

Penghasilan Abu Sekam Padi Menggunakan Relau Terubahsuai UKM

M.Faizal, Ade Ilham
Muhammad Fauzi Mohd Zain

ABSTRAK

Kajian ini membincangkan tentang kualiti abu sekam padi yang dihasilkan melalui pembakaran abu sekam padi menggunakan relau terubahsuai UKM. Abu sekam padi yang kaya dengan kandungan silika dapat dihasilkan dengan teknik pembakaran yang betul. Usaha penghasilan abu sekam padi dilakukan di Universiti Kebangsaan Malaysia menggunakan relau khas yang telah direkabentuk. Relau terubahsuai UKM diubahsuai daripada konsep relau pembakaran yang pernah digunakan oleh penyelidik-penyelidik lepas. Penyiataan ke atas sifat fizikal dan kimia merangkumi taburan suhu pembakaran, fasa penghabluran dan kandungan kimia. Penyiataan mendapati relau yang direka bentuk khas ini dapat menghasilkan kualiti abu sekam padi yang baik.

Katakunci: Abu Sekam Padi, Teknik Pembakaran, Pencanaian, Pozolan, Amorfus

ABSTRACT

The quality of rice husk ash, which is produced using specially designed furnace at Universiti Kebangsaan Malaysia is studied. By using appropriate combustion technique, the high content of silica ash was able to be produced. The furnace was fabricated and improved based on the previous concept adopted by Universiti Sains Malaysia and Asian Institute of Technology. Investigation is done to determine the physical and chemical properties including temperature distribution, particle size, crystallization phase and chemical composition. It was found that the specially designed furnace was able to produce a high quality of rice husk ash.

Keywords: Rice Husk Ash, Combustion Technique, Grinding, Pozzolan, Amorphous

PENGENALAN

Abu sekam padi boleh ditukar kepada bentuk yang memenuhi ciri-ciri fizikal dan kimia kumpulan pozolan melalui proses pembakaran. Aktiviti pozolan bergantung kepada kandungan silika, fasa penghabluran silika, dan saiz atau luas permukaan partikel. Selain itu, abu mesti mengandungi sedikit sahaja kandungan karbon yang tidak terbakar LOI. Abu sekam padi yang mempunyai kandungan silika yang amorfus dan luas permukaan yang besar dapat dihasilkan dengan pembakaran dan suhu yang terkawal (Mehta 1989).

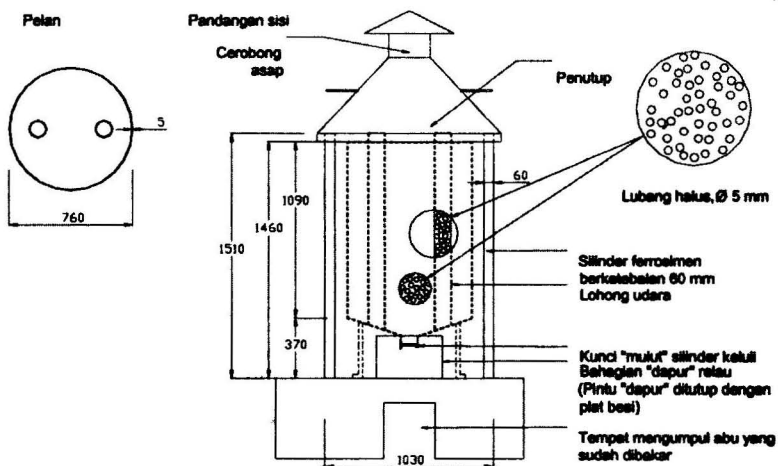
Sejak kebelakangan ini, penyelidik yang melakukan kajian ke atas sekam padi membina relau pembakaran sendiri. Teknologi pembakaran sekam padi didapati telah berkembang daripada pembakaran terbuka di padang (sekitar tahun 1970-an) sehinggalah kepada pembakaran menggunakan kaedah lapisan terbendalir (sekitar tahun 1990-an). Hanya suhu yang sederhana dan tempoh yang singkat sahaja yang dikehendaki (Cincotto et al. 1990).

Pembakaran abu sekam padi dilakukan buat pertama kalinya menggunakan relau ringkas yang direka bentuk dan dibina di Makmal Konkrit dan Struktur Berat, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM). Konsep rekabentuk relau ringkas ini berdasarkan relau yang pernah dibina oleh beberapa penyelidik lepas (Loo et al. 1984 dan Ramli 1993). Setelah dibakar, abu sekam padi dicanai bagi memenuhi piawai BS 3892 (BSI 1996). Selepas dicanai sifat fizikal dan kimia abu sekam padi ditentukan. Objektif kajian adalah bagi melihat kualiti abu sekam padi yang dihasilkan oleh relau ringkas yang dibina ini.

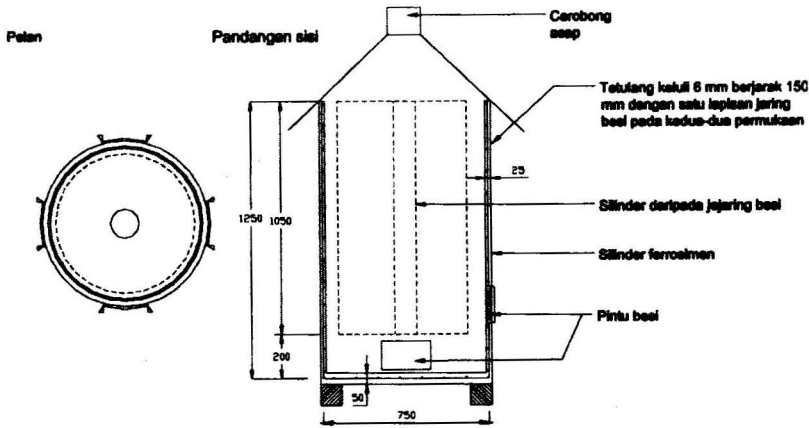
ULASAN LITERATUR

RELAU

Relau ringkas seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 1 telah direka bentuk hasil pengubahsuaian yang dilakukan terhadap relau yang pernah digunakan di Asian Institute of Technology (AIT) (Loo et al. 1984) dan di Universiti Sains Malaysia (USM) (Ramli 1993). Relau yang digunakan di UKM mengandungi 2 bahagian. Bahagian pertama terdiri daripada silinder ferrosimen dan bahagian kedua terdiri daripada silinder keluli. Bukaan silinder ferrosimen ialah 1030 mm, ketinggian 1510 mm dan ketebalan dindingnya 60 mm. Dinding ferrosimen berfungsi bagi memerangkap haba pembakaran agar tidak terlepas ke udara. Bukaan silinder keluli pula ialah 760 mm dengan ketinggian dari lantai 1460 mm dan ketebalan silindernya 5 mm. Silinder keluli bertindak sebagai bekas untuk membakar sekam padi.



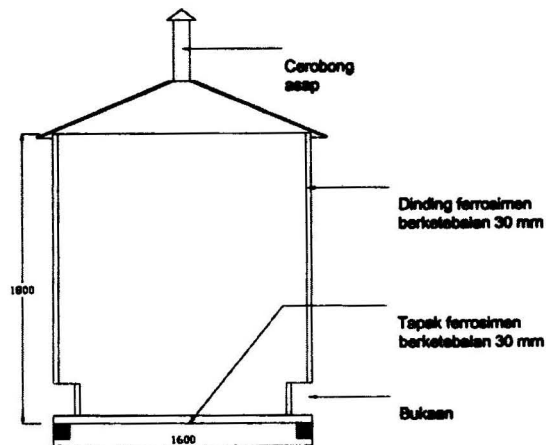
RAJAH 1. Relau tempat membakar sekam padi



RAJAH 2. Relau pembakaran abu sekam padi yang dibina di AIT (Loo et al. 1984).

Di dalam silinder keluli terdapat 2 batang lohong udara yang berdiameter 100 mm, berketinggian 200 mm dan diperbuat daripada keluli setebal 5 mm. Lohong udara mempunyai 2 peranan iaitu pertamanya membekalkan udara kepada sekam ketika proses pembakaran dan yang keduanya ialah sebagai saluran membekalkan api pembakaran. Penggunaan lohong udara juga bertujuan mengawal suhu pembakaran.

Permukaan silinder keluli dan lohong udara ditebuk dengan lubang-lubang kecil berdiameter 5 mm. Relau di AIT (Rajah 2) menggunakan silinder yang diperbuat daripada jaring besi bagi membenarkan kemasukan udara. Kedua-dua bahagian dinding ferrosimen dan silinder keluli di tutupi dengan penutup keluli yang dilengkapi dengan cerobong asap seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 1.



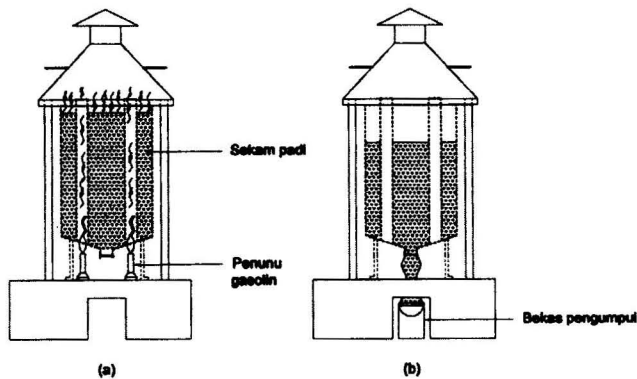
RAJAH 3. Relau pembakaran abu sekam padi yang dibina di USM (Ramli 1993)

UJI KAJI

KAEDAH PEMBAKARAN

Sekam padi dimasukkan ke dalam relau. Penunu gasolin diletakkan di bawah lohong udara (Rajah 4a) dan pembakaran dibiarkan mengikut masa yang ditetapkan. Apabila selesai pembakaran, penunu gasolin dikeluarkan dari dapur relau melalui mulut dapur. Kemudian, kipas angin dihidupkan dan diletakkan pada mulut dapur relau bagi mengekalkan bara sekam yang terbakar serta membekalkan oksigen. Udara dibekalkan selama 30 minit dan kemudiannya abu dibiarkan dingin sendiri selama 48 jam. Setelah abu sekam sudah dingin, kunci mulut silinder keluli dibuka dan abu dibiarkan jatuh ke dalam tempat mengumpul abu (Rajah 4b).

Kaedah pembakaran dilakukan dengan membekalkan api selama selama 30 minit. Kemudian udara dibekalkan selama 30 minit dan akhirnya abu dibiarkan menyejuk (proses pendinginan) selama 48 jam.



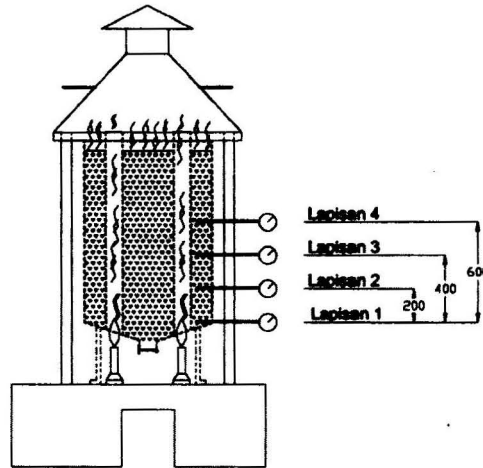
RAJAH 4. Pembakaran sekam padi: (a) pembakaran dilakukan dengan menggunakan penunu gasolin, (b) abu sekam yang sudah dibakar dikeluarkan dari relau.

SUHU PEMBAKARAN

Perkembangan suhu direkod dengan termometer yang diletakkan pada sepanjang ketinggian silinder keluli (Rajah 5).

PENCANAIAN

Pencanaan dilakukan dengan menggunakan mesin lelasan Los Angeles. Pencanaan abu sekam menggunakan 40 batang rod berdiameter 10 mm dan 20 batang rod berdiameter 20 mm sepanjang 500 mm. Pencanaan bertujuan memastikan abu memenuhi Piawai BS 3892 (BSI 1996) yang menyatakan kandungan partikel yang tertahan pada ayakan bersaiz 45 μm tidak boleh melebihi 12.0%. Sebanyak 5.0-5.5 kg abu dimasukkan ke dalam mesin lelasan Los Angeles bagi setiap kali pencanaan. Tempoh pencanaan selama 120 minit.



RAJAH 5. Kedudukan termometer dari dasar silinder keluli.

SIFAT FIZIKAL DAN KIMIA

Kandungan kimia merangkumi analisis kandungan kimia yang dilakukan dengan menggunakan teknik pendaflour sinar-X (XRF) dan fasa penghabluran silika ditentukan melalui teknik pembelauan sinar-X (XRD) menggunakan difraktometer automatik sepenuhnya jenama Siemens Model D-5000. Kandungan unsur karbon dikesan dengan menggunakan peralatan CHNS-932 Elemental Analyzer.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

PEMBAKARAN

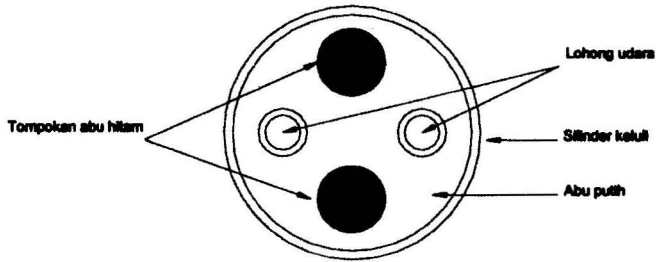
Sebanyak 45 sehingga 50 kg sekam padi dimasukkan ke dalam relau bagi setiap pembakaran. Selepas pembakaran selama 48 jam, sebanyak 5 kg abu yang terhasil iaitu 10% abu terhasil pada setiap pembakaran. Abu putih diambil manakala abu yang hitam dibuang. Abu putih dipisahkan dengan abu hitam dengan menggunakan ayak bersaiz 1(mm kerana saiz abu hitam lebih kasar daripada abu putih. Rajah 6 menunjukkan kawasan tompokan abu hitam di dapati terhasil pada kawasan yang jauh daripada lohong udara.

SUHU PEMBAKARAN

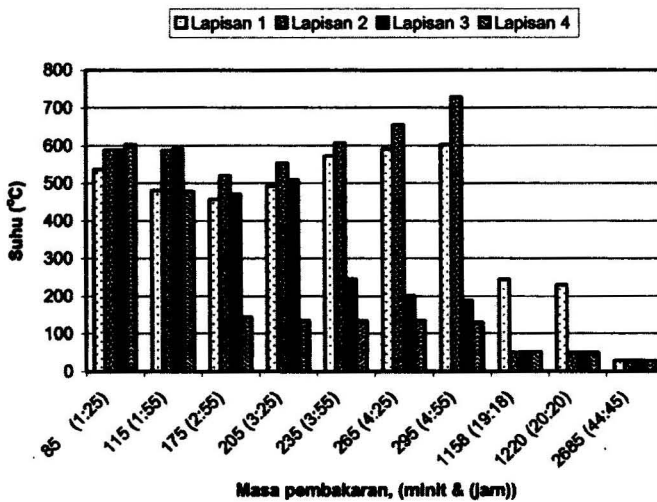
Rajah 7 menunjukkan perkembangan suhu pembakaran abu sekam padi yang direkod selama 44 jam. Daripada Rajah 7, perkembangan suhu dapat dikelaskan kepada tempoh pembakaran seperti berikut:

PEMBAKARAN 2 JAM PERTAMA

Kesemua lapisan abu sekam padi terbakar dengan suhu purata antara 500-600°C. Api marak membakar pada lapisan atas sekam padi. Sekam didapati berwarna hitam ketika ini. Cook melaporkan penemuan Ankra yang mendapati pada suhu pembakaran antara 450-550°C, abu bertukar menjadi karbon dan



RAJAH 6. Kawasan tompokan abu hitam dan putih yang terhasil dalam relau



RAJAH 7. Perkembangan suhu pembakaran abu sekam padi

berwarna hitam. Pada julat ini juga, karbon yang tertinggal akan teroksida dan kehilangan berat yang besar berlaku. Walaubagaimanapun silika di dalam abu masih lagi dalam bentuk amorfus (Cook 1986). Suhu lapisan bawah sekam padi (Lapisan 1 dan 2) didapati masih rendah. Ini bermakna pembakaran aktif pada peringkat awal berlaku pada lapisan atas disebabkan lapisan tersebut terdedah kepada udara.

PEMBAKARAN 2-5 JAM

Bara api membakar lapisan bawah iaitu Lapisan 1 dan 2 dengan aktif dan suhu pembakaran berada dalam julat 500°C-700°C. Pembakaran lapisan atas sekam padi iaitu Lapisan 3 dan 4 didapati sudah berhenti dan suhu berada pada 100-200°C. Kenaikan suhu pada lapisan bawah menunjukkan bara pembakaran mulai merebak ke bahagian bawah sekam padi.

PEMBAKARAN 5-24 JAM

Suhu pembakaran bahagian atas menurun sehingga sekitar 150°C dan hampir semua sekam padi sudah habis terbakar. Walaubagaimanapun, suhu

lapisan paling bawah (Lapisan 1) didapati masih tinggi iaitu 200-250°C. Dalam tempoh 24 jam, didapati lapisan paling bawah sekam padi masih mempunyai bara pembakaran yang aktif manakala bahagian yang lain sudah mulai mendingin.

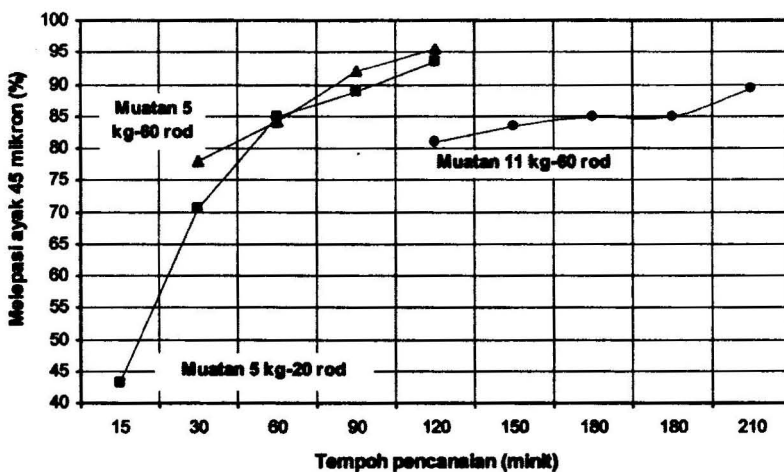
PEMBAKARAN 24-48 JAM

Suhu bagi kesemua lapisan sudah rendah iaitu 52°C kecuali suhu bahagian paling bawah iaitu sekitar 200-300°C. Tetapi dalam tempoh 24-48 jam, suhunya mulanya menurun perlahan-lahan sehingga mencapai 30°C. Pada tempoh 48 jam, abu didapati berwarna putih bersih dan halus. Didapati lapisan nipis abu hitam terhasil pada beberapa bahagian iaitu pada lapisan atas sekam, sekeliling tepi dinding silinder dan sekeliling tepi lohong udara (Rajah 6). Abu sekam padi pada bahagian lain berwarna putih dan halus. Ini menunjukkan proses pendinginan sendiri selama 48 jam menghasilkan abu yang lebih halus berbanding pendinginan selama 24 jam.

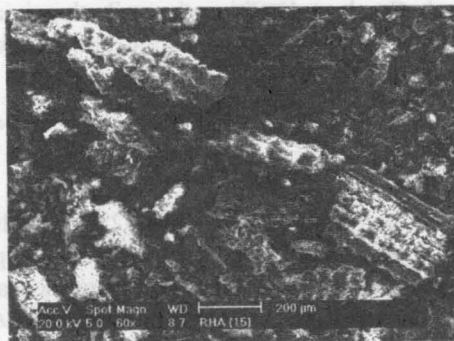
Dalam bahagian ini, pembakaran didapati bermula daripada atas ke bawah dan memakan masa selama 48 jam bagi menghasilkan sekitar 10% abu sekam padi. Penggunaan lohong udara berkesan dalam membantu menghasilkan pembakaran yang baik. Pembakaran didapati tidak melebihi 700°C. Pembakaran aktif pada semua lapisan berlaku pada 2 jam pertama. Pembakaran dalam tempoh 24 jam masih belum lengkap memandangkan lapisan paling bawah masih mempunyai bara sekitar suhu 200-300°C. Dalam tempoh 48 jam, kesemua lapisan sekam padi terbakar dengan baik.

PENCANAIAN

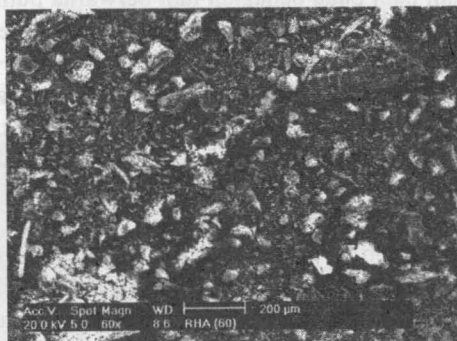
Pencanaan bertujuan menghasilkan abu yang lebih halus bagi memenuhi Piawai BS 3892 (BSI 1996). Rajah 8 di bawah menunjukkan kesan penggunaan bilangan rod serta kadar muatan abu sekam sekam yang berbeza terhadap tempoh pencanaan yang diperlukan.



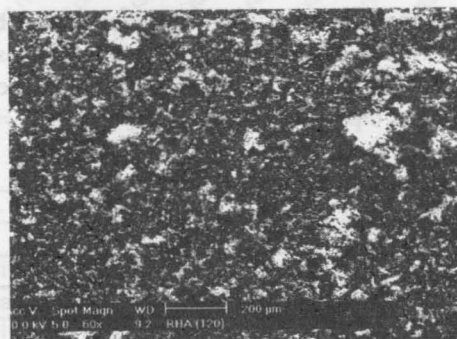
RAJAH 8. Graf kehalusan abu sekam padi terhadap masa bagi kandungan rod dan muatan yang berbeza



(a)



(b)



(c)

RAJAH 9. Mikrograf imbasan elektron partikel abu sekam. (a) Pencanaan selama 15 minit; (b) Pencanaan selama 60 minit dan (c) Pencanaan selama 120 minit.

Penggunaan 60 batang rod keluli yang dimasukkan ke dalam mesin lelasan Los Angeles dapat mempercepat tempoh pencanaan. Dalam tempoh 90 minit, abu didapati sudah mencapai piawai BS 3892 (BSI 1996) yang menyatakan kandungan partikel yang tertahan pada ayakan bersaiz $45\text{ }\mu\text{m}$ tidak boleh melebihi 12.0%.

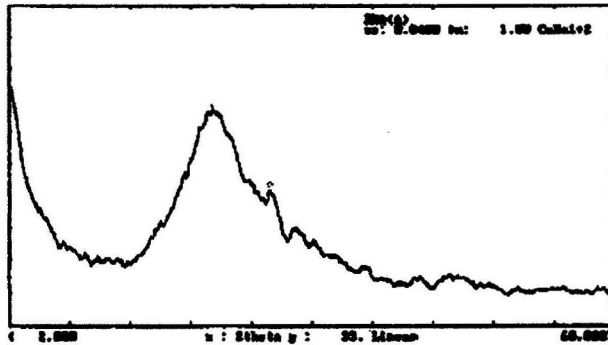
Selain itu, kandungan abu yang dimasukkan ke dalam mesin lelasan Los Angeles tidak boleh terlalu banyak. Dengan memasukkan sebanyak 11 kg

abu berbanding 5 kg sebelumnya, tempoh yang diperlukan bagi proses mencanai bertambah dan ini menyebabkan pembaziran masa. Ini terbukti dalam keputusan di atas apabila pencanaian selama 3 1/2 jam masih belum dapat menghasilkan kehalusan yang memenuhi piawai. Kehalusan abu sangat penting kerana mempengaruhi kadar tindakbalas penghidratan simen yang akan mempengaruhi pertumbuhan kekuatan konkrit. Kebanyakan penyelidik (Cook 1986; Zhang & Malhotra 1996; Mahmud et al. 1997) bersetuju bahawa sifat pozolanik abu yang halus adalah lebih baik. Selain daripada mempengaruhi kadar tindakbalas, kehalusan juga mempengaruhi nisbah air-pengikat, rayapan, pengecutan, dan keboleherjaan konkrit.

Proses mencanai dapat memecahkan struktur selular ini serta mengurangkan serta-merta kemampuan menyerap air bagi abu yang kasar ini (Mahmud et al. 1997). Dalam Rajah 9a, bentuk struktur abu sekam padi masih jelas kelihatan tetapi setelah dicanai selama 120 minit (Rajah 9c), strukturnya di dapati hancur menjadi serpihan-serpihan halus.

FASA PENGHABLURAN SILIKA

Rajah 10 menunjukkan spektrum sinar-X abu sekam padi yang bersifat amorfus. Kesan ini disebabkan oleh suhu pembakaran yang terkawal di bawah 700°C. Walaupun terdapat suhu tertinggi yang pernah dicatatkan sehingga 755°C, namun kesan penghabluran silika kristalin yang ketara masih belum berlaku. Kajian lepas (Loo et al. 1984) pernah mencatatkan suhu tertinggi iaitu 760°C dan abu yang terhasil masih lagi amorfus. Pembakaran menggunakan relau UKM mampu menghasilkan fasa penghabluran silika yang amorfus.



RAJAH 10. Spektrum sinar-X abu sekam padi

Daripada Jadual 1, kandungan SiO_2 yang diperolehi ialah 86.5%. Bendasing seperti CaO , MgO , P_2O_5 dan lain-lain adalah kurang 1%. Kandungan SiO_2 adalah baik berbanding penyelidik-penyelidik lain. Kandungan karbon dan LOI juga baik dibandingkan dengan penyelidik lain. Ini menunjukkan api yang diperlukan adalah sebentar iaitu cukup bagi memulakan pembakaran. Ini bertepatan dengan kajian lepas (Loo et al. 1984) yang menggunakan penyalaan yang ringkas bagi memulakan pembakaran. Penghasilan kandungan karbon yang rendah akan meningkatkan

aktiviti pozolana (Cook et al. 1976). Kajian lepas (Mahmud et al. 1997) mendapati kandungan LOI yang besar disebabkan oleh kandungan lembapan yang banyak. Abu didapati semakin gelap. Dalam kajian ini, sekam yang digunakan dipastikan kering sebelum dibakar. Permintaan air didapati kurang bagi abu yang mempunyai LOI yang rendah.

JADUAL 1. Perbandingan analisis kimia dengan beberapa penyelidik

Elemen	Cook et al. 1976	James et al. 1986	Zhang et al 1996	Mahmud et al. 1997	UKM 2002
Silikon dioksida (SiO ₂)	93.15	95	87.2	92.7	86.5
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)	0.41	-	0.15	0.2	0.01
Ferik Oksida (Fe ₂ O ₃)	0.20	0.713	0.16	0.4	0.91
Kalsium Oksida (CaO)	0.41	0.441	0.55	0.8	0.50
Sodium Oksida (Na ₂ O)	0.08	0.415	1.12	0.2	0.05
Magnesium Oksida (MgO)	0.45	0.425	0.35	0.2	0.13
Karbon (C)	-	-	5.91	-	3.21
Potassium Oksida (K ₂ O)	2.31	1.048	3.68	-	2.70
Fosforus Oksida (P ₂ O ₅)	-	-	0.50	-	0.69
Titanium Oksida (TiO ₂)	-	-	0.01	-	0.00
Sulfur Trioksida (SO ₃)	-	-	0.24	-	-
Loss of ignition (LOI)	2.77	-	8.55	4.4	8.83

KESIMPULAN

Relau pembakaran yang dibina di UKM berkeupayaan menghasilkan abu sekam padi yang setanding dengan relau yang dibina di AIT dan USM. Pembakaran bermula dari atas dan membakar ke bawah dan memakan masa selama 48 jam. Proses pendinginan sendiri selama 48 jam menghasilkan abu yang lebih halus berbanding pendinginan selama 24 jam kerana dalam tempoh 24 jam, lapisan sekam padi masih mempunyai bara sekitar suhu 200-300°C. Keputusan mendapati, penggunaan 60 batang rod keluli yang dimasukkan ke dalam mesin lelasan Los Angeles dapat mempercepatkan tempoh pencanaan abu sekam padi. Kehalusan yang memenuhi BS 3892 dapat dicapai dengan mencanai abu sekam padi selama 120 minit menggunakan mesin lelasan Los Angeles dengan bantuan rod keluli.

Pemasangan lohong udara pada relau didapati dapat membekalkan oksigen yang baik sekaligus menghasilkan abu yang berkualiti.

PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaannya kepada Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar, Malaysia dan Universiti Kebangsaan Malaysia yang telah memberikan peruntukan untuk kajian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan buat syarikat Ready Mixed Concrete (M) Sdn. Bhd. dan syarikat MBT (M) Sdn. Bhd. yang telah sudi menyumbangkan bahan-bahan keperluan untuk kajian ini.

RUJUKAN

- British Standard Institution. 1996. BS 3892: Part 2. Specification for pulverized-fuel ash to be used as a type I addition, Pulverized-fuel ash. London.
- Chopra. 1979. Utilization of rice husk for making cement and cement-like binders. *Proceedings of UNIDO / ESCAP / RCTT Workshop on Rice Husk Ash Cement*, 135-149. Peshawar, Pakistan.
- Cincotto, M. A., Agopyan, V. & John, V. M. 1990. Optimization of rice husk ash production. *Proceedings of the 2nd International RILEM Symposium*, 335-342. Salvador, Bahia, Brazil.
- Cook D. J., Pama, R. P. & Damer, S. A. 1976. The behaviour of concrete and cement paste containing rice husk ash. *Proceedings of Conference on Hydraulic Cement Pastes*, 268-282. London.
- Cook, D. J. 1986. Rice husk ash. *Concrete technology and design: cement replacement material*. London: Surrey University Press.
- James, J. & Subha Rao, M. 1986. Characterization of silica in rice husk ash. *Amer. Ceram. Soc. Bulletin* 65(8): 1177-1180.
- Loo, Y. C., Nimityongskul, P. & Karasudhi, P. 1984. Economical rice husk-ash concrete. *Building, Research and Practice* 12(4): 233-238.
- Mahmohan, D. & Mehta, P. K. 1981. Influence of pozzolanic, slag, and chemical admixtures on pore size distribution and permeability of hardened cement paste. *ASTM Journal of Cement, Concrete and Aggregate* 3: 63-67.
- Mahmud, H.B., Chia, B. S., & Hamid, N. B. A. A. 1997. Rice husk ash - an alternative material in producing high strength concrete. *Proceedings of International Conference on Engineering Materials*, 275-284. Ottawa, Canada.
- Malier, Y. 1994. *High performance concrete: from material to structure*. London: E&FN Spon.
- Mehta, P. K. 1989. Rice husk ash as a mineral admixtures in concrete. *Proceeding of 2nd International Seminar on Durability of Concrete: Aspects of Admixtures and Industrial by-products*, 131-136. Gothenburg, Sweden.
- Ramli, M. 1993. Durability of ferrocement floating structures containing rice husk ash. *Proceeding of Fourth International Conference on Structural Failure, Durability and Retrofitting*, 289-294. Singapore.
- Zhang, M. H. & Malhotra, V. M. 1996. High performance concrete incorporating rice husk ash as a supplementary cementing material. *ACI Material Journal* 629-636.

Jabatan Kejuruteraan Awam & Struktur
Fakulti Kejuruteraan
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi
Selangor Darul Ehsan
Malaysia