

# SEMINAR NASIONAL-1 BMPTTSSI - KoNTekS 5

Universitas Sumatera Utara, Medan - 14 Oktober 2011

## PENGGUNAAN POZOLAN BERUKURAN NANO UNTUK MENGHASILKAN BETON MUTU TINGGI (HIGH STRENGTH CONCRETE) RAMAH LINGKUNGAN

Angelina Eva Lianasari

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta

Email: [eva@mail.uajy.ac.id](mailto:eva@mail.uajy.ac.id), [eva\\_lianasari@yahoo.com](mailto:eva_lianasari@yahoo.com)

### ABSTRAK

Limbah industri yang selama ini belum termanfaatkan secara optimal tidak menutup kemungkinan akan menimbulkan masalah lingkungan. Oleh karena itu perlu upaya pemanfaatan limbah tersebut. Dalam hal ini limbah industri adalah bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah beton yang memiliki sifat pozolanik misalnya abu terbang dan abu sekam padi. Limbah industri yang bersifat pozolan memberikan manfaat yang baik dalam memperbaiki sifat mekanik beton. Permasalahan dalam beton yang sangat mempengaruhi kuat tekannya adalah adanya porositas. Semakin besar porositasnya maka kuat tekannya semakin kecil, sebaliknya semakin kecil porositas kuat tekannya semakin besar. Porositas pada beton diakibatkan oleh banyak hal, diantaranya adalah penggunaan nilai fas yang cukup tinggi dan penggunaan partikel-partikel bahan penyusun beton yang berukuran relatif besar, sehingga kerapatan tidak dapat maksimal. Untuk mengurangi porositas dapat digunakan aditif yang bersifat pozzolan dan mempunyai partikel sangat halus yaitu bahan pozzolan yang mengandung silika tinggi dan berukuran lebih halus dari semen. Penambahan nano silika pada beton menyebabkan sifat mekanik beton menjadi lebih baik, dalam hal ini perubahan kemampuan tekan beton naik sehingga masuk dalam kategori beton mutu tinggi. Selama proses hidrasi semen dan hidrasi nano-silika, partikel nano silika atau *nanotube* berubah menjadi partikel nano semen selama proses pemampatan beton. Partikel yang lebih kecil menyebabkan jarak partikel menjadi pendek dan lebih padat dan mengurangi sifat permeabilitas beton. Hal ini tentu saja akan meningkatkan kekuatan tekan beton. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan material nano silika untuk menggantikan 10% semen meningkatkan kuat tekan beton sebesar 21,28%, penambahan produk Gaia, berukuran nano meningkatkan kuat tekan beton sampai 200,28%. Pemanfaatan limbah industri yang mengandung silika menjadi partikel nano silika membawa pengaruh baik terhadap sifat beton dan kelestarian lingkungan.

Kata kunci : beton mutu tinggi, nano silika, pozolan

### 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan permasalahan lingkungan, perlu dipikirkan cara memanfaatkan bahan buangan industri untuk tujuan yang membawa manfaat dan mengurangi terciptanya polusi akibat bahan buangan tersebut. Pemanfaatan bahan buangan industri dalam hal ini khususnya digunakan sebagai bahan substitusi atau *replacement* dalam teknologi beton.

Beton, merupakan material yang diketahui memiliki kekuatan tekan yang memadai, mudah diproduksi, mudah dibentuk, relatif kaku, dan ekonomis. Tetapi, beton juga menunjukkan banyak keterbatasan yaitu dalam proses produksi dan sifat-sifat mekaniknya yang lemah terhadap tarikan dan bersifat getas.

Teknologi material dalam pembangunan konstruksi beton saat ini sangat berkembang pesat. Penggunaan beton mutu tinggi dalam pembangunan suatu jembatan berbetang panjang, struktur gedung yang tinggi, bangunan bawah tanah, bangunan industri seperti silo yang tinggi dan berdiameter besar, bangunan beresiko tinggi seperti bangunan reaktor pada pembangkit listrik tenaga nuklir, konstruksi yang langsung berhubungan dengan laut ataupun lingkungan korosif terhadap beton sudah banyak dilakukan. Peningkatan kekuatan beton selalu menjadi salah satu tujuan utama dari pengembang teknologi beton, maka diperlukan inovasi di bidang teknologi material untuk mendapatkan beton mutu tinggi dengan kekuatan yang lebih tinggi.

Untuk menghasilkan beton yang sesuai dengan kebutuhan, perlu diteliti dan diketahui kualitas bahan-bahan yang digunakan baik itu merupakan bahan susun utama beton ataupun bahan tambah beton. Dalam penggunaan bahan tambah beton perlu diperhatikan mengenai dosis yang digunakan dan manfaat penambahan bahan tersebut. Bahan tambah beton adalah bahan selain unsur utama beton yaitu air, semen dan agregat. Bahan tambah beton dapat berupa

bahan kimia (*cemical admixtures*) atau bahan mineral (*mineral admixtures*) yang di campurkan ke dalam adukan beton untuk memperoleh sifat-sifat khusus dari beton seperti peningkatan kekuatan beton, kemudahan dalam pengerjaan, waktu pengikatan, pengurangan air, dan sifat lainnya.

Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam *SNI 03-6468-2000* didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa. Upaya untuk mendapatkan beton mutu tinggi diantaranya dengan meningkatkan mutu material pembentuknya, misalnya kekerasan agregat dan kehalusan butir semen. Namun berdasarkan inovasi bidang teknologi material penyusun beton ternyata upaya untuk meningkatkan kemampuan tekan beton tidak selalu dengan cara meningkatkan mutu material penyusunnya namun dengan menggunakan suatu bahan tambah yang bersifat pozzolanik. Pozzolan adalah bahan yang mengandung  $\text{SiO}_2$  yang dapat bereaksi dengan  $\text{Ca(OH)}_2$ , yang merupakan sisa hasil proses hidrasi semen, membentuk  $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  yang dapat meningkatkan kekuatan, kepadatan, serta kedapatan beton.

## 2. HIGH STRENGTH CONCRETE

Dalam pencapaian/pembuatan beton mutu tinggi (*High Strength Concrete (HSC)*) tetap harus memenuhi persyaratan meliputi kemudahan dalam pengerjaan (*workability*), kehomogenan beton, kekuatan, keawetan (*durability*), dan kestabilan beton. Untuk menghasilkan HSC perlu diperhatikan pula apakah nantinya akan menyebabkan harga beton menjadi mahal. Oleh sebab itu, diperlukan pengetahuan tentang teknologi campuran beton yang dapat memproduksi beton dengan mutu tinggi tetapi tidak menyebabkan harga beton menjadi mahal.

Dalam merancang perencanaan campuran untuk UHPC (*Ultra High Performance Concrete*) yang dikembangkan oleh Prof. Schmidt (Hardjasaputra, 2009) ada 5 hal pokok yang membedakan antara campuran UHPC dengan beton konvensional, yaitu:

- ditinggalkannya penggunaan agregat kasar (10 mm - 35 mm) pada campuran beton, sehingga hanya digunakan agregat halus, yaitu pasir halus (*quartz sand*) dengan ukuran 0.125mm/0.50mm,
- digunakannya dalam campuran agregat yang sangat halus yaitu tepung Quartz yang berukuran dalam rentang nanometer, antara 16 – 90  $\mu\text{m}$ ,
- seperti halnya penggunaan tepung reaktif mikrosilika pada beton mutu tinggi, maka mikrosilika pun digunakan pada UHPC agar diperoleh CSH reaksi kedua,
- sama seperti halnya pada teknologi beton SCC (*Self Compacted Concrete*), maka UHPC pun menggunakan *superplasticizer* terutama tipe Polycarboxylatether (PCE), UHPC yang rasio air dan semennya ekstrim kecil, memerlukan *superplasticizer* agar beton segar mudah dikerjakan,
- digunakannya serat baja halus mutu tinggi agar diperoleh sifat keruntuhan yang daktail.

Permasalahan dalam beton yang sangat mempengaruhi kuat tekannya adalah adanya porositas. Semakin besar porositasnya maka kuat tekannya semakin kecil, sebaliknya semakin kecil porositas kuat tekannya semakin besar. Porositas pada beton diakibatkan oleh banyak hal, diantaranya adalah penggunaan nilai *fas* yang cukup tinggi dan penggunaan partikel-partikel bahan penyusun beton yang berukuran relatif besar, sehingga kerapatan tidak dapat maksimal. Partikel terkecil bahan penyusun beton konvensional adalah semen. Untuk mengurangi porositas semen dapat digunakan aditif yang bersifat pozzolan dan mempunyai partikel sangat halus yaitu bahan pozzolan yang mengandung silika tinggi dan berukuran lebih halus dari semen. Contohnya adalah abu terbang (*fly ash*), abu sekam padi (*rice husk ash*), dan *silica fume* (mikrosilika) sebagai *mineral admixture* pada beton untuk menghasilkan beton mutu tinggi.

Bahan *mineral admixture* di atas telah banyak digunakan dalam teknologi pembuatan beton saat ini dan bahan tersebut beberapa diantaranya diperoleh dari limbah industri yaitu *fly ash* (limbah batu bara) dan *rice husk ash* (limbah pertanian). Teknologi terbaru menunjukkan bahwa bahan *mineral admixture* dengan ukuran yang lebih kecil dari ukuran mikro (nano) menjadi alternatif baru untuk menghasilkan beton mutu tinggi. Dengan menerapkan teknologi nano dalam pengolahan limbah industri maka diharapkan dapat sedikit membantu mengatasi permasalahan lingkungan akibat pembuangan limbah tersebut.

## 3. LIMBAH INDUSTRI

Produksi batubara pada tahun 2010 diperkirakan sekitar 153 juta ton. Dari pembakaran batubara dihasilkan sekitar 5% limbah padat yang berupa abu (*fly ash* dan *bottom ash*), di mana sekitar 10-20% adalah *bottom ash* dan sekitar 80-90% *fly ash* dari total abu yang dihasilkan. Dapat dibayangkan jumlah limbah padat yang dihasilkan dari produksi tersebut yaitu 7,65 juta ton. (Wardani, 2008). Limbah *fly ash* dan *bottom ash* sangat besar jumlahnya sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, atau perairan, dan penurunan kualitas ekosistem.

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil beras terbesar di wilayah ASEAN. Menurut Badan Pusat Statistik pada tahun 2010 produksi padi di Indonesia diperkirakan mencapai 54 juta ton. Hal ini akan memunculkan limbah pertanian, salah satunya sekam padi. Sekam padi merupakan limbah hasil penanaman padi yang bersifat keras, kasar, tahan cuaca, berkadar gizi rendah dan tidak bernilai ekonomis.

Saat ini industri semen dan beton sering disorot, oleh para pemerhati lingkungan. Hal ini disebabkan karena emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari proses pembuatan bahan konstruksi tersebut. Dari Konferensi Bumi yang diselenggarakan di Rio de Janeiro, Brasil tahun 1992 dan di Kyoto, Jepang tahun 1997 dinyatakan bahwa emisi gas rumah kaca ke atmosfer yang tak terkendali tidak bisa lagi diterima dari sudut pandang kepentingan sosial dan kelestarian lingkungan dalam kerangka pembangunan yang berkelanjutan. Gas rumah kaca yang menjadi sorotan utama adalah gas karbon dioksida karena jumlahnya yang jauh lebih besar dari gas lainnya seperti oksida nitrat dan metan (Fatimah, 2010).

Dalam produksi satu ton semen Portland, akan dihasilkan sekitar satu ton gas karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer. Dari data tahun 1995, jumlah produksi semen di dunia tercatat 1,5 miliar ton. Hal ini berarti industri semen melepaskan karbon dioksida sejumlah 1,5 miliar ton ke alam bebas.

Menurut International Energy Authority: World Energy Outlook, jumlah karbon dioksida yang dihasilkan tahun 1995 adalah 23,8 miliar ton. Angka itu menunjukkan produksi semen portland menyumbang tujuh persen dari keseluruhan karbon dioksida yang dihasilkan berbagai sumber. Tampaknya proporsi ini akan terus bertahan atau bahkan meningkat sesuai dengan peningkatan produksi semen kalau tidak ada perubahan berarti dalam teknologi produksi semen atau didapatkan bahan pengganti semen. Pada tahun 2010, diperkirakan total produksi semen di dunia mencapai angka 2,2 miliar ton.

Merujuk pada besarnya sumbangan industri semen terhadap total emisi karbon dioksida, perlu segera dicarikan upaya untuk bisa menekan angka produksi gas yang mencemari lingkungan ini. Tampaknya perbaikan teknologi produksi semen tidak terlalu bisa diharapkan dapat menekan produksi karbon dioksida secara signifikan. Penggantian sejumlah bagian semen dalam proses pembuatan beton, atau secara total menggantinya dengan bahan lain yang lebih ramah lingkungan menjadi pilihan yang lebih menjanjikan.

#### 4. TEKNOLOGI NANO

Teknologi nano adalah teknologi yang mampu mengerjakan dengan ketepatan ukuran satu mikrometer (seperjuta meter). Pengertian yang terkandung dalam kata *nanotechnology* yang berkembang saat ini lebih dari sekadar miniaturisasi dalam skala nanometer (sepermiliar meter), tetapi suatu istilah dari teknologi dengan aplikasi yang sangat luas melingkupi hampir di seluruh kehidupan manusia.

Nanoteknologi sebenarnya bertujuan untuk melakukan rekayasa, memanipulasi dan mengontrol sebuah objek dengan ukuran nanometer. Rekayasa ini dilakukan oleh mesin-mesin berukuran molekul yang diciptakan secara khusus. Dengan nanoteknologi, material dapat didesain sedemikian rupa dalam orde nano, sehingga dapat memperoleh sifat dan material yang diinginkan tanpa memboroskan atom-atom yang tidak diperlukan (Rochman, 2004).

Pengembangan *nanotechnology* (teknologi nano) di Indonesia telah dilakukan sekitar tahun 2000. Selama 10 tahun terakhir muncul berbagai aplikasinya. Teknologi nano adalah teknologi rekayasa zat berskala/berukuran nanometer atau sepermiliar meter. Konsep teknologi nano pertama kali diperkenalkan oleh Richard Feynman seorang ahli fisika Amerika Serikat yang meraih Nobel Fisika pada 1965. Namun, teknologi nano ternyata sudah diteliti lebih dulu oleh Profesor Norio Taniguchi dari Tokyo Science University di tahun 1940 dengan mempelajari mekanisme pembuatan nanomaterial dari kristal kuarts, silikon, dan keramik alumina dengan menggunakan mesin ultrasonik.

Dalam pembuatan partikel nano ukuran dan bentuk partikel dapat dikontrol saat produksi. Partikel-partikel ini dapat dianggap sebagai *nanocrystals*. Saat dimensi material dikecilkan dari ukuran macro ke ukuran nano, terjadi perubahan signifikan pada konduktivitas elektronik, penyerapan optik, reaktivitas kimia, dan mekanis. (Sobolev, 2005).

Aplikasi teknologi nano pada bidang konstruksi yang memanfaatkan sifat-sifat ini adalah sebagai berikut ini (Rianda, 2009).

##### a. *Anti Graffiti*.

Masalah utama pada plasteran, batu bata dan beton adalah kekuatan penyerapannya yang merupakan media yang sangat bagus untuk *graffiti*. Metode umum yang digunakan untuk memecahkan masalah ini adalah dengan menggunakan *poly-urethane coating* yang memberikan perlindungan permanen dan menghentikan cat dari permeasi ke dalam beton. Segala macam *graffiti* yang menempel pada permukaan coating akan dapat dihilangkan dengan mudah.

b. *Corrosion protection.*

Baja secara umum di *heat treated* pada suhu yang sangat tinggi. Hal ini akan menyebabkan baja terkorosi. Untuk mencegah korosi ini, *coating* dengan nanopartikel bisa dilakukan.

c. *Tensile strength / impact strength*

Penambahan partikel nano akan meningkatkan kekuatan tarik dan *impact* bahan konstruksi. Hal ini dapat dilihat pada penambahan karbon nanotube pada baja.

d. *Flame retardancy.*

*Nanoadditive* dapat berfungsi sebagai *flame retardancy* pada polymer sehingga bisa menambah fungsi dari *flame retardants*.

e. *Konstruksi yang ringan.*

Dengan mengurangi berat tetapi menambah kekuatan mekanisnya adalah tujuan yang umum untuk membuat material baru.

Nanoteknologi akan terus memberikan pandangan kita untuk meningkatkan kemampuan material bahan konstruksi. Oleh karena itu perlu pemikiran lebih lanjut tentang pemanfaatan teknologi nano ini untuk meningkatkan kemampuan bahan konstruksi khususnya beton.

## 5. SILIKA

Silika atau dikenal dengan silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) merupakan senyawa yang banyak ditemui dalam bahan galian yaitu pasir kuarsa, terdiri atas kristal-kristal silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama seperti kuarsa dan feldspar. Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$ , berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya.

Silika biasa diperoleh melalui proses penambangan yang dimulai dari menambang pasir kuarsa sebagai bahan baku. Pasir kuarsa tersebut kemudian dilakukan proses pencucian untuk membuang pengotor yang kemudian dipisahkan dan dikeringkan kembali sehingga diperoleh pasir dengan kadar silika yang lebih besar bergantung dengan keadaan kuarsa dari tempat penambangan. Pasir inilah yang kemudian dikenal dengan pasir silika atau silika dengan kadar tertentu. Silika juga dapat diperoleh dari pemanfaatan limbah pembakaran batu bara atau bubuk batu bara (*fly ash*), abu sekam padi (*rice husk ash*), tanah tras, dan yang lainnya.

## 6. BETON DENGAN PARTIKEL NANO

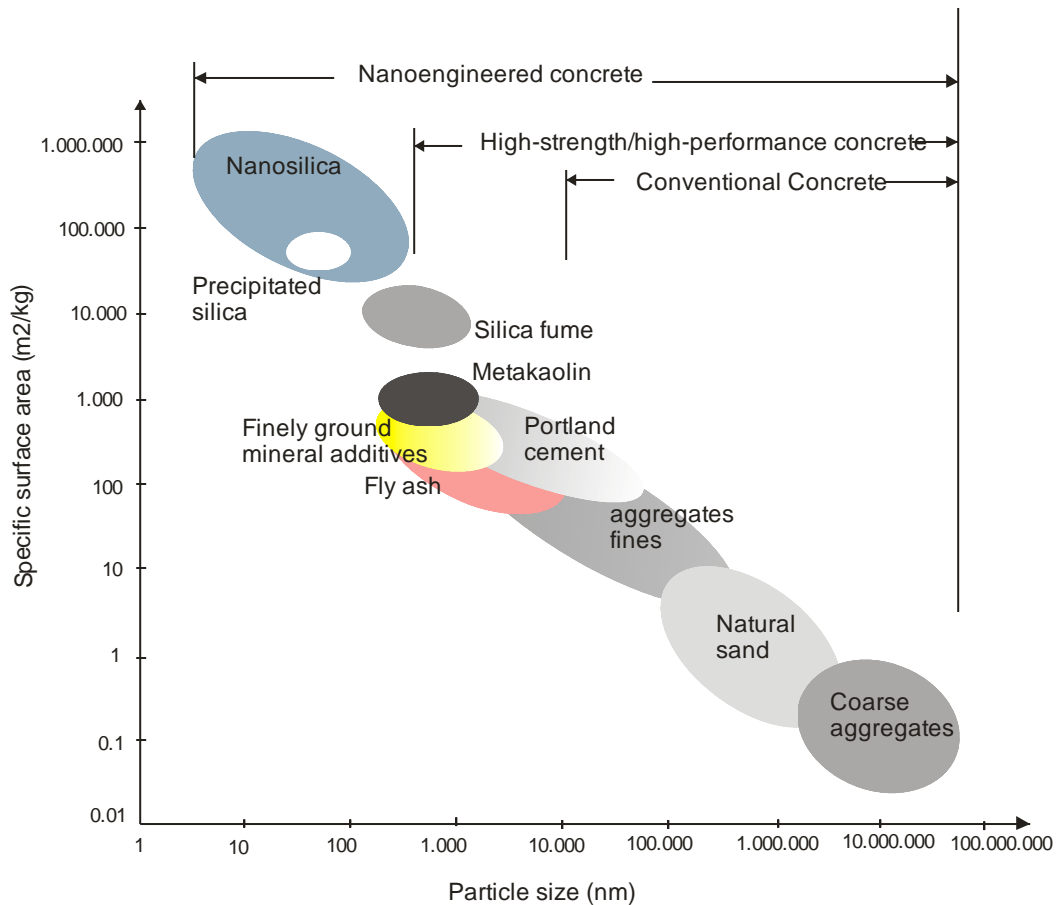
Saat ini perkembangan teknologi mulai banyak mengaplikasikan penggunaan silika pada industri, aplikasi ini semakin meningkat terutama dalam penggunaan silika pada ukuran partikel yang kecil sampai skala mikron atau bahkan nano. Kondisi ukuran partikel bahan baku yang diperkecil membuat produk memiliki sifat yang berbeda yang dapat meningkatkan kualitas. Sebagai salah satu contoh silika dengan ukuran mikron banyak diaplikasikan dalam material bangunan, yaitu sebagai bahan campuran pada beton. Rongga yang kosong di antara partikel semen akan diisi oleh mikrosilika sehingga berfungsi sebagai bahan penguat beton dan meningkatkan daya tahan (*durability*).

Silika merupakan bahan tambah yang bersifat aktif bila berukuran sangat halus dan bila dicampur dengan kapur atau semen akan membuat beton memiliki kuat tekan lebih tinggi daripada beton normal pada komposisi tertentu. Sedangkan nano-silika adalah material silika yang berukuran sangat kecil sepermilyar meter. Material silika dapat diambil dari bahan-bahan yang telah banyak diteliti tentang pengaruh positifnya terhadap sifat mekanik beton, misalnya *fly ash*, *rice husk ash*, *silica fume* tetapi ukurannya yang diperkecil (gambar 1).

Dari analisa XRF (*X-Ray Fluorescence*), dapat diketahui kandungan senyawa pada nanosilika dari *fly ash* seperti terlihat dalam tabel 1 berikut (Romadhon, 2009).

Tabel 1. Kandungan senyawa nano-silika *fly ash*

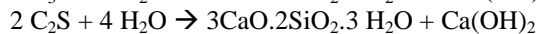
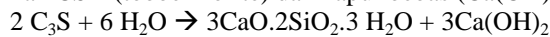
Senyawa	Kadar	Senyawa	Kadar
$\text{SiO}_2$	92.4%	$\text{TiO}_2$	0.312%
$\text{Al}_2\text{O}_3$	2.85%	$\text{MgO}$	0.89%
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.95%	$\text{K}_2\text{O}$	0.48%
LOI	1.08%	$\text{ZnO}$ , $\text{BaO}$ , $\text{Na}_2\text{O}$ , $\text{CaO}$	< 0.0001%



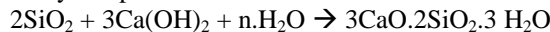
Gambar 1. Ukuran partikel dan luas permukaan partikel bahan penyusun beton (Sobolev, 2005)

Pengaruh penambahan nanosilika dapat meningkatkan kuat tekan pasta semen, mortar, dan beton, memperpanjang waktu ikat awal dan akhir beton, menurunkan temperatur hidrasi serta memperkecil porositas pasta dan beton. (Romadhon, 2009).

Saat semen dicampur air dalam proses pembetonan, akan terjadi reaksi hidrasi pada semen antara  $C_3S$  dan  $C_2S$  menghasilkan CSH (tobermorite) dan kapur bebas ( $Ca(OH)_2$ ). Reaksi tersebut seperti berikut ini :



Terlihat bahwa terdapat senyawa kapur bebas  $Ca(OH)_2$  yang dihasilkan dan tidak memberikan kepadatan pada betonnya. Jika dalam pembuatan beton ditambahkan senyawa  $SiO_2$  yang akan bereaksi dengan  $Ca(OH)_2$  dan akan terbentuk senyawa padat CSH. Reaksi tersebut adalah berikut ini :



Hal tersebutlah yang menyebabkan beton dengan bahan tambah silika menjadi lebih kuat (Lianasari, 2010).

Selama proses hidrasi semen dan hidrasi nano-silika, partikel nano silika atau *nanotube* berubah menjadi partikel nano semen selama proses pemampatan beton. Partikel yang lebih kecil menyebabkan jarak partikel menjadi pendek dan lebih padat dan mengurangi sifat permeabilitas beton. Hal ini tentu saja akan meningkatkan kekuatan tekan beton.

Sifat mekanik dari mortar semen dengan *nano-iron-oxide* dan nano-silika dari *fly ash* telah dipelajari oleh Li,dkk (Sobolev, 2005) memperlihatkan bahwa terdapat kenaikan kuat tekan mortar pada mortar yang mengandung partikel nano. Ditemukan bahwa penambahan *nanosilica* dapat mempengaruhi kekuatan dari mortar. Kekuatan mortar semen dengan partikel nano lebih tinggi dari kekuatan mortar semen dengan *silicafume*. Analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*), membuktikan bahwa *nano-iron-oxide* dan nano-silika mengisi pori-pori dan mengurangi terbentuknya kalsium hidroksida ( $Ca(OH)_2$ ) saat proses hidrasi. Hal ini yang mempengaruhi sifat mekanik mortar semen dengan partikel nano.

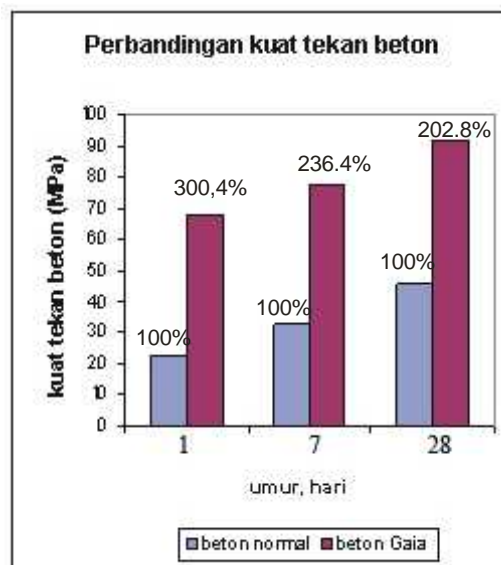
Penambahan Nanosilika sebesar 10% untuk menggantikan semen dapat meningkatkan kuat tekan beton pada umur 56 hari sebesar 21.28% dari komposisi beton normal yaitu sebesar 53,89 Mpa. (Romadhon, 2009). Colleparidi,dkk

(Sobolev, 2005) meneliti tentang *low-heat self compacting concrete* dengan bahan tambah mineral (kapur, *fly ash*), nano-silika (berukuran 5-50 nm) sebanyak 1-2% dari semen, fas 0,58, slump 780-800mm, menunjukkan dengan penambahan nanosilica membuat adukan beton menjadi lebih kohesif dan mengurangi terjadinya *bleeding* dan segregasi.

Bahan tambah beton komersial berukuran nano, Gaia, dikembangkan oleh Ulmen dan Cognosicible Technologies, digunakan untuk menggantikan silika fume pada beton *ready-mix*. Produk Gaia ini tersedia dalam bentuk cair. Penambahan produk ini menyebabkan adukan beton menjadi lebih mudah dikerjakan tanpa terjadinya *bleeding* dan segregasi. Hasil perbandingan penggunaan produk ini pada beton seperti pada tabel 2 dan gambar 2.

Tabel 2. Pengaruh Gaia pada campuran beton (Sobolev, 2005)

Keterangan	Beton Normal	Beton + produk Gaia
Tipe semen	II/A-P 42.5R	II/A-P 42.5R
Semen (kg/m <sup>3</sup> )	460	460
Dosis bahan tambah		1.3
Kandungan udara (%)	2.7	1.1
Slump (mm)		
Setelah 5 menit	60	200
Setelah 30 menit	25	210
Setelah 60 menit	15	160
Setelah 90 menit		140
Kuat tekan		
Umur 1 hari	22.7	68.2
Umur 7 hari	32.7	77.3
Umur 28 hari	45.2	91.7



Gambar 2. Perbandingan kekuatan beton normal dengan beton Gaia (Sobolev, 2005)

Terlihat pada tabel 2 dan gambar 2 di atas bahwa bahan tambah Gaia yang berukuran nano meningkatkan kekuatan beton pada umur 28 hari sampai dengan 202,8% (dua kali lipat) dan memperbaiki sifat mudah dikerjakan beton segar tanpa menimbulkan *bleeding* dan segregasi.

Dari banyak penelitian yang ada telah membuktikan bahwa partikel nano membawa pengaruh lebih baik dibandingkan dengan partikel micron. Hanya saja terdapat kesulitan dalam produksi partikel nano tersebut. Dengan diolahnya limbah industri yang mengandung silika cukup tinggi menjadi partikel berukuran nano diharapkan mampu menaikkan kekuatan beton yang cukup tinggi sehingga beton masuk dalam kategori beton mutu tinggi dan mengatasi masalah lingkungan yang ditimbulkan akibat pembuangan limbah industri tersebut. Limbah industri yang mengandung silika tinggi telah banyak diteliti (*fly ash*, *slag*, *rice husk ash*, dan yang lainnya), sehingga penelitian lanjutan yang menjadi perhatian utama adalah cara memproduksi partikel nano silika dari limbah tersebut.

## 7. KESIMPULAN

Dari uraian di atas dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

- a. partikel nano meningkatkan viskositas fase cair yang dapat membantu mencegah terjadinya segregasi dan meningkatkan workabilitas adukan beton,
- b. partikel nano mengisi rongga antar butir kristal semen dan mencegah mobilisasi air bebas sehingga mencegah terjadinya *bleeding*,
- c. partikel nano khususnya nanosilika bila ditambahkan dalam adukan beton akan menyebabkan beton menjadi lebih padat karena terjadinya reaksi pembentukan CSH,
- d. partikel nano menyebabkan ikatan yang lebih baik antara agregat dengan semen,
- e. limbah industri yang mengandung silika tinggi bila diolah menjadi partikel berukuran nano akan sangat bermanfaat dalam produksi beton mutu tinggi,
- f. produksi partikel nano silika dari limbah industri dapat memberikan manfaat dalam menjaga dan melestarikan lingkungan yang bebas limbah.

## 8. SARAN

- a. Perlu penelitian lebih lanjut tentang keunggulan nano partikel khususnya sebagai bahan tambah mineral pada beton sehingga dapat diperoleh beton yang unggul dalam hal kekuatan.
- b. Penelitian selanjutnya yang diperlukan adalah mengamati kemampuan beton berteknologi nano dalam hal kemampuan mekanik selain kekuatan desaknya yaitu kemampuan kuat tarik, kuat lentur, susut, pengaruh larutan asam, serta sifat – sifat fisik dan mekanik lainnya.
- c. Penelitian dengan menggunakan teknologi nano perlu dilanjutkan untuk mendapatkan material-material lain yang dapat dimanfaatkan sebagai material penyusun beton.
- d. Perlu penelitian untuk menciptakan alat yang dapat menghasilkan bahan berukuran nano yang murah dan mudah sehingga teknologi ini dapat dimanfaatkan secara maksimal.
- e. Perlu dilakukan penelitian tentang limbah industri yang dapat dimanfaatkan sebagai nano silika.

## 9. DAFTAR PUSTAKA

- Fatimah, Siti Soja (2010). <http://file.upi.edu/Direktori/D%20-%20FPMIPA/JUR.%20PEND.%20KIMIA/196802161994022%20-OSOJA%20SITI%20FATIMAH/Kimia%20industri/PRODUKSI%20SEMEN.pdf>, diakses tanggal 23 September 2010
- Hardjasaputra, Harianto (2009) *Ultra High Performance Concrete – Beton Generasi Baru Berbasis Teknologi Nano*, [http://www.haki-konstruksi.com/haki/seminar&course/bahan\\_seminar\\_2009/makalah/6\\_Harianto\\_Hardjasaputra\\_Mak](http://www.haki-konstruksi.com/haki/seminar&course/bahan_seminar_2009/makalah/6_Harianto_Hardjasaputra_Mak), diakses tanggal 23 September 2010
- Lianasari, Eva (2010). “Pengaruh Steam Curing Temperature pada Mortar Abu Sekam Padi sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah Pertanian Menuju Terciptanya Green Construction”, *Prosiding Innovation in Built Environment 2010, Peningkatan Jasa Konstruksi Menuju Green Design and Construction*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Lianasari, Eva (2010). “Pemanfaatan Limbah Fly Ash (Abu Terbang) Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Dan Sikament Ln Untuk Memperoleh Beton Hijau Mutu Tinggi”, *Proceeding National Conference on Green Technology for Better Future*, Universitas Islam Negri Maulana Malik Ibrahim, Malang
- Rianda (2009). *Manfaat Nanoteknologi*, [blog.unsri.ac.id/gwedopang/ipetek/manfaat-nanoteknologi](http://blog.unsri.ac.id/gwedopang/ipetek/manfaat-nanoteknologi), diakses tanggal 23 September 2010
- Rochman, Nurul Taufiqu (2007). *Teknologi Nano Jadikan Beton Kokoh dan Tahan Gempa*, <http://www.fisika.lipi.go.id/>, diakses tanggal 23 September 2010
- Rochman, Nurul Taufiqu (2010). *Teknologi Nano Gandakan Kekuatan Beton*, <http://www.fisika.lipi.go.id/>, diakses tanggal 23 September 2010
- Romadhon, Ruchi (2009). *Pemanfaatan Nanosilika Sebagai Beton Kuat Kuat Tekan Tinggi (Dengan Additive)*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Sobolev, Konstantin (2005). “How Nanotechnology Can Change the Concrete World, Part One of a Two-Port Series”, *American Ceramic Society Bulletin*, Vol. 84, No. 10, pp.14-17
- Sobolev, Konstantin (2005). “How Nanotechnology Can Change the Concrete World, Part Two of a Two-Port Series”, *American Ceramic Society Bulletin*, Vol. 84, No. 11, pp.16-19

Wardani, Prabandiyani Retno (2008) *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*, [http://eprints.undip.ac.id/7029/1/Sri\\_Prabandiyani\\_Retno\\_Wardani.pdf](http://eprints.undip.ac.id/7029/1/Sri_Prabandiyani_Retno_Wardani.pdf) , diakses tanggal 9 September 2010