

PEMANFAATAN SEKAM PADA SISTEM AGROINDUSTRI PADI TERPADU

Sigit Nugraha

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian

ABSTRAK

Limbah dalam pengolahan padi yang menimbulkan banyak problem adalah sekam. Sekam padi merupakan lapisan keras yang menutup kariopsis terdiri dari dua belahan yang saling bertautan yang disebut lemma dan palea. Pada proses penggilingan padi terdapat antara 16% - 26% sekam. Proses penghancuran sekam secara alami berlangsung lambat, sehingga sekam tidak saja mengganggu lingkungan sekitarnya, tetapi juga mengganggu kesehatan manusia. Ukuran sekam dipengaruhi oleh model/tipe penggilingan. Penggilingan tipe rol karet menghasilkan sekam yang tidak hancur dan masih mempunyai nilai kalor yang tinggi. Daya guna sekam banyak sekali diantaranya sebagai bahan bakar, media tanam, bahan pembantu pada proses pengecoran logam dan sebagai pupuk ameliorasi. Tujuan dari penelitian ini adalah pemanfaatan sekam melalui teknik pembuatan arang sekam dan briket arang sekam. Penelitian dilakukan di Laboratorium Karawang, Balitpasca tahun 2001. Tiga teknik pembuatan arang sekam yaitu dengan pembakaran sistem cerobong, pembakaran dengan cara drum berputar dan teknik pembakaran dengan alat drum statis bercerobong (*model JICA*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan pembakaran sekam akan dihasilkan arang, abu maupun sekam yang tidak terbakar. Kualitas pembakaran yang terbaik yaitu yang dapat menghasilkan arang sekam dengan kandungan abu sekam paling sedikit. Dari 3 jenis alat pembakaran sekam dihasilkan kapasitas pembakaran 7,5 kg/jam, 12,31 kg/jam dan 7,95 kg/jam masing-masing dengan pembakaran sistem cerobong, pembakaran sistem drum statis dan pembakaran dengan sangrai (goreng tanpa minyak). Sistem pembakaran dengan sangrai menghasilkan sekam dengan kualitas terbaik (tanpa abu sekam), diikuti dengan sistem pembakaran cerobong (1,20%) kadar abu dan sistem drum statis dengan kandungan abu sekam sebesar 2,17%. Arang sekam yang dicampur dengan adonan tanah liat dengan perbandingan 1: 9 kemudian dicetak, menghasilkan briket arang sekam yang kuat dan kompak. Analisis ekonomi menunjukkan bahwa harga dasar arang sekam sebesar Rp 147,86,-, sedangkan harga dasar briket arang sekam sebesar Rp 1.480,86,- cukup bersaing dibandingkan bahan bakar lain.

Kata Kunci: Padi, sekam, sistem agroindustri

ABSTRACT

Waste in the paddy processing that cause a lot of problem is husk. Rice husk constitute of hard layer that cover caryopsis consist of two part that mutual tying they are called lemma and palea. In the rice milling process will be produced 16-26% Of husk. Husk breaking down process naturally run slowly, so husk do not only disturb around environment but also disturb the health of human being. Rubber roll type miller produce whole husk and still has high color value. Many utility of rice husk some of them are as fuel, planting media, assistance material in the melting process as ameliorasi fertilizer. Objective of this research are utilization of rice husk through rice husk producing technique and rice husk briquette. Research was conducted at Karawang Laboratory, ICAPRD 2001. Three kind of rice husk charcoal processing e.q : burning by chimney system, burning by rotary drum system and burning by static drum. Research result indicate that in husk burning will be produced charcoal, ash and unburned husk. The last burning quality is that can produce charcoal with minimum in ash content. From 3 kind of husk burning equipment produced burning capacity of 7.5 kg/h, 12.31 kg/h and 7.9 kg/h each burning by chimney system, burning by static drum and burning by rotary drum respectively. Burning by rotary drum produce the best quality of charcoal (without ash), followed by burning by chimney system (2.17% ash). Rice husk charcoal that's mixed by clay dough with ratio 1:9 then pressed produce rice husk Charcoal briquette that compact and steng. Economic analysis indicate that the foundation price of rice husk charcoal is Rp 147.86 and rice husk charcoal briquette is Rp 1,480.86. competitive enough compared to other fuels

Keywords: rice, husk, agroindustry system

PENDAHULUAN

Dalam bidang pertanian, limbah sering diartikan sebagai bahan buangan/bahan sisa dari proses perlakuan pasca panen dan pengolahan hasil. Proses penghancuran limbah secara alami berlangsung lambat, sehingga limbah tidak saja mengganggu lingkungan sekitarnya tetapi juga mengganggu kesehatan manusia.

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang disebut lemma dan palea yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi. Ukuran sekam dipengaruhi oleh model/tipe penggilingannya. Sekam yang dihasilkan oleh penggilingan padi tipe engelberg berbentuk hancuran sekam dengan dedak dan bekatul. Sekam seperti ini masih mempunyai nilai ekonomis karena dapat dijual sebagai campuran bahan makanan ternak. Sedangkan sekam yang dihasilkan oleh penggilingan padi tipe rol karet tidak hancur dan berbentuk sekam kasar. Sekam jenis ini biasanya digunakan sebagai campuran dalam membuat bata merah dan sebagai bahan bakar pada proses pembakaran bata merah dan tembikar.

Ditinjau dari komposisi kimiawi, sekam mengandung beberapa unsur kimia penting seperti dapat dilihat pada Tabel 1. Dengan komposisi kandungan kimia tersebut, sekam dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan diantaranya: (a) sebagai bahan baku pada industri kimia, terutama kandungan zat kimia siflural yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai industri kimia, (b) sebagai bahan baku pada industri bahan bangunan, terutama kandungan silika (SiO_2) yang dapat digunakan untuk campuran pada pembuatan semen portland, bahan isolasi, husk-board dan campuran pada industri bata merah, (c) sebagai sumber energi panas pada berbagai keperluan manusia, kadar selulosa yang cukup tinggi dapat memberikan pembakaran yang merata dan stabil (Beagle, 1979)

Kadar sekam pada butir gabah sangat bervariasi tergantung dari varietas padinya. Juliano (1985) melaporkan bahwa dari 55 varietas padi dari 5 negara Asia menemukan bahwa kadar sekam berkisar antara 16,3% sampai 26,0% dari jumlah gabah yang digiling. Menurut Van Ruiten (1981) dalam Rachmat *et al.*, 1989 sekam memiliki kerapatan jenis (bulk density) 125 kg/m³, dengan nilai kalori 1 kg sekam sebesar 3300 k. kalori. Sekam memiliki bulk density 0,100 g/ml, nilai kalori antara 3300 – 3600 k. kalori/kg sekam dengan konduktivitas panas 0,271 BTU (Houston, 1972 dalam Setyono *et al.*, 1999).

Tabel 1. Komposisi kimiawi sekam

Komponen	Percentase kandungan (%)
A. Menurut Suharno (1979)	
1. Kadar air	9,02
2. Protein kasar	3,03
3. Lemak	1,18
4. Serat kasar	35,68
5. Abu	17,71
6. Karbohidrat kasar	33,71
B. Menurut DTC-IPB	
1. Karbon (zat arang)	1,33
2. Hidrogen	1,54
3. Oksigen	33,64
4. Silika (SiO_2)	16,98

Melihat potensi yang besar pada sekam tersebut, sangat memungkinkan untuk memasyarakatkan penggunaan sekam sebagai bahan bakar alternatif pada rumah tangga, untuk pengganti energi kayu yang dapat mengakibatkan kerusakan hutan maupun energi fosil (minyak bumi, gas alam dan batubara) yang ketersediaannya makin menipis (Soemangat, 1989).

Tujuan jangka pendek penelitian ini adalah mengembangkan teknik pengolahan sekam menjadi bentuk arang sekam dan briket arang sekam yang mempunyai banyak kelebihan dalam penggunaan. Sedangkan tujuan jangka panjang adalah pengembangan pemanfaatan sekam di masyarakat baik pada skala rumah tangga maupun skala industri rumah tangga, sehingga dapat menjadikan sekam sebagai energi alternatif yang dibutuhkan masyarakat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Inlitpa Karawang, Balai Penelitian Padi Sukamandi mulai Januari 2001 sampai dengan Desember 2001. Teknologi pengembangan pemanfaatan sekam dilakukan dengan 3 tahap kegiatan, yaitu tahap pertama adalah perancangan alat untuk pembuatan arang sekam, tahap ke dua adalah uji alat pembakaran sekam menjadi arang sekam dan tahap ke tiga adalah pencetakan arang sekam menjadi briket arang sekam. Briket arang sekam yang dihasilkan dilakukan pengujian efisiensi pembakaran dengan menggunakan tungku briket arang sekam.

1. Perancangan alat untuk pembuatan arang sekam

Ada 3 alat bantu pembuatan arang sekam yaitu (a) model pembakaran sekam dengan sistem cerobong, (b) model pembakaran sekam dengan sistem drum statis, dan (c) model pembakaran sekam dengan sistem drum berputar (sangrai).

2. Uji alat pembakaran sekam menjadi arang

- (a) Pembakaran sekam dengan sistem cerobong, yaitu dengan cara sekam segar kering diletakkan/dicurahkan di sekitar cerobong yang di dalamnya sudah diberi bara api.
- (b) Pembakaran sekam dengan sistem drum statis, yaitu dengan cara mengisi penuh drum statis tersebut dengan sekam kering, kemudian menutupnya.
- (c) Pembakaran sekam dengan sistem drum berputar (sangra). Yaitu dengan cara mengisi drum dengan sekam. Pembakaran dilakukan dari luar drum dengan cara menghidupkan kompor atau membakar kayu/jerami.

3. Pembuatan briket arang sekam

Pembuatan briket arang sekam dapat dilakukan dengan cara tiga tahap yaitu pertama membuat cetakan briket (manual) dengan bahan dari pralon atau bambu dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 7 cm. Tahap ke dua membuat adonan berupa arang sekam, tanah liat dan air dengan perbandingan 7:1:1. Tahap ke tiga dengan mencetak/memampatkan adonan tersebut menjadi briket kemudian dikeringkan, sehingga briket menjadi kering dan siap untuk digunakan sebagai bahan bakar pengganti minyak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perancangan alat untuk pembuatan arang sekam

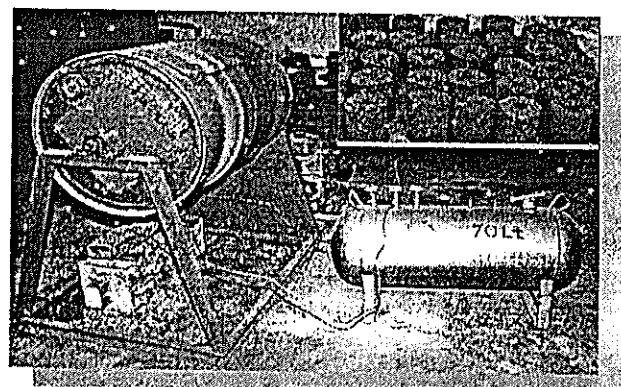
Pembuatan arang sekam dimaksudkan sebagai salah satu cara untuk memperbaiki sifat fisik dari sekam agar menjadi lebih mudah penanganan dan pemanfaatan selanjutnya. Salah satu kelemahan dari sekam di dalam penggunaannya sebagai sumber energi panas secara langsung adalah karena timbulnya asap pada saat pembakaran. Hal ini akan dapat mengakibatkan bahan yang dikeringkan berbau asap, warna bahan berubah, kualitas bahan menurun dan dapat menimbulkan polusi udara.

Teknologi pengolahan sekam dengan cara pemampatan sekam menjadi bentuk arang sekam dan briket arang sekam ternyata mampu mengurangi kelemahan sekam sebagai bahan bakar sumber energi panas. Dengan bentuk arang sekam maupun briket arang sekam ternyata tidak lagi menimbulkan asap dan bau yang mengganggu, cara pemakaiannya yang lebih mudah dengan energi panas yang dihasilkan tetap tinggi.

Model alat untuk pembakaran sekam menjadi arang sekam dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. alat pembuatan arang model drum statis



Gambar 2. Alat pembuatan arang sekam drum berputar

2. Uji alat pembakaran sekam menjadi arang

Teknik dan sistem pembakaran sekam

- a. Pembakaran sekam dengan sistem cerobong, yaitu dengan cara sekam segar kering diletakkan/dicurahkan di sekitar cerobong yang di dalamnya sudah diberi bara api. Api di dalam cerobong akan merambat membakar sekam di sekitarnya. Pembakaran terjadi tanpa menimbulkan api, sehingga akan terbentuk arang. Cara ini membutuhkan waktu yang singkat (2 jam) untuk menghasilkan arang. Hasil pembakaran menghasilkan arang sekam dengan kadar sekam yang tidak terbakar 5% dengan kadar abu hanya 1%
- b. Pembakaran sekam dengan sistem drum statis. Yaitu dengan cara mengisi penuh drum statis tersebut dengan sekam kering, kemudian menutup dan memasang cerobong asap. Tahap selanjutnya dengan menyemprotkan minyak tanah pada lapisan sekam paling atas. Pembakaran sekam dimulai dari lapisan yang paling atas dan sekam yang telah menjadi bara api akan merembat sampai lapisan bawah drum tersebut. Cara ini membutuhkan waktu antara 2-3 jam. Hasil pembakaran cukup baik dengan kadar sekam yang tidak terbakar kurang dari 1% dan kadar abu 5%.

- c. Pembakaran sekam dengan sistem drum berputar (sangra). Yaitu dengan cara mengisi drum dengan sekam. Pembakaran dilakukan dari luar drum dengan cara menghidupkan kompor atau membakar kayu/jerami di bawah drum. Drum diputar dengan rpm 50. Hasil pembakaran cukup baik dengan menghasilkan 100% arang sekam. Kelemahan dari cara ini adalah waktu yang diperlukan cukup lama yaitu antara 3-4 jam. Kelemahan ini dapat dikurangi dengan cara mengganti drum minyak tanah yang tebal dengan drum buatan yang lebih tipis.

Analisa hasil sistem pembakaran

Dari total sekam yang dibakar dengan 3 cara sistem pembakaran tersebut diatas akan dihasilkan arang sekam maupun komponen lainnya (Tabel 2). Pembakaran sekam menjadi arang sekam dengan sistem cerobong ternyata memerlukan waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan sistem drum statis maupun sistem sangrai (drum berputar). Kelemahan dari sistem cerobong ini adalah masih banyaknya sekam yang tidak dapat dibakar dan masih berupa sekam segar, sedangkan sistem pembakaran dengan drum statis sering terjadi kelebihan panas dan menyebabkan terbentuk abu sekam. Hal ini tidak baik apabila arang sekam tersebut akan dicetak menjadi briket.

Tabel 2. Hasil analisis kualitas pembakaran sekam dengan 3 sistem pembakaran

Komponen mutu	Sistem pembakaran sekam		
	Cerobong	drumstatis	Sangrai
Kadar air sekam, (%)	9,57	9,70	9,65
Arang sekam, (%)	75,4	74,20	77,15
Kadar air arang sekam, (%)	5,20	4,58	4,05
Abu sekam, (%)	1,20	2,17	0,00
Waktu pembuatan, (jam)	2,00	3,25	4,40
Kapasitas pembakaran, (kg/jam)	7,5	12,31	7,95

3. Pencetakan briket arang sekam

Pencetakan briket arang sekam masih dilakukan dengan cara manual dengan peralatan sederhana yang terbuat dari bambu dengan diameter 10 cm dan tinggi 7 cm. Briket yang terbentuk mempunyai ukuran diameter 10 cm dan tinggi 7 cm. Adonan dibuat dengan cara sebagai berikut: (a) mengencerkan 1 bagian tanah liat dengan 6 bagian air, (b) mengambil 1 bagian air dengan 6 bagian arang sekam dan memcampur rata sehingga terbentuk adonan dan (c) mencetak adonan tersebut dengan alat pencetak sehingga terbentuk briket arang sekam sesuai dengan ukuran yang dikendaki dan (d) mengeringkan briket arang sekam.

Nilai Ekonomis Limbah Sekam

Tungku rumah tangga telah banyak dibuat di daerah pedesaan dengan beragam bentuk dan modelnya, demikian pula bahan bakarnya sangat beragam. Beberapa model tungku telah dimodifikasi untuk mendapatkan model yang lebih efisien dengan menggunakan bahan bakar yang mudah diperoleh. Seperti terlihat pada Tabel 3, untuk mendidihkan per liter air diperlukan biaya yang beragam tergantung pada jenis tungku dan bahan bakar yang digunakan.

Tabel 3. Hasil uji teknis beberapa macam tungku sebagai pembanding tungku briket arang sekam modifikasi Inlitpa Karawang.

Tungku	Hasil rakitan	Bahan bakar		Kecepatan mendidih	Biaya mendidihkan per liter air
		Jenis	Konsumsi(kg)		
Singer	LIPI	Kayu	3,5	0,1	Rp. 175,- *)
Kompor minyak	-	M. tanah	2,5	0,08	Rp. 20,- *)
Sumarni	LIPI	Kayu	1,0	0,03	Rp. 4,- *)
Kompor sekam	Lab. Karawang	Sekam	1,0	0,3	Rp. 3,- **)
Arang sekam	Lab. Karawang	A. sekam	1,0	0,14	Rp. 14,7,- **)
Briket arang	Lab. Karawang	Briket	0,8	0,2	Rp. 123,4,- **)

*) Sumber Setyawati dan Thahir (1989)

**) Sumber Rachmat *et al*, (2001)

Dengan cara pencetakan secara manual kapasitas yang dihasilkan masih terlalu rendah yaitu rata-rata baru mencapai 15 kg briket/hari. Hal ini menyebabkan nilai biaya pembuatan briket yang masih mahal, sedangkan untuk harga arang sekam cukup bersaing (Tabel 4). Untuk memapatkan nilai briket yang ekonomis dan komersial perlu diciptakan alat cetak mekanis dengan kapasitas yang tinggi, sehingga dapat menekan harga briket arang sekam.

Tabel 4. Hasil perhitungan ekonomis pembuatan arang sekam dan briket arang sekam (diluar biaya investasi pembuatan alat)

A. Pembuatan Arang Sekam		Biaya
1.	Harga sekam kering (Rp/kw)	500,-
2.	Rendemen arang sekam (70%)	(70 kg)
3.	Upah tenaga kerja (Rp/proses)	10.000,-
4.	Biaya pembuatan arang sekam (Rp/kg)	142,86,-
5.	Harga arang sekam (belum termasuk keuntungan) (Rp/kg)	147.86,-
		147,86,-
B. Pembuatan Briket Arang Sekam		
1.	Harga 1 kg arang sekam, (Rp)	147,86,-
2.	Kapasitas mencetak briket (kg/hari)	(15 kg)
3.	Upah kerja (Rp/hari/orang)	20.000,-
4.	Upah pembuatan briket arang sekam (Rp/kg)	1.333,-
5.	Harga briket arang sekam(belum termasuk keuntungan), (Rp/kg)	1.480,86,-

Sumber Energi Rumah tangga

Untuk pemanfaatan sekam, arang sekam maupun briket arang sekam perlu diciptakan tungku yang sesuai dengan karakteristik dan sifat bahan bakarnya. Dalam usaha meningkatkan efisiensi pembakaran sekam dan mempermudah dalam pemakaiannya perlu diciptakan tungku yang sesuai. Ada beberapa model tungku yang dapat dikembangkan dalam pemanfaatan sekam sebagai bahan bakar alternatif, diantaranya adalah tungku rumah tangga model "Singer" yang merupakan modifikasi dari

tungku tradisional dan terbuat dari batu bata serta campuran semen dengan semen bata merah. Tungku ini dilengkapi cerobong dan penampung abu. Biaya pembuatan tungku ini antara Rp 100.000-150.000,-, karena tungku ini berukuran besar, maka cocok digunakan untuk kegiatan yang bersifat ekonomis skala rumah tangga, terutama pedagang makanan /cemilan seperti tukang jagung rebus. Tungku yang terbuat dari tanah liat yaitu model Sumarni , menggunakan bahan bakar sekam kering merupakan tungku yang menghasilkan api biru dan cocok digunakan pada skala rumah tangga. Tungku model Sumarni dapat menghemat penggunaan kayu bakar sampai 25%. Tungku briket arang sekam terbuat dari plat besi dengan batu cor ditengahnya sebagai penahan panas pada saat pembakaran, dengan komposisi yang kompak tersebut tungku briket ini dapat menghasilkan panas yang maksimal, sehingga dapat mempercepat proses memasak. Dengan 0,8 kg briket arang sekam , tungku ini dapat digunakan untuk menanak nasi dan merebus air serta menggoreng telur, karena dapat menghasilkan bara panas selama 1,5 jam.

Hasil Samping Proses Pembuatan Arang Sekam

Pada pembuatan arang sekam dan briket arang sekam akan diperoleh hasil ikutan berupa abu sekam. Abu sekam masih dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan diantaranya adalah sebagai abu gosok untuk keperluan rumah tangga, sebagai ameliorasi pada tanah-tanah yang masam maupun sebagai bahan campuran dalam pembuatan semen hidrolik, yaitu dengan mencampur abu sekam dengan 20-30% kapur (Setyono et al, 1999). Abu sekam dapat pula dimanfaatkan untuk campuran dalam pembuatan batu bata pres. Batu bata yang dibuat dari semern abu sekam mempunyai kualitas yang lebih baik ditinjau dari kekuatan tekan (*compressive strength*) antara 175 – 450 kg/cm², disamping mempunyai kekuatan renggang (*tensile strength*), elastisitas dan mempunyai sifat tahan asam.

Abu sekam juga dapat dimanfaatkan dalam pengolahan karet. Abu sekam dengan kandungan silika berbentuk amorf digiling halus sesuai dengan syarat yang telah ditentukan. Pencampuran 6 bagian abu sekam dengan 10 bagian karet alam akan menghasilkan karet dengan kekuatan renggang 207 kg/cm² dengan elastisitas 63,6 kg/cm² pada perpanjangan karet sampai 300%. Pencampuran abu sekam dengan karet sintetik dapat menhasilkan karet yang lebih baik dibanding karet yang menggunakan koalin atau tanah liat biasa. Karet yang menggunakan abu sekam sebagai bahan penguat mempunyai sifat *medium thermal black*

KESIMPULAN

Dari hasil uraian di atas dapat disimpulkan bahwa,

1. Kualitas alat ditentukan oleh hasil pembakaran sekam yang berupa arang sekam, abu sekam dan sekam segar yang tidak terbakar. Kualitas arang sekam terbaik dihasilkan dengan cara sangrai (0% kadar abu), kemudian pembakaran dengan cerobong (1,20% akar abu) dan dengan drum statis (3,25% kadar abu).
2. Kapasitas pembakaran tertinggi dicapai dengan menggunakan cara pembakaran drum statis yaitu 12,31 kg/jam, diikuti dengan cara pembakaran sangrai dengan kapasitas 7,79 kg/jam dan cara pembakaran dengan cerobong dengan kapasitas 7,50 kg/jam.
3. Campuran adonan yang terbaik untuk mencetak briket arang sekam adalah 1 bagian air dicampur dengan 1 bagian tanah liat dan 9 bagian arang sekam.
4. Biaya untuk mendidihkan 1 liter air dengan menggunakan bahan bakar sekam paling murah yaitu sebesar Rp 3,-, diikuti dengan menggunakan bahan bakar

arang sekam yaitu Rp 14,7,-/l air dan Rp 123,4,-/l air bila menggunakan bahan bakar briket arang sekam.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, A. 1989. Domestic Use of Rice Hull and Development of Pyrolytic Conventor. Paper Workshop on Apropriate Technologies on Farm and Village Level Post Harvest Grain Handling. Jogya.
- Beagle, E. C., 1979. Rice Husk Conversion to Energy. Rome. Itali.
- Juliano, B.O. 1985. Rice Chemistry and Technology. Second Ed. The american Association of Cereal Chemist. Ins. St. Paul, Minnesota. USA. 774p.
- Munarso, S.J., 1995. Karakteristik dedak padi sebagai bahan pangan. Prosiding Konas Peragi/X/KPIG 1995. Jakarta. Hal. 469-478.
- Rachmat, R., R. Thahir, dan J. Setiawati. 1989. Teknologi pemanfaatan limbah biomassa. Makalah pada Latihan Teknik Penelitian Pascapanen dan Benih. Balittan Sukamandi. 14 Agustus – 8 September 1989.
- Setiawati, J. dan R. Thahir. 1989. Pembuatan dan Pemanfaatan tungku arang sekam. Laporan hasil Penelitian. Laboratorium Karawang. Balittan Sukamandi.
- Soemangat. 1989. Design and Development of com cob furnace for direct heat drying. Paper Workshop on Appropriate Technologies on Farm and Village Level Postharvest Grain handling. Yogyakarta.
- Sutrisno, S. Widowati, A. Setyono dan A.M. Fagi. 1992. Pengembangan paket peralatan untuk menunjang agroindustri
- Setyono, A. Suismono dan P. Wibowo. 1999. Pemanfaatan produk samping dan limbah padi. Disampaikan pada Simposium Penelitian Tanaman Pangan IV. Di Bogor, 22-23 November 1999.