempertahankan kelembaban tanah. Sumber pupuk kandang yang sangat potensial di daerah LKIK adalah kotoran ternak sapi. Pupuk hayati yang mengandung konsorsia beberapa jenis mikroba seperti mikroba penambat N dan mikroba pelarut P sangat membantu meningkatkan efisiensi pemupukan. Penanaman jenis tanaman yang mampu menambat N perlu dipertimbangkan dalam menyusun pola tanam. Tanaman kacang gude atau undis (Gambar 24) adalah salah satu tanaman

leguminosa yang mampu beradaptasi di lahan kering dan mempunyai kemampuan sebagai penambat N dari udara.



Gambar 24. Kotoran ternak sapi sebagai sumber bahan organik yang potensial (kiri), dan tanaman kacang gude sebagai tanaman penambat N (kanan)

Lokasi pengembangan di NTT dan NTB memiliki status hara P dan K yang tinggi, namun faktor lain seperti Ca yang tinggi bisa menghambat ketersediaan P dan K. Pemupukan P dan K diperlukan untuk mencukupi kebutuhan tanaman jangka pendek dan mempertahankan status hara tetap tinggi. Berdasarkan status hara P dan K tersebut, ditentukan rekomendasi dosis pemupukan untuk jagung hibrida, jagung komposit, dan kedelai (Tabel 12). Penambahan bahan organik yang dicampurkan dengan *Biochar* (SP-50) dapat mengurangi dosis rekomendasi pemupukan sampai dengan 25% (Dariah dan Nurida 2011b). Dosis bahan organik idealnya adalah 1000 kg/ha untuk tanah yang memiliki status C-organik sedang dan 2000 kg/ha untuk tanah yang memiliki status C-organik rendah. Tanah yang sudah memiliki status organik tinggi seperti tanah di Oebola, penggunaan pupuk diprioritaskan pada pupuk hayati seperti Smart

atau Bio Padjar, namun demikian untuk menjaga status bahan organik tetap dalam kondisi tinggi, maka pemberian bahan organik tetap diberikan dengan dosis yang relatif rendah (sekitar 2 t/ha).

Tabel 12. Dosis rekomendasi pemupukan N, P, dan K untuk jagung hibrida dan komposit di lokasi kebun percobaan Naibonat

SPT/Varietas	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	B. Organik
	----- kg/ha * -----			
SPT-1:				
Jagung Hibrida	160	45	75	1000
Jagung Komposit	140	36	60	1000
Kedelai	15	36	60	1000
SPT-2:				
Jagung Hibrida	184	45	75	2000
Jagung Komposit	160	36	60	2000
Kedelai	20	36	60	2000
SPT-3:				
Jagung Hibrida	184	45	75	2000
Jagung Komposit	160	36	60	2000
Kedelai	20	36	60	2000
SPT-4:				
Jagung Hibrida	160	45	75	1000
Jagung Komposit	140	36	60	1000
Jagung Hibrida	15	36	60	1000

*Keterangan : - Idealnya Sumber N: untuk jagung 30% pakai urea 70% pakai ZA; untuk kedelai 100% pakai ZA. Kendalanya pupuk ZA sulit didapat di pasaran.

- Urea mengandung 46% N, SP-36 mengandung 30% P₂O₅, KCl mengandung 50-60% K₂O, ZA mengandung 21% N dan 24% S.

Tabel 13. Dosis rekomendasi pemupukan N, P, dan K untuk jagung hibrida, jagung komposit dan kedelai di lokasi Desa Motong, Sumbawa NTB

SPT/Varietas	N*	P ₂ O ₅	K ₂ O	B. Organik
----- kg/ha -----				
Lokasi 1 (Ami)				
Jagung Hibrida	184	45	75	2000
Jagung Komposit	160	36	60	2000
Kedelai	20	36	60	2000
Lokasi 2 (Kahar)				
Jagung Hibrida	184	45	75	2000
Jagung Komposit	160	36	60	2000
Kedelai	15	36	60	2000
Lokasi 3 (Naim)				
Jagung Hibrida	184	45	75	2000
Jagung Komposit	160	36	60	2000
Kedelai	15	36	60	2000

*Keterangan : - Idealnya Sumber N: untuk jagung 30% pakai urea 70% pakai ZA; untuk kedelai 100% pakai ZA. Kendalanya pupuk ZA sulit didapat di pasaran.

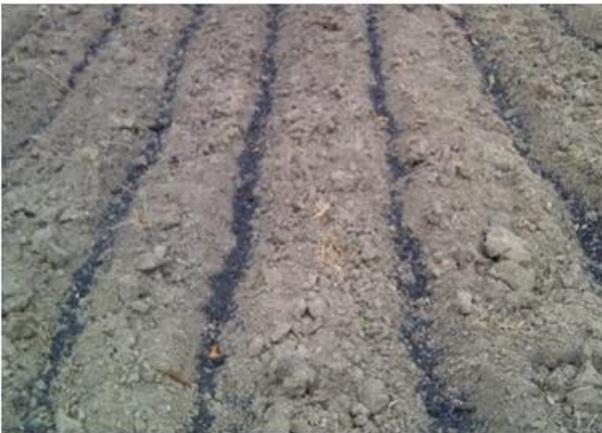
- Urea mengandung 46% N, SP-36 mengandung 30% P₂O₅, KCl mengandung 50-60% K₂O, ZA mengandung 21% N dan 24% S.

Waktu pemberian pupuk untuk LKIK di wilayah pengembangan di NTT dan NTB adalah sebagai berikut: seluruh hara P dan K dalam bentuk NPK majemuk diberikan sebagai pupuk dasar saat tanaman berumur 0 - 14 hari. Sedangkan pemupukan susulan menggunakan ZA dapat dilakukan setelah tanaman berumur 4 minggu bersamaan dengan dilakukannya pembubunan. Pemupukan susulan II dilakukan saat tanaman memasuki fase pembungaan atau pembentukan tongkol (umur 7 minggu) dibarengi dengan pembubunan. Setelah fase ini, tanaman tidak boleh mengalami stress air karena akan berakibat gagalnya proses pembentukan biji pada tongkol. Mengingat curah

hujan yang terbatas di lokasi pengembangan, maka jadwal tanam harus diatur agar saat tanaman mengalami fase pembentukan tongkol, curah hujan bisa dipastikan cukup.

Untuk tanaman kedelai, pupuk organik dan hayati diberikan pada saat tanam dengan cara dilarik. Pupuk N, P, dan K bisa dilakukan pada saat tanam secara keseluruhan, atau diberikan saat tanaman berumur 15 hari dengan dilarik 5 cm dari barisan tanaman bersamaan dengan menyiang dan membumbun.

Untuk tanaman jagung, pupuk dasar NPK majemuk diberikan dengan cara ditugal 5 cm dari posisi benih. Bila bersamaan dengan tanam, pemupukan NPK majemuk dapat diberikan dengan cara dilarik (Gambar 25) dan dibenam dengan jarak 5 cm dari barisan tanaman. Pupuk N susulan 2 kali masing-masing 30% dari dosis N total dan diberikan dengan cara dilarik. Setelah pupuk disebar di larikan, selanjutnya ditutup dengan tanah sambil membumbun tanaman. Bila tersedia air irigasi, setiap kali selesai pemupukan tanah sebaiknya dilembabkan agar pupuk cepat melarut dan tidak mengalami volatilisasi.



Gambar 25.
Cara aplikasi
pupuk organik
atau pembenah
tanah dalam
larikan

IV. PENUTUP

Produktivitas tanaman pada lahan kering beriklim kering (khususnya di NTT dan NTB) lebih rendah dibandingkan dengan provinsi penghasil pangan lainnya di Indonesia. Kesenjangan produktivitas antara aktual dan potensi genetik merupakan peluang peningkatan produktivitas tanaman. Petani LKIK di NTT dan NTB masih dominan menggunakan varietas lokal yang produktivitasnya rendah. Sementara varietas unggul tanaman pangan, baik hibrida maupun non hibrida sudah tersedia. Penyuluhan mengenai teknik budi daya yang baik menjadi titik ungukit peningkatan produktivitas lahan kering beriklim kering di NTT dan NTB.

Penanggulangan faktor pembatas utama yaitu penyediaan air merupakan titik ungukit untuk pengembangan pertanian, khususnya untuk pengembangan tanaman pangan pada lahan kering beriklim kering. Untuk berproduksi secara optimal bukan hanya masalah ketersediaan air yang perlu diatasi, aspek lainnya terutama pengelolaan tanah (pengelolaan kesuburan dan konservasi tanah) juga penting untuk diperhatikan, sehingga sistem pengelolaan lahan kering beriklim kering bersifat berkelanjutan.

Program pengembangan pengelolaan lahan kering beriklim kering telah banyak dilakukan, namun pada umumnya sistem pengelolaan lahan pertanian pada agroekosistem ini masih dilakukan secara subsisten. Sementara ancaman degradasi lahan sulit dihindari, salah satunya karena potensi erosi tergolong tinggi, padahal rata-rata tingkat erosi yang dapat ditoleransi sangat rendah, karena sebagian besar tanah pada LKIK merupakan tanah dangkal dan bebatu.

Inovasi teknologi yang bersumber dari kearifan lokal perlu dikembangkan untuk memudahkan adopsi teknologi. Teras batu

(*tabatan watu*) dan sengkedan kayu (*kebekolo*) yang merupakan teknologi konservasi yang bersumber dari kearifan lokal, direkomendasikan untuk terus dikembangkan. Kedua teknologi ini terbukti efektif dalam menanggulangi erosi. Titik ungit dalam meningkatkan efektivitas teknologi tersebut adalah dalam hal penentuan garis kontur utamanya pada lahan berlereng. Di beberapa lokasi diperlukan alat bantu untuk memecahkan batuan yang keras dan berukuran besar (banyak ditemukan pada lahan kering di NTB). Penanaman tanaman konservasi misalnya rumput atau legum pakan ternak sebagai penguat teras bisa menambah aspek manfaat dari teknologi ini, karena ternak merupakan salah satu komponen penting sistem usaha tani pada lahan kering beriklim kering.

Bahan organik sulit lapuk yang belum dimanfaatkan secara optimal direkomendasikan untuk diolah menjadi arang (*biochar*). Penggunaan *biochar* sebagai pembenah tanah pada LKIK terbukti efektif dalam meningkatkan produktivitas tanaman dan sifat fisik tanah yang menentukan kemampuan tanah memegang air. Efektivitas *biochar* bertambah baik jika dikombinasikan dengan kompos pupuk kandang. Titik ungit dalam pemanfaatan *biochar* adalah dalam penguasaan teknologi pembuatan arang. Teknologi pembuatan arang dengan menggunakan bahan lokal atau peralatan yang mudah didapat secara insitu perlu terus dikembangkan.

Rendahnya produktivitas antara lain disebabkan petani belum sepenuhnya mengikuti anjuran pemupukan yang direkomendasikan. Pemupukan berimbang ditetapkan berdasarkan status hara tanah dan kebutuhan tanaman. Tanaman pangan membutuhkan hara N, P, dan K yang cukup tinggi. Hara N karena sifatnya yang *mobile*, seringkali ketersediaannya rendah sehingga pemupukan N menjadi kebutuhan mutlak. Unsur hara P dan K

bersifat tidak *mobile* dalam tanah, oleh karenanya status hara P dan K dalam tanah sangat dipertimbangkan dalam menentukan dosis hara P dan K. Lahan kering beriklim kering biasanya memiliki status hara P dan K yang tinggi, sehingga kebutuhan dosis pupuk K biasanya juga rendah. Pemupukan hanya dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan jangka pendek tanaman.

Penggunaan pupuk yang masih sangat terbatas, baik dalam jenis maupun jumlah merupakan salah satu penyebab belum optimalnya produktivitas lahan kering beriklim kering. Keterbatasan petani dalam menyediakan pupuk harus dipertimbangkan dalam penyusunan rekomendasi pemupukan. Untuk areal yang memiliki pH tinggi seperti pada lahan kering beriklim kering, pupuk yang cocok dipakai adalah pupuk majemuk NPK sebagai pupuk dasar dan ZA atau urea sebagai pupuk susulan. Pupuk ZA selain memberikan hara N, juga menyediakan hara S yang ketersediaannya terbatas akibat pH tanah yang terlalu tinggi. Kendalanya pupuk ZA di wilayah LKIK sulit didapat di pasaran. Pupuk NPK yang digunakan adalah yang memiliki proporsi N tinggi dan proporsi P dan K yang rendah seperti Pelangi 20-10-10. Selain pupuk kimia, diperlukan tambahan pupuk organik, oleh karena itu aplikasi pembenah tanah yang berbahan baku *biochar* dan kompos bisa bersifat multifungsi, selain memperbaiki sifat fisik tanah juga untuk mewujudkan sistem pemupukan berimbang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., A. Dariah, dan A. Mulyani. 2008. Strategi dan teknologi lahan kering mendukung pengadaan pangan nasional. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 27 (2): 43-48.
- Arsyad, S. 2000. *Konservasi Tanah dan Air*. Institut Pertanian Bogor. IPB Press.
- Balitklimat. 2004. *Atlas Sumberdaya Iklim/Agroklimat untuk Pertanian*. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor. Indonesia.
- BBSDLP. 2013. *Penelitian dan pengembangan inovasi teknologi terapan berbasis pangan pada lahan kering beriklim kering di NTT*. Program SINAS. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Laporan Kerjasama Kementerian Pertanian dengan Kementerian Riset dan Teknolgi. (tidak dipublikasikan).
- BPS (Biro Pusat Statistik). 2008. *Penggunaan lahan per provinsi di Indonesia*. Biro Pusat Statistik, Jakarta.
- Bunga, Y. Y. Langsa, dan C, Manopo. 2013. *Kajian pengembangan varietas unggul baru jagung hibrida untuk meningkatkan hasil di Kabupaten Poso, Sulawesi Tengah*. Hlm 70-74 *dalam* Prosiding Seminar Nasional Inovasi Pertanian Lahan Kering. Kupang, 4-5 September 2012. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Cooke, G.W. 1985. *Potassium in agriculture systems of the humid tropics : an introduction to the colloquium*. Proceeding of the 19th Colloquium of the International Potash Institute, Bangkok 1985.

- Dariah, A., N.L. Nurida, dan S.H. Talaouhu. 2007. Aplikasi sistem olah tanah pada lahan kering beriklim kering di Lombok Timur. Hlm 291-300 *dalam* Prosiding Kongres Nasional IX HITI. UPN Veteran Yogyakarta, 5-7 Desember 2007.
- Dariah, A. dan N.L. Nurida. 2011a. Aplikasi mulsa vertikal dan pembenah tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan kering iklim kering di Naibonat, Nusa Tenggara Timur. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian Banjarbaru. Buku I. 13-14 Juli 2011. Inovasi Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Tanah dan Tanaman.
- Dariah, A. dan N.L. Nurida. 2011b. Penggunaan pembenah tanah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan input pertanian pada lahan kering terdegradasi. Prosiding Seminar dan Kongres Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI). Buku 3. Surakarta, 6-8 Desember 2011.
- Dariah, A. dan N.L. Nurida. 2012. Pemanfaatam biochar untuk meningkatkan produktivitas lahan kering beriklim kering. Buana Sains, Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kealaman, 12(1).
- Dariah, A. 2012. Perkembangan penelitian teknologi pengeloaan lahan kering. Hlm. 91-102 *dalam* Prosepek Pertanian Lahan Kering dalam mendukung Ketahanan Pangan. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. IARRD Press.
- Dariah, A. Nurida, L.N. dan Sutono. 2013a. Pengujian teknik konservasi spesifik lokasi lahan kering berikli kering di Desa Oebola, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. Hlm 540-577 *dalam* Prosiding Seminar Nasional Inovasi Pertanian Lahan Kering. Kupang, 4-5 September 2012. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.

- Dariah, A. N.L. Nurida, dan Sutono. 2013b. The effect of biochar on soil quality and maize productivity in upland in dry climate region. 11th International Conference The East and South East Asia Federation of Soil Science Societies. 21-24 Octocer. Bogor Indonesia.
- Dahnke, W.C. and R.A. Olson. Soil test correlation, calibration, and recommendation. Soil Testing and Plant Analysis, 3rd ed. SSSA Book Series No. 3.
- Dierolf, T.S. and R.S. Yost, 2000. Stover and potassium management in an upland rice-soybean rotation on an Indonesian Ultisols.
- Glaser, B., J. Lehmann, and W. Zech. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal: A review. Biol. Fertil. Soils 35:219-230.
- Hidayat, A. dan A. Mulyani. 2005. Lahan kering untuk pertanian. Hal. 1-34 *dalam* Abdurachman *et al.* (ed.). Buku Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Igarashi, T. 2002. Handbook for soil amendment of tropical soil, Association for International Cooperation of Agriculture and Forestry.p 127-134.
- Janke, W., 1992. Role of potash toward yield of food crop in Asia countries. *dalam* Ismunadji *et al.* (Eds.). Prosiding Seminar Nasional Kalium, Jakarta 4 Agustus 1992.
- Kartiwa, B. dan A. Dariah. 2013. Teknologi pengelolaan air lahan kering. Hal. 103-122 *dalam* Prospek Pertanian Lahan Kering dalam mendukung Ketahanan Pangan, Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. IARRD Press.

- Kuwagaki, H. and K. Tamura. 1990. Aptitude of wood charcoal to a soil improvement and other non fuel use. p. 27-44. *In* Technical Report on the Research Development of the New Uses of Charcoal and Pyroligneous Acid, Technical Research Association for Multiuse of Carbonized Material.
- Laegreid, M., O.C. Bockman and O. Kaarstad. 1999. Agriculture, Fertilizers and the Environment. CABI Publishing in Association with Norsk Hydro ASA.
- Nurida, N.L dan A. Dariah. 2007. Keunggulam komparatif aplikasi olah tanah konservasi pada pertanaman jagung di lahan berbatu Kabupaten Lombok Timur. Hal. 27-37 *dalam* Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan dan Lingkungan Pertanian. Bogor, 7-8 Nopember 2008.
- Nurida, N.L., A. Rachman, dan Sutono. 2012. Potensi pembenah tanah biochar dalam pemulihan sifat tanah terdegradasi dan peningkatan hasil jagung pada Typic Kanhapludults, Lampung. Buana Sains. Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kealaman 2(1) (Edisi Khusus). Tribhuana Press.
- Nurida, N.L. dan A. Dariah. 2013. Pemberian pembenah tanah dan pupuk hayati untuk peningkatan kualitas tanah dan produksi jagung di lahan kering, Lombok Timur. Hal. 586-592 *dalam* Prosiding Seminar Nasional Inovasi Pertanian Lahan Kering. Kupang, 4-5 September 2012. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementrian Pertanian.
- Mulyani, A. 2013. Karakteristik dan Potensi Lahan Kering beriklim Kering untuk Pengembangan Pertanian di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Hal. 593-600 *dalam* Prosiding Seminar Nasional Inovasi Pertanian Lahan Kering. Kupang, 4-5 September 2012. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian,

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
Kementerian Pertanian.

- Mulyani, A. dan M. Sarwani. 2013. Karakteristik dan potensi lahan suboptimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 7(1): 47-55.
- Momuat, E.O., D. Sitepu, dan C.H. J.S. Momuat. 1993. Status dan pengembangan lahan kering Nusa Tenggara, Kasus Proyek P3NT. *Prosiding Lokakarya Status dan Pengembangan Lahan Kering di Indonesia*. Mataram, 16-18 Nopember 1993. Proyek Pembangunan Penelitian Pertanian Nusa Tenggara. Badan Penelitian dan pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Ogawa, M. 1994. Symbiosis of people and nature in tropics. *Farming Japan* 28(5):10-34.
- Rachman, A., B. Winarso, dan A. Dariah. Telaahan Proyek Penelitian Pembangunan Pertanian Nusa Tenggara (P3NT). *Dalam Agroekosistem dan Pengalolaan DAS*. *Prosiding Lokakarya Pembahasan Hasil Penelitian 1994/1995*. Cipayung, 15-17 Februari 1995.
- Seran. Y.L. 2013. Optimalisasi pemanfaatan sumberdaya lahan kering berbasis inovasi bagi pengembangan sistem usahatani kacang hijau dan jagung di NTT. Hal. 521-527 *dalam* *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Pertanian Lahan Kering*. Teknologi Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Subagyono, K., U. Haryati, dan S.H. Talaohu. 2004. Teknologi konservasi air pada pertanian lahan kering. Hal. 151-188 *dalam* *Teknologi Konservasi Tanah Pada Lahan Kering Berlereng*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

- Sutono, S. Dan N.L. Nurida. 2012. Kemampuan biochar memegang air pada tanah bertekstur pasir. Buana Sains. Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kealaman 2(1) (Edisi Khusus). Tribhuana Press.
- Sukarman, IGM Subiksa, dan S. Ritung. 2012. Identifikasi lahan kering potensial untuk pengembangan tanaman pangan. Hal. 103-122 *dalam* Prospek Pertanian Lahan Kering dalam mendukung Ketahanan Pangan. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. IARRD Press.
- Suradisastra, K. dan A. Dariah. 2013. Pemetaan kearifan lokal dan kapital sosial pada kegiatan pertanian lahan kering. Hal. 210-227 *dalam* Prospek Pertanian Lahan Kering dalam mendukung Ketahanan Pangan. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. IARRD Press.
- Wahyunto dan R. Shofiyati. 2012. Wilayah potensial pertanian lahan kering untuk mendukung pemenuhan kebutuhan pangan Indonesia. Hal. 297-315 *dalam* Prospek Pertanian Lahan Kering dalam mendukung Ketahanan Pangan. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. IARRD Press.

Kontak Penulis
Balai Penelitian Tanah
Jl. Tentara Pelajar 12
Kampus Penelitian Pertanian
Cimanggu - Bogor
Telp. 0251.833657; Fax. 0251.8321608, 8322933
Website: <http://balittanah.litbang.deptan.go.id>
email: balittanah@litbang.deptan.go.id; soil-ri@indo.net.id

40 Years Anniversary



AGRO INOVASI

SCIENCE . INNOVATION . NETWORK
www.litbang.deptan.go.id



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta 12540
Telp.: 021 7806202, Faks.: 021 7800644

ISBN 978-602-1520-69-7



9 786021 15206971