

PROSPEK PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SISAL (*Agave sisalana* L.) DI INDONESIA

Teger Basuki

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

ABSTRAK

Keunggulan tanaman sisal (*Agave sisalana* L.) adalah dapat hidup di segala jenis lahan, termasuk lahan yang berbatu. Dari hasil wawancara dengan beberapa responden di wilayah Kabupaten Sampang, Madura, diketahui bahwa lahan yang berbatu kapur setelah ditanami sisal selama sekitar 20 tahun dapat hancur menjadi tanah dan dapat ditanami tanaman pangan. Serat sisal merupakan salah satu serat alam yang kuat dan selama ini dimanfaatkan sebagai tali untuk menarik/mengikat kapal di pelabuhan, juga dimanfaatkan untuk penghambat jalan di jalan umum. Potensi kekuatan serat alam yang satu ini perlu mendapatkan perhatian khusus dalam hal penelitian tentang pemanfaatannya untuk penguat jalan aspal "hot mix" terutama di kawasan yang tanahnya labil, misal di kawasan Kabupaten Lamongan, Bojonegoro, dan Grobogan. Kerja sama penelitian lintas kementerian yaitu Kementerian Pekerjaan Umum dan Kementerian Pertanian yang masing-masing diwakili oleh Badan Litbang di kedua kementerian tersebut, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pembenahan jalan raya di kawasan yang bertanah labil.

Kata kunci: *Agave sisalana* L., serat, pengembangan, penelitian, sisal

RESEARCH AND DEVELOPMENT PROSPECT OF SISAL (*Agave sisalana* L.) IN INDONESIA

ABSTRACT

Sisal (*Agave sisalana* L.) is a superior crop due to its ability to live in all types of land, including rocky land. Interview with some respondents in Sampang District is known that the limestone land planted with agave within 20 years can be crumbled into the soil and can be planted with food crops. Sisal fiber is one of the strong natural fiber, that has been used as ship ropes at the port and shocking lines on a public road. The potential of this natural fiber should get more attention, especially in terms of research on reinforcement of "hot mix" asphalt road especially in unstable land for example in Lamongan, Bojonegoro, and Grobogan. Research collaboration between the Ministry of Public Works and the Ministry of Agriculture that represented by their services Agency of Research and Development are expected could improve efficiency and effectiveness in the improvement of highways in unstable land regions.

Keywords: *Agave sisalana* L., fiber, development, research, sisal

PENDAHULUAN

Agave sisalana L. berasal dari Meksiko, masuk ke Indonesia pada tahun 1913. Tanaman ini sebagian besar diusahakan di lereng-lereng bukit berkapur dan beriklim kering. Pengembangan *A. sisalana* berada di Malang Selatan, Jember, dan Blitar Selatan. Para petani menanam *A. sisalana* ditumpang-sarikan dengan jagung, kacang tanah, dan kedelai. Industri tali kapal laut memanfaatkan serat sisal, karena mempunyai kekuatan lebih baik dibanding serat lainnya, serta tahan terhadap kadar garam tinggi. Kebutuhan serat sisal untuk tali kapal

laut mencapai 20–30 ton/bulan di Jawa Barat. Sedangkan di Tulungagung membutuhkan 10 ton/bulan untuk kerajinan rakyat, misal: keset, sapu, dan sikat. Industri lain di dalam negeri yang memanfaatkan serat sisal adalah industri kuas, pembungkus kabel, kerajinan rumah tangga, pulp, campuran karpet, karung, geotekstil, dan jala ikan (Santoso 2009). Sisal merupakan tanaman yang hanya tumbuh di daerah tropis dan subtropis. Satu tanaman sisal memproduksi sekitar 200–250 daun, di mana satu daun terdiri atas 1.000–1.200 bundel serat. Tiap 100 kg daun sisal, serat yang dihasilkan sekitar 3–4

kg (rendemen 3–4%). Berdasarkan berat kering, serat sisal terdiri atas 54–66% selulosa, 12–17% hemiselulosa, 7–14% lignin, 1% pektin, dan 1–7% abu. Serat sisal berupa bundel mempunyai panjang 1–1,5 m dan diameter 100–300 μm . Sisal mempunyai serat yang sangat keras, kasar, sangat kuat, berwarna putih kekuningan. Kerapatan serat 1,3–1,5 g/cm^3 , kekuatan tarik serat 510–635 N/mm^2 , dan modulus tarik 9,4–22,0 GPa (Dahal *et al.* Dalam Subiyakto *et al.* 2009).

Kebutuhan dunia terhadap serat agave (*A. sisalana* dan *A. cantala*) mencapai 319.000 ton/tahun. Produksi serat agave dari berbagai negara penghasil serat di dunia hanya mencapai 281.800 ton/tahun (Anonim 2007). Indonesia menghasilkan serat *A. sisalana* sebesar 500 ton/tahun (Brink dan Escobin 2003). Dalam skala nano (*bionano fiber*) serat sisal dapat digunakan untuk bahan penguat pada polimer (Suryanegara *et al.* 2009). Aplikasinya untuk membuat komposit untuk otomotif, elektronik, bahan bangunan, serta alat-alat rumah tangga. Dengan penambahan *bionano fiber* ke dalam polimer dapat meningkatkan kualitas komposit meliputi kekuatan tarik, dapat menekan energi yang cukup keras sehingga aman untuk produk bumper otomotif dan biayanya lebih murah serta ramah lingkungan (Mars 2003; Suddell dan Evans 2005).

Tulisan ini membahas tentang potensi *A. sisalana* untuk dikembangkan di lahan marginal, pemanfaatan serat sisal di dalam dan luar negeri, dan kemungkinan upaya penelitian untuk lebih meningkatkan manfaat serat sisal di dalam negeri yang dapat berdampak positif terhadap perbaikan lingkungan dan peningkatan pendapatan petani di kawasan lahan marginal.

PENGEMBANGAN DAN PEMANFAATAN SISAL DI INDONESIA

Tanaman sisal (*Agave sisalana* L.) merupakan salah satu tanaman yang dapat hidup di segala jenis lahan. Pada lahan yang sangat kritis (dominan batu di permukaan) di perbukitan batu kapur P. Madura maupun di kawasan selatan P. Jawa, tanaman ini bisa tumbuh subur dan seratnya banyak dimanfaatkan oleh penduduk untuk keperluan pembuatan

tali kapal, sapu, keset, ada pula yang dijual dalam bentuk serat.

Menurut beberapa petani di wilayah Kabupaten Sampang, diperoleh informasi bahwa lahan berbatu kapur yang ditanami sisal dalam waktu sekitar 20 tahun batu kapurnya hancur menjadi tanah, sehingga setelah panen sisal dapat ditanami tanaman pangan misalnya padi gogo, kedelai, kacang tanah, dan sebagainya (Basuki 2009).

Kebutuhan terhadap serat sisal cukup banyak dan menurut seorang pedagang pengumpul serat di Kabupaten Pamekasan pernah menjual serat sisal sebanyak 5 truk (± 30 ton) ke Jakarta pada tahun 1986. Namun kebutuhan serat sisal tersebut belum diimbangi dengan pengadaan sisal di dalam negeri. Para petani sisal di daerah pengembangan pada umumnya menanam sisal pada awal musim hujan di lahan batas pertanian/pekarangan dengan jumlah/populasi sangat sedikit. Kegiatan penyeratan daun sisal dilakukan oleh petani pada saat tidak ada kegiatan di lahan pertanian/pascapanen.

Serat sisal merupakan serat alam yang mempunyai kelebihan dibanding serat alam lainnya dalam hal kekuatan serat, apalagi bila dimanfaatkan sebagai tali. Untuk pengikat kapal besar maupun kecil dan bila bersandar di pelabuhan sebagian besar menggunakan tali yang bahan bakunya dari serat sisal. Di Kabupaten Sampang (Pulau Madura) tali serat sisal dipergunakan untuk penghambat jalan agar pemakai jalan memperlambat kecepatan kendaraan, dari informasi pribadi (2009) diketahui bahwa tali tambang serat sisal untuk keperluan tersebut di atas sudah dimanfaatkan selama empat tahun (Basuki 2009).

Dari pengalaman di lapangan tentang pemanfaatan tali serat sisal, dan ditunjang dengan teknologi baru di bidang pemanfaatan serat sisal tersebut pada tulisan ini penulis mempunyai gagasan tentang penelitian maupun pengkajian pemanfaatan tambang serat sisal untuk penguat jalan aspal kelas I/“hot mix” terutama untuk kawasan yang tanahnya labil misalnya di daerah Kabupaten Lamongan, Bojonegoro, dan Grobogan. Jalan aspal di ketiga kabupaten tersebut umur dua tahun sudah bergelombang bahkan ambles sehingga membahayakan kendaraan yang melewatinya. Begitu juga di beberapa kabupaten di seluruh Indonesia. Pengelola jalan ra-

ya yang ditunjuk Kementerian Pekerjaan Umum pada lima tahun yang lalu pernah melaksanakan pembenahan jalan aspal khusus di kawasan jalan raya yang tanahnya labil di salah satu kawasan di Kabupaten Bojonegoro yaitu dengan cara memasang tiang pancang beton sepanjang 7 meter ke dalam tanah setiap 6 m kiri dan kanan sehingga biayanya sangat mahal dan waktu penyelesaian cukup lama dengan harapan agar jalan aspal tidak cepat bergelombang/rusak.

Untuk menekan biaya pembenahan di kondisi jalan aspal tersebut di atas penulis mempunyai pemikiran untuk memanfaatkan tali serat sisal maupun serat sisal berukuran *nano*, dengan berbagai ukuran yang diharapkan nantinya dapat ditemukan ukuran tali yang paling layak untuk penguat jalan aspal “hot mix” di kawasan yang tanahnya labil. Apalagi dengan ditemukannya teknologi pembuatan serat selulosa berukuran “*nano*” dari sisal yang diperlukan untuk membuat komposit untuk otomotif, elektronik, bahan bangunan, serta alat-alat rumah tangga seperti tersebut di atas, maka tidak menutup kemungkinan serat sisal dapat berfungsi untuk memperkuat jalan aspal “hot mix”. Namun perlu penelitian dan pengkajian yang matang dari aspek teknis maupun ekonomis, sehingga dapat ditemukan teknologi baru di bidang pembenahan jalan aspal yang efisien dari aspek biaya eksploitasi maupun efektif dalam hal waktu penyelesaian dan hasil yang diperoleh.

Kebutuhan serat agave (*A. sisalana* dan *A. cantala*) di dalam negeri mencapai 1.982 ton per tahun. Sebagian besar, yaitu 1.340 ton dipasok dari luar negeri, dan dari dalam negeri sebesar 642 ton (Santoso 2009). Apabila penelitian maupun pengkajian tentang pemanfaatan serat *A. sisalana* untuk penguat jalan aspal “hot mix” ini berhasil, maka permintaan serat sisal di dalam negeri akan meningkat, untuk itu perlu digalakkan pengembangan sisal di kawasan yang selama ini mengusahakan tanaman sisal misalnya di Pulau Madura (Sampang, Pamekasan, dan Sumenep), Banyuwangi, Jember, Lumajang, Malang, Blitar, Tulungagung, Trenggalek, Pacitan, Ngawi, Tuban, Bojonegoro, dan Lamongan. Sebenarnya di luar Jawa lahan pengembangan lebih luas, namun dikhawatirkan ketidak-sediaan tenaga kerja terutama sewaktu pelaksanaan

budi daya tanaman (mulai pengolahan tanah s.d. pascapanen). Apabila dikembangkan ke luar Jawa, harus dipertimbangkan faktor SDM tersebut, walaupun lahannya cukup luas. Di samping itu kelangkaan tenaga kerja harus diantisipasi dengan salah satunya yaitu pengadaan mesin pemisah serat (dekortikator) untuk penanganan pascapanen. Pengembangan areal sisal untuk substitusi impor perlu diupayakan guna menghemat devisa dan meningkatkan pendapatan petani di daerah pengembangan tersebut di atas.

MANAJEMEN PENGEMBANGAN SISAL

Faktor manajemen dalam pengembangan sisal perlu diperhatikan dan dilaksanakan. Kegiatan manajemen dalam pelaksanaan pengembangan sisal meliputi sosialisasi tentang manfaat *A. sisalana* dan pendampingan teknologi budi daya serta kegiatan pascapanen, yaitu pengadaan bahan tanam, pengaturan jarak tanam, pemupukan, pengendalian gulma, dan penerapan sistem tumpang sari sisal dengan palawija, penanganan pascapanen, dan pemasaran hasil, serta peningkatan nilai tambah.

a. Sosialisasi Manfaat *A. sisalana*

Sosialisasi tentang manfaat dan nilai ekonomi serat sisal sangat diperlukan yang ditujukan kepada pemda dan kelompok tani di kawasan yang berlahan marginal, karena lahan semacam ini kurang maupun tidak sesuai untuk tanaman pangan. Selain dapat menambah pendapatan petani pada kawasan tersebut, tanaman sisal dapat memperbaiki kondisi lahan yaitu mencegah erosi/tanah longsor, konservasi air permukaan, serta perbaikan lingkungan lainnya. Menurut Santoso (2007) tanaman sisal sebaiknya ditanam tumpang sari dengan jagung atau kacang tanah, karena dapat meningkatkan penerimaan petani sebesar Rp1.750.000,00 sampai dengan Rp4.760.000,00 per hektar.

b. Pendampingan Teknologi Budi Daya

Pendampingan teknologi budi daya, meliputi:

- Pengadaan bahan tanam

Kebutuhan bibit tanaman sisal sekitar 4.000–6.000 per hektar. Bibit sisal dapat diperoleh dari anakan “*sucker*” dan bulbil. Tanaman sisal yang

berumur 3 tahun mempunyai anakan sebanyak 5–15 tunas. Bulbil dihasilkan dari sisal yang berumur 5 tahun. Menurut Ochse *et al.* (1961) setiap pohon agave (*A. sisalana* dan *A. cantala*) dapat menghasilkan 1.000–4.000 tunas. Perbanyak benih secara seragam dapat dihasilkan melalui teknik kultur jaringan (Binh *et al. dalam* Santoso 2009). Koleksi agave di Balai Tanaman Tembakau dan Serat (Balittas), Malang yang menghasilkan serat kering tertinggi yaitu Blt-1, Blt-2, Blt-3, BGR, dan Plengaan Laok. Hasil uji klon yang dilakukan Balittas di daerah Bendungan Karangates menunjukkan bahwa sisal klon Blt-1 dengan tepi daun berduri menghasilkan serat kering tertinggi dan kualitas seratnya termasuk grade A (serat putih bersih, panjang serat lebih dari 1,5 m, dan tingkat kehalusan serat lembut).

- Pengaturan jarak tanam

Apabila tanah subur maka jarak tanam yang diperlukan adalah 1,25 m x 2,00 m, apabila tanah kurang subur maka jarak tanam sebaiknya 1,00 m x 1,60 m. Ukuran lubang tanam 20 cm x 30 cm dan kedalaman 20 cm.

- Pemupukan

Dosis pupuk yang dianjurkan adalah 100–140 kg N, 40–80 kg P₂O₅, dan kalium 170–250 kg K₂O per ha. Penambahan kapur 400–550 kg CaC₂O₅/ha dapat menjaga kestabilan serat (Hartemink 1997).

- Pengendalian gulma dan tumpang sari

Gulma yang mengganggu pada awal pertumbuhan sisal yaitu alang-alang dan teki. Pengendalian gulma dapat dilakukan secara manual maupun dengan herbisida sistemik. Pola tanam tumpang sari dengan tanaman palawija perlu dilakukan untuk

menghemat biaya pengendalian gulma, dan meningkatkan pendapatan tumpang sari dengan jagung yang dipanen muda untuk sayur maupun pakan ternak. Dari hasil survei di Kecamatan Kalipare, Kabupaten Malang yang dilakukan Balittas pada tahun 2010 diketahui bahwa jagung muda pada lahan tegal seluas 1 ha pada umur 62 hari dijual secara tebasan senilai Rp12.000.000,00/hektar. Jagung tersebut dibeli oleh tengkulak tingkat desa yang selanjutnya tengkulak tersebut menjual ke pengusaha peternakan sapi perah di Kecamatan Ngajum, Kab. Malang (Basuki 2010). Apabila jagung dipanen muda, maka uang hasil penjualan jagung dapat dibelikan pupuk atau pestisida untuk pemeliharaan tanaman sisal maupun untuk biaya penanaman kembali jagung/kacang tanah bila air hujan masih ada.

Hasil penelitian penanaman jagung/kacang tanah dalam sistem tumpang sari *A. sisalana* + jagung dipanen tua (pipil kering), terhadap produksi sisal, jagung, dan kacang tanah (glondong kering) tertera pada Tabel 1.

Tanaman *A. sisalana* baru dapat dipanen seratnya setelah berumur dua tahun. Sistem tumpang sari dengan palawija merupakan salah satu solusi agar petani mendapatkan hasil sebelum serat sisal dapat dipanen. Pada tahun pertama tumpang sari sisal+jagung mendapatkan hasil dari tanaman jagung sebesar Rp9.000.000,00 s.d. Rp10.000.000,00 (nilai tebasan jagung muda). Dengan biaya Rp2.000.000,00 maka pada tahun pertama pendapatan yang diperoleh sebesar Rp7.000.000,00 s.d. Rp8.000.000,00/ha. Pada tahun kedua, apabila di sela-sela tanaman sisal ditanami 3 baris jagung dengan jarak tanam 50

Tabel 1. Produksi serat sisal, jagung pipil, dan kacang tanah (glondong kering) pada sistem tumpang sari sisal + palawija

Perlakuan	Produksi <i>A. sisalana</i>	Produksi jagung pipilan	Produksi glondong kacang tanah
Monokultur kg/ha		
- <i>A. sisalana</i>	1 500	-	-
- Jagung	-	5 000	-
- Kacang tanah	-	-	1 200
- <i>A. sisalana</i> tidak berduri	1 400	-	-
Tumpang sari			
- Jagung + <i>A. sisalana</i> berduri	1 400	4 300	-
- Kc. tanah + <i>A. sisalana</i> berduri	1 475	-	800
- Jagung + <i>A. sisalana</i> tidak berduri	1 200	4 550	-
- Kc. tanah + <i>A. sisalana</i> tidak berduri	1 300	-	750

Sumber: Santoso (2007)

cm x 20 cm maka populasi tanaman jagung sebanyak 75.000 tanaman per hektar. Jagung dapat dipanen muda (umur 65 hari) untuk dijual kepada pengusaha sapi perah (pabrik Susu Bantal di dekat Gunung Kawi, Kec. Ngajum, Malang), maka nilai tebasan sebesar:

$$\frac{75.000}{100.000} \times \text{Rp}12.000.000,00 = \text{Rp}9.000.000,00$$

Dengan memanfaatkan data dari Tabel 2 maka penerimaan petani menjadi Rp16.000.000,00 dengan tambahan biaya untuk usaha tani jagung sebesar Rp2.000.000,00 maka pendapatan petani meningkat menjadi Rp16.000.000,00 – (Rp5.782.500,00 + Rp2.000.000,00) = Rp8.217.500,00.

Pada usaha tani *A. sisalana* secara monokultur pada tahun kedua petani baru mendapatkan keuntungan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis usaha tani *A. sisalana* monokultur di daerah Panggung Rejo, Blitar Selatan pada luasan 1 hektar

Uraian	Usaha tani monokultur	
	Fisik	Nilai (Rp)
Produksi serat (ha)	1 500 kg	7 000 000
Biaya produksi:		
- bibit <i>A. sisalana</i>	4 000 bibit	400 000
- pupuk organik	140 karung	700 000
- pengolahan tanah	borongan 1 ha	300 000
- mesin dekortikator	1 unit	1 750 000
- BBM solar	175 liter	787 500
- tanam	15 HOK	225 000
- pemupukan	8 HOK	120 000
- panen dan pascapanen	100 HOK	1 500 000
Total biaya produksi		5 782 500
Pendapatan (I - II)		1 717 500

Sumber: Sudjindro *et.al* (2006).

Pada tahun kedua baru dipanen, pendapatan yang diperoleh sebesar Rp1.717.500,00. Pada tahun berikutnya pendapatan meningkat menjadi Rp4.117.500,00. Pendapatan ini akan lebih meningkat lagi apabila ditanam dalam sistem tumpang sari sisal + palawija (kacang tanah atau jagung), karena produktivitas *A. sisalana* tidak banyak terpengaruh dengan adanya tanaman tumpang sari tersebut. Berkurangnya produktivitas serat sisal diganti dengan hasil yang diperoleh dari jagung maupun kacang tanah yang nilainya lebih tinggi (Santoso 2007). Setelah tahun kedua tanaman jagung bisa ditanam sebanyak dua baris di sela-sela tanaman sisal, begitu juga untuk ta-

naman palawija lainnya sehingga pendapatan petani meningkat.

Penanganan Pascapanen dan Pemasaran Serat Sisal

Setelah panen daun, petani melaksanakan penyeratan dengan alat penyerat sederhana, namun ada pula petani yang menjual kepada tengkulak dalam bentuk daun basah, dan tengkulak/pedagang pengumpul yang melaksanakan penyeratan dengan alat sederhana maupun mesin penyerat (dekortikator). Harga serat di tingkat petani berkisar Rp6.000,00 s.d. Rp7.500,00 per kg. Produktivitas serat sisal dengan sistem pertanian tradisional ini berkisar 900 kg s.d. 1.000 kg per hektar.

Serat sisal yang berasal dari Madura (Pamekasan dan Sumenep) dijual ke Jakarta, apabila dalam bentuk barang jadi (sapu, keset, sikat, dsb.) dijual ke Surabaya dan sekitarnya. Sedangkan serat sisal yang berasal dari Blitar Selatan dijual ke pengrajin sapu, keset, sikat, dsb. di Tulungagung (Santoso 2009).

Pada masa-masa mendatang tidak menutup kemungkinan serat sisal di Indonesia dimanfaatkan untuk barang-barang lain yang nilainya lebih tinggi seperti di negara-negara yang lebih maju. Oleh karena itu penelitian dan pengkajian tentang pemanfaatan serat sisal untuk pembuatan bahan bangunan, bahan otomotif, penguat jalan aspal di kawasan yang tanahnya labil, agar lebih intensif dilaksanakan oleh lembaga/institusi penelitian yang berkompeten, agar didapatkan hasil penelitian/pengkajian yang dapat menghemat biaya dan secara teknis mudah diaplikasikan.

KESIMPULAN

Serat sisal merupakan serat alam yang mempunyai kekuatan lebih baik dibanding serat alam lainnya. Selama ini di Indonesia hanya dimanfaatkan untuk sapu, sikat, keset, tambang. Sedangkan di negara yang sudah maju serat sisal sudah dimanfaatkan untuk bahan bangunan, elektronik, otomotif, dan alat-alat rumah tangga.

Diperlukan penelitian maupun pengkajian yang dilaksanakan lembaga penelitian lintas kementerian (Pertanian, Pekerjaan Umum, Ristek, dsb.) un-

tuk memanfaatkan serat sisal sebagai penguat jalan aspal, terutama di kawasan yang tanahnya “labil”.

Tanaman sisal dapat hidup di sembarang jenis tanah (subur s.d. marginal). Pada tanah dominan batu kapur tanaman sisal dapat tumbuh normal dan ditengarai akar tanaman sisal dapat menghancurkan tanah berbatu kapur tersebut dalam waktu sekitar 20 tahun.

Di kawasan yang lahannya berbatu kapur petani sudah biasa menanam sisal namun belum intensif (hanya di batas-batas lahan).

Apabila permintaan serat sisal banyak dan harga menarik, maka petani akan memperbanyak tanaman sisal, sehingga pengembangan areal sisal lebih cepat.

Tumpang sari sisal + jagung, apalagi jagung dijual muda dengan sistem tebasan dapat memberikan pendapatan sebesar Rp7.000.000,00 s.d. Rp8.000.000,00 pada tahun pertama, tanaman tumpang sari ini tidak mengganggu pertumbuhan tanaman sisal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. Laporan FAO Fibers Statistical Bulletin. [http://www.FAO.org/es/Fsc/Common/ccg/323/esi/SB Juni '07](http://www.FAO.org/es/Fsc/Common/ccg/323/esi/SB%20Juni%2007).
- Basuki, T. 2009. Komunikasi Pribadi Dengan Petani dan Petugas Lapangan Dinas Perkebunan dan Kehutanan Kab. Sampang di Desa Sreseh, Kec. Sreseh, Kab. Sampang (Madura), Jatim pada tanggal 15-9-2009.
- Basuki, T. 2010. Komunikasi Pribadi Dengan Petani Jagung di Desa Sukowilangun, Kec. Kalipare, Kab. Malang pada tanggal 15-6-2010.
- Brink, M. & R.P. Escobin. 2003. Prosea. Plant Resources of South-East Asia 17. Fiber Plants. Backhuys Publishers, Leiden, the Netherlands. 456 p.
- Hertemink, A.B. 1997. Input and output of major nutrients under monocropping sisal in Tanzania. *Land Degradation and Development* 8(4):305–310.
- Mars, G. 2003. Next Step for Automotive Materials, *Materials Today* April 2003. Elsevir Science Ltd. pp. 36–43.
- Ochse, J.J., M.J. Soule, M.J. Dijkman & C. Wehlburg. 1961. *Tropical and Subtropical Agriculture*. The Macmillan Company, New York. p. 117–1180.
- Santoso, B. 2007. Pengaruh tanaman kacang tanah dan jagung terhadap pertumbuhan *Agave sisalana* Perrine dalam sistem tumpang sari di lahan kering berkapur. *Jurnal Agritek* 15(6):1392–1399.
- Santoso, B. 2009. Peluang pengembangan agave sebagai sumber serat alam. *Perspektif* 8(2):84–85.
- Subiyakto, E. Hermiati, D.H. Yulianto, Fitria, Ismail, Budiman, N. Masruchin, B. Subiyanto. 2009. Proses pembuatan serat selulosa berukuran nano dari sisal (*A. sisalana*) dan bambu betung (*Dendrocalamus asper*). UPT Balai Litbang Biomaterial, LIPI, Jakarta. hlm. 57–64.
- Suddel & W.J. Evans. 2005. Natural fiber composites in automotive application. pp. 231–260. *In* Mohonty, Misra, Drzal (Eds.). *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites*. CRC Press.
- Sudjindro, B. Santoso, S. Sudarmo & R.D. Purwati. 2006. Progress Report Survey Profile of *Agave sisalana* in South Blitar and Madura. Research Institute of Tobacco and Fiber Crops, Malang, Indonesia. p. 1–6
- Suryanegara, L., A.N. Nakagaito, H. Yano. 2009. The effect of crystallization of PLA on the thermal and mechanical properties of microfibrillated cellulose reinforced PLA composites. *Composites Science and Technology* 69:1187–1192.

DISKUSI

- Tidak ada pertanyaan