

PENGARUH PEMBERIAN ASAP CAIR TERHADAP PERTUMBUHAN RUMPUT RAJA (*Pennisetum purpureophoides*)

Muhakka¹⁾, A. Napoleon²⁾ dan Hidayatul Isti'adah³⁾

1) Staf Pengajar Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.

2) Staf Pengajar Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.

3) Alumni Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.

email: muhakka@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian dosis asap cair yang optimal terhadap pertumbuhan rumput raja (*Pennisetum purpureophoides*). Penelitian dilaksanakan di kebun percobaan Program Studi Peternakan dan Laboratorium Kimia, Biologi dan Kesuburan Tanah Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, selama 4 bulan yaitu dari bulan November sampai dengan bulan Februari 2013. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan setiap perlakuan terdiri dari 3 kelompok sebagai ulangan. Perlakuan yang digunakan adalah asap cair, dengan dosis sebagai berikut : A₀ = 0% asap cair, A₁ = 2% asap cair, A₂ = 4% asap cair, A₃ = 6% asap cair dan A₄ = 8% asap cair. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah anakan dan jumlah helai daun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian asap cair terbaik pada tinggi tanaman rumput raja pada perlakuan A₂ (4% asap cair) yaitu 382,50cm dan pada jumlah anakan dan helai daun terdapat pada A₁(2% asap cair) yaitu 13,67 batang dan 140,42 helai. Kesimpulan pemberian asap cair berpengaruh tidak nyata terhadap pertumbuhan rumput raja, namun jika dilihat dari pertumbuhan jumlah anakan dan jumlah helai daun pemberian asap cair yang optimal yaitu pada dosis 2%.

Kata kunci: asap cair, pertumbuhan, rumput raja.

THE EFFECT OF LIQUID SMOKE ON THE GROWTH OF KING GRASS (*Pennisetum purpureophoides*)

ABSTRACT

This research aimed to determine the effect of liquid smoke and to determine the optimal dose of liquid smoke to the growth of king grass (*Pennisetum purpureophoides*). The research was conducted at the experimental farm Livestock and Laboratory of Chemistry, Biology and Soil Fertility, Soil Department, Faculty of Agriculture, Sriwijaya University, for 4 months that was from November until February 2013. This research used randomized block design (RBD) with 5 treatments and each treatment consisted of 3 block as replicates. The treatment used was liquid smoke, with doses A₀=0% liquid smoke, A₁=2% liquid smoke, A₂=4% liquid smoke, A₃=6% liquid smoke and A₄=8% liquid smoke. The parameters observed were height plant, number of tillers and number of leaves. The results showed that giving liquid smoke on the best high of king grass on treatment A₂ (4% liquid smoke) was 382.50 cm and the number of tillers and leaves found on the A₁ (2% liquid smoke) was 13.67 rods and 140.42 strands. The conclusions that giving liquid smoke have not significant effect on the growth of the king grass, but seen from the growth, number of tillers and number of leaves, the optimal giving liquid smoke at a dose 2%.

Key words: liquid smoke, growth and king grass.

PENDAHULUAN

Hijauan merupakan sumber pakan utama bagi ternak ruminansia, baik untuk hidup pokok, pertumbuhan, produksi dan reproduksinya karena hijauan mengandung zat-zat makanan yang dibutuhkan oleh ternak ruminansia. Untuk mencapai produktivitas ternak ruminansia yang optimal harus ditunjang dengan peningkatan penyediaan hijauan pakan yang cukup baik kuantitas, kualitas maupun kontinuitasnya. Sinaga (2005) menyatakan pada dasarnya ada dua faktor yang mempengaruhi produktivitas rumput yaitu faktor genetik dan faktor lingkungan yang mencakup keadaan tanah dan kesuburannya, pengaruh iklim termasuk cuaca

dan perlakuan manusia atau manajemen. Ketersediaan hijauan yang semakin terbatas dapat diatasi dengan optimalisasi pemanfaatan hijauan unggul seperti rumput raja (*Pennisetum purpureophoides*).

Rumput raja (*Pennisetum purpureophoides*) adalah salah satu jenis rumput unggul yang mempunyai produksi tinggi, berkualitas baik dan sangat disukai ternak. Sebagian besar lahan yang tersedia untuk pengembangan produksi hijauan merupakan lahan-lahan marginal, seperti lahan kering pada jenis tanah ultisol dengan tingkat kesuburan yang rendah (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Salah satu upaya peningkatan produksi hijauan pada lahan-lahan marginal yang memiliki tingkat kesuburan rendah dapat dicapai dengan

memperhatikan syarat-syarat tumbuh tanaman dengan melakukan pemeliharaan yang baik, serta penggunaan bahan yang dapat mempercepat pertumbuhan tanaman. Bahan yang berfungsi sebagai hormon atau zat pemicu pertumbuhan tanaman yaitu asap cair.

Asap cair merupakan hasil kondensasi asap pada proses pembakaran dari kayu atau bahan-bahan yang banyak mengandung karbon serta senyawa-senyawa lain seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin. Menurut Yatagai (2002), komponen kimia asap cair seperti asam asetat berfungsi untuk mempercepat pertumbuhan tanaman, pencegah penyakit tanaman. Metanol berfungsi untuk mempercepat pertumbuhan tanaman, sedangkan phenol dan turunannya berfungsi untuk mencegah serangan hama dan penyakit tanaman. Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya asap cair mempunyai peranan sebagai pemercepat pertumbuhan tanaman, karena asap cair mengandung asam asetat. Hasil penelitian lainnya menyebutkan bahwa asap cair dengan konsentrasi 2% dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi dan dapat meningkatkan produksi gabah kering panen sebesar 33% (Nurhayati 2007). Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh pemberian asap cair terhadap pertumbuhan rumput raja (*Pennisetum purpureophoides*).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian asap cair dan untuk menentukan dosis asap cair yang optimal terhadap pertumbuhan rumput raja (*Pennisetum purpureophoides*).

MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di kebun percobaan Program Studi Peternakan dan Laboratorium Kimia, Biologi dan Kesuburan Tanah Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya Indralaya Ogan Ilir Sumatera Selatan, dari bulan November 2012 sampai dengan bulan Februari 2013.

Bahan yang digunakan antara lain : 1) bibit rumput raja berupa stek, 2) pupuk urea, 3) SP-36, 4) KCL, 5) pupuk kandang, 6) asap cair. Lokasi lahan yang digunakan untuk penelitian seluas 223,2 m² dengan jenis tanah Podzolik Merah Kuning (Ultisol).

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan setiap perlakuan terdiri dari 3 kelompok sebagai ulangan. Perlakuan yang digunakan adalah asap cair, dengan dosis sebagai berikut : A₀ = 0% asap cair, A₁ = 2% asap cair, A₂ = 4% asap cair, A₃ = 6% asap cair, dan A₄ = 8% asap cair.

Lahan penelitian dibuat 5 petak percobaan dengan ukuran 2,8 × 2,8 m, dan setiap petak terdiri dari 16 rumpun rumput raja. Pada sisi-sisi petak percobaan dibuat saluran drainase. Jarak antara blok adalah 1 m dan jarak antara petak percobaan 0,5 meter. Pengacakan blok dan unit percobaan dilakukan setelah pembuatan blok-blok.

Bibit rumput raja berupa stek, cara penanamannya yaitu bibit dimasukan didalam lubang tanam yang telah terlebih dahulu di beri pupuk dasar berupa

pupuk kandang, SP-36 dan KCL. Pemupukan dilakukan dengan sistim larikan pada tiap petak, pupuk yang diberikan setengah dari anjuran berupa pupuk urea, SP-36, KCL dengan dosis masing-masing 50 kg ha⁻¹ dan pupuk kandang 5 ton ha⁻¹ sebagai pupuk dasar, yang diberikan satu minggu sebelum penanaman, kecuali pupuk urea diberikan pada saat tanaman berumur dua minggu dengan sistem larikan pada sisi kiri dan kanan tanaman. Perlakuan yang diberikan adalah asap cair dengan cara disemprotkan pada bagian tanah dekat batang bagian bawah dengan dosis A₀ = 0% asap cair, A₁ = 2% asap cair, A₂ = 4% asap cair, A₃ = 6% asap cair, A₄ = 8% asap cair.

Peubah yang diamati: (1) **Tinggi Tanaman**, dilakukan 10 hari sekali dengan cara mengukur tinggi tanaman mulai dari permukaan tanah sampai pada ujung tertinggi daun dengan cara menguncupkan daun ke atas, (2) **Jumlah Anakan**, dilakukan pada saat tanaman berumur 30, 60 dan 90 HST (hari setelah tanam) dengan cara menghitung jumlah anakan yang muncul dari permukaan tanah dan ruas tanaman dan (3) **Jumlah Helai Daun**, dilakukan pada saat tanaman berumur 30, 60 dan 90 HST dengan cara menghitung jumlah daun yang menempati ruas batang. Analisis data dilakukan sesuai dengan rancangan yang digunakan (Hanafiah, 2011).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Berdasarkan analisa tanah (Tabel 1) menunjukkan bahwa lokasi penelitian memiliki tingkat kesuburan tanah yang digolongkan rendah dengan reaksi tanah sangat masam, N 0,30% dan P 22,80 ppm yang tergolong sedang, KTK 15,25 me/100g, Ca 0,73 me/100 g dan Mg 0,10 me/100 g yang tergolong rendah. Jenis tanah ultisol memiliki tingkat kesuburan yang rendah tetapi C-organiknya tinggi. Rendahnya tingkat kesuburan tanah maka akan berakibat pada rendahnya unsur hara yang ada didalamnya sehingga mengakibatkan lambatnya pertumbuhan tanaman.

Tabel 1. Hasil analisis tanah

Jenis analisis	Satuan	Hasil analisis	Kriteria
pH H ₂ O	-	4,12	Sangat Masam
C-Organik	%	4,21	Tinggi
N-Total	%	0,30	Sedang
P-Bray I	Ppm	22,80	Sedang
K-dd	me/100 g	0,19	Rendah
Na	me/100 g	0,22	Rendah
Ca	me/100 g	0,73	Rendah
Mg	me/100 g	0,10	Rendah
KTK	me/100 g	15,23	Rendah
Al-dd	me/100 g	1,08	-
H-dd	me/100 g	0,24	-
Fraksi			Lempung Liat Berpasir
Pasir	%	52,05	
Debu	%	17,03	
Liat	%	30,92	

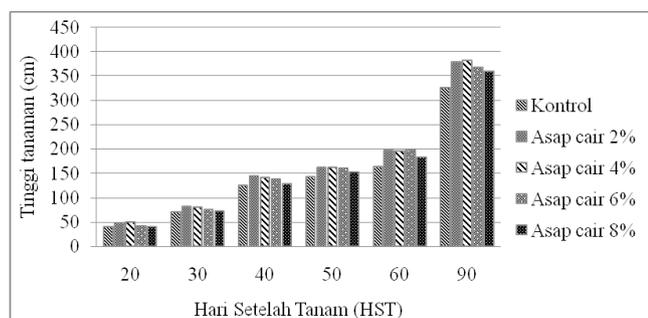
Sumber : Laboratorium Kimia, Biologi dan Kesuburan Tanah, 2013

Keadaan tanah yang demikian dimasukkan dalam kategori marjinal untuk kesuburan tanaman sehingga dapat memperlambat pertumbuhan tanaman, maka diperlukan penggunaan bahan yang dapat memicu pertumbuhan tanaman yaitu dengan menggunakan asap cair.

Tinggi Tanaman Rumput Raja

Nilai rata-rata tinggi tanaman rumput raja pada umur 20 hingga 90 hari setelah tanam berkisar antara 40,25 cm-382,50 cm (Gambar 1).

Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai rata-rata tinggi tanaman rumput raja yang tertinggi terdapat pada perlakuan A2 (4% asap cair) umur tanaman 90 HST yaitu 382,50 cm dan nilai rerata tinggi tanaman terendah terdapat pada perlakuan AO (0% tanpa asap cair/kontrol) yaitu 326,75 cm.



Gambar 1. Rata-rata tinggi tanaman rumput raja umur 20-90 HST

Rata-rata pertambahan pertumbuhan tinggi tanaman rumput raja yaitu 42,55 cm atau 4,25 cm per hari. Nilai rata-rata petambahan tinggi tanaman per 10 hari menunjukkan bahwa nilai rata-rata pertambahan tinggi tanaman rumput raja yang tertinggi hingga umur 90 HST pada perlakuan A3 (6% asap cair) yaitu 42,55 cm. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Muhakka *et al.*, (2006) yang melaporkan bahwa rata-rata pertambahan tinggi tanaman rumput raja per 10 hari pada defoliiasi pertama dengan berbagai pupuk organik dan sulfur yaitu 39,12 cm (sulfur 60 kg/ha⁻¹). Pemberian asap cair pada tanaman rumput raja memiliki tinggi yang lebih rendah terhadap pertambahan tinggi tanaman bila dibandingkan dengan penggunaan sulfur pada tanaman rumput raja, hal ini dikarenakan asap cair tidak mampu berperan secara optimal dalam pertambahan tinggi tanaman.

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian asap cair berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman rumput raja. Hal ini diduga asap cair tidak dapat diserap dengan sempurna oleh tanaman serta tidak mampu memenuhi kebutuhan unsur hara dalam tanah sehingga tidak memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman rumput raja. Penggunaan asap cair harus dikombinasikan dengan pupuk yang dapat memenuhi unsur hara agar mendapatkan hasil yang terbaik. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Komarayati *et al.*, (2011) sebaiknya aplikasi asap cair pada tanaman, dilakukan bersamaan dengan penambahan unsur hara makro N, P dan K karena asap cair ini bukan pupuk,

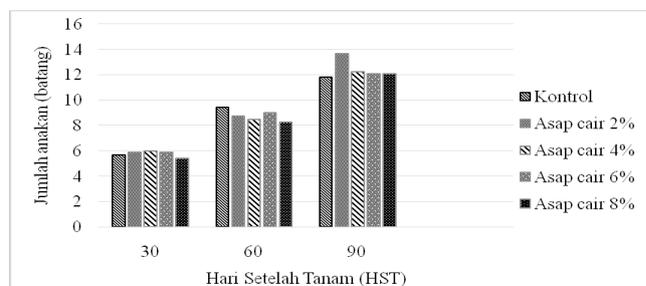
sehingga tidak bisa digunakan sebagai penyubur tanah ataupun menambah unsur hara tanah.

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian asap cair tidak banyak mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman rumput raja. Hal ini disebabkan karena penggunaan asap cair harus dikombinasikan dengan bahan lainnya yang dapat membantu dalam penyediaan unsur hara dalam tanah. Pernyataan ini sesuai dengan hasil penelitian Nurhayati *et al.* (2006) menyatakan bahwa penggunaan asap cair destilat 2,5% pada perlakuan penambahan pupuk NPK menghasilkan tinggi tanaman yang paling tinggi (62,1 cm) dibandingkan dengan kontrol (57,4 cm) sebaliknya dengan perlakuan tanpa NPK penggunaan asap cair ini menunjukkan hasil paling rendah (54,7 cm).

Pernyataan di atas sejalan dengan hasil penelitian Sridjono dan Supari (2012) yang menyatakan bahwa pemberian larutan mikroorganisme lokal (MOL) dan larutan asap cair tidak berpengaruh pada tinggi tanaman, tinggi tanaman lebih dipengaruhi oleh pupuk yang diberikan. Karena hanya penggunaan asap cair saja belum dapat memenuhi unsur hara. Penyebabnya yaitu tempat lokasi percobaan yang digunakan merupakan jenis tanah ultisol yang memiliki tingkat kesuburan tanah rendah. Pernyataan diatas sejalan dengan Rosmarkam dan Yuwono (2002) bahwa jenis tanah berpengaruh dalam menentukan jumlah dan perimbangan unsur hara.

Jumlah Anakan Tanaman Rumput Raja

Nilai rerata jumlah anakan rumput raja dalam penelitian ini berkisar antara 5,42 batang – 13,67 batang. Nilai rerata jumlah anakan rumput raja dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rata-rata jumlah anakan tanaman rumput raja

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian asap cair berpengaruh tidak nyata terhadap jumlah anakan rumput raja. Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan pemberian asap cair pada masing-masing perlakuan mengalami peningkatan jumlah anakan tertinggi pada umur 90 HST. Nilai tertinggi yaitu pada perlakuan A1 (2% asap cair) 13,67 batang, sedangkan untuk A2 (4% asap cair) yaitu 12,25 batang, A3 (6% asap cair) yaitu 12,08 dan A4 (8% asap cair) yaitu 12,08 batang. Nilai rata-rata jumlah anakan tanaman rumput raja pada umur 90 HST dengan penggunaan asap cair mendapatkan jumlah anakan lebih banyak bila dibandingkan dengan kontrol yang memiliki jumlah anakan tidak jauh berbeda dengan AO (0% asap cair) yaitu 11,83 batang.

Rata-rata jumlah anakan tanaman rumput raja yaitu berkisar antara 6,16 batang – 7,75 batang. Jumlah anakan rumput raja yang tertinggi hingga umur 90 HST pada perlakuan A1 (2% asap cair) yaitu 7,75 batang dan terendah terdapat pada perlakuan A0 (kontrol) dan A6 yaitu 6,16 batang. Penggunaan asap cair mengalami peningkatan jumlah anakan pada perlakuan A1, A2 dan A4, sedangkan untuk A0 dan A4 tidak mengalami peningkatan jumlah anakan. Menurut Bidwell dalam Muhakka *et al.*, (2006) bila ruang tumbuh tanaman dan unsur hara cukup tersedia dalam tanah sesuai dengan kebutuhan tanaman, maka akan semakin banyak terbentuk individu baru. Rata-rata jumlah anakan tertinggi dapat dilihat pada perlakuan A1 (2% asap cair) yaitu 13,67 batang. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan penelitian Muhakka *et al.*, (2006) yang menyatakan bahwa rata-rata penambahan jumlah anakan rumput raja pada defoliasi pertama dengan pupuk organik dan sulfur yaitu 9,78 batang.

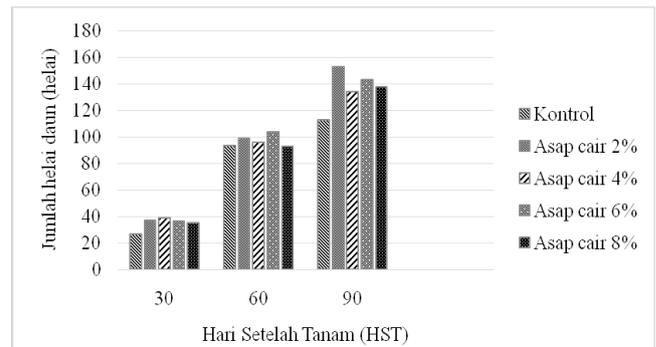
Berdasarkan hasil di atas bahwa jumlah anakan pada perlakuan pemberian asap cair cenderung tidak memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan jumlah anakan. Hal ini diduga komposisi kimia yang terdapat pada asap cair tidak mampu meningkatkan pertumbuhan jumlah anakan tanaman rumput raja. Asap cair tidak mampu memenuhi ketersediaan unsur hara dalam tanah, sehingga perlu memenuhi kebutuhan unsur hara pada tanah dengan melakukan pemupukan agar pertumbuhan jumlah anakan menjadi lebih baik. Menurut Muhakka *et al.*, (2006) pertumbuhan tanaman yang baik akan mempengaruhi lebih banyak fotosintat yang dapat ditransfer ke akar, sehingga memperbesar sel dan aktifitas jaringan meristematik ujung akar meningkat yang menyebabkan banyaknya terbentuk anakan.

Jumlah Helai Daun Tanaman Rumput Raja

Nilai rerata helai daun rumput raja dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian asap cair berpengaruh tidak nyata terhadap pertumbuhan jumlah helai daun.

Berdasarkan Gambar 3 bahwa nilai rata-rata jumlah helai daun tertinggi terdapat pada perlakuan A1 (2% asap cair) yaitu 152,58 helai daun pada saat tanaman berumur 90 HST dan nilai rerata jumlah anakan terendah terdapat pada perlakuan A0 (kontrol) yaitu 113, sedangkan untuk A2 (4% asap cair) yaitu 133,67 helai, A3 (6% asap cair) yaitu 143,08 helai dan A4 (8% asap cair) yaitu 137,42 helai.

Rata-rata jumlah helai daun yaitu antara 86,42 helai – 115,5 helai. Jumlah helai daun dengan penggunaan asap cair cenderung lebih baik bila di dibandingkan dengan penelitian Muhakka *et al.*, (2006) rata-rata jumlah helai daun tanaman rumput raja pada defoliasi pertama dengan berbagai pupuk organik dan sulfur yaitu 86,61 helai – 90,44 helai. Hal ini berkaitan dengan pemberian asap cair pada rumput raja dapat dimanfaatkan oleh tanaman sehingga pertambahan jumlah helai daun dapat lebih baik.



Gambar 3. Rata-rata jumlah helai daun rumput raja umur 30, 60 dan 90 HST

Ada kecenderungan bahwa konsentrasi asap cair yang optimal dapat meningkatkan jumlah helai daun rumput raja. Penggunaan asap cair pada tanaman rumput raja cenderung meningkatkan jumlah helai daun. Hal ini sesuai pernyataan Nurhayati *et al.*, (2006) bahwa selain berpengaruh positif pada pertumbuhan, pemberian larutan mol dan asap cair berpengaruh positif yakni meningkatnya komponen hasil seperti panjang malai, berat gabah kering panen, jumlah butir isi, dan berat 100 butir.

Secara statistik asap cair tidak berpengaruh nyata pada pertumbuhan helai daun, akan tetapi karena ada kecenderungan peningkatan jumlah helai daun berarti asap cair berperan positif dalam meningkatkan jumlah helai daun rumput raja. Hal ini dapat dianalisa berdasarkan pengamatan secara visual bahwa daun dan batang rumput raja yang diperlakukan dengan asap cair nampak lebih hijau dibandingkan dengan tanpa perlakuan atau tanaman kontrolnya.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pemberian asap cair berpengaruh tidak nyata terhadap pertumbuhan rumput raja, namun jika dilihat dari pertumbuhan jumlah anakan dan jumlah helai daun pemberian asap cair yang optimal yaitu pada dosis 2%.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka disarankan perlakuan asap cair dikombinasikan dengan pupuk agar dapat meningkatkan pertumbuhan rumput raja.

DAFTAR PUSTAKA

- Hanafiah, K. A. 2011. Rancangan Percobaan Aplikatif: aplikasi kondisional bidang pertanian, peternakan, perikanan, industri dan hayati. Edisi ketiga -1,-2,- Jakarta : PT Raja Grafindo Persada.
- Komarayati, S., Gusmailina dan G. Pari. 2011 Produksi asap cair hasil modifikasi tungku arang terpadu. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan Dan Pengolahan Hasil Hutan. Bogor.
- Muhakka., D. Budianto., Munandar dan Abubakar. 2006. Optimalisasi pemberian pupuk organik dan sulfur terhadap

- produksi rumput raja (*Pennisetum purpureophoides*). J. Tanaman tropika. 9(1):30-41.
- Nurhayati, T., A. R. Pasaribu dan D. Mulyadi. 2006. Produksi dan pemanfaatan arang dan asap cair dari serbuk gergaji kayu campuran. Jurnal Penelitian Hasil Hutan.
- Nurhayati, T. 2007. Produksi arang terpadu dengan asap cair dan pemanfaatan asap cair pada tanaman pertanian. Makalah disampaikan pada Pelatihan pembuatan arang terpadu dan produk turunannya. Di Dinas Kehutanan Kabupaten Bulungan, Kalimantan Timur, tanggal 17-26 Juli, 2007.
- Prasetyo, B. H dan D. A, Suriadikarta. 2006. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. Jurnal Litbang Pertanian. 25(2).
- Rosmarkam, A dan Yuwono. 2002. Ilmu kesuburan tanah. Kanisius, Yogyakarta.
- Sinaga, R, 2005. Tanggapan morfologi, anatomi dan fisiologi rumput gajah dan raja akibat penurunan ketersediaan air tanah. Tesis S2. Institut Pertanian Bogor. (tidak dipublikasikan)
- Sridjono, H dan Supari, 2012. Dampak pemberian larutan mikro organisme lokal (MOL) dan asap cair (*Liquid Smoke*) pada pertumbuhan dan hasil tanaman padi (*Oryza Sativa*.L) [Laporan Penelitian] Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muria Kudus.
- Yatagai. 2002. Utilization of charcoal and wood vinegar in Japan. Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo.