

PENGUATAN SISTEM *ARIN* DENGAN BIOINTENSIFIKASI DAN PEMULIAAN TANAMAN UNTUK PRODUKTIVITAS DAN KEBERLANJUTAN PERTANIAN DI MALUKU TENGGARA BARAT

Edizon Jambormias

Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Pattimura

Email: edy_jambormias@yahoo.com

ABSTRAK

Sistem *arin* merupakan suatu sistem pertanian yang berlangsung di Kepulauan Tanimbar. Sistem ini terdiri atas 4 komponen, yaitu ekosistem budidaya tanaman, areal pemukiman kebun yang disebut *tnyafar*, ekosistem perburuan untuk memperoleh sumber protein hewani, dan ekosistem pesisir dan laut untuk pengkapan dan budidaya ikan, moluska dan rumput laut. Ekosistem budidaya tanaman walaupun berlangsung tanpa olah tanah atau dengan olah tanah minimum dan tanpa input dari luar, namun memiliki beberapa kelemahan mendasar seperti pembakaran lahan ketika pembukaan lahan, masih berpindah tempat, dan hanya bergantung pada curah hujan. Penguatan sistem *arin* diantaranya dapat dilakukan melalui teknologi biointensifikasi dan pemuliaan tanaman. Teknologi biointensifikasi yang dapat digunakan diantaranya: sistem kebun intensif hayati, teknologi pertanian lahan miring, agroforestry, budidaya lorong untuk tanaman perkebunan dan buah-buahan, agropasture, dan teknologi *rounders type*. Pemuliaan tanaman dilakukan untuk memperoleh varietas yang sesuai dengan lingkungan tanpa olah tanah atau olah tanah minimum, efisien memanfaatkan hara tersedia, toleran naungan, mampu berkompetisi dengan gulma, ideotipe sesuai perilaku budidaya tanaman masyarakat tanimbar, dan menghasilkan rumput makanan ternak yang juga dapat berkompetisi dengan gulma.

Kata kunci: arin, tnyafar, biointensifikasi, pemuliaan tanaman, budidaya lorong

PENDAHULUAN

Arin (Bahasa lokal Jamdena Timur) merupakan nama lokal untuk sistem budidaya tanaman pangan yang berlangsung di Kepulauan Tanimbar, Kabupaten Maluku Tenggara Barat, Provinsi Maluku. Sistem ini merupakan pengetahuan lokal yang menyediakan pangan bagi keberlangsungan hidup masyarakat di Kepulauan Tanimbar.

Sistem *arin* memiliki salah satu kelebihan utama yaitu penanaman berlangsung tanpa olah tanah (TOT) atau dengan olah tanah (OT) minimal dan tanpa penggunaan input luar sintetis seperti pestisida sintetis dan pupuk anorganik. Sistem ini juga berhasil mempertahankan keunggulan genetik tanaman-tanaman pangan utama seperti padi, jagung, kacang tanah, kacang hijau, ubi, gembili, keladi, pisang dan beberapa kacang-kacangan minor. Namun demikian, sistem ini merupakan sistem ladang berpindah yang sangat rentan terhadap tekanan erosi dan kehilangan hara dalam tanah (Pattiselano *et al.*, 2015).

Penguatan suatu sistem merupakan suatu bentuk tindakan untuk mempertahankan keunggulan dan menginovasi kelemahan sistem itu dengan teknologi baru yang dapat meningkatkan produktivitas dan menjamin keberlanjutan. Penguatan sistem *arin* dalam bentuk biointensifikasi dan pemuliaan tanaman. Biointensifikasi merupakan bentuk-bentuk pertanian intensif yang menggunakan bahan-bahan biologis dan pengelolaan lingkungan untuk membentuk kembali ekosistem pertanian alami yang produktif dan berkelanjutan. Bentuk-bentuk itu diantaranya penanaman pupuk hijau selama pemberaan, penggunaan sistem kebun intensif hayati (Reijntjes *et al.* 1992), teknologi pertanian lahan miring (Reijntjes *et al.* 1992), pengembangan teknologi sistem *rounders type* (Jumin *et al.*, 2014) dan perbaikan air tersedia di musim kemarau misalnya dengan pembuatan lubang resapan air biopori (Fordatkosu, 2013). Pemuliaan tanaman merupakan upaya merakit nilai dan keragaman genetik tanaman untuk produktif dan beradaptasi dengan kondisi *arin* biointensifikasi di atas.

Tujuan penulisan ini adalah untuk mendeskripsi sistem *arin* berdasarkan keunggulan dan kelemahannya, mendeskripsi biointensifikasi dan inovasinya untuk penguatan *arin*, serta tujuan, prosedur dan strategi pemuliaan tanaman untuk menghasilkan varietas yang produktif dan sesuai dengan sistem .biointensifikasi *arin*.

Sistem Arin

Sistem arin merupakan suatu gugus areal pertanian yang terdiri atas kebun tanaman pangan saja atau sebagai tanaman sela diantara anakan tanaman kelapa, berlokasi di suatu 'tanjung' (dataran) dari pulau, dekat dengan laut dan areal perburuan. Suatu "pemukiman kebun" dapat dibuat dalam arin ini bila letak arin jauh dari desa tempat tinggal. Pemukiman kebun ini dikenal dengan nama *tnyafar*, dimana suatu keluarga petani memiliki satu buah "rumah tnyafar". Interaksi sosial gotong royong berlangsung ketika pembukaan lahan dan pembuatan pagar keliling kebun, kadang-kadang juga dalam berburu hewan liar dan penangkapan ikan di laut.

Pembukaan lahan dalam sistem arin dilakukan dengan cara pembakaran hasil tebang pohon dan tebasan semak. Pada desa-desa dengan jumlah arin yang banyak (sehingga pemberaan berlangsung lama), pembakaran lahan masih dapat dipertahankan. Hal ini karena hasil bakaran menghasilkan abu yang menyumbang hara dan meningkatkan pH setelah masa pemberaan selama 17 tahun (Sanchez, 1999). Namun bagi desa-desa dengan rotasi arin yang singkat, sistem ini gagal mempertahankan ketersediaan hara dan gagal mengkonservasi tanah dan air.

Pattiselano *et al.* (2015) mendeskripsikan tahapan pengelolaan arin, mulai dari sejak penanaman hingga panen, pola dan musim tanam, rotasi arin, dan pemberaan atau dengan penanaman sela diantara anakan tanaman kelapa. Penanaman tanaman dilakukan masing-masing keluarga petani, kecuali pengerjaan bersama untuk kebun keluarga janda dan keluarga petani yang bapak keluarganya sakit. Kebun-kebun dalam arin merupakan kebun polikultur yang terdiri atas berbagai komoditas tanaman yang didominasi oleh tanaman pangan. Pola tanam dalam arin merupakan pola tanam campuran (*mixed cropping*) dan berurutan (*sequential cropping*).

Suatu keluarga petani dalam setahun paling banyak mengelola tiga buah arin, masing-masing disebut Kebun Baru (Jamdena Timur: *Let Beber*), Kebun Lama 1 (Jamdena Timur: *Let Lolobar*), dan Kebun Lama 2 (Jamdena Timur: *Let Wangim*). Pola tanam meliputi tiga tahapan penggunaan lahan pada tiga kebun ini. Pemilihan komoditas tanaman disesuaikan dengan kondisi iklim, yang melibatkan tanaman umur 3-4 bulan, 5-6 bulan, dan 7-8 bulan (Gambar 1). Resiko kekeringan biasanya terjadi sejak bulan April, dan memasuki bulan Agustus, telah mulai berlangsung kemarau panjang.

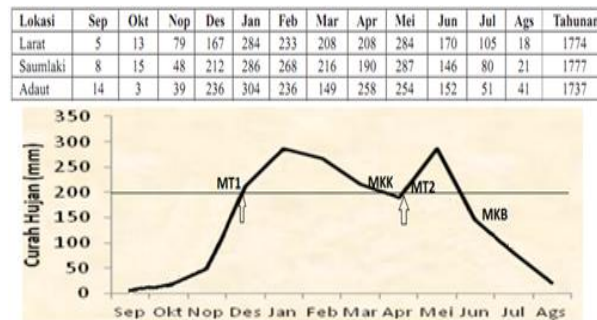
Komoditas tanaman pangan yang paling sering ditanam di Let Beber adalah ubi putih (*Dioscorea alata* L.), keladi (*Colocasia* sp) dan Talas (*Xanthosoma* sp). Juga dapat ditanam ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.), serta pisang tanduk, pisang abu-abu dan pisang 40 hari (*Musa* sp). Batas antar kebun dalam suatu "arin" (gugus kebun beberapa keluarga petani pada suatu lokasi) ditandai dengan penanaman ketela pohon (*Manihot esculenta* L.) dan jenis pisang lainnya seperti pisang kasta/banda dan pisang raja/dewaka. Sebelum pisang dan ketela pohon mencapai pertumbuhan dan perkembangan penuh, pada lokasi tanaman ini juga ditanam jagung (*Zea mays* L.). Jagung juga dapat ditanam diantara tanah yang kosong dari tanaman umbi-umbian dalam sistem tumpang sari. Beberapa komoditas lainnya yang ditanam pada satu atau dua tempat dalam kebun adalah labu, ketimun, semangka, tebu, tomat, cabe dan kacang jogo dalam jumlah sedikit.

Tanaman merayap seperti labu dan ketimun biasanya ditanam pada lokasi-lokasi yang sulit untuk ditanami karena ada halangan mekanis seperti tempat rebah pepohonan besar atau ada batuan besar. Penanaman dilakukan pada saat musim tanam pertama (MT1) (Gambar 2), dan panen jagung muda sudah dapat dilakukan sekitar dua bulan setelah tanam, dan jagung tua ketika memasuki periode meti kei kecil (MKK).

Period	Rainy season period	First annual crop (cycle length 130 days)	Second annual crop (cycle length 130 days)	Long cycle annual crop (180 days)	Cassava 240 days
16-31 december	initial				
1-15 january	wet				
16-31 january					
1-15 february					
16-28 february					
1-15 march					
16-31 march					
1-15 april					
16-30 april					
1-15 may					
16-31 may					
1-15 june					
16-30 june					
1-15 july					
16-31 july	final				
1-15 august					

Gambar 1. Pemilihan komoditas tanaman pangan dalam suatu arin di Kabupaten Maluku Tenggara Barat (TLUP, 2005)

Panen tanaman umbi-umbian dilakukan secara bertahap dalam beberapa minggu ketika memasuki periode meti kei besar (MKB). Pemanenan pisang dilakukan setelah panen umbi-umbian hingga kebun ini menjadi let lolobar dan let wangim. Jika arin dekat dengan desa tempat tinggal (kemudahan akses), pada let beber sudah langsung ditanami kelapa, dan tanaman pangan ditanam diantara tanaman kelapa.



Ket.: MT1 = Musim Tanam Pertama, MKK = meti kei kecil (periode tanpa curah hujan ± 2 minggu), MT2 = musim tanam ke-2, dan MKB = meti kei besar (periode tanpa hujan ± 6 bulan).

Gambar 2. Sebaran curah hujan sepanjang tahun di Kabupaten Maluku Tenggara Barat (Laimeheriwa, 2012) dan penentuan musim tanam berdasarkan kearifan lokal setempat

Pemanenan ubi putih dan umbi-umbian lain dilakukan dengan menggunakan suatu alat berbentuk tuas, yang oleh penduduk berbahasa Jamdena Timur disebut *snayail*. Bekas panen ubi putih ditanami umbi-umbian lainnya yaitu gembili (*Dioscorea esculenta* L.). Selain itu, pada bekas panen umbi-umbian lainnya yang tidak ditanam gembili, juga dapat ditanami jagung (*Zea mays* L.), padi gogo (*Oryza sativa* L.) dan kadang-kadang bawang merah (*Allium cepa* L.) sebagai gerombol-gerombol monokultur dalam kebun ketika memasuki MT1.

Di Pulau Selaru juga ditanam tanaman sereal lainya yaitu tanaman hotong (sejenis sorgum), tetapi saat ini mulai ditinggalkan petani setempat. Penanaman ini dapat dilakukan setelah penanaman Let Beber yang baru dibuka lagi. Kebun hasil penanaman kembali ini masuk pada periode pemakaian lahan pada tahun kedua yang disebut Let Lolobar. Selain tanaman-tanaman pengganti yang ditanam, juga masih terdapat pisang yang ditanam sejak masih sebagai Let Beber sebelumnya. Kecuali gembili, semua tanaman lainnya dipanen ketika periode MKK. Pada bekas tanaman-tanaman ini ditanami dengan tanaman kacang-kacangan seperti kacang tanah (*Arachis hypogaea*), kacang hijau (*Vigna radiata*), kedelai (*Glycine max*), kacang merah, dan kacang-kacangan lainnya. Pemanenan tanaman-tanaman ini sudah dapat dilakukan ketika memasuki periode MKB, yaitu sebelum *land clearing* untuk Let Beber. Demikian pula gembili yang ditanam awal pada let lolobar, juga dipanen setelah pemanenan kacang-kacangan.

Bekas panen pada let lolobar, kadang-kadang juga kembali ditanami dengan gembili untuk dipanen pada tahun berikutnya atau langsung diber. Jika ditanam kembali dengan gembili, maka penggunaan lahan masuk pada tahun ketiga. Kebun pada tahun ketiga ini yang disebut sebagai let wangim atau *let wasi*. Setelah penggunaan pada tahun ketiga ini, lahan masuk periode pemberaan selama 3-20 tahun, bergantung banyaknya arin yang dimiliki suatu desa, atau dapat ditanami kelapa atau buah-buahan. Semakin sedikit arin, khususnya pada pulau kecil, semakin cepat periode pemberaan (jika tidak ditanami kelapa atau buah-buahan).

Selain merupakan kegiatan budidaya tanaman di darat, sistem arin juga meliputi sub sistem pengelolaan sumber daya hayati yang ada di pesisir dan laut dan sub sistem perburuan hewan di darat. Penangkapan ikan sebagai sumber protein di malam hari, "balobe", dilakukan ketika pasang surut berlangsung di malam hari, yaitu antara sekitar Jam 19.00 s/d 22.00. Penangkapan dilakukan dengan berjalan kaki atau dengan perahu berukuran kecil bermuatan 1-2 orang. Penangkapan dilakukan pada areal berair dengan ketinggian air hingga batas perut orang dewasa. Bahan penerang yang digunakan selama penangkapan adalah lampu petromax, dengan alat tangkap berupa tombak bambu yang ujungnya terbuat dari besi yang disebut "kalaway". Hasil laut yang paling sering tertangkap atau dipanen selama balobe adalah ikan. Perburuan hewan hutan sebagai sumber protein lainnya juga dilakukan ketika kegiatan balobe tidak dapat berlangsung (pasang surut tidak berlangsung pada sekitar Jam 19.00 s/d 22.00). Perburuan berlangsung di siang hari, dengan buruan utama adalah babi hutan. Sistem arin seperti ini berpengaruh pada curahan tenaga kerja dalam arin. Umumnya pembukaan lahan dan penyiapan lubang tanam dipersiapkan oleh kaum laki-laki, sedangkan penanaman dan perawatan tanaman oleh kaum perempuan. Laki-laki jarang terlibat dalam perawatan tanaman, karena sering bekerja di luar kebun, seperti balobe dan perburuan hewan hutan.

Sistem arin yang masih merupakan sistem ladang berpindah mempunyai beberapa kelemahan mendasar yang memerlukan perbaikan. Beberapa kelemahan tersebut diantaranya:

- a. Pembakaran lahan ketika *land clearing* berpotensi menyebabkan kehilangan unsur nitrogen yang penting bagi pertumbuhan tanaman, dan menyebabkan matinya organisme penting dalam tanah seperti bakteri yang bersimbiosis dengan perakaran tanaman leguminosa untuk mengikat nitrogen dan cacing tanah yang menggemburkan tanah. Selain itu, musuh alami hama dan vektor utama penyakit penting juga ikut musnah. Pembakaran lahan hanya menyumbang unsur kalium dan sisa pembakaran lahan dan mematikan patogen dan hama penting.
- b. Sistem pertanian ladang berpindah sangat buruk terhadap konservasi tanah dan air, khususnya terhadap erodibilitas tanah terbuka pada lahan miring, dan kegagalan untuk memulihkan kembali hara. Keadaan ini dapat menyebabkan tanah menjadi miskin hara atau dapat berubah menjadi tandus (munculnya batu kapur putih di Pulau Jamdena dan lahan-lahan yang ditumbuhi alang-alang).
- c. Tidak optimalnya pemanfaatan sumberdaya air tersedia, baik air sungai, air permukaan dan air tanah untuk mendukung irigasi, khususnya ketika musim kemarau berlangsung. Budidaya tanaman hanya bergantung pada musim hujan belaka, sedangkan tiga bulan menjelang akhir musim hujan hanya sebagian kecil petani yang bercocok tanam. Ketika memasuki musim kemarau, kegiatan bercocok tanam berhenti sama sekali. Pembangunan sarana irigasi tidak mungkin dilakukan karena tidak lagi dapat dimanfaatkan setelah arin ditinggalkan pasca 2-3 kali pemanfaatan.
- d. Arin yang ditanami tanaman perkebunan kelapa tidak lagi mengalami daur ulang budidaya tanaman pangan selama kelapa masih berada di atas lahan usaha itu. Arin hanya menjadi lahan usaha monokultur tanaman kelapa belaka, dan mengurangi lahan tersedia untuk tanaman pangan.

Teknologi Biointensifikasi

Teknologi biointensifikasi merupakan bentuk-bentuk pertanian intensif yang menggunakan bahan-bahan biologis dan pengelolaan lingkungan untuk membentuk kembali ekosistem pertanian alami yang produktif dan berkelanjutan. Beberapa teknologi yang menggunakan bahan-bahan biologis untuk memulihkan kembali ekosistem pertanian alami diantaranya adalah penanaman tanaman pupuk hijau, budidaya lorong (*alley cropping*) dengan tanaman leguminosa, dan integrasi tanaman-ternak (*agropasture*). Semua teknologi ini, memberikan kesempatan kepada ekosistem pertanian untuk memulihkan keadaannya untuk menjadi produktif kembali.

Tanaman Pupuk Hijau

Tanaman-tanaman pupuk hijau umumnya berasal dari golongan tanaman leguminosa, baik tanaman annual, biennial dan perenial. Tanaman-tanaman ini merupakan urat nadi dalam sistem pertanian biointensifikasi. Tanaman-tanaman annual dan biennial sumber pupuk hijau diantaranya adalah:

- Jenis-jenis tanaman leguminosa seperti *Traphrosia vogelli*, *Crotalaria* sp., *Cajanus cajan*, *Centrosema pubescens*, *Arachis prostrata*, *Pueraria phaseoloides*, *Mucuna* sp., *Sesbania rostrata*, dan *Pachyrrhizus erasus*.
- Rumput-rumputan seperti *Cynodon nlemfuensis*.

Tanaman-tanaman perennial sumber pupuk hijau diantaranya adalah:

- Jenis-jenis tanaman pagar seperti gamal, lamtoro, turi, kelor, dan lain-lain.
- Jenis-jenis tanaman kehutanan seperti sengon, kaliandra, lenggua, mahoni, dan lain-lain.

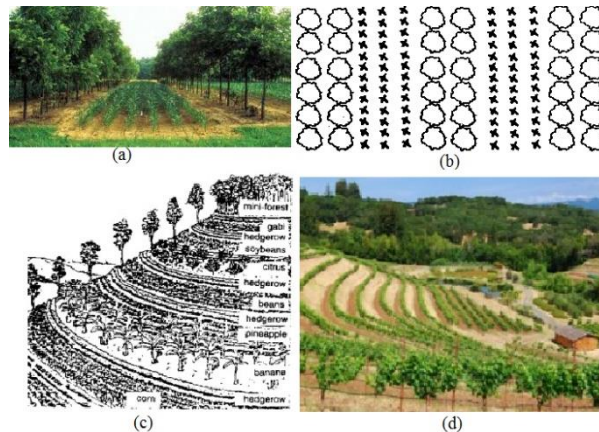
Kemampuan tanaman annual dan biennial menghasilkan hara ketika suatu lahan pertanian dibiarkan cukup tinggi. Misalnya:

- Pemberaan selama sepuluh bulan dengan pupuk hijau dari jenis leguminosa seperti *Traphrosia vogelli*, *Crotalaria* sp. dan *Cajanus cajan* setara dengan pemakaian 120 kg N, 100 kg P, dan 100 kg K/ha atau dua kali lipat dibandingkan penggunaan pupuk kandang sebesar 15 ton/ha/tahun (Prinz 1986 dalam Reijntjes et al. 1992).
- Uji coba dengan *Pueraria phaseoloides* pada lahan ultisol menghasilkan hara per hektar per tahun sebesar 59 kg N, 14 kg P, 66 kg K, 53 kg Ca, 28 kg Mg, 113 kg Cu dan 283 kg Zn setelah pemberaan selama 14 bulan dan pembakaran sisa bekas tebang di tempat itu. Hasil ini setara atau bahkan melebihi pemberaan hutan selama 15-20 tahun dan pembakaran sisa bekas tebang (NSCU, 1980 dalam Reijntjes et al. 1992).
- Rumput *Cynodon nlemfuensis* yang disebarkan di lahan kritis/miskin hara akibat diolah selama bertahun-tahun mampu menghasilkan 109 kg N, 22 kg P, 156 kg K, dan 33 kg Ca per hektar per tahun, dan meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah (Juo dan Lal 1977 dalam Reijntjes et al. 1992).

Besarnya kontribusi hara dari tanaman-tanaman perennial juga tergolong cukup tinggi, karena biomasa yang dihasilkan cukup besar. Zaini *et al.* (1985) melaporkan bahwa lamtoro dan sengon masing-masing menghasilkan biomasa sebesar 4.6-6.3 t/ha/tahun dan 2.5-3.1 t/ha/tahun dari guguran daun dan sisa pemangkasan bentuk atau pemangkasan pemeliharaan.

Teknologi Budidaya Lorong

Teknologi budidaya lorong merupakan pendekatan yang praktis dalam mengkonservasi kesuburan tanah. Tanaman perennial ditanam dalam barisan-barisan dengan jarak tertentu yang menciptakan ruang di antara barisan-barisan itu untuk penanaman tanaman annual dan bienial yang berumur pendek sebagai sela dalam runag diantara barisan-barisan tanaman perennial itu (Gambar 3). Sebaiknya penanaman barisan-barisan perennial tersebut mengikuti arah timur-barat, sehingga bayangan tanaman barisan tidak menutupi tanaman sela.



Gambar 3. Sistem budidaya lorong pada lahan datar (a dan b) dan penanaman menurut *contour* pada lahan miring

Pemilihan tanaman perenial dan tanaman annual dalam budidaya lorong sebaiknya memperhatikan interaksi yang saling menguntungkan (simbiosis mutualisme) atau setidaknya yang satu menguntungkan yang lainnya tanpa yang satu itu mengalami kerugian sama sekali (komensalisme). Misalnya tanaman-tanaman seperti gamal, lamtoro, kaliandra atau sengon yang ditanam dalam barisan dapat mengikat nitrogen dan sebagai sumber pupuk hijau bagi tanaman pangan. Demikian pula sebaliknya, misalnya tanaman-tanaman annual dan biennial pupuk hijau ditanam diantara barisan tanaman perennial bukan pupuk hijau.

Integrasi Tanaman-Ternak

Budidaya lorong yang melibatkan tanaman annual yang berumur pendek dan perennial yang berumur panjang dapat diintegrasikan dengan ternak, misalnya seperti integrasi tanaman mangga dan sapi (*mango-beef system*) (Gambar 4). Tanaman annual merupakan tanaman yang dapat menyuburkan tanah, tetapi juga merupakan tanaman makanan ternak. Oleh sebab itu, rumput makanan ternak untuk padang penggembalaan sebaiknya digunakan dalam sistem ini. Misalnya dengan menggunakan rumput *Cynodon nlemfuensis* yang telah disebutkan sebelumnya, produktivitas rumput ini mencapai 47-55.6 t/ha/tahun atau 129-152 kg/hari. Rumput-rumputan dari spesies *Cynodon* ini mempunyai akar yang kuat sehingga tahan injak dan renggut, bisa membentuk hamparan, dan bisa menahan erosi di lereng-lereng (Sapotro, 2015).



Gambar 4. *Mango-beef system*, suatu contoh sistem agrosilvopastoral

Ternak yang dipelihara memperoleh sumber makanan dari rumput makanan ternak dan dapat memproduksi pupuk kandang. Pemberian hijauan segar pada sapi potong rata-rata 28.6 kg/hari dapat

menghasilkan pupuk kandang 18 kg/hari. Bila dipelihara 4 ekor sapi potong selama 4 bulan diperoleh pupuk kandang 8.640 kg yang cukup untuk pemupukan 1 ha lahan (Yesayas, 2008, konsultasi pribadi).

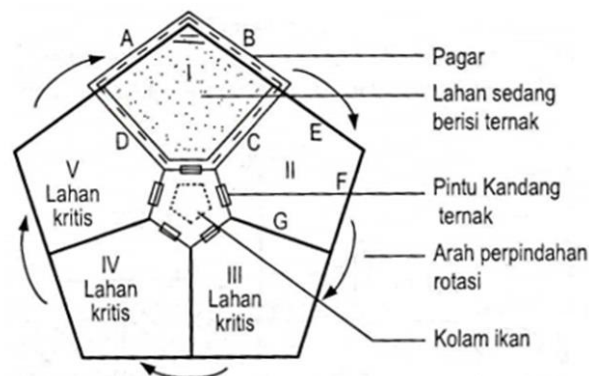
Tanaman perennial sebaiknya memiliki kanopi yang tidak rapat. Keadaan ini mempermudah penetrasi cahaya matahari hingga mencapai permukaan tanah dimana tanaman annual hidup. Sumber hara bagi tanaman annual dapat berasal dari rumput yang ditanam di bawah tegakan, maupun pupuk kandang yang dihasilkan ternak.

Teknologi Rouders Type

Teknologi *rounders type*, yaitu suatu teknologi budidaya tanaman yang terintegrasi dengan ternak untuk memulihkan hara pada lahan kritis. Pada sistem ini, lahan dibagi atas lima areal yang sama besar (Gambar 5). Pada pusat lima areal tersebut dibangun kandang ternak di atas kolam ikan. Satu dari lima areal dijadikan sebagai padang penggembalaan ternak. Setiap tahun, areal padang penggembalaan dirotasi menjadi areal penanaman tanaman (Jumin, 2014). Pada kolam ikan dipelihara jenis-jenis ikan air tawar untuk memelihara keberihan kolam dan dapat untuk dikonsumsi. Teknologi ini merupakan aplikasi praktis untuk memulihkan kesuburan tanah pada lahan kritis.

Perbaikan Air Tersedia untuk menunjang Penguatan Arin

Air merupakan faktor utama yang menentukan pertumbuhan dan produksi tanaman. Pengembangan suatu sistem pertanian tanpa didukung oleh ketersediaan air akan menjadi sia-sia belaka, khususnya ketika musim kemarau. Sumber air utama bagi tanaman dapat diperoleh dari penggunaan air irigasi. Secara umum air irigasi dapat diambil dari aliran air sungai, penampungan pada air kali mati, embung, dan penggunaan sumur artesis, atau sumur bor.



Ket.: $A = B = E = F$ dan $D = C = G$

Dalam rotasinya A pindah ke F, B pindah ke E dan D pindah ke G. I, II, III dan seterusnya = kelompok.

Gambar 5. Teknologi *rounders type* untuk untuk mengkonservasi lahan pertanian (Jumin, 2014)

Namun bila tidak tersedia sumber air irigasi sama sekali, diperlukan teknologi pemanenan air selama musim hujan dan sebagai air tersedia di musim kemarau. Salah satunya seperti penggunaan lubang biopori yang diberi serasah sisa tanaman dikombinasikan dengan penggunaan kompos dan mulsa organik untuk menciptakan kelembaban tanah yang mendukung ketersediaan air bagi tanaman (Fordatkosu, 2013).

Inovasi Arin dengan Teknologi Biointensifikasi

Teknologi biointensifikasi seperti penanaman pupuk hijau selama pemberaan dan penggunaan teknologi budidaya lorong dan/atau teknologi *rounders type* dapat digunakan untuk menutupi kelemahan sistem arin. Beberapa program aksi dari sistem ini dapat dilakukan dengan menggunakan salah satu atau kombinasi dari beberapa konsep praktis ketiga metode ini. Inovasi tersebut dapat dikelompokkan atas: (a) Pengembangan budidaya lorong dengan teknologi kebun intensif hayati (*bio-intensive gardening*, BIG), (b) Pengembangan budidaya lorong di lahan miring (*Sloping Agricultural Land Technology*, SALT), (c) Pengembangan budidaya lorong dengan agroforestry, (d) Pengembangan

budidaya lorong dengan tanaman perkebunan dan buah-buahan, (e) Pengembangan budidaya lorong dengan agropasture, dan (f) Pengembangan teknologi *rounders type* untuk arin.

Pengembangan Budidaya Lorong melalui Penggunaan Sistem Kebun Intensif Hayati

BIG dikembangkan oleh *International Institute of Rural Reconstruction* (IIRR) di Filipina. BIG merupakan suatu bentuk pertanian biologis pada lahan sempit secara intensif dengan menggunakan bahan-bahan alami untuk membentuk kembali ekosistem pertanian alami dan menjaga produktivitas tanaman (Reijntjes *et al.* 1992). BIG menggunakan sistem budidaya lorong dimana tanaman pangan dan umur pendek lainnya, yang sering digunakan dalam arin tradisional, ditanam pada bedengan-bedengan yang berada di antara barisan pohon tanaman leguminosa cepat tumbuh seperti lamtoro (*Leucaena leucocephala*) atau gamal (*Gliricidia sepium*) atau keduanya. Penanaman tanaman-tanaman ini dalam budidaya lorong menggunakan jarak antar barisan tanaman 4-5 meter. Pada bagian-bagian kosong di luar bedengan-bedengan, ditanami dengan rumput yang subur seperti *Cynodon nlemfuensis*.

Ketersediaan hara diperoleh dari pohon-pohon di lorong dan rumput. Pohon-pohon di lorong setelah berumur satu tahun sudah dapat digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah. Pohon-pohon tersebut dipangkas $\pm$ 50 cm di atas permukaan tanah untuk 3-4 kali dalam setahun. Hasil pangkasan bersama-sama dengan sisa hasil panen dan rumput dapat ditanamkan ke dalam tanah sebagai pupuk hijau atau lebih efektif digunakan sebagai bahan untuk membuat pupuk cair (Reijntjes *et al.* 1992). Oleh karena terjadi pemulihan hara, maka BIG merupakan bentuk pertanian menetap.

Pengendalian hama dan penyakit sedapat mungkin menggunakan pestisida nabati. Penggunaan pupuk anorganik dan pestisida sintetik baru dipertimbangkan ketika terjadi kegagalan panen pupuk hijau dan serangan hama telah melewati ambang batas ekonomis. Produk-produk bioteknologi hayati seperti biofertilizer, biostimulan dan biopestisida dapat digunakan dalam mendukung biointensifikasi ini. Biofertilizer, biostimulan dan biopestisida merupakan produk mikroorganisme yang dapat berperan sebagai pupuk hayati, perangsang tumbuh dan pestisida. Peran tersebut berasal dari interaksi mikroba dalam pemenuhan suplay hara tanaman, suplay faktor pertumbuhan, proteksi hama dan penyakit (termasuk musuh alami), perbaikan kualitas tanah, dan menghasilkan pestisida, maupun pemanfaatan mikroba untuk fermentasi pupuk cair, pupuk padat dan biofertilizer (Kesaulya, 2015a, 2015b, 2015c), dan menginduksi ketahanan tanaman terhadap patogen (Leiwakabessy, 2016). Saat ini, sudah banyak tersedia kemasan-kemasan biofertilizer, biostimulan dan biopestisida, namun umumnya memiliki kualitas yang rendah karena lamanya penyimpanan dan waktu perjalanan dari tempat asal produksi ke areal budidaya tanaman. Namun teknik pembuatannya sudah tersedia, khususnya pemanfaatan mikroba untuk fermentasi pupuk cair, pupuk padat dan biofertilizer, sehingga mempermudah pembuatannya dari isolat alami yang tersedia dalam lingkungan budidaya itu sendiri.

Pengembangan Budidaya Lorong melalui Teknologi Pertanian Lahan Miring

SALT dikembangkan di *Mindanao Baptist Rural Life Center* untuk mengubah petak lahan dengan kelerengan menjadi produktif. SALT meliputi beberapa langkah berikut (Reijntjes *et al.* 1992):

- a. Penempatan garis kontur dan pengolahan tanah sepanjang garis kontur itu dengan jarak 4-6 m pada bukit yang terjal dan 7-10 meter pada daerah berlerang.
- b. Penanaman tanaman pohon leguminosa seperti lamtoro dan gamal sebagai lajur atau tanaman pagar dalam dua alur dengan jarak 50 cm sepanjang tiap garis kontur.
- c. Pengolahan dan penanaman tanaman permanen (seperti kelapa, kakao, jeruk atau jambu mete) pada tiap baris ketiga dan keempat.
- d. Pengolahan baris tambahan antar lajur tanaman pagar sebelum tumbuh secara penuh (sesudah itu setiap baris diolah).

- e. Penanaman annual dan biennial (seperti jagung, padi, nenas dan ubi jalar) di antara barisan tanaman permanen sebagai sumber bahan pangan dan pendapatan berkala.
- f. Penanaman dengan rumput yang subur seperti *Cynodon nlemfuensis* pada areal-areal yang kosong.
- g. Pemangkasan tanaman pagar hingga tingginya satu meter di atas tanah dan memanfaatkan hasil pangkasan, pemangkasan bentuk dan pemangkasan pemeliharaan tanaman perkebunan sebagai pupuk organik seperti pada sistem BIG.
- h. Pembuatan sengkedan dengan cara menumpuk batang pohon, dedaunan dan batuan pada bagian bawah tanaman pagar untuk menahan dan memperkaya tanah.

Pengembangan Budidaya Lorong melalui Agroforestri

Agroforestri merupakan bentuk lain dari BIG di lahan datar. Perbedaannya adalah barisan pohon seperti gamal dan lamtoro dalam BIG atau SALT diganti dengan barisan pohon bernilai ekonomis lainnya seperti sengon, kaliandra, lenggua dan mahoni yang masa panennya 5-6 tahun atau lebih. Agroforestry di lahan datar seperti BIG ini dirancang untuk memanen barisan pohon-pohon kehutanan ini. Oleh sebab itu, barisan pohon ini tidak dipangkas hingga 50 cm seperti pada BIG, tetapi tanaman dipertahankan hingga panen. Pemeliharaan barisan-barisan pohon tanaman kehutanan dilakukan dengan cara memangkas cabang-cabangnya untuk mempertahankan pohon tumbuh lurus.

Penanaman tanaman annual dan bienial seperti tanaman pangan dan sayur-sayuran dilakukan bersamaan dengan saat penanaman tanaman kehutanan (Let Beber), satu tahun setelah penanaman tanaman kehutanan (Let lolobar), dan dua tahun setelah penanaman tanaman kehutanan (let wangim/let wasi) jika kanopi tanaman kehutanan masih belum menutup sempurna lahan. Tanaman-tanaman pangan dan sayur-sayuran yang ditanam sama persis dengan dalam sistem arin tradisional.

Pada arin tradisional, jika tidak ditanami kelapa, maka di tahun ke-3 atau ke-4 lahan dibuang (ditinggalkan begitu saja) dalam keadaan miskin hara. Namun dengan agroforestry, pada areal kosong bekas bedengan untuk penanaman tanaman annual, digantikan dengan rumput makanan ternak dan leguminoasa annual dan biennial, dan tanaman leguminosa perennial seperti gamal, lamtoro, turi atau kelor. Bentuk seperti ini sangat mirip dengan bentuk arin yang asli, kecuali bahwa masa pemberaan bertujuan untuk memulihkan kesuburan tanah secara cepat dengan tanaman-tanaman leguminosa atau rumput yang menyuburkan tanah. Selain itu, ketika pemanenan tanaman kehutanan, serempak merupakan pembukaan lahan untuk penanaman arin baru.

Pengembangan Budidaya Lorong untuk Tanaman Perkebunan dan Buah-buahan

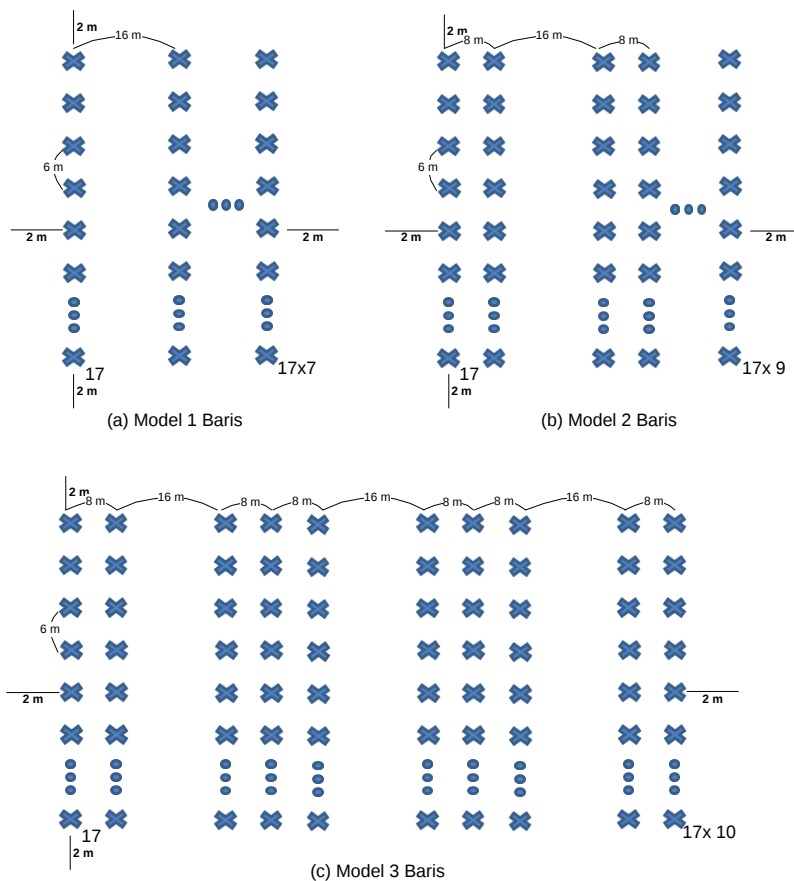
Pengembangan budidaya lorong untuk tanaman perkebunan dan buah-buahan merupakan bentuk khusus BIG lainnya, tetapi barisan tanaman seperti gamal, lamtoro atau kelor, digantikan dengan tanaman perkebunan permanen seperti kelapa, kakao, jeruk atau jambu mete, dan tanaman buah-buahan seperti manga, nangka, dan jeruk. Perbedaannya adalah tanaman perkebunan dan buah-buahan bukan merupakan tanaman pengikat nitrogen seperti jenis-jenis tanaman di atas. Agar budidaya lorong dapat berlangsung, perlu disiapkan jarak antar barisan tanaman perkebunan yang memungkinkan penanaman tanaman pangan dan sayur-sayuran, pepohonan pengikat nitrogen, rumput makanan ternak dan pemeliharaan ternak yang dapat menghasilkan hara bagi tanaman pangan maupun tanaman perkebunan dan buah-buahan.

Terdapat beberapa metode budidaya lorong untuk tanaman perkebunan dan buah-buahan yang dapat diterapkan dalam sistem arin, yaitu (a) polikultur dengan jarak tanaman konvensional dan (b) polikultur dengan modifikasi jarak tanam.

- a. Polikultur tanaman perkebunan dan buah-buahan dengan penerapan BIG dalam bentuk budidaya lorong dengan jarak tanam konvensional. Tanaman sela pada pertumbuhan awal

tanaman perkebunan dan buah-buahan dapat menggunakan tanaman pangan annual. Jika tanaman perkebunannya adalah kelapa, maka ini merupakan bentuk arin tradisional, dimana kelapa ditanam dengan jarak tanam 8 x 8 meter. Ketika tanaman dewasa, budidaya lorong dapat terus dilakukan dengan prinsip minimalisasi kompetisi melalui defoliasi daun-daun tua yang tidak lagi dapat melakukan aktivitas fotosintesis. Pada kelapa, metode ini memungkinkan 80% lahan di bawah tegakan dapat digunakan untuk budidaya lorong tanaman lain maupun ternak (Barus, 2013). Tanaman sela dapat berupa tanaman perkebunan tahan naungan seperti kakao, kopi, lada dan vanili, maupun tanaman pangan dan sayur-sayuran. Khusus untuk vanili dan lada, tanaman pengikat nitrogen seperti lamtoro, kelor dan gamal tetap dipertahankan untuk tempat pemanjatan. Kebutuhan hara diperoleh dari penanaman rumput pengikat nitrogen seperti *Traphrosia vogelli*, *Crotalaria* sp. *Cajanus cajan*, *Pueraria phaseoloides*, dan rumput *Cynodon nlemfuensis* di bawah tegakan tanaman perkebunan.

- b. Polikultur dengan modifikasi jarak tanam tanaman perkebunan dan buah-buahan untuk meningkatkan efisiensi penangkapan cahaya matahari bagi tanaman annual dan bienial. Dalam hal ini, polikultur tanaman perkebunan dan buah-buahan dengan jarak tanaman konvensional dimodifikasi dengan menggunakan jarak tanam yang lebih rapat dalam barisan, tetapi dengan jarak tanam lebih lebar antar barisan (Kadekoh, 2007). Pada tanaman kelapa, diameter kanopi biasanya berkisar antara 2-2.5 meter bergantung kesuburan dan varietas. Dengan demikian, jarak tanam berkisar antara 5-6 meter dalam barisan, dan 16 meter antar barisan (Barus, 2013). Bila menggunakan 2-3 barisan, dapat menggunakan jarak konvensional 8 meter antar baris dalam 2-3 barisan dan 16 meter antar 2-3 barisan (Gambar 6). Jarak antar barisan yang luas seperti ini menyediakan pencahayaan yang optimum untuk penanaman tanaman pangan dan sayur-sayuran annual, baik dari tanaman annual dan biennial golongan C3 maupun C4. Model 1 baris, 2 baris dan 3 baris pada Gambar 6 masing-masing menyediakan 5, 4 dan 3 ruang kosong bagi aktivitas polikultur tanaman yang lain atau ternak.



Gambar 6. Polikultur tanaman perkebunan kelapa dengan ruang antar barisan berjarak 16 meter untuk penanaman tanaman pangan, perkebunan, hortikultura atau pemeliharaan ternak

Pengembangan budidaya lorong dengan agropasture

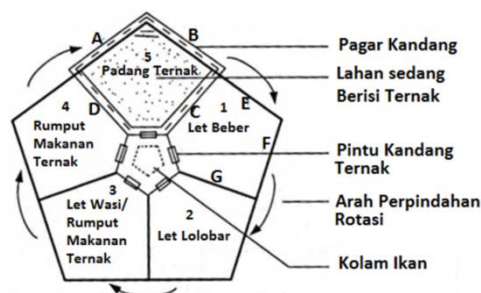
Agropastoralia merupakan bentuk pemeliharaan ternak di bawah tegakan tanaman perennial, dan melibatkan leguminosa pengikat nitrogen dan rumput makanan ternak sebagai makanan ternak. Tanaman perennial ini dapat berupa tanaman kehutanan, tanaman perkebunan, dan tanaman buah-buahan (Gambar 4). Hara tanaman bagi tanaman perennial, selain berasal dari rumput pengikat nitrogen, juga berasal dari kotoran ternak. Ternak yang sebaiknya digunakan adalah pemakan rumput (ruminansia) seperti sapi, kerbau, kambing dan domba. Pada contoh kelapa, sistem agropasture yang dapat dikembangkan adalah sistem kelapa-sapi (*coco-beef system*), kelapa-kerbau (*coco-buffalo system*), kelapa-kambing (*coco-cow system*), atau kelapa-domba (*coco-sheep system*).

Pengembangan teknologi *rounders type*

Teknologi *rounders type* untuk pemulihan lahan kritis, sebenarnya merupakan teknologi biointensifikasi yang sangat sesuai untuk pemulihan hara dalam sistem arin. Sistem *rounders type*, sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, memerlukan lima areal yang sama besar mengitari suatu pusat yang merupakan kandang ternak (Gambar 7). Teknologi BIG dan agropasture dapat diterapkan secara simultan dalam sistem ini. Prosedurnya adalah sebagai berikut:

- Pembukaan setiap salah satu areal *rounders type* yang dimulai di tahun pertama, areal urutan berikutnya di tahun kedua, areal urutan selanjutnya di tahun ketiga, dan seterusnya hingga tahun ke lima. Pembukaan ini mengikuti siklus arin, yaitu pembukaan let beber, let lolobar dan let wangim.

- Penanaman pada setiap areal menggunakan sistem budidaya lorong dengan pendekatan BIG, yaitu menggunakan gamal atau lamtoro dalam lorong dan pagar, dan tanaman pangan di antara lorong.
- Pada tahun ketiga untuk setiap areal yang dibuka pada tahun pertama, kedua dan seterusnya, ditanami dengan rumput pakan ternak yang juga dapat meningkatkan kesuburan tanah seperti *Cynodon nlemfuensis* yang telah dijelaskan sebelumnya.
- Pada tahun keempat dan kelima untuk setiap areal yang dibuka pada tahun pertama, kedua dan seterusnya, dijadikan padang penggembalaan ternak. Hingga tahun ke lima ini, setiap areal *rounders type* telah mencapai satu siklus pertama.



Ket.: $A = B = E = F$ dan $D = C = G$
 Dalam rotasinya A pindah ke F, B pindah ke E dan D pindah ke G.
 1, 2, 3, 4 dan 5 = area budidaya tanaman setiap tahunnya.

Gambar 7. Teknologi *rounders type* untuk penguatan sistem arin

- Pada tahun keenam untuk setiap areal yang dibuka pada tahun pertama, kedua dan seterusnya, dibuka kembali untuk menjalani siklus kedua, ketiga, dan seterusnya.

Pemuliaan Tanaman untuk Sistem Arin

Pemuliaan tanaman merupakan suatu gabungan antara ilmu, seni, teknologi dan bisnis untuk merakit keragaman genetik tanaman menjadi suatu bentuk varietas atau tanaman baru yang bermanfaat bagi umat manusia. Bentuk manfaat itu bertalian dengan tujuan pemuliaan tanaman. Pada inovasi sistem arin yang telah disebutkan sebelumnya, lingkungan tanaman dalam sistem budidaya tanaman cenderung dengan tanpa olah tanah atau olah tanah minimum, sangat rendah terhadap input dari luar, budidaya lorong menggunakan tanaman-tanaman yang berada dalam cekaman naungan, kondisi teraungi cenderung meningkatkan serangan hama dan penyakit, kompetisi rumput makanan ternak dengan gulma, kompetisi hara dan pencahayaan tanaman budidaya dengan rumput makanan ternak, dan postur tanaman budidaya sedapat mungkin sesuai perilaku petani dalam sistem arin.

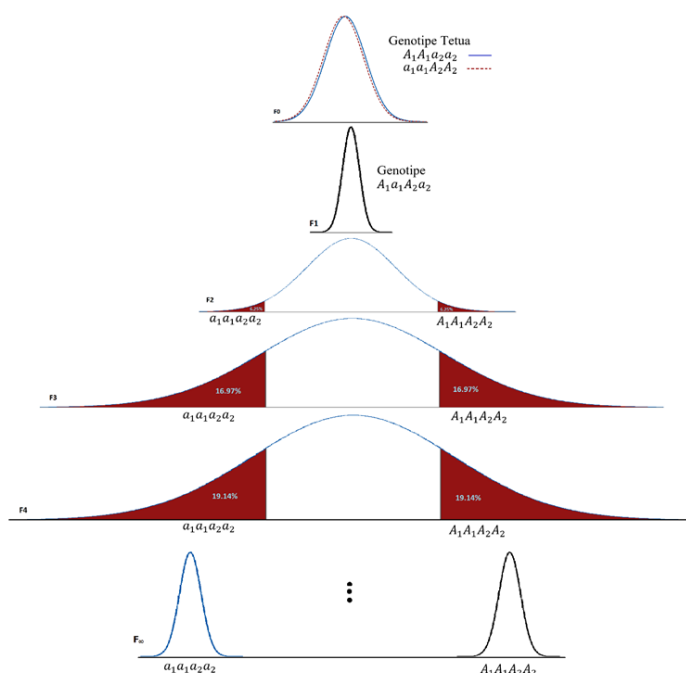
Oleh sebab itu, tujuan pemuliaan tanaman yang mungkin adalah: (1) menghasilkan varietas yang sesuai dengan lingkungan tanpa olah tanah atau olah tanah minimum, (2) meningkatkan efisiensi tanaman dalam menfaatkan hara tanaman tersedia, khususnya resistensi atau toleransi tanaman terhadap defisiensi nitrogen, fosfor dan kalium, (3) meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi cekaman naungan, (4) meningkatkan resistensi atau toleransi tanaman terhadap hama dan penyakit utama, (5) meningkatkan kemampuan kompetisi rumput makanan ternak dengan gulma, (6) meningkatkan kompetisi tanaman dengan gulma, dan (7) menghasilkan varietas tanaman ideotipe yang sesuai dengan perilaku petani di pulau Kepulauan Tanimbar.



Gambar 8. Prosedur umum program pemuliaan tanaman (Sutjahjo, 2016)

Secara umum, prosedur pemuliaan tanaman meliputi beberapa tahapan, dimulai dari eksplorasi keragaman genetik hingga pelepasan varietas unggul baru (Gambar 8). Eksplorasi keragaman genetik bertalian dengan upaya untuk mencari sumber-sumber keragaman genetik. Bahan genetik yang diperoleh umumnya dikoleksi untuk menyelamatkan keragaman genetik itu dari kemungkinan kepunahan bila sudah tidak disukai. Genotipe-genotipe dalam koleksi ini dapat digabungkan keunggulannya atau digunakan untuk menciptakan keragaman genetik baru melalui hibridisasi, mutasi, bioteknologi dan rekayasa genetika untuk memperoleh kombinasi atau keragaman yang baru. Seleksi dilakukan untuk memilih kombinasi atau keragaman yang baru sesuai tujuan pemuliaan tanaman. Setelah seleksi, dilakukan serangkaian pengujian dan evaluasi untuk menilai keunggulan dan stabilitas varietas yang baru. Setelah diperoleh keunggulannya secara pasti, varietas itu dimurnikan lebih lanjut untuk menghasilkan varietas yang baru.

Teknik pemuliaan yang dapat dilakukan saat ini dalam system arin meliputi beberapa cara. Teknik yang umum adalah (1) menggunakan landras-landras lokal milik petani yang telah beradaptasi dengan kondisi lingkungan lokal, atau (2) mengintroduksi varietas baru yang sudah ada. Pemuliaan tanaman untuk mencapai tujuan di atas dapat memanfaatkan landras-landras maupun varietas yang telah diintroduksi melalui kombinasi sifat-sifat unggul dari koleksi varietas tersedia, atau menciptakannya melalui persilangan, mutasi, dan rekayasa genetika.



Gambar 1. Segregasi transgresif dengan model dua gen pada suatu sifat kuantitatif yang muncul mulai pada Zuriat Kawin Sendiri F₂ setelah persilangan dua tetua sebelum seleksi (arsiran adalah segregan transgresif) (Jambormias, 2014)

Problema utama penggunaan varietas-varietas yang seragam termasuk landras-landras adalah terjadinya perubahan adaptasi tanaman ketika terjadi perubahan lingkungan. Sebagai wilayah pulau-pulau kecil yang rentan (*vulnerable*) terhadap tekanan lingkungan, perubahan iklim tergolong pesat, disertai perubahan pola adaptasi tanaman terhadap lingkungan yang baru. Situasi ini dapat diatasi melalui dua pendekatan, yaitu (1) penggunaan metode pemuliaan juga harus efektif dan efisien, dan (2) pencegahan hilangnya gen-gen penting.

Pendekatan pertama dapat dilakukan melalui pemanfaatan fenomena heterosis dan segregan transgresif untuk meningkatkan produktivitas pertanian (Sutjahjo, 2016), dan pendekatan kedua yang sudah umum adalah konservasi plasma nutfah melalui koleksi plasma nutfah. Pemanfaatan fenomena heterosis secara umum sudah diketahui, yaitu dilakukan pada tanaman menyerbuk silang untuk menghasilkan varietas hibrida (Sutjahjo 2016), diikuti dengan produksi klon pada tanaman umur panjang dan membiak vegetatif menjadi tumpuan untuk menghasilkan varietas unggul baru secara cepat. Demikian pula fiksasi segregan transgresif juga dapat menghasilkan varietas unggul baru secara cepat, yaitu dapat diperoleh di generasi awal, pada tanaman-tanaman menyerbuk sendiri (Gambar 9) (Jambormias *et al.* 2015a, 2015b).

Kedua pendekatan pemuliaan tanaman di atas berperan penting dalam menjaga kestabilan pertanian dalam situasi perubahan iklim yang mulai berlangsung pesat. Sutjahjo (2016) memperkirakan kebutuhan 1 pemulia tanaman di antara 3000 petani. Keberadaan pemulia tanaman ini untuk menjamin ketersediaan benih dengan kualitas genetik yang tinggi dan mengkonservasi keragaman genetik dalam suatu sistem budidaya tanaman, dibandingkan dengan kebijakan mendistribusikan varietas unggul baru dari suatu pusat penelitian ke daerah-daerah.

KESIMPULAN

Sistem arin merupakan suatu sistem budidaya tanaman pangan yang berlangsung di Kepulauan Tanimbar yang terdiri atas lahan budidaya tanpa olah tanah atau dengan olah tanah minimum, areal pemukiman kebun yang disebut tnyafar sebagai tempat berlindung, dan berada di sekitar laut dan areal perburuan sebagai sumber protein hewani.

Sistem arin memiliki beberapa kelemahan yaitu: pembakaran lahan ketika land clearing, merupakan sistem pertanian ladang berpindah, dan tidak optimal dalam memanfaatkan sumber air tersedia.

Penguatan sistem arin diantaranya dapat dilakukan melalui: penanaman pupuk hijau selama pemberaan, penggunaan bioteknologi hayati, pengembangan budidaya lorong melalui penggunaan sistem Kebun Intensif Hayati, pengembangan budidaya lorong melalui agroforestri, pengembangan budidaya lorong di lahan miring, dan pengembangan teknologi sistem *rounders type*.

Pemuliaan tanaman bagi sistem arin bertujuan untuk (a) . menghasilkan varietas yang sesuai dengan lingkungan tanpa olah tanah atau olah tanah minimum, (b) meningkatkan efisiensi tanaman dalam menafaatkan hara tanaman tersedia, khususnya resistensi atau toleransi tanaman terhadap defisiensi nitrogen, fosfor dan kalium, (c) meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi cekaman naungan, (d) meningkatkan resistensi atau toleransi tanaman terhadap hama dan penyakit utama, (e) meningkatkan kemampuan kompetisi rumput makanan ternak dengan gulma, (f) meningkatkan kompetisi tanaman dengan gulma, dan (g)) menghasilkan varietas tanaman ideotipe yang sesuai dengan perilaku petani di pulau Kepulauan Tanimbar.

Perbaikan air tersedia untuk menunjang penguatan sistem arin dapat dilakukan melalui: penggunaan lubang biopori untuk melakukan pemanenan air di musim hujan dan penggunaan air irigasi dari sungai tersedia atau penampungan air dari kali mati dan embung.

DAFTAR PUSTAKA

- Barus, J., 2013. Pemanfaatan lahan di bawah tegakan kelapa di Lampung. J. Lahan Sub Optimal 2(1):68-74.
- Fordatkosu, S.A., 2013. Aplikasi Teknologi Peresapan Biopori untuk Meningkatkan Produksi Padi Gogo pada Pertanian Lahan Kering di Kabupaten Maluku Tenggara Barat. Skripsi. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Jambormias, E., 2014. Analisis Genetik dan Segregasi Transgresif Berbasis Informasi Kekerabatan untuk Potensi Hasil dan Panen Serempak Kacang Hijau. Disertasi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Jambormias, E, SS.H., utjahjo, A.A. Mattjik, Y. Wahyu, D. Wirnas, A. Siregar, J.R. Patty, J.K. Laisina, E.L. Madubun, R.E. Ririhena. 2015a. Transgressive segregation analysis of multiple traits in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *SABRAO J. Breed. Genet.* 47(2):201-213.
- Jambormias, E., S.H. Sutjahjo, A.A. Mattjik, Y. Wahyu, D. Wirnas, S.H.T. Raharjo, Th. Pentury, J.R. Patty, 2015b. CESIM to fixed transgressive segregants of multiple traits in early generation of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). Poster in SABRAO 13th Congress and International Conference, 14-16 September 2015, IICC-IPB Bogor.
- Jumin, H.B., 2014. Dasar-dasar Agronomi. Rineka Cipta, Jakarta.
- Kadekoh, 2007. Optimalisasi pemanfaatan lahan kering berkelanjutan dengan sistem polikultur. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Inovasi Lahan Marginal. Hal. 27-33.
- Kesaulya, H., Baharuddin, B. Zakaria, A. Syatrianti, Syaiful, 2015a. Isolation and physiological characterization of PGPR from potato plant rhizosphere of potato var. Hartapel from Buru Island. Elsevier. *Procedia Food Science* 3:190-1999.
- Kesaulya, H., Baharuddin, B. Zakaria, A. Syatrianti, Syaiful, 2015b. The ability phosphate solubilization of Bacteria rhizosphere in medium land of Buru Island. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 4(1):404-409.
- Kesaulya, H., Baharuddin, B. Zakaria, A. Syatrianti, Syaiful, 2015c. Potential rhizosphere bacteria originated from potato var. Hartapel from Buru Island as plant growth promoters. *Int.J. of Scientific & Tech. Res.* 4(1):361-363.
- Laimeheriwa, S., 2012. Perubahan Iklim dan Dampaknya terhadap Perubahan Musim Tanam di Wilayah Maluku dengan Pola Hujan Bimodal. *J. Agrilan* 1(1):75-84.
- Leiwakabessy, Ch., 2016. Aplikasi Bakteri Endofit dan Asam Salisilat sebagai Penginduksi Ketahanan Tanaman padi terhadap *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Pattiselano, E. A., E. Jambormias, St. Thenu, H.R.D. Amanupunjo, S. Laimeheriwa, I. Siwa, 2015. Blue Print Pertanian Maluku Tenggara Barat. Dinas Pertanian Kabupaten Maluku Tenggara Barat – Fakultas Pertanian Universitas Pattimura Ambon. Kanisius, Yogyakarta.
- Reijntjes, C., B. Haverkort, Waters-Bayer, 1992. Pertanian Masa Depan. Pengantar untuk Pertanian Berkelanjutan dengan Input Luar Rendah. Kanisius, Yogyakarta.
- Sanchez, P.A., 1999. Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika. ITB, Bandung.
- Saputro, Th., 2015. Rumput Star Grass (*Cynodon plectostachyus*). www.ilmuternak.com/2015/04/rumput-star-grass-cynodon-plectostachyus.html?m=1
- Sutjahjo, S.H, 2016. Peranan Pemuliaan Tanaman dalam Peningkatan Produktivitas Pertanian melalui Pemanfaatan Fenomena Heterosis dan Segregan Transgresif. Orasi Ilmiah Guru Besar Institut Pertanian Bogor, 27 Agustus 2016.

- TLUP, 2005. Appraisal of agroclimatological and hydrological conditions of Tanimbar Islands: Potential and Constrains. CIRAD Forêt France. Birdlife Indonesia, BAPPEDA Maluku Tenggara Barat.
- Zaini, Z., A. Taher, and A. Jugsujinda, 1985. Soil fertility and plant studies for upland rice in Sitiung acid upland soil af west Sumatera. Sukarami Rsearch Intitute for Crop, Padang, Indonesia.