

PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN NANOSILIKA KOMERSIAL PADA KUAT TEKAN, POROSITAS dan PERMEABILITAS BETON

Bintang Gumelar¹⁾, Arie Wardhono²⁾

¹⁾ Mahasiswa S1 Teknik Sipil, ²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

agumgumelar6074@gmail.com, ariewardhono@unesa.ac.id

Abstrak

Penambahan *nanosilika* pada campuran pembuatan beton mampu memperkuat kerapatan pada *Interfacial Transition Zone* (ITZ) dan permeabilitas beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan, porositas dan permeabilitas beton dengan penambahan *nanosilika komersial*. Pengujian benda uji menggunakan silinder $\varnothing$ 10 cm x 20 cm serta di lakukan uji kuat tekan, porositas dan permeabilitas beton pada umur 7, 14, dan 28 hari, dengan penambahan 4% ; 6% ; dan 8% dari berat semen.

Menyiapkan kebutuhan bahan yang dibutuhkan sesuai *mix design*, molen yang digunakan untuk membuat campuran beton dibasahi terlebih dahulu, kemudian pasir dan semen dimasukkan terlebih dahulu kemudian kerikil. Setelah didapat nilai slump, kemudian masukkan adukan beton kedalam cetakan silinder $\varnothing$ 10 cm x 20 cm. Beton selama 24 jam dalam kondisi suhuruang, setelah 24 jam cetakan beton dibuka dan rendam benda uji di dalam kolam perendaman sampai satu hari sebelum benda uji akan diuji kuat tekan, porositas dan permeabilitas beton.

Hasil pengujian karakteristik beton terhadap kuat tekan menunjukkan peningkatan pada umur 7 hari, sedangkan pada umur 14 hari ke 28 hari masih mengalami penurunan pada kuat tekan beton. Pengujian porositas dan permeabilitas beton pada umur 14 dan 28 hari mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan. Pada umur 14 hari presentase pencapaian kuat tekan sebesar 21,90 MPa dan 28 hari nilai kuat tekan 23,98 MPa untuk beton normal.

Kata kunci : kuat tekan, *nanosilika komersial*, permeabilitas, porositas.

Abstract

The addition of nano-silica to the mixture of concrete can strenghten the density on Interfacial Transition Zone (ITZ) and permeability of concrete. The purpose of this research was to determine the compressive strength, porosity and permeability of concrete after the addition of nano-silica. The testing of test specimens uses cylinder with the diameter of 10 cm and height of 20 cm, and the compressive strength, porosity, and permeability test is carried out at 7, 14, and 28 days after the concrete is made, with the addition of 4%; 6%; and 8% of the concrete weight.

Preparing material needed according to the mix design, wet the cement mixer, the add sand and cement firstly, then add gravel. After the slump value is acquired, the cement mixture is poured to the $\varnothing$ 10 cm cylinder mold with the height of 20 cm. Let the concrete at room temperature, and after 24 hours open the mold and submerge the specimens in immersion pool for a day before the specimen will undergo the compressive strength, porosity and permeability test.

The result of testing concrete characteristics of compressive strength shows an increase at the 7th day, and shows decrease at the 14th and 28th day. The porosity and permeability testing shows insignificant decrease at the 14th and 28th day. At the 14th day, the percentage of normal concrete's compressive strength reach 21,90 MPa and 23,98 MPa for the 28th day.

Keywords : commercial nanosilica, compressive strength, permeability, porosity.

A. PENDAHULUAN

Dalam konstruksi bangunan sipil, salah satu material vital yang lebih banyak digunakan dibandingkan konstruksi baja dan kayu yaitu konstruksi beton. Beton banyak digunakan dikarenakan beberapa kelebihan yang dimiliki,

diantaranya yaitu harganya yang murah karena bahan dasarnya tersedia melimpah di alam, tahan terhadap pembusukan dan perkaratan, memiliki kekuatan tekan yang tinggi sehingga dapat menahan tumpuan beban yang tinggi (Triono B.A, 2001).

Pada kenyataannya, kuat tekan beton yang dihasilkan selalu lebih kecil daripada kuat tekan perencanaan beton yang dihitung. Telah banyak upaya para peneliti terdahulu untuk memperbaiki sifat beton yang dihasilkan. Upaya tersebut diantaranya dengan cara menambahkan bahan aditif (tambahan) seperti *fly ash* (pengganti sebagian proporsi semen), *silica fume* (filler antara pasta semen dan agregat), *mikrosilika*, dan *nanosilika* dengan tujuan perbaikan sifat beton (Ismael et al, 2013).

Perkembangan teknologi beton lima tahun terakhir ini, ditandai dengan penelitian penggunaan *nanosilika* pada mortar dan beton. *Nanosilika* yang digunakan umumnya berasal dari bahan limbah industri semikonduktor. Berdasarkan hasil penelitian, memperlihatkan penggunaan *nanosilika* akan meningkatkan kuat tekan pada mortar dan beton seperti yang dilaporkan (Jo et al. 2007), (Sobolev et al. 1998), (Said dan Zeidan. 2009). Sedangkan (Khanzadi et al. 2010) melaporkan pengaruh penggunaan *nanosilika* terhadap sifat mekanik dan durabilitas. Hasilnya terjadi peningkatan kuat tekan dan tarik beton, hal ini diindikasikan dari reaktifitas *nanosilika*. Selain itu terjadi juga peningkatan kerapatan pada *Interfacial Transition Zone* dan permeabilitas beton dibandingkan dengan beton normal.

Nanosilika, selama delapan tahun terakhir, telah banyak digunakan sebagai bahan tambahan untuk memperkuat struktur beton disebabkan kemampuan kuat tekan dan tarik beton semakin meningkat. Penambahan *nanosilika* pada campuran pembuatan beton mampu memperkuat kerapatan pada *Interfacial Transition Zone* (ITZ) dan permeabilitas beton (Khanzadi et al, 2010).

Nano teknologi adalah teknologi yang memanfaatkan sifat kimiawi atau fisika material dalam orde nanometer. Satu nanometer disingkat nm adalah 10^{-9} meter. Jadi apabila molekul atau struktur atom dibuat dalam ukuran 1 hingga 10 nm, maka beton yang dihasilkan memiliki sifat mekanik dan kimia yang sangat berbeda dibandingkan beton yang menggunakan material berukuran mikro (Saurav 2012).

Qzyildirim (2010) melakukan studi eksperimental dengan menambahkan nanomaterial berukuran kurang dari 100 nm pada campuran beton. Penelitian ini mengevaluasi penggunaan berbagai nanomaterial dalam beton, kemudian dibandingkan dengan beton konvensional. Beton yang mengandung *nanosilika* dan *nanoclay* dibandingkan dengan beton yang mengandung *silica fume*, *fly ash*, dan *slag*.

Nili, Ihsani and Shabani (2010) mengkaji bahwa penggunaan *nanosilika* 1,5 % dan mikrosilika 6 % sebagai pengganti parsial semen pada campuran beton dengan faktor air semen (fas) 0,45 mampu meningkatkan kuat tekan sebesar 12 %.

Tujuan dari penelitian ini adalah pertama, untuk mengetahui pengaruh bahan tambahan *nanosilika komersial* pada kuat tekan, porositas dan permeabilitas beton.

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah pertama, dalam penyempurnaan teori-teori beton berbasis *nanosilika*.

Penelitian ini memiliki batasan masalah diantaranya adalah 1) mutu beton yang direncanakan yaitu $f'c = 15$ MPa, 2) *nanosilika komersial* sebagai bahan tambahan, 3) menggunakan pasir lumajang, 4) benda uji yang digunakan adalah silinder beton berukuran $\varnothing 10$ cm x 20 cm dengan pengujian kuat tekan, porositas dan permeabilitas beton.

B. KAJIAN PUSTAKA

1. *Nanosilika Komersial*

Jonbi, Kristianti. A, Tjahjani. I.A.R (2013) meneliti perkembangan teknologi beton lima tahun terakhir ini, ditandai dengan penelitian penggunaan *nanosilika* pada mortar dan beton. *Nanosilika* yang digunakan umumnya berasal dari bahan limbah industri semikonduktor. Berdasarkan hasil penelitian, memperlihatkan penggunaan *nanosilika* akan meningkatkan kuat tekan pada mortar dan beton.

Seiring dengan pesatnya pembangunan di Indonesia seperti gedung tinggi, jembatan bentang panjang dan infrastruktur lainnya, maka *High Performance Concrete (HPC)* berbasis material lokal sangat diperlukan.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, maka perlu dilakukan studi komparatif pengaruh *nanosilika komersil (NSHD)* terhadap sifat reaktifitas dan kuat tekan. *Nanosilika komersil* adalah *nanosilika* yang telah diperdagangkan secara komersil. Kuat tekan beton relatif dicapai pada umur relatif muda selain itu, kuat tekan beton pada umur 28 hari relatif tinggi, terutama pada tipe $f'c$ 100-NS10-SF5 yang memiliki kandungan *nanosilika* alam 10% dan SF5%, dibandingkan *nanosilika komersil f'c* 100-NSHD5-SF5.

2. Kuat Tekan

Kekuatan maksimal beton hanya terletak pada kuat tekan yang tinggi. Jadi yang perlu mendapat perhatian maksimal pada kekuatan beton hanya kuat tekannya, apabila kuat tekannya tinggi, maka sudah tentu sifat-sifat yang lain juga baik. Menurut SNI-03-1974-1990, faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah faktor air semen, sifat dan kualitas bahan, perbandingan bahan susun, slump, cara pengerjaan, dan perawatan beton.

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton ditentukan oleh perbandingan semen, agregat halus, air, dan berbagai jenis bahan tambahan (Tjokrodimuljo, 1996). Berdasarkan SNI 1974:2011, kuat tekan beton dapat dihitung dengan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots 1$$

Keterangan:

Kuat tekan beton dengan benda uji silinder, dinyatakan dalam MPa atau N/mm².

P : Gaya tekan aksial dinyatakan dalam Newton (N)

A : Luas penampang melintang benda uji, dinyatakan dalam mm².

3. Porositas

Porositas adalah besarnya prosentase kadar pori yang berisi udara maupun air yang nantinya akan menguap yang terdapat pada beton dan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Semakin besar prosentase kadar pori dalam beton, maka akan semakin besar nilai porositasnya dan semakin rendah kepadatan beton tersebut, sehingga kekuatan beton tersebut juga akan turun (Nurandilah, 2016). Pengujian dan perhitungan nilai porositas dilakukan berdasarkan ASTM C 642 – 90 dengan rumus adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{C - A}{C - D} \times 100\% \dots\dots\dots 2$$

Keterangan :

n : Porositas benda uji (%)

A : Berat kering oven benda uji (kg)

C : Berat beton jenuh air setelah pendidihan (kg)

D : Berat beton dalam air (kg).

4. Permeabilitas

Permeabilitas beton dapat diartikan sebagai kemampuan beton untuk mengalirkan air melalui pori-porinya (Mehta, 1986). Permeabilitas dapat diukur dengan menentukan tingkat aliran air yang melalui benda tersebut yang nilainya dinyatakan sebagai koefisien permeabilitas *kp* (cm/dt). Semakin kecil koefisien permeabilitas beton maka kekuatan beton semakin tinggi. Besar kecilnya koefisien permeabilitas beton menyatakan mudah tidaknya beton dilalui air. Semakin tinggi koefisien permeabilitas semakin mudah dilalui air. Pengujian permeabilitas beton dilakukan pada umur benda uji 28 hari.

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi volume perembesan air di bawah tekanan yang tinggi ke dalam benda uji serta tinggi air yang meresap ke dalam beton setelah benda uji dibelah sehingga dapat diketahui koefisien permeabilitas dari benda uji tersebut. Sebelum dilakukan pengujian permeabilitas terlebih dahulu permukaan tepi atas beton tersebut dikasarkankan kira-kira diameter 100 mm untuk menghilangkan permukaan beton yang tidak dapat ditembus (*impermeabel*), dan dilakukan pengecatan permukaan selimut silinder beton dengan pelapis kedap air (cat kolam) untuk mengurangi keluarnya rembesan air pada sisi panjang silinder beton. Permeabilitas benda uji beton dihitung dengan rumus:

$$Pr = (A_{aw} - A_{ak}) / 30 \text{ menit} \dots\dots\dots 3$$

Keterangan :

Pr : Nilai Permeabilitas (gr/menit)

A_{aw} : Massa awal (gr)

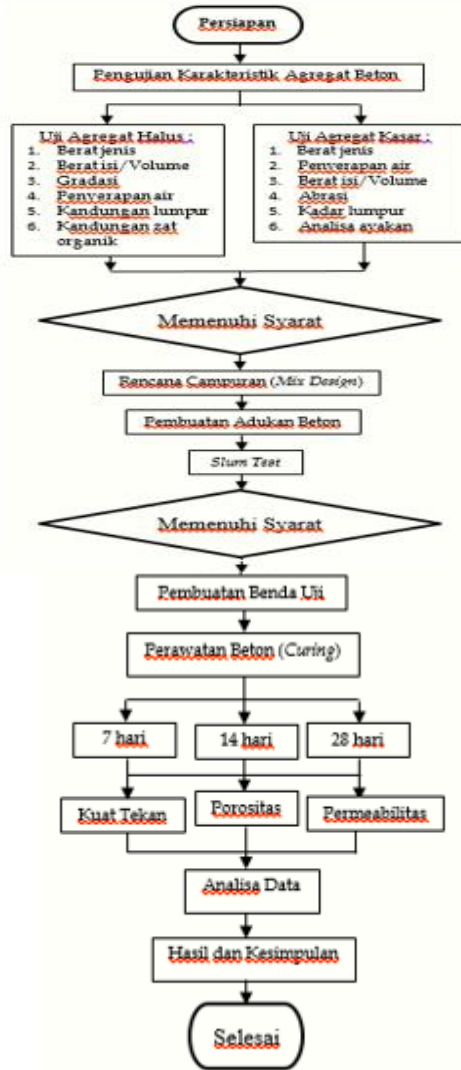
A_{ak} : Massa akhir (gr)

Pengujian penetrasi permeabilitas beton sesuai SNI untuk beton kedap air disyaratkan bila air merembeske dalam beton kurang dari 5 cm (syarat standar DIN 1045).

C. METODE PENELITIAN

1. Jenis dan rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan proses yang dilakukan secara bertahap, yakni dari proses persiapan, pemeriksaan bahan, rancangan *mix design*, pembuatan adukan beton, *slump*, pencetakan dan *curing*, pengujian dan pengumpulan data, analisis data, kesimpulan dan saran. Adapun tahapan-tahapan penelitian terdapat pada Gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1 Flow Chart

2. Pengujian material beton

- Agregat halus (pasir) meliputi : Uji analisa ayakan pasir, uji berat jenis dan penyerapan, uji berat isi, uji kadar lumpur, serta uji kandungan kotoran organik.

- Agregat kasar (kerikil) meliputi: Uji analisa ayakan kerikil, uji berat jenis dan penyerapan, uji berat isi, uji kadar lumpur, dan uji keausan kerikil.

3. Perencanaan campuran beton (mix design)

Perencanaan campuran beton menggunakan standar SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Dalam penelitian ini direncanakan menggunakan kuat rencana $f'c$ 25 MPa atau K-300.

Tabel 1 Mix Design

Nama Benda Uji	Nanosilika Komersial (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (kg)
BN	0	7.17	16.8	20.6	3.04
BNK 4%	0.320	7.17	16.8	20.6	3.04
BNK 6%	0.480	7.17	16.8	20.6	3.04
BNK 8%	0.640	7.17	16.8	20.6	3.04

4. Uji kuat tekan

Pengujian kuat tekan beton mengacu berdasarkan SNI 03-1974-1990 tentang metode pengujian kuat tekan beton. Pengujian dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Instrument alat uji tekan menggunakan *hydraulic universal testing machine (UTM) "Kaiwei" model WE-600 B voltage 380V,50 Hz Serial No. 360*.

5. Uji porositas

Pengujian dan perhitungan nilai porositas dilakukan berdasarkan ASTM C 642 – 06. Pengujian dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari.

6. Uji permeabilitas

Pengujian permeabilitas digunakan dalam pengujian sorptivity adalah SK SNI-36-1990-03 dan ASTM C1585-04. Hasil penimbangan yang diperlukan menurut SK SNI-36-1990-03 adalah pada saat t 5 menit, 10 menit dan 24 jam. Hasil penimbangan kemudian di plotkan kedalam bentuk grafik yang telah digambarkan pada ASTM C1585-04

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Material Beton

a. Agregat halus

Agregat halus pada penelitian terdiri dari 60% pasir lumajang, berikut hasil pengujian kedua agregat halus:

Tabel 2 Pengujian karakteristik agregat halus

No.	Uraian	Pasir	Standart SNI
1	Berat Jenis SSD	2,63 gr/cm ³	2,0 - 3,0 gr/cm ³
2	Penyerapan Air	4,17%	< 5%
3	Berat Isi	1,76 gr/cm ³	1,5-2,0 gr/cm ³
4	Analisa Ayakan	Zona 2	-
5	Fineness Modulus	2,206	1,50-3,80
6	Kadar Lumpur	4,18 %	< 5%
7	Kotoran organik	Lebih Jernih	Standart

Hasil keseluruhan pengujian agregat halus menunjukkan bahwa pasir lumajang memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda sebagai agregat halus dan bisa digunakan sebagai material penyusun beton.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar pada penelitian ini menggunakan kerikil dengan ukuran 10-20 mm. Berikut hasil pengujian agregat kasar :

Tabel 3 Pengujian karakteristik agregat kasar

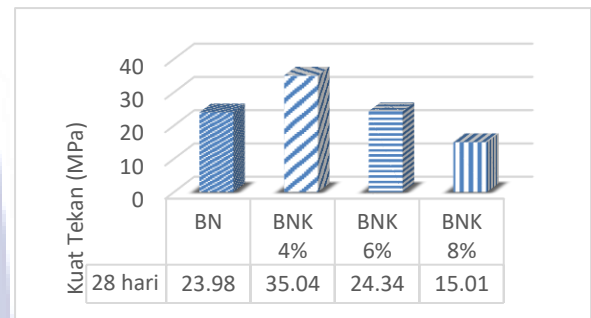
No.	Uraian	Kerikil	Standart
1	Berat Jenis	2,63 gr/cm ³	2,0 - 3,0 gr/cm ³
2	Penyerapan Air	3,52%	< 5%
3	Analisa Ayakan	Ukuran 10 mm	-
4	Fineness Modulus	6,989	3,0 – 8,0
5	Berat isi	1,94 gr/cm ³	1,0 – 2,0 gr/cm ³
6	Kadar Lumpur	2,25%	< 1%
7	Keausan	31,9%	50%

2. Hasil uji kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan *nanosilika komersial* pada beton terhadap kuat tekan beton. Pada pengujian kuat tekan beton secara keseluruhan pada umur 7 hari 14 hari, dan 28 hari akan disajikan pada **Tabel 4** berikut :

Tabel 4 Hasil peningkatan prosentase kuat tekan beton

Beton	7 hari	14 hari	28 hari
	kuat tekan (N/mm ²)	kuat tekan (N/mm ²)	kuat tekan (N/mm ²)
Kontrol	18.11	21.90	23.98
BNK 4%	25.10	24.91	35.04
BNK 6%	8.49	18.04	24.34
BNK 8%	11.06	11.56	15.06



Gambar 2 Hubungan beton dengan kandungan *nanosilika* dan kuat tekan

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 2 data di atas menunjukkan bahwa seiring bertambahnya umur, terjadi peningkatan hasil kuat tekan hingga penambahan *nanosilika komersial* sampai 4%. Namun apabila penambahannya melebihi dari 4%, akan menurunkan nilai kuat tekan beton.

Pengujian kuat tekan beton normal *nanosilika komersial* didapatkan hasil seperti yang terlihat pada gambar 5.8 di atas bahwa untuk beton normal mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 23,98 MPa, sedangkan untuk beton *nanosilika komersial* 4% mendapatkan nilai sebesar 35,04 MPa, untuk beton *nanosilika komersial* 6% mendapatkan nilai sebesar 24,34 MPa, dan untuk beton *nanosilika komersial* 8% mendapatkan nilai sebesar 15,01 MPa.

Data kuat tekan berdasarkan hasil di atas diperoleh beton normal dengan komposisi tanpa ada penambahan *nanosilika komersial* diperoleh kuat tekan sebesar 23,98 MPa. Selanjutnya pada beton *nanosilika komersial* 4% dari air dengan komposisi 0,320 kg mengalami peningkatan kuat tekan dari beton normal dengan selisih kuat tekan sebesar 11,06 MPa. Selanjutnya pada beton *nanosilika komersial* 6% dari air dengan komposisi 0,480 Kg mengalami peningkatan kuat tekan beton normal dengan selisih 0,36 MPa. Selanjutnya pada beton *nanosilika komersial* 8% dari air dengan komposisi 0,640 Kg

mengalami penurunan kuat tekan dari beton normal dengan selisih kuat tekan sebesar 8,95 MPa.

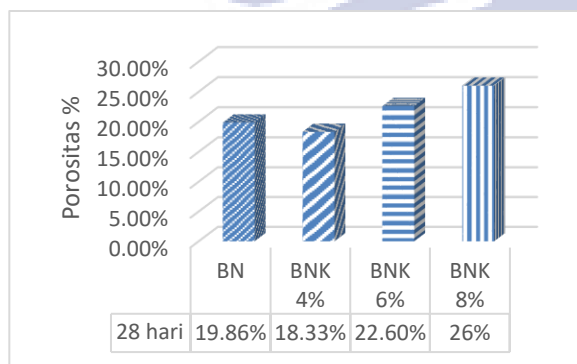
Berdasarkan uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa prosentase *nanosilika komersial* yang diberikan dalam beton sebagai bahan tambahan didapatkan nilai kuat tekan optimum pada prosentase *nanosilika komersial* 4% dikarenakan pada prosentase tersebut terjadi proses penambahan yang sempurna dari unsur-unsur kimia dalam kandungan *nanosilika komersial*, sesuai dengan tujuan awal penelitian bahwa mencari prosentase penambahan *nanosilika komersial* yang tepat untuk menambah proses pengikatan kuat tekan yang terjadi.

3. Hasil uji porositas beton

Pengujian porositas beton pada penelitian ini dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan *nanosilika komersial* pada beton terhadap porositas beton. Pada pengujian porositas beton secara keseluruhan pada umur 7 hari 14 hari, dan 28 hari akan disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 3 berikut :

Tabel 5 Hasil peningkatan prosentase porositas beton

Beton	7 hari	14 hari	28 hari
	Porositas %	Porositas %	Porositas %
Kontrol	18.43	15.51	19.86
BNK 4%	23.05	28.05	18.33
BNK 6%	17.884	20.70	22.60
BNK 8%	25.91	25.14	26.00



Gambar 3 Hubungan beton dengan kandungan *nanosilika* dan porositas

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 3 di atas, dapat dilihat bahwa beton BN mendapatkan nilai porositas sebesar 19,86%, untuk beton *nanosilika komersial*

4% mendapatkan nilai porositas sebesar 18,33%, untuk beton *nanosilika komersial* 6% mendapatkan nilai porositas sebesar 22,60%, untuk beton *nanosilika komersial* 8% mendapatkan nilai porositas sebesar 26,00%.

Data porositas berdasarkan hasil di atas diperoleh beton normal dengan komposisi tanpa ada penambahan *nanosilika komersial* diperoleh porositas sebesar 19,86%. Selanjutnya pada beton *nanosilika komersial* 4% dari air dengan komposisi 0,320 kg mengalami peningkatan porositas dari beton normal dengan selisih porositas sebesar 5,59%. Selanjutnya pada beton *nanosilika komersial* 6% dari air dengan komposisi 0,480 Kg mengalami peningkatan porositas dari beton normal dengan selisih 9,3%. Selanjutnya pada beton *nanosilika komersial* 8% dari air dengan komposisi 0,640 Kg mengalami peningkatan porositas dari beton normal dengan selisih porositas sebesar 13,26%.

Kesimpulan berdasarkan uraian diatas adalah dapat disimpulkan bahwa prosentase *nanosilika komersial* 4% yang diberikan dalam beton sebagai bahan tambahan pada *nanosilika komersial* memiliki kepadatan pori-pori yang kurang bagus dari beton normal. Selanjutnya pada beton *nanosilika komersial* 6% yang diberikan dalam beton sebagai bahan tambahan pada *nanosilika komersial* mengalami kenaikan jumlah kadar pori dalam beton yang ditandai dengan nilai porositas beton yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton *nanosilika komersial* 4%. Selanjutnya pada beton *nanosilika komersial* 8% yang diberikan dalam beton sebagai bahan tambahan pada *nanosilika komersial* mengalami kenaikan jumlah kadar pori dalam beton yang ditandai dengan nilai porositas beton yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton *nanosilika komersial* 6%.

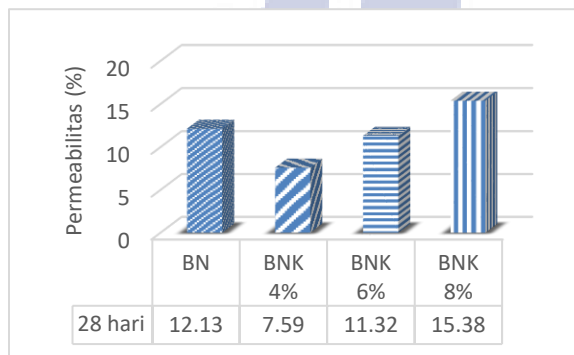
4. Hasil uji permeabilitas beton

Hasil penimbangan yang diperlukan menurut SK SNI-36-1990-03 adalah pada saat t (waktu) 5 menit, 10 menit dan 24 jam yang akan diaplikasikan dalam persamaan rumus 2.5 tentang serapan air untuk mengetahui apakah beton tersebut sudah memenuhi ketentuan minimum menurut SK SNI-36-1990-03 yang menyebutkan bahwa beton kedap air normal bila diuji dengan cara perendaman air selama 10 + 0,5 menit, resapan (*absorpsi*) maksimum 2,5% terhadap berat beton kering oven, dan selama 24 jam

resapan (*absorpsi*) maksimum 6,5% terhadap berat beton kering oven.

Pengujian serapan air dilakukan pada benda uji BN, BNK 1, BNK 2, BNK 3. Dengan umu rbenda uji selama 28 hari. Pengujian *sorptivity* menggunakan stadar ASTM C1585-04. Data perendaman yang diperlukan adalah pada saat t (waktu) 5, 10 dan 30 menit kemudian 1 jam hingga 6 jam. Data yang telah diperoleh dari penimbangan benda uji pada setiap t (waktu) yang telah ditentukan selanjutnya diolah dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.2 yang selanjutnya dari perhitungan tersebut diplotkan pada sebuah grafik.

Gambar 4 Hubungan beton dengan kandungan *nanosilika* dan permeabilitas



Gambar 4 di atas dapat di lihat bahwa untuk beton normal didapat nilai sebesar 12,13%, sedangkan untuk beton *nanosilika komersial* 4% diperoleh nilai sebesar 7,59%. Sedangkan untuk beton *nanosilika komersial* 6% diperoleh nilai sebesar 11,32%. Sedangkan untuk beton *nanosilika komersial* 8% diperoleh nilai sebesar 15,38%. Uraian hasil tersebut didapat data yang semakin meningkat pada penambahan *nanosilika komersial* terjadi karena terjadi adanya rongga-rongga udara pada beton sehingga menyebabkan air lebih cepat masuk kedalam beton (Jonbi, Kristianti. A, Tjahjani. I.A.R. 20013).

E. SIMPULAN

1. Pada simpulan ini berdasarkan dari uraian dan penjelasan hasil penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan rumusan masalah yang terjadi. Dari hasil penelitian yang sudah dilaksanakan dapat diambil simpulan sebagai berikut:

- a. Penambahan *nanosilika komersial* sebesar 4% pada umur 28 hari beton mampu menambah kuat tekan beton sebesar 35,04 MPa dari beton normal, selanjutnya pada penambahan *nanosilika komersial* mengalami penurunan pada 6% dan 8%.
- b. Campuran beton yang ditambahkan *nanosilika komersial* 4% 35.04 MPa, 6% 24.34 MPa dan 8% 15.01 MPa menyebabkan penurunan kuat tekan beton.
- c. Penambahan *nanosilika komersial* pada beton sebesar 4% dan 8% cenderung mengalami peningkatan pada pengujian permeabilitas. Penurunan permeabilitas terjadi pada 6%.

DAFTAR PUSTAKA

- Astanto, T B, 2001. **Konstruksi Beton Bertulang**. Kanisius. Yogyakarta.
- Anonimous. 2006. ASTM Standard C642: **Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete**. West Conshocken.
- Anonimous. 2000 Badan Standarisasi Nasional. **Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal**. SNI 03-2834-2000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Permukaan, Badan Penelitian dan Pengembangan Permukiman dan Pengembangan Wilayah.
- Jonbi, Kristianti. A, Tjahjani. I.A.R. 2013. **Studi Komparasi Pengaruh Nanosilika Alam dan Nanosilika Komersial Terhadap Beton**. UNS. Surakarta.
- Khanzadi M, Tadayon M, Sepehri H dan Sepehri M. 2010. **Influence of Nano-Silica Particles on Mechanical Properties and Permeability of Concrete**. Coventry University and The University of Wisconsin Milwaukee Centre for By-products Utilization, Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, June 28 - June 30, 2010, Università Politecnica delle Marche, Ancona : Italy.
- Mehta, P.K. 1986. **Structure, Properties, and Material**. Prentice Hall. New Jersey.
- Nili, M., A. Ihsani and K. Shabani. 2010. **Influence of Nano-Silica and Microsilica on Concrete Performance**. Second International Conference on Sustainable Construction

- Materials and Technologies. Ancona: Universita Politenica delle Marche.
- Nurandilah, Aisah. 2016. ***Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Onyx sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Beton terhadap Porositas Beton.*** Universitas Brawijaya. Malang.
- Ozyildirim, C. 2010. ***Laboratory Investigation of Nanomaterials to Improve The Permeability and Strength of Concrete.*** Virginia: Virginia Transportation Research Council.
- Saurav. 2012. ***Application of Nanotechnology in Building Material.*** International Journal of Engineering Research and Application (IJERA). 2(5):1077-1082.
- Said, A.M. dan Zeidan, M.S., 2009,. ***Enhancing the Reactivity of Normal and Fly Ash Concrete Using Colloidal Nano-Silica.*** ACI-Special Publication (SP 267-7).
- Sobolev, K.G. dan Soboleva, S.V., 1998. ***High-Performance Concrete Mixture Proportioning.*** ACI Special Publication (SP179-26).
- Tjokrodinuljo, K., 1996. ***Teknologi Beton.*** UGM Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

