



AGROINDUSTRIAL TECHNOLOGY JOURNAL

ISSN : 2599-0799 (print) ISSN : 2598-9480 (online)

Accredited SINTA 5 No.85/M/KPT/2020

**POTENSI PENGGUNAAN PARTIKEL NANOSILIKA DARI ABU SEKAM PADI
SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN DALAM PEMBUATAN BETON (MINI REVIEW)**

*The Potency of Nanosilica Particle Usage From Rice Ash Husk for Material Addition for
Making Concrete (Mini Review)*

*Aditya Wahyu Nugraha**¹⁾

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Jalan
Terusan Ryacudu, Way Hui, Jati Agung, Lampung Selatan, Lampung
^{*)}email korespondensi: aditya.nugraha@tip.itera.ac.id

Info artikel : Diterima 11 November 2020, Diperbaiki 04 Desember 2020, Disetujui 24 Januari 2021

ABSTRACT

In the current era, the increase in infrastructure development correlate with the increased use of concrete. This is because currently, many buildings used concrete. However, concrete is prone to damage due to incomplete processes, for example cracking. Based on several studies that have been reviewed, these problems can be minimized by using silica, both micro, and nano sizes. In general, the silica used comes from quartz sand in the concrete mixture that has been studied. On the one hand, the use of silica is beneficial in the manufacture of concrete, but on the other hand it has a negative impact on the environment. If this is not done prevention, the environment will be more damaged. Therefore, this article looks at the potential of silica from rice husk ash and looks at the characteristics of concrete with silica addition from quartz sand.

Keywords: Concrete; Nanoparticles; Rice husk; Silica;

ABSTRAK

Meningkatnya pembangunan infrastruktur di era saat ini, maka berkorelasi terhadap peningkatan penggunaan beton. Hal tersebut dikarenakan saat ini banyak bangunan menggunakan beton. Namun beton rawan mengalami kerusakan karena proses yang kurang sempurna, contohnya adalah keretakan. Berdasarkan beberapa kajian yang telah ditelaah, permasalahan tersebut dapat diminimalisir dengan menggunakan silika, baik berukuran mikro maupun nano. Pada umumnya, silika yang digunakan berasal dari pasir kuarsa dalam campuran beton yang sudah diteliti. Disatu sisi, penggunaan silika ini menguntungkan dalam pembuatan beton, namun disisi lain memberikan dampak yang buruk bagi lingkungan. Jika hal ini tidak dilakukan pencegahan maka lingkungan akan semakin rusak. Oleh karena itu, pada artikel ini melihat potensi silika dari abu sekam padi dan melihat karakteristik beton yang ditambahkan silika dari pasir kuarsa.

Kata kunci: Beton; Partikel Nano; Silika; Sekam Padi;

PENDAHULUAN

Meningkatnya pertumbuhan industri di dunia akan berkorelasi terhadap meningkatnya penggunaan beton. Hal ini dikarenakan beton sangat umum dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik industri maupun non industri. Pada tahun 2007, kira – kira digunakan sekitar 14 juta ton beton untuk membangun area industri, tidak hanya bangunannya namun juga infrastruktur industri lainnya (Quercia dan Brouwers 2010)

Beton umumnya dibuat dari semen, hampir semua beton di dunia menggunakan semen sebagai bahan utama. Menurut Quercia dan Brouwers (2010), penggunaan semen dalam jumlah yang sangat tinggi berpengaruh signifikan terhadap peningkatan emisi CO₂ di lingkungan dan akan memberikan efek rumah kaca. Menurut Biricik dan Sarier (2014), industri semen menyumbang emisi CO₂ sebanyak 6-7% pertahun. Karena hal ini, banyak permintaan dari konsumen untuk mengurangi kuantitas semen yang digunakan dalam sebuah konstruksi, namun masih memiliki kualitas yang sama baiknya dengan sebelumnya atau bahkan memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan sebelumnya. Untuk mengurangi jumlah semen yang digunakan

dalam sebuah konstruksi, umumnya menggunakan *fly ash* dan *silica fume*.

Dalam proses pembuatan beton terjadi reaksi antara semen dan air yang menghasilkan kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang memberikan kekuatan pada beton dan sifat mekanis lain pada beton, dan juga beberapa *by* produk meliputi kalsium hidroksida (CH), '*gel pores*' dan lain – lain. Meskipun semen terhidrasi dan material *by* produknya dapat berada dimanapun dalam beton, reaksinya didalam beton sulit untuk dikontrol dan ini akan menjadi masalah dalam industri beton. Masalah utama dalam beton pada keadaan segar dan mengeras adalah retakan. Keretakan pada struktur beton dan erosi prematur merupakan permasalahan yang terjadi pada proses pengerasan beton, umumnya disebabkan oleh reaksi basa silika, reaksi kimia ini dapat menyebabkan retakan pada beton (Maheswaran *et al.*, 2013). Terlepas masalah diatas, permeabilitas gas melalui pori dan retakan kecil pada beton dapat menyebabkan terjadinya permasalahan korosi pada penguatan beton serta menyebabkan kerusakan lebih lanjut. Kerusakan diatas juga disebabkan adanya serangan sulfat yang menyebabkan disintergrasi pada beton, dan kelebihan kalsium hidroksida pada beton.

Kalsium hidroksida merupakan senyawa kimia yang cenderung mudah mengalami reaksi kimia. Penambahan komponen material semen seperti silika ataupun almunium pada semen akan menyebabkan terjadinya reaksi dengan kalsium hidroksida yang berlebih dan menghasilkan ikatan antara C – S – H. Dengan demikian dapat memperhalus struktur pori pada beton sehingga dapat mengurangi permeabilitas gas dan air. Selain itu, juga memungkinkan terjadinya pengurangan reaksi sulfat pada CH sehingga berpengaruh terhadap penurunan retakan yang terjadi pada beton (Maheswaran *et al.*, 2013).

Nano material merupakan bahan yang memiliki karakteristik kimia maupun fisika yang unik. Berdasarkan skala variasi aplikasi dan mempertimbangkan karakteristik khusus sebagai material. Nano material sangat mungkin untuk dikembangkan kearah konstruksi industri, mengaplikasikan kedalam produksi semen ataupun campuran beton. Penggunaan teknologi nano dalam proses produksi semen dan campuran beton dapat menyebabkan peningkatan resistensi mekanis dan masa ketahanan dari beton (Esmaeili dan Andalibi 2013). Selain itu, adanya teknologi nano dapat mengurangi dampak lingkungan yang disebabkan oleh industri semen (Vinayag *et al.*, 2015).

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, untuk menghasilkan C-S-H dari *by* produk

CH, maka dapat ditambahkan silika untuk direaksikan dengan CH. Jika dibandingkan dengan penggunaan mikro silika, penambahan nanosilika pada semen dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya reaksi dengan CH dalam meningkatkan kekuatan struktur dari semen atau beton. Hal itu dimungkinkan terjadi karena semakin luas permukaan silika yang bereaksi dengan CH semakin besar (Maheswaran *et al.*, 2013).

METODE PENELITIAN

Artikel ini ditulis dengan menggunakan metode *systematic literatur riview* pada beberapa jurnal ilmiah maupun karya tulis ilmiah lainnya untuk mengetahui efek penambahan silika pada pembuatan beton. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang dikumpulkan dari berbagai sumber pustaka. Tabel 1 merupakan batasan literatur yang digunakan pada penulisan artikel ini. Pada artikel ini disajikan terkait sifat dari beton seperti *fresh properties*, *mechanical properties*, *durability properties*, ukuran partikel, reaktivitas dan potensi bahanlain.

Tabel 1. Batasan *review*

Cakupan	Kriteria
Sumber kajian	Jurnal nasional dan internasional; buku dan prosiding
Jumlah sumber kajian	Minimal 15 pustaka

Tahun bahan kajian ≤ 20 tahun terakhir
Materi kajian Silika, beton dan sekam padi

87 – 97% setelah sekam padi dibakar secara sempurna (Handayani *et al.* 2014).

Penggunaan silika saat ini telah berkembang dalam berbagai bidang kehidupan. Pemanfaatan yang umum dilakukan dari penggunaan silika adalah sebagai penejerap udara untuk mencegah terjadinya kelembaban yang tinggi pada lingkungan yang ada disekitar silika. Silika yang umum digunakan berada dalam bentuk silika gel. Silika gel ini sudah umum digunakan untuk menjaga kelembaban pada produk sepatu, tekstil, makanan, tas dan lain – lain. Menurut Adam *et al.* (2012), silika dapat digunakan dalam berbagai bidang diantaranya adalah pupuk, insulator, pengontrol serangga, adsorben dan katalis serta semen atau beton.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Silika Dari Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Tambahan

Silika merupakan bahan yang dapat diperbaharui dan berlimpah di Indonesia. Di Indonesia, silika dapat diperoleh dari berbagai sumber silika, seperti pasir kuarsa, namun eksploitasi pasir kuarsa untuk mendapatkan silika akan menyebabkan kerusakan pada lingkungan. Selain dari pasir kuarsa, sumber silika yang lebih aman adalah dari sekam padi dan bagas tebu.

Padi merupakan tanaman pangan yang bagian bijinya adalah sumber bahan pangan pokok di Indonesia. Biji tanaman padi disebut dengan gabah yang terdiri dari sekam dan bulir padi (beras). Yoshida (1981) menyatakan bahwa 20% dari gabah merupakan sekam. Menurut BPS (2018), gabah kering giling padi yang dihasilkan di Indonesia terjadi peningkatan dari tahun 2011 – 2015 yakni dari 65 – 75 juta ton sehingga potensi sekam yang dihasilkan dari gabah kering giling adalah kurang lebih 15 juta ton. Dengan demikian, terjadinya peningkatan gabah kering giling juga dapat meningkatkan produksi silika nasional. Kandungan silika pada sekam padi adalah

Selain digunakan sebagai penejerap kelembaban udara, silika juga digunakan dalam campuran pembuatan beton. Penggunaan silika dalam campuran beton bertujuan untuk menangani permasalahan retakan semasa beton masih dalam kondisi segar dan mengeras. Penambahan silika dalam campuran beton dapat menurunkan retakan yang terjadi pada beton (Maheswaran *et al.* 2013). Adanya ikatan silika dengan kalsium hidroksida (*by produk*) dapat mengurangi permeabilitas gas dan air serta menurunkan retakan yang terjadi pada beton (Maheswaran *et al.* 2013; Atmaca *et al.* 2017) serta meningkatkan

daya tahan beton (Khan dan Siddique 2011; Atmaca *et al.* 2017).

Proses ekstraksi silika dan nanosilika

Sekam padi merupakan material yang mengandung silika (Liou dan Yang 2011). Kandungan silika pada sekam padi meningkat seiring terjadinya proses pengabuan sekam padi. Kandungan silika pada abu sekam padi adalah 60 – 97% (Selvakumar *et al.* 2014; Handayani *et al.* 2014). Proses ekstraksi silika dari sekam padi dapat dilakukan dengan cara metode sol – gel (Le *et al.* 2013). Metode ekstraksi ini dilakukan atas dasar kelarutan silika amorf dalam larutan alkali seperti KOH, NaOH dan Na₂CO₃. Selanjutnya silika yang terlarut diendapkan dengan menggunakan asam, seperti HCl, H₂SO₄, asam sitrat dan asam oksalat (Handayani *et al.* 2014). Hal tersebut dikarenakan sifat silika yang akan membentuk gel pada kondisi netral (Suka *et al.* 2008). Menurut Sofyan *et al.* (2013), hal tersebut juga disebabkan deprotonasi gugus siloksi dan silanol pada filtrat silika dalam jumlah yang banyak.

Pada umumnya, silika yang telah diekstrak dari sekam padi merupakan silika dalam ukuran nano. Adanya aglomerasi menyebabkan ukuran partikel silika menjadi besar. Proses pembuatan nanosilika pada umumnya dilakukan dengan melanjutkan proses ekstraksi silika dengan metode sol – gel. Setelah dilakukan proses presipitasi

menggunakan asam, silika di *aging* dalam waktu beberapa hari. Gel yang diperoleh disentrifugasi dan dilakukan pengeringan terhadap gel silika yang diperoleh. Selanjutnya dilakukan pengecilan ukuran silika untuk memperoleh ukuran nano (Andreas *et al.* 2016; Hayati *et al.* 2017).

Fresh Properties

Initial Setting time (IST) merupakan periode waktu pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat plastis, sedangkan *final setting time* (FST) adalah waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Penambahan nano silika menurunkan IST dan FST pada pasta beton (Senff *et al.* 2009). Nano silika mempercepat proses hidrasi pada beton dan reaksi pozolanik (Sanchez dan Sobolev 2010). Adanya penambahan nano silika pada campuran semen meningkatkan kebutuhan air pada campuran semen jika dibandingkan dengan kontrol.

Tingginya kebutuhan air pada campuran nano silika di semen ataupun beton dikarenakan untuk mempertahankan kemampuan kerjanya. Nano silika yang memiliki area permukaan yang luas dan sifat hidrofobiknya yang tinggi mendorong kebutuhan air yang tinggi. (Ltifi *et al.* 2011). Penurunan *setting time* diobservasi oleh berbagai peneliti pada penggabungan nano silika dalam beton, yang hasilnya sama

dengan kajian pada pasta dan adukan (Zhang dan Islam 2012) (Tabel 2).

Tabel 2. *Setting time* pada beton (Zhang dan Islam 2012)

<i>Binder Type</i>	<i>Setting time (h:min)</i>	
	<i>Initial</i>	<i>Final</i>
50% <i>fly ash</i> , 50% <i>cement</i>	6:05	8:15
2% <i>NS</i> , 48% <i>fly ash</i> , 50% <i>cement</i>	4:35	6:35
2% <i>silica fume</i> , 48% <i>fly ash</i> , 50% <i>cement</i>	5:45	8:05
50% <i>slag</i> , 50% <i>cement</i>	6:05	8:10
2% <i>NS</i> , 48% <i>slag</i> , 50% <i>cement</i>	4:30	6:25
2% <i>silica fume</i> , 48% <i>slag</i> , 50% <i>cement</i>	5:50	8:05

Catatan: NS: nanosilika

Mechanical properties

Kekuatan beton dipengaruhi oleh banyak faktor seperti komposisi dari beton, umur, rasio air untuk material semen dan lain – lain (Tabel 3). Penambahan nanosilika pada beton menghasilkan kekuatan tekanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi normal, dengan pertimbangan pada level yang sama. Li *et al.*, (2004), melaporkan bahwa kekuatan tekanan pada

beton meningkat 81% pada hari ke 3 dan juga pada tahap berikutnya, kecenderungan yang sama di tunjukkan dengan penambahan 4% nanosilika *fly ash* pada beton. Givi *et al.*, (2010), melaporkan bahwa kekuatan tekanan pada keseluruhan umur lebih tinggi, dengan campuran nanosilika pada beton dengan batas 2% dengan rata – rata partikel 15 dan 80 nm. Hasil yang sama juga didapatkan untuk *split tensile* dan kuat lentur.

Tabel 3. Efek pencampuran nano silika pada kekuatan tekan (Zhang dan Islam 2012)

<i>Binder Type</i>	<i>Kekuatan Tekan (MPa)</i>				
	Hari 1	Hari 3	Hari 7	Hari 28	Hari 91
50% <i>fly ash</i> , 50% <i>cement</i>	7,4	18,1	26,9	40,8	48,3
2% <i>NS</i> , 48% <i>fly ash</i> , 50% <i>cement</i>	12	22,5	31,5	43,6	50,4
2% <i>silica fume</i> , 48% <i>fly ash</i> , 50% <i>cement</i>	9,8	20,3	30	41,1	49,3
50% <i>slag</i> , 50% <i>cement</i>	13,8	27,3	40,4	53,8	55,9
2% <i>NS</i> , 48% <i>slag</i> , 50% <i>cement</i>	16,3	35,8	47	60,2	64,3
2% <i>silica fume</i> , 48% <i>slag</i> , 50% <i>cement</i>	15,9	35,7	47,3	59,3	63,5

Catatan: NS: nanosilika

Sementara penelitian Khanzadi *et al* (2010) menunjukkan hasil bahwa beton dengan penambahan nano silika memberikan hasil yang baik pada kekuatan tekan beton dan kekuatan lentur. Peningkatan 23-38% dan 7-14% pada hari ke 7 dan hari ke 28 pada kekuatan tekan

beton nano silika, sedangkan terjadi peningkatan yang rendah sebesar 9,45 pada kuat lentur. Zhang dan Islam (2012), menggunakan GGBFS, *fly ash* dan arang besi meningkatkan kekuatan tekan, 22% (3 hari) dan 18% (7 hari), 30% (3 hari) dan 25% (7 hari) pada beton dengan masing –

masing GGBFS, *fly ash* dan *slag*. Heidari dan Tovakoli (2013) menyatakan bahwa penambahan nanosilika pada beton tanah keramik dapat meningkatkan kekuatan pada tahap awal kajian.

Durability properties

Sifat ketahanan pada beton dipengaruhi oleh aspek permeabilitas, struktur pori dan distribusi ukuran partikel, resistensi pada penetrasi klorida, dan lain – lain. Kajian pada beton nano silika untuk karakteristik permeabilitasnya menunjukkan bahwa penambahan nano silika pada beton menghasilkan penurunan absorpsi air, absorpsi kapiler, laju absorpsi air, koefisien absorpsi dan permeabilitas air dari pada beton normal. Struktur pori menentukan sifat dari pasta semen seperti permeabilitas dan migrasi ion.

Penurunan pada absorpsi air, absorpsi kapiler, laju absorpsi air, koefisien absorpsi dan permeabilitas air telah dilakukan berbagai penelitian (Li 2004; Zhang dan Li 2011; Zhang *et al.* 2012). Distribusi ukuran pori pada beton semakin baik dan terjadi penurunan porositas dalam waktu singkat dengan penambahan 4% nano silika (Li 2004; Zhang dan Li 2011). Peningkatan nano silika juga menurunkan porositas kapiler (Zhang *et al.*, 2012). Kapasitas absorpsi air dari beton nanosilika menurun dengan adanya penambahan nano silika. Peningkatan juga terjadi pada resistensi

penetrasi klorida pada beton yang ditambahkan nano silika (Jalal *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2012). Zhang dan Islam (2012) mempelajari bahwa penambahan nano silika berdampak pada akselerasi proses hidrasi.

Pada penelitian Querica *et al.* (2012), menunjukkan hasil bahwa *permeable porosity* pada kontrol sedikit dibawah dari beton yang dicampur dengan nano silika. Seharusnya dengan penambahan bahan pozolan maka *permeable porosity* akan semakin berkurang. Menurut Yogendran dan Langan (1987), pada penambahan mikrosilika tidak merubah jumlah pori, namun terjadi pengecilan ukuran pori pada beton. Penambahan nano silika pada campuran beton memberikan batasan pada air untuk penetrasi lebih kedalam beton. Penetrasi air campuran nano silika berada jauh dibawah pada perlakuan kontrol.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa absorpsi air dan *capillarity of water absorption resisten* pada beton nano silika lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal tersebut dikarenakan nano partikel bereaksi dengan Ca(OH)_2 secara homogen dan kompak (Khanzadi *et al.* 2010).

Ukuran Partikel Dan Reaktivitas

Pozolan merupakan bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina dimana bahan itu sendiri tidak memiliki sifat seperti semen. Namun dengan bentuknya

yang halus dan adanya air, senyawa – senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida (senyawa hasil reaksi antara semen dan air) pada suhu kamar dan akan membentuk senyawa kalsium aluminat hidrat ataupun kalsium silikat hidrat yang memiliki sifat seperti semen.

Perbedaan ukuran pada partikel menurut Esmaili dan Andalibi (2013) akan memberikan perbedaan aktivitas pozolannya. Pada beberapa penelitian yang menggunakan mikrosilika sebagai bahan tambahan dalam campuran beton memberikan pengaruh baik pada sifat

mekanis beton. Sama seperti halnya nanosilika, mikrosilika bekerja dengan 2 tahap dimana reaksi pozolanik merupakan salah satu penyebabnya. Kemudian adalah kemampuan mikrosilika untuk mengisi bagian kosong pada campuran beton (Querica dan Brouwers 2010; Aggarwal *et al.* 2015). Menurut Esmaili dan Andalibi (2013), aktivitas pozolan pada partikel nano silika lebih berbeda dari mikro silika. Salah satu penyebab yang menjadi bahan pertimbangan adalah tingginya rasio luas permukaan dengan volume diantara keduanya (Bjornstrom *et al.* 2004) (Tabel 4).

Tabel 4. Karakteristik nano silika dan mikro silika (Esmaili dan Andalibi 2013)

Karakteristik	Mikro SiO ₂	Nano SiO ₂
Diameter (mm)	1000 ± 100	20 ± 5
Rasio permukaan/volume (m ² /g)	20 ± 5	220 ± 20
Densitas (g/cm ³)	2.25	< 0,20

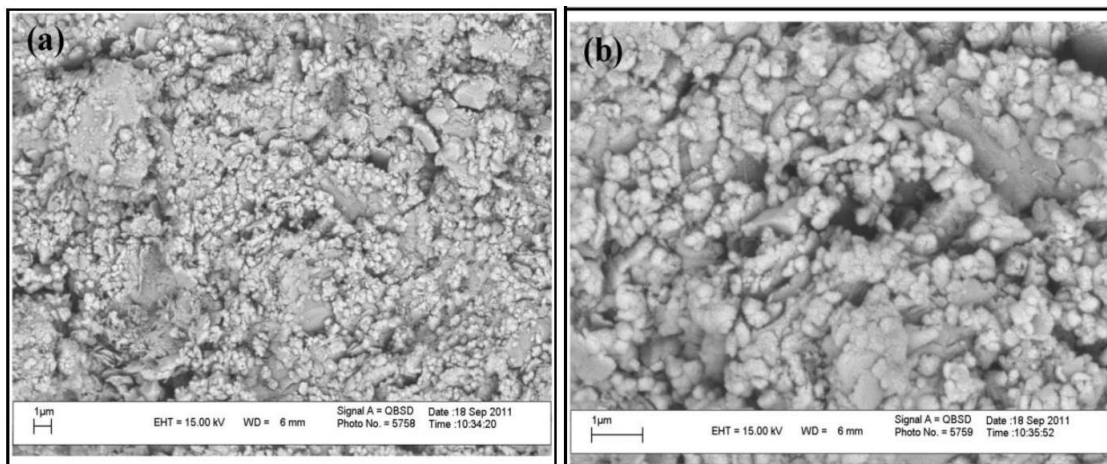
Menurut Li (2004), penambahan nano silika sebanyak 4% dan fly ash 50% kedalam campuran beton mempercepat terjadinya reaksi pozolanik sebanyak 70% dalam waktu 3 hari. Partikel nano dapat bereaksi dengan Ca(OH)₂ dengan baik pada zona *interfacial transition* (ITZ) yang menghasilkan kalsium silikat hidrat stabil. Dengan demikian dapat mengurangi jumlah Ca(OH)₂ dan meningkatkan kekuatan tekan pada beton. Oleh sebab itu dapat dipastikan bahwa terbentuknya C-S-H merupakan faktor utama untuk memberikan karakteristik beton yang lebih baik

(Maheswaran *et al.* 2013). Hal tersebut juga didukung oleh Gopinath *et al.* (2012), bahwa meningkatnya sifat beton karena adanya penambahan ikatan C-S-H yang dapat memperhalus struktur beton dan mengurangi retakan pada beton. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5. Dari uji SEM yang telah dilakukan (Gambar 1 dan 2) menyatakan bahwa penambahan nano silika pada pada perlakuan memberikan bentuk yang lebih seragam dan lebih mengisi struktur beton dibandingkan dengan sampel kontrol.

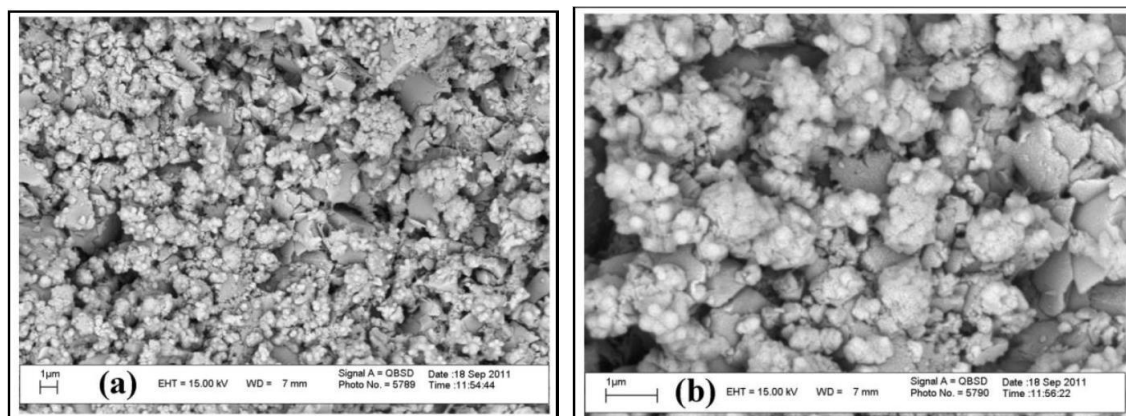
Tabel 5. Hasil Pengujian partikel nano silika dan mikro silika pada beton (Esmaili dan Andalibi 2013)

<i>Mixture no.</i>	<i>Compressive strength of 7 days (Mpa)</i>	<i>Compressive strength of 28 days (Mpa)</i>	<i>The average penetration depth (mm)</i>	<i>The permeability index 10-10 (cm/sec)</i>	<i>Compressive strength increase in 7days percentage</i>	<i>Compressive strength increase in 28 days percentage</i>
OC	42.27	48.86	30	17.3	0.00%	0.00%
NS3	51.12	56.65	25	14.45	20.91%	15.93%
NS6	58.77	67.47	18	9.8	36.89%	38.07%
NS9	64.53	76.82	14	7.67	52.65%	57.21%
MS6	55.15	63.40	25	14.41	30.44%	29.75%
MS9	57.29	65.30	24	13.14	35.52%	33.64%
MS15	57.84	68.22	23	12.6	36.81%	39.61%
MS18	57.63	67.19	23	13.09	36.32%	37.50%
MS15_3	64.16	81.83	17	9.804	51.76%	67.47%

Keterangan: OC: kontrol; NS: Nanosilika; MS: Mikrosilika



Gambar 1. Mikrostruktur pada beton normal (Esmaili dan Andalibi 2013)



Gambar 2. Mikrostruktur pada beton nano silika (Esmaili dan Andalibi 2013)

Reaktivitas partikel nano silika berbeda dengan partikel silika biasa. Tingginya konsentrasi gugus silanol pada nano silika di permukaan diduga penyebab tingginya reaktivitas dari nano silika (Quercia *et al.*, 2012). Gugus silanol diduga berikatan secara kimia dengan kalsium hidroksida sehingga membentuk C-S-H sehingga mempengaruhi sifat dari beton. Selain itu, Adanya gaya van der waals pada antar permukaan menunjukkan kekuatan tekan yang lebih baik dibandingkan dengan kristal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Esmaili dan Andalibi 2013).

KESIMPULAN

Kesimpulan dari artikel ini adalah silika yang berasal dari abu sekam padi memiliki potensi untuk diterapkan dalam pembuatan beton. Dilihat dari karakteristik beton yang ditambahkan menggunakan silika dari sumber yang lain maka ada kemungkinan besar jika penggunaan nanosilika yang diekstrak dari abu sekam padi akan menghasilkan karakteristik yang sama. Penggunaan silika dari abu sekam padi juga mendukung pencegahan terhadap kerusakan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Adam F., Appaturi J. N., Iqbal., 2012. The utilization of rice husk silica as a catalyst: review and recent progress.

Catalysis today. 190: 2 – 14.

- Aggarwal P., Singh R. P., Aggarwal Y., 2015. Use of nano silika in cement based materials – a review. *Cogent Engineering*. 2: 1-11.
- Andreas A. N., Kristianto H., Kurniawan D. F., 2016. Sintesis nanosilika dari sekam padi menggunakan metode sol gel dengan pelarut etanol. *Prosiding seminar nasional teknik kimia “kejuangan”, pengembangan teknologi kimia untuk pengolahan sumber daya alam indonesia, pengembangan teknologi kimia untuk pengolahan sumber daya alam Indonesia, Yogyakarta*.
- Atmaca N., Abbas M. L., Atmaca A., 2017. Effects of nano-silica on the gas permeability, durability and mechanical properties of high-strength lightweight concrete. *Construction and Building Materials*. 147: 17 – 26.
- Babu G. R., 2013. Effect of nano silica on properties of blended cement. *International Journal of Computational Engineering Research*. 3(5): 50 – 55.
- Biricik H., Sarier N., 2014. Comparative study of the characteristic nano silica, silicifume and fly ash- incorporated cemen mortars. *Material Research*. 17(3):570-582
- Bjornstrom J., Martinelli A., Matic,

- Bojesson L., Panas I., 2004. Accelerating effects of colloidal nano silica for beneficial calcium- silicate- hydrate formation in cemen. *Chemical physics letters*. 392: 242 – 248.
- [BPS] Badan Pusat Statistik (ID). 2018. Tabel Dinamis [Internet]. [diunduh 2018 Juli 26]. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/site/resultTab>
- Esmaeili J., Andalibi K., 2013. Investigation of the effects of nano – silica on the properties of concrete in comparison with micro-silica. *International Journal of Nano Dimension*, 3(4):321-328.
- Givi A. N. N., Rashid S. A. A., Aziz F. N. A., Salleh M. A. M., 2010. Experiemental investigation of the size effects of SiO₂ nano particles on the mechanical properties binary blended concrete. *Composites part b engineering*. 41: 673 – 677.
- Gopinath S., Mouli P. C. H., Murthy A. R., Iyer N. R., Maheswaran S., 2012. Effect of nano silica on mechanical properties and durability of normal strength concrete. *Archives of civil engineering*. LVIII(4): 433-444.
- Handayani P. A., Nurjanah E., Rengga W.D. P., 2014. Pemanfaatan limbah sekam padi menjadi silika gel. *Jurnal bahan alam terbarukan*. 3(2): 19 – 24.
- Hayati D., Pardoyo., Azmiyawati C., 2017. Pengaruh variasi jenis asam terhadap karakter nanosilika yang disintesis dari abu sekam padi. *Jurnal kimia sains dan aplikasi*. 20(1): 1 – 4.
- Heidari A., Tavakoli D., 2013. A study of mechanical properties of ground ceramic powder concrete incorporating nano-SiO₂ particles. *Construction and building materials*. 38: 255 – 264.
- Jalal M., Pouladkhan R. A., Norouzi H., Choubdar G., 2012. Chloride penetration, water absorption and electrical resistivity of high performance concrete containing nano silica and silica fume. *Journal of American Science*. 8: 278–284.
- Khan M. I, Siddique R., 2011. Utilization of silica fume in concrete: review of durability properties. *Resources, conservation and recycling*. 57: 30 –35.
- Khanzadi M., Tadayon M., Sepehri H., Sepehri M., 2010. Influence of Nano-Silica Particles on Mechanical Properties and Permeability of Concrete. *Second international conference on sustainable construction materials and technologies*. Italy.
- Le V. H., Thuc C. N. H., Thuc H. H., 2013. Synthesis of silica nanoparticles from vietnamese rice husk by sol – gel method. *Nanoscale research letters*. 8: 58.
- Li G., 2004. Properties of high-volume fly ash concrete incorporating nano- SiO₂.

- Cement and concrete research.* 34: 1043-1049.
- Li H., Xiao H., Yuan J., Qu J., 2004. Microstructure of cement mortar with nano particles. *Composites.* 35: 185 – 189.
- Liou H. T., Yang C. C., 2011. Synthesis and surface characteristics of nanosilica produced from alkali – extracted rice husk ash. *Material science and engineering B.* 176: 521– 529.
- Ltifi M., Guefrech A., Mounanga P., Khelidj A., 2011. Experimental study of the effect of addition of nano-silica on the behaviour of cement mortars Mounir. *Procedia Engineering.* 10: 900–905.
- Maheswaran S., Bhuvaneshwari B., Palani G. S., Nagesh R. I., Kalaiselvam S., 2013. An overview on the influence of nano silica in concrete and a research initiative. *Research journal of recent sciences.* 2: 17-24.
- Parida S., 2015. Effect of Nano silica on the compressive strength of concrete [thesis]. National Institute of Technology. Rourkela.
- Quercia G., Brouwers H. J. H., 2010. Application of nano silica (nS) in concrete mixtures. *8th fib Ph. Symposium in Kgs. Lyngby.* Denmark.
- Sanchez F., Sobolev K., 2010. Nanotechnology in concrete – a review. *Constr Build Mater.* 24(11):2060–71.
- Selvakumar KV, Umesh A, Ezhilkumar P, Gayatri S, Vinith P, and Vignesh V. Extraction of Silica from Burnt Paddy Husk. *International Journal of ChemTech Research.* 6 (9): 4455 – 4459.
- Senff L., Labrincha J. A., Ferreira V. M., Hotza D., Repette W. L., 2009. Effect of nano-silica on rheology and fresh properties of cement pastes and mortars. *Construction and Building Materials.* 23: 2487–2491.
- Sofyan I. G. G., Alauhdin M., Susatyo E. B., 2013. Sintesis dan Karakterisasi Bahan Keramik Cordierite dari Abu Sekam Padi. *Indonesian Journal of Chemical Science,* 2:(2).
- Suka I. G., Simanjunta W., Sembiring S., dan Trisnawati E., 2008. Karakteristik Silika Sekam Padi dari Provinsi Lampung yang Diperoleh dengan Metode Ekstraksi. *MIPA,* 37(1): 47 – 52.
- Vinayag M. B., Aleem M. I. A., Tharrini J., Roja S. Y., 2015. Review on Strength and durability characteristic of geopolimer concrete with macro silica, nano silica. *International research journal of engineering and technology (IRJET).* 2(9): 1-4.
- Yogendran V., Langan B. W., 1987. Utilization of silica fume in high

strength concrete. In: Proceedings of utilization of high strength concrete, Stavanger.Tapir Publisher Trondheim, Norway.

Yoshida S. 1981. *Fundamentals of Rice Crop Science*. Los Baños, Philippines: IRRI.

Zhang M. H., Li H., 2011. Pore structure and chloride permeability of concrete containing nano-particles for pavement. *Construction and Building Materials*. 25: 608 – 616

Zhang M. H., Islam J., 2012. Use of nano-silica to reduce setting time and increase early strength of concretes with high volumes of fly ash or slag. *Construction and Building Materials*. 29: 573–580.

Zhang M. H., Islam J., Peethamparan S., 2012. Use of nano-silica to increase early strength and reduce setting time of concretes with high volumes of slag. *Cement and Concrete Composites*. 34: 650–662.