

IDENTIFIKASI KADAR SILIKA PADA SEKAM PADI DARI BERBAGAI VARIETAS UNGGUL BARU

Resa Setia Adiandri, Sigit Nugraha dan Nikmatul Hidayah

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian
Jl. Tentara Pelajar No. 12 Cimanggu, Bogor
0251-8321762, 0251-8350920
email : setia_resa17@yahoo.com, HP : +6281289678810

ABSTRAK

Sekam merupakan hasil samping dari proses pecah kulit dari rangkaian proses penggilingan padi dengan rendemen sekitar 20% yang belum banyak dimanfaatkan menjadi produk bernilai ekonomi tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi sekam dari berbagai varietas padi untuk mengetahui potensi peningkatan nilai tambah sebagai bahan baku pembuatan nano silika dalam rangka mendukung bioindustri padi berkelanjutan. Sampel yang digunakan merupakan gabah dari 52 varietas. Pengujian dilakukan terhadap sekam yang dihasilkan dari proses pecah kulit dengan kondisi proses yang sama antar sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen sekam dan kandungan silika pada sekam dari 52 varietas padi cukup tinggi dengan jumlah rendemen berkisar 18,45-26,68% dan kandungan silika 23,40-37,56%. Rendemen sekam tertinggi ditunjukkan oleh padi varietas Situ Patenggang, sedangkan kandungan silika tertinggi ditunjukkan oleh padi varietas Ciherang. Selain Ciherang ada beberapa varietas padi yang menunjukkan kadar silika cukup tinggi di atas 35 % yaitu varietas Inpari 18, Inpari 21, Inpari 24, Inpari 31, dan Situ Patenggang. Keenam varietas padi dengan kadar silika tinggi tersebut sangat berpotensi dikembangkan lebih lanjut dan digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan nano silika.

Kata kunci : sekam padi, varietas, silika, rendemen

ABSTRACT

Husk is a byproduct of husking process from the whole rice milling process with a yield of about 20% which is not used as high economic value products. The purpose of the study was to identified rice husk of many paddy varieties to determine the potential increasing value added as a raw material for making nano silica in order to support sustainable rice bioindustry. The sample used was 52 varieties of paddy. Measurement conducted on husks produced from the husking process with the same process conditions. The results showed that husk-yield and silica content of rice husk from 52 paddy varieties were high enough with yield of 18,45-26,68% and silica content of 23,40-37,56%. The highest husk-yield was shown by Situ Patenggang, while the content of the highest sillika shown by Ciherang. Besides it, there were many varieties also showed high enough of husk-yield above 35%

that were Inpari 18, Inpari 21, Inpari 24, Inpari 31, and Situ Patenggang. They had potential to be developed and used as raw materials in nano silica production.

Keywords : rice-husk, variety, silica, yield

PENDAHULUAN

Kementerian Pertanian RI telah mencanangkan program swasembada pangan termasuk padi dan pada tahun 2016 ini menargetkan produksi sebesar 75,13 juta ton gabah kering giling (GKG). Peningkatan produksi GKG yang nantinya akan diproses lebih lanjut menjadi beras melalui proses penggilingan akan diikuti meningkatnya hasil samping, diantaranya berupa sekam padi. Sekam padi merupakan hasil samping dari proses pecah kulit dari rangkaian proses penggilingan padi. Menurut Ismunadji (1988) dan Le et al. (2013) jumlah sekam padi sekitar 20% berat GKG. Jika target produksi padi dan beras tahun 2016 tercapai maka akan dihasilkan sekam padi sekitar 15,03 juta ton. Saat ini pemanfaatan sekam padi untuk meningkatkan nilai tambah menjadi sebuah produk bernilai ekonomi tinggi masih relatif terbatas. Secara umum sekam padi masih terbatas digunakan antara lain sebagai bahan baku untuk pembuatan arang briket, sumber energi pembakaran (tungku), media tanam, dan campuran pakan ternak. Sebagian besar petani dan penggilingan padi kecil yang banyak tersebar di Indonesia bahkan ada yang membuang sekam tanpa memanfaatkannya lebih lanjut, walaupun jumlahnya sangat besar. Penelitian tentang potensi sekam sebagai salah satu sumber bioetanol juga umumnya masih dalam tahap awal pengembangan di laboratorium, dan belum dilakukan secara massif dilapangan.

Penanganan sekam padi dalam jumlah besar yang kurang tepat akan menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Oleh karena itu pemanfaatan sekam sebagai hasil samping penggilingan padi menjadi suatu produk bernilai ekonomi tinggi sangat penting untuk dikembangkan. Sekam padi merupakan bahan berligno-selulosa seperti biomassa lainnya namun mengandung silika yang tinggi. Kandungan kimia sekam padi terdiri atas 50% selulosa, 25–30% lignin, dan 15–20% silika (Ismail and Waliuddin,1996).

Menurut Hara (1996) dan Krishnarao, *et al.*, (2000) 13 - 29 % dari komposisi sekam adalah abu sekam yang selalu dihasilkan setiap kali sekam, dimana secara umum kandungan silika (SiO_2) dalam abu sekam padi sekitar 94 – 96 %. Apabila nilainya mendekati atau dibawah 90 % kemungkinan disebabkan oleh sampel sekam yang telah terkontaminasi oleh zat lain yang kandungan silikanya rendah (Houston, 1972; Prasad, *et al.*, 2000). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa abu sekam padi apabila dibakar pada suhu tinggi (500 –600 °C) secara terkontrol akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan silika dari sekam padi cukup tinggi sekitar 15 – 20% (Adam et al. 2011; Agung et al. 2013). Dalam industri pangan silika banyak digunakan sebagai *anticaking* pangan, penjernih minuman, dan pemurnian minyak (Chaudhry & Castle 2011). Selain itu silika

juga banyak digunakan sebagai bahan baku untuk pupuk unsur mikro, dan dalam dunia farmasi (Adam et al. 2011). Silika merupakan salah satu unsur hara yang dibutuhkan tanaman golongan *gramenae* yang bersifat akumulator silika, seperti padi, jagung dan tebu. Padi membutuhkan silika hampir setara atau lebih tinggi jika dibandingkan dengan unsur hara lain jenis nitrogen, posphat, dan kalium (NPK). Kebutuhan silika untuk tanaman padi sangat tinggi karena padi menyerap 100-300 kg silika/ha (Gufron 2013).

Salah satu produk olahan dari sekam yang saat ini dikembangkan oleh BB Litbang Pascapanen Pertanian adalah produk nano silica yang saat ini fokus pada pengembangan untuk penggunaan sebagai pupuk bagi tanaman padi. Silika sangat diperlukan oleh tanaman padi, akan tetapi upaya pemupukan dengan silika belum umum dilakukan di Indonesia, sehingga belum banyak informasi hasil penelitian tentang silika dan pemanfaatannya sebagai pupuk tanaman padi. Penelitian tersebut dilakukan dalam rangka mendukung program bioindustri padi berkelanjutan, sehingga diharapkan semua produk hasil samping proses penggilingan padi dapat dimanfaatkan dengan baik. Untuk mendukung kegiatan tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang identifikasi karakteristik sekam dari berbagai varietas padi, sehingga tersedia data pendukung dari aspek bahan baku yang sesuai untuk diolah lebih lanjut menjadi nano silica. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sekam dari berbagai varietas padi untuk mengetahui potensi peningkatan nilai tambah sebagai bahan baku pembuatan nano silica dalam rangka mendukung bioindustri padi berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

a. Bahan dan Alat

Penelitian dilakukan pada tahun 2015 di Instalasi Laboratorium Pascapanen Pertanian Karawang dan Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian Bogor. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah gabah dari 52 varietas (Tabel 1). Peralatan yang digunakan diantaranya adalah timbangan, *minihusker* untuk proses pecah kulit gabah, dan peralatan untuk analisa kandungan silika pada sekam.

b. Metode Penelitian

Sampling gabah sejumlah 52 varietas dilakukan dari kebun percobaan Balai Besar Penelitian Tanaman Padi dan petani penangkar benih di Kabupaten Karawang. Sampel gabah yang akan digunakan dicuci terlebih dahulu dan dikeringkan sampai kadar air $\pm 14\%$. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan kotoran pada gabah yang nantinya dapat menjadi kontaminasi pada sekam dan mempengaruhi hasil pengujian kadar silika dalam sekam. Selanjutnya gabah diproses pecah kulit dengan menggunakan *minihusker* untuk mendapatkan sekam padi.

Tabel 1. Beberapa varietas padi yang digunakan dalam penelitian

No	Varietas	No	Varietas
1	Inpari 23	27	Inpari 13
2	Hipa 18	28	Hipa 8
3	Inpari 31	29	Inpari 24
4	Inpara 6	30	Batu tegi
5	Ciherang	31	Inpara 2
6	Inpari 28	32	Inpago 10
7	Inpari 15	33	Inpari 17
8	Inpari 30	34	Lusi
9	Ciliwung	35	Stail
10	Lok Ulo	36	Hwang Hwuazaan
11	Inpago 9	37	Sintanur
12	Situ Patenggang	38	Inpago 4
13	IR 66	39	Inpari 29
14	Inpari 27	40	Indra giri
15	Mekongga	41	Inpari 7
16	Inpara 5	42	Zhongzu
17	Inpari 16	43	Sarinah
18	Inpari 21	44	Inpara 1
19	Situ Bagendit	45	Inpari 4
20	Inpari 20	46	PB 42
21	Cigeulis	47	Inpari 6
22	Inpari 14	48	Inpago 5
23	Inpari 32	49	Limboto
24	Inpari 10	50	Inpago 8
25	Inpari 33	51	Way apo buru
26	Hipa Jatim 2	52	Inpari 3

Pengamatan yang dilakukan meliputi rendemen sekam dan kadar silika dalam sekam padi. Pengujian rendemen sekam dilakukan dengan cara menimbang sejumlah sampel gabah sebanyak 300 gram, kemudian dilakukan proses pecah kulit dengan menggunakan *minihusker* selama 60 detik. Percobaan dilakukan dengan triplo dengan jumlah sampel gabah dan kondisi proses pecah kulit yang sama. Sekam yang dihasilkan selanjutnya ditimbang dan dibandingkan dengan berat gabah awal sehingga diperoleh nilai rendemen sekam. Untuk pengujian kadar silika pada sekam dilakukan dengan prinsip pengabuan dan ekstraksi dengan metode gravimetri (Balai Penelitian Tanah, 2015). Sejumlah sekam dipanaskan dalam tungku pemanas (*furnace*) kurang lebih 4 jam dengan temperatur 700°C. Kemudian ditambahkan larutan NaOH dan dilakukan pemanasan sampai suhu 85 °C sambil diaduk menggunakan *magnetic Stirer* lama 60 menit. Setelah dinginkemudian disaring menggunakan kertas saring *Whatmann No. 41*, dan residu diekstraksi kembali seperti cara sebelumnya dan filtrat disatukan dengan

filtrat yang pertama sebagai larutan silikat. Tahap selanjutnya adalah pengendapan dengan melakukan penambahan larutan HCL 1 N secara perlahan-lahan ke dalam larutan silikat hingga pH 7 sehingga terbentuk endapan berwarna putih yang kemudian disaring dan dioven lalu ditimbang hingga beratnya konstan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi sekam sangat penting untuk dilakukan karena berhubungan dengan karakterisasi bahan baku dan kesesuaiannya dengan produk olahannya. Bahan baku yang sesuai akan menunjang proses pengolahannya menjadi lebih efektif dan efisien dengan hasil produk akhir yang lebih optimal. Hasil pengujian rendemen sekam dan kadar silika pada sekam dari 52 varietas padi secara lengkap disajikan pada Tabel 2.

Hasil pengujian rendemen sekam dari berbagai varietas padi menunjukkan nilai yang cukup tinggi berkisar antara 18,45-26,68% dimana secara umum rendemen sekam berada pada kisaran nilai 20-25 % (Tabel 2). Nilai rendemen sekam akan berbanding terbalik dengan nilai rendemen beras pecah kulit karena sekam merupakan hasil samping dari proses pecah kulit yang menghasilkan beras pecah kulit. Ada enam varietas padi yang menunjukkan nilai rendemen sekam cukup rendah dibawah 20% yaitu varietas Hipa Jatim 2, Inpari 13, Inpari 29, Indragiri, Inpari 7 dan Way apo buru. Sebagian besar padi tersebut varietas padi yang biasanya tumbuh dengan baik di sawah dengan sistem pengairan irigasi teknis. Sedangkan untuk nilai rendemen sekam yang cukup tinggi ditunjukkan oleh varietas Inpari 23, Inpari 6, Inpago 9 dan Situ Patenggang yang merupakan jenis padi sawah irigasi dan padi gogo. Menurut Coniwanti et al (2008), 20-25% dari bobot padi adalah sekam padi dan kurang lebih 15 % dari komposisi sekam adalah abu sekam yang selalu dihasilkan setiap kali sekam dibakar. Sekam tersusun dari jaringan serat-serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut-serabut yang sangat keras. Sekam padi pada umumnya mempunyai sifat higroskopis, berat jenis rendah dan warna netral. Pada keadaan normal, sekam berperan penting melindungi biji beras dari kerusakan yang disebabkan oleh serangan jamur, dapat mencegah reaksi ketengikan karena dapat melindungi lapisan tipis yang kaya minyak terhadap kerusakan mekanis selama pemanenan, penggilingan dan pengangkutan (Haryadi, 2006). Sekam diketahui memiliki *bulk density* 0,100 g/ ml, nilai kalori antara 3300 -3600 kkalori/kg sekam dengan konduktivitas panas 0,271 BTU (Houston, 1972).

Sekam padi merupakan material isolasi yang sangat baik karena sekam sulit untuk terbakar dan dapat mencegah kelembapan yang dapat menimbulkan jamur atau fungi. Beberapa penelitian menemukan bahwa sekam padi yang dibakar akan menghasilkan sejumlah silika, untuk alasan inilah sekam padi menyediakan isolasi termal yang sangat baik.

Hasil pengujian terhadap kadar silika dalam sekam dari 52 varietas padi menunjukkan bahwa kandungan silika dalam sekam cukup tinggi dengan rata-

rata diatas 30% (Tabel 2). Perbedaan varietas menunjukkan kadar silikat kasar yang berbeda-beda dengan kisaran nilai antara 23,40 sampai 37,56%. Varietas padi dengan kadar silikat kasar terendah adalah Inpago 9, sedangkan varietas padi dengan kadar silikat kasar tertinggi adalah Ciherang. Selain Inpago 9, varietas lainnya yang memiliki kadar silika kasar rendah adalah varietas Inpari 33 (23,76%) dan Hipa Jatim 2 (23,85%). Untuk kadar silika yang kisarannya hampir sama dengan Ciherang adalah varietas Hipa 18 (35,70%), Inpari 31 (36,16%), Situ Patenggang (36,36%), dan Inpari 21 (36,01%). Dari data-data tersebut terlihat bahwa tidak terlihat pengaruh tipe agroekosistem terhadap kadar silika kasar pada sekam padi. Kemungkinan perbedaan kadar silika pada sekam dipengaruhi oleh genetiknya. Secara alami silika dalam sekam padi terdapat dalam bentuk amorphous. Menurut Coniwanti et al (2008), sekam padi mengandung 40% selulosa, 30% lignin dan 20% abu dimana abu terdiri dari opaline silika yang terdapat dalam jaringan selulosa dan sedikit karbon. Dalam pembakaran sekam padi biasanya menghasilkan 20% abu dengan kandungan silica (SiO₂) sebagai komponen utamanya, sedikit karbon dan oksida-oksida lain.

Tabel 2. Karakteristik sekam pada beberapa varietas padi

No	Varietas	Rendemen beras pecah kulit (%)	Rendemen sekam (%)	Kadar silika dalam sekam (%)
1	Inpari 23	73,83	26,23	27,72
2	Hipa 18	77,21	22,90	35,70
3	Inpari 31	75,13	25,05	36,16
4	Inpara 6	73,99	26,12	27,75
5	Ciherang	76,75	23,35	37,56
6	Inpari 28	78,43	21,57	27,88
7	Inpari 15	77,99	22,01	29,91
8	Inpari 30	77,77	22,24	32,92
9	Ciliwung	78,38	21,62	26,65
10	Lok Ulo	76,65	23,35	29,60
11	Inpago 9	73,60	26,40	23,40
12	Situ Patenggang	73,32	26,68	36,36
13	IR 66	76,65	23,36	33,20
14	Inpari 27	77,15	22,85	32,92
15	Mekongga	78,30	21,70	30,12
16	Inpara 5	77,85	22,15	30,18
17	Inpari 16	76,01	23,99	30,66
18	Inpari 21	76,27	23,73	36,01
19	Situ Bagendit	79,01	20,99	32,94
20	Inpari 20	79,12	20,88	31,09
21	Cigeulis	78,46	21,54	30,35
22	Inpari 14	78,45	21,55	26,74
23	Inpari 32	79,37	20,64	26,74
24	Inpari 10	78,35	21,66	26,87
25	Inpari 33	78,32	21,69	23,76
26	Hipa Jatim 2	80,29	19,72	23,85

Tabel 2. Karakteristik sekam pada beberapa varietas padi (lanjutan)

No	Varietas	Rendemen beras pecah kulit (%)	Rendemen sekam (%)	Kadar silika dalam sekam (%)
27	Inpari 13	80,78	19,22	28,63
28	Hipa 8	79,61	20,40	30,24
29	Inpari 24	79,14	20,87	35,27
30	Batu tegi	88,88	21,35	33,41
31	Inpara 2	89,25	20,01	34,78
32	Inpago 10	90,26	20,35	34,50
33	Inpari 17	90,57	20,01	33,68
34	Lusi	86,54	23,91	33,02
35	Setail	85,91	25,05	33,13
36	Hwang Hwuazaan	89,84	20,37	33,24
37	Sintanur	90,60	21,57	33,84
38	Inpago 4	88,20	20,11	33,41
39	Inpari 29	88,64	18,66	33,52
40	Indra giri	90,28	18,45	33,63
41	Inpari 7	89,69	18,73	33,52
42	Zhongzu	87,32	22,06	34,50
43	Sarinah	88,38	20,63	34,28
44	Inpara 1	88,83	20,35	33,52
45	Inpari 4	90,32	21,36	33,35
46	PB 42	90,15	21,73	34,01
47	Inpari 6	91,13	22,14	32,37
48	Inpago 5	90,40	23,42	32,37
49	Limboto	90,73	25,61	32,91
50	Inpago 8	89,92	22,49	34,01
51	Way apo buru	89,40	18,84	32,86
52	Inpari 3	90,62	21,74	32,69

Silika terdapat di alam dalam keadaan tidak murni. Silika terbentuk ketika unsur silicon (Si) teroksidasi secara termal. Lapisan yang sangat tipis terbentuk di permukaan silicon ketika silicon kontak dengan udara. Temperatur tinggi dan lingkungan yang berubah merupakan kondisi yang baik dalam pembentukan lapisan silika (silicon dioxide) (Coniwanti et al., 2008). Konversi sekam padi menjadi abu silika setelah mengalami proses karbonisasi juga merupakan sumber pozzolan potensial sebagai SCM (Supplementary Cementitious Material). Abu sekam padi memiliki aktivitas pozzolanic yang sangat tinggi sehingga lebih unggul dari SCM lainnya seperti fly ash, slag dan silica fume. Selain berpotensi sebagai SCM (Supplementary Cementitious Material), silika juga digunakan dalam pembuatan pupuk mikro, farmasi, deterjen, perekat, semikonduktor elektronik, katalis, absorbent, penghambat korosi, dan bahan optik. Untuk industri pangan, silika dimanfaatkan sebagai anticaking pangan dan minuman serbuk. Saat ini aplikasi silika diarahkan dalam bentuk nanosilika. Dalam bentuk nano, silika memiliki sifat mekanik yang sangat kuat sehingga dapat meningkatkan kekakuan dan kekuatan rantai-rantai polimer. Dengan ukuran nano proses penyusupan partikel-partikel akan lebih cepat dan merata sehingga struktur partikel menjadi lebih solid, luas permukaan interaksi menjadi lebih besar dan partikel-partikel yang berinteraksipun bertambah (Mai, et al., 2008). Akibatnya, interaksi permukaan total pun meningkat dan berdampak pada meningkatnya kekuatan mekanik dan kekuatan tekan dari material (Sperling, 2006).

Pemanfaatan abu sekam padi juga dapat diaplikasikan dalam bentuk natrium silikat yang salah satunya dilakukan dengan mereaksikan silika dalam abu dengan larutan NaOH encer pada suhu tinggi. Persamaan reaksi pembentukan natrium silikat (Kalapathy, 2000, 2002):



Natrium silikat digunakan sebagai bahan baku berbagai produk seperti silika gel, silicate based binders, aditif semen khusus, koagulan pengolahan air limbah, gasket dan aditif air pendingin kendaraan, katalis, tinta, substrat pertumbuhan alga, komponen deterjen, dan sabun (Breuer, 1998).

Silika dari sekam padi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan silika dari bahan inorganik, seperti pasir kuarsa karena silika sekam padi mempunyai butiran halus, lebih reaktif, dapat diperoleh dengan cara mudah dengan biaya yang relatif murah, serta didukung oleh ketersediaan bahan baku yang melimpah dan dapat diperbaharui (Agung et al. 2013; Suka et al. 2008). Silika dari sekam padi juga memiliki suhu kelarutan relatif rendah sehingga dapat juga diproses dengan energi rendah (Kalapathy et al. 2002).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen dan kandungan silika pada sekam dari 52 varietas padi cukup tinggi dengan jumlah rendemen berkisar 18,45-26,68% dan kandungan silika 23,40 sampai 37,56%. Rendemen sekam tertinggi

ditunjukkan oleh padi varietas Situ Patenggang, sedangkan kandungan silika tertinggi ditunjukkan oleh padi varietas Ciherang. Selain Ciherang ada beberapa varietas padi yang menunjukkan kadar silika cukup tinggi di atas 35 % yaitu varietas Inpari 18, Inpari 21, Inpari 24, Inpari 31, dan Situ Patenggang. Keenam varietas padi dengan kadar silika tinggi tersebut sangat berpotensi dikembangkan lebih lanjut dan digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan nano silika.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, F, Chew, T-S & Andas, J 2011, 'A simple template-free sol-gel synthesis of spherical nanosilica from agricultural biomass', *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, vol. 59, no. 3, pp. 580-3.
- Agung, G, Hanafie, M & Mardina, P 2013, 'Ekstraksi silika dari abu sekam padi dengan pelarut KOH', *Konversi*, vol. 2, no. 1, pp. 28-31.
- Chaudhry, Q & Castle, L 2011, 'Food applications of nanotechnologies: An overview of opportunities and challenges for developing countries', *Trends in Food Science & Technology*, vol. 22, no. 11, pp. 595-603
- Coniwanti, P., Srikanthy, R., dan Apriliyanni. 2008. Pengaruh proses pengeringan, normalitas hcl, dan Temperatur pembakaran pada pembuatan silica Dari sekam padi. *Jurnal teknik kimia, no.1, vol. 15, januari 2008. P 5-11*
- Fu, S.Y., X.Q. Feng, B. Lauke, & Y.W. Mai, 2008, Effects of Particle Size, Particle/Matrix Interface Adhesion and Particle Loading on Mechanical Properties of Particulate-Polymer Composite, *Composites, Part B*, 39, 933-961
- Gufron 2013, Silika (Si) : hara penting pada sistem produksi padi, viewed 15 April 2016, <<http://diponnanotech.blogspot.co.id/2013/09/silika-si-hara-penting-pada-sistem.html#>>.
- Hara, (1986), Utilization of Agrowaste for Building Material, International Research and Development Cooperation Division, AIST, MITI, Japan
- Houston, D.F. (1972) 'Rice Chemistry and Technology', Vol. IV, American Association of Cereal Chemist, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.
- Ismail, M. S. and Waliuddin, A. M. 1996. Effect of Rice Husk Ash on High Strength Concrete. *Construction and Building Materials*. 10 (1): 521 – 526
- Ismunadji, M 1988, *Padi*, 1st edn, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Kalpathy, U, Proctor, A & Shultz, J 2002, 'An improved method for production of silica from rice hull ash', *Bioresource Technology*, vol. 85, no. 3, pp. 285-9.
- Krishnarao R. V., Subrahmanyam J., Kumar, T. J., (2000), "Studies on the formation of black in rice husk silica ash", *J. Ceramic Society*, 21 ,99 – 104.

- Le, VH, Thuc, CNH & Thuc, HH 2013, 'Synthesis of silica nanoparticles from Vietnamese rice husk by sol-gel method', *Nanoscale Research Letters*, vol. 8, no. 1, pp. 58.
- Prasad C.S., Maiti K.N., Venugopal R., (2001), Effect of rice husk ash in whiteware compositions", *Ceramic International*, 27, 629-635
- Suka, IG, Simanjuntak, W, Sembiring, S & Trisnawati, E 2008, 'Karakteristik silika sekam padi dari provinsi Lampung yang diperoleh dengan metode ekstraksi', *MIPA*, vol. 37, no. 1, pp. 47-52.
- Sperling, L.H., 2006, *Introduction to Physical Polymer Science*, 4th ed., Wiley, New Jersey.