

Studi Eksperimental Penambahan Admixture Sikament-Nn Untuk Kekuatan Tekan Beton

Khairul Miswar

Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

e-mail : khairul@pnl.ac.id

Abstrak – Salah satu yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah porositas. Porositas yang besar menyebabkan kuat tekan kecil, sebaliknya porositas yang kecil kuat tekannya semakin besar. Besar dan kecilnya porositas dipengaruhi nilai FAS pada saat mix desing. Nilai FAS yang tinggi menyebabkan porositas besar dan sebaliknya nilai FAS rendah porositas kecil. Berdasarkan kenyataan tersebut, kita akan menggunakan nilai FAS yang rendah pada adukan beton tetapi pemadatannya tidak maksimal dan menyebabkan beton menjadi keropos sehingga menurunnya kuat tekan beton. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui workabilitas dan nilai slump beton dengan pemanfaatan sikament dan perbandingan kekuatan tekan awal dan akhir beton dengan pemanfaatan sikament tersebut. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Teknologi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Almuslim Peusangan. Penelitian ini menggunakan bahan aditive sikament-NN sebagai bahan tambah yang manfaatnya berguna mempercepat pengerasan, mereduksi kebutuhan air, meningkatkan workability, meningkatkan nilai slump, meningkatkan kekuatan awal dan kekuatan akhir tinggi. Penelitian ini menggunakan benda uji kubus dengan FAS 0,45. Total benda uji 30 buah, 15 buah untuk beton normal, 15 buah untuk beton+sikament-NN. Penambahan bahan tambah sikament-NN untuk masing-masing benda uji sebesar 2% dari berat semen, pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Hasil pengujian slump beton normal sebesar 8 cm dan beton +sikament-NN sebesar 24 cm atau meningkat (200%) dari beton normal. Nilai kuat tekan beton sikament NN (BSN) untuk setiap variasi umur meningkat secara signifikan sebesar 27.885 MPa, 30.044 MPa, 33.235 MPa, dan 36.717 MPa atau meningkat (20.30% , 9.92% , dan 9.65%%) dari beton normal. Terlihat bahwa sikament-NN bisa meningkatkan workability dan kekuatan awal dan akhir yang tinggi.

Kata Kunci : Beton, Sikament-NN, Slump, Kuat tekan, Workability

Abstract — One that affects the compressive strength of concrete is porosity. A large porosity causes a small compressive strength, whereas a small porosity has a greater compressive strength. The size of the porosity is influenced by the FAS value at the time of mix desing. A high FAS value causes a large porosity and conversely a low FAS value causes a small porosity. Based on this fact, we will use a low FAS value in the concrete mix but the compaction is not optimal and causes the concrete to become porous so that the compressive strength of the concrete decreases. The purpose of the study was to determine the workability and slump value of concrete with the use of sieves and the comparison of the initial and final compressive strength of concrete with the use of these sieves. This research was conducted experimentally at the Laboratory of Technology and Building Materials, Faculty of Engineering, Almuslim University, Peusangan. This research uses additive sikament-NN as an added material whose benefits are useful in accelerating hardening, reducing water requirements, increasing workability, increasing slump values, increasing initial strength and high final strength. This study used a cube test object with a FAS of 0.45. A total of 30 specimens, 15 for normal concrete, 15 for concrete+sikament-NN. The addition of Sikament-NN added material for each test object was 2% of the weight of cement, the compressive strength test of concrete was carried out at the age of 7, 14, and 28 days. The results of the normal concrete slump test are 8 cm and +sikament-NN concrete are 24 cm or an increase (200%) from normal concrete. The compressive strength of sikament NN concrete (BSN) for each age variation increased significantly by 27,885 MPa, 30,044 MPa, 33,235 MPa, and 36,717 MPa or increased (20.30%, 9.92%, and 9.65%%) from normal concrete. It is seen that sikament-NN can increase workability and high initial and final strength.

Keywords: Concrete, Sikament-NN, Slump, Compressive Strength, Workability.

I. PENDAHULUAN

Salah satu yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah porositas. Porositas yang besar menyebabkan kuat tekan kecil, sebaliknya porositas yang kecil kuat tekannya semakin besar. Besar dan kecilnya porositas dipengaruhi

nilai FAS pada saat mix desing. Nilai FAS yang tinggi menyebabkan porositas besar dan sebaliknya nilai FAS rendah porositas kecil. Berdasarkan kenyataan tersebut, kita akan menggunakan nilai FAS yang rendah pada adukan beton tetapi pemadatannya tidak maksimal dan menyebabkan beton menjadi

keropos sehingga menurunnya kuat tekan beton.

Salah satu solusi mengatasi hal tersebut maka digunakan *admixture* sebagai bahan kimia yang akan menghasilkan adukan beton dengan *workability* yang tinggi sehingga diharapkan kuat beton menjadi tinggi. Keunggulan *admixture* juga untuk memodifikasi sifat-sifat bahan penyusun beton. *Admixture* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Sikament*. Fungsi *Sikament* adalah untuk menghasilkan beton yang mengalir tanpa terjadi *segregasi*.

Sikament digolongkan dalam Type C “*Accelerating Admixture*” yaitu bahan yang menyegerakan pengikatan dan meningkatkan kekuatan awal beton. Penggunaan *sikament* bertujuan mendapatkan kekuatan awal yang tinggi pada beton yang dikerjakan, misalkan jika ada elemen konstruksi yang harus segera dibebani oleh pekerjaan berikutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA [TNR 11PT]

Mulyono (2005) mengatakan beton merupakan material konstruksi yang terdiri dari semen hidrolis (*Portland Cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan dengan menggunakan atau tidak bahan tambah (*admixture* atau *additif*). Menurut Mulyono (2005) agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Kira-kira 70 % volume mortar atau beton diisi oleh agregat. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. Pengaruh kekuatan agregat terhadap beton begitu besar, karena umumnya kekuatan agregat lebih besar dari kekuatan pasta semennya.

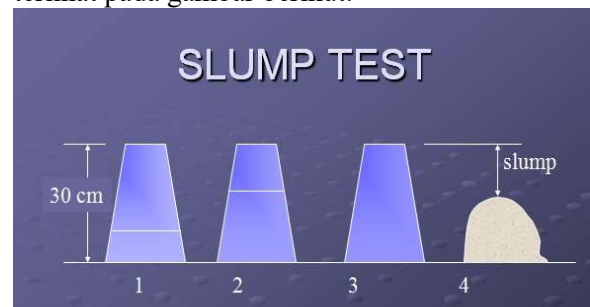
Siregar (2017) mengatakan agregat kasar terdiri dari kerikil dan batu pecah. Sedangkan agregat halus adalah pasir. Butiran agregat yang lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, jika ukuran lebih kecil dari 0,075 mm disebut lanau, dan lebih kecil dari 0,002 mm adalah lempung. Menurut ASTM C-150, 1985 semen *Portland* didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Selain itu juga mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Semen hanya kira-kira 10% saja dari volume beton namun semen merupakan

bahan aktif pengikat antar agregat. Umumnya semen yang digunakan sebagai bahan konstruksi pada pekerjaan beton adalah Semen *Portland* (Dedi 2018).

Mulia (2016) menyatakan fungsi semen adalah untuk merekatkan agregat agar menjadi massa yang keras dan juga memasuki rongga diantara butiran agregat. Jenis semen yang biasa digunakan untuk pembuatan beton ialah semen *portland*. Mulyono (2005) menyebutkan air diperlukan pada pembuatan beton untuk proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton, sehingga yang diperlukan adalah perbandingan jumlah air dengan jumlah semen yang digunakan dalam campuran beton atau disebut Faktor Air Semen (FAS). Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya sehingga dapat mempengaruhi kekuatan beton.

FAS sebagai *water to cement ratio* dapat didefinisikan rasio berat air terhadap berat total semen. Telah diketahui secara umum bahwa semakin besar nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Untuk menghasilkan sebuah beton dengan mutu yang tinggi FAS beton haruslah rendah, akan tetapi hal ini menyebabkan kesusahan dalam pengerjaannya, (Mulyono, 2005). Umumnya nilai FAS minimum untuk beton sekitar 0,30 dan nilai maksimumnya 0,65. Tujuan pengurangan FAS ini adalah untuk mengurangi hingga seminimal mungkin porositas beton sehingga akan dihasilkan beton yang bermutu tinggi.

Daya kerja beton diukur dari nilai slump. Nilai slump beton untuk bangunan berkisar 75 mm hingga 150 mm. Nilai *slump* diperoleh dari selisih antara tinggi alat uji dengan penurunan kerucut benda uji. Semakin besar penurunan, semakin besar nilai *slump*. (Dedi 2018) seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Pengujian Slump

Razak (2018) menyebutkan bahwa bahan tambah (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. *Admixture* adalah bahan-bahan yang ditambahkan kedalam campuran beton pada saat atau selama pecampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu (Zardi, 2016). Razak (2018) juga menyebutkan ada beberapa jenis bahan *admixture* sesuai dengan ASTM C 494-81, diantaranya adalah *superplasticizer*. Kegunaan *superplasticizer* (*High Range Water Reducer*) pada beton dapat mengurangi penggunaan air, tanpa harus kehilangan kelecakannya.

Penambahan *Superplasticizer* pada beton mempunyai pengaruh dalam meningkatkan kemudahan pekerjaan (*Workability*) beton sampai pada tingkat yang lebih besar. Bahan ini digolongkan sebagai sarana untuk menghasilkan beton mengalir tanpa terjadinya pemisahan yang diinginkan, dan umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar, karena memungkinkan pengurangan kadar air guna mempertahankan kemudahan pekerjaan (*Workability*). (Zardi, 2016). Menurut Megasari (2017), untuk menghasilkan beton dengan fas rendah namun tetap mudah dikerjakan maka dibutuhkan bahan tambah, salah satunya adalah menggunakan *admixture superplasticizer*. Dengan kemampuan mengurangi penggunaan air yang tinggi, campuran beton dengan bahan tambah mampu menghasilkan kuat tekan beton yang lebih tinggi.

Megasari (2017) juga menyebutkan, dari data teknis PT. Sika Indonesia (2011), Sikament-NN merupakan *superplasticizer* dengan pengurang air dalam jumlah besar dan mempercepat pengerasan beton. Cairan *superplasticizer* yang sangat efektif dengan aksi ganda untuk produksi beton yang mengalir atau bahan untuk mengurangi air beton untuk membantu menghasilkan kekuatan awal dan kekuatan akhir tinggi sesuai dengan ASTM C 494-92 type F. Megasari (2017) menyebutkan, Sikament-NN dapat digunakan dengan dosis 0,30% - 2,30% dari berat semen tergantung pada kelecakan dan kuat tekan beton yang diperlukan. Sikament-NN dapat ditambahkan ke air adukan sebelum air tersebut dicampurkan dengan agregat atau dalam

sebagian kasus ditambahkan langsung ke dalam beton yang baru di aduk.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Teknologi dan Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Almuslim Peusangan. Pada bagian ini berisi metode penelitian, rancangan penelitian, sumber data, material yang digunakan, peralatan yang digunakan, dan langkah-langkah penelitian. Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh perbandingan kuat tekan beton dengan variasi FAS 0.45 untuk beton dengan penambahan *admixture Sikament-NN*. maka dilakukan pemeriksaan bahan-bahan campuran beton yang memenuhi syarat, sehingga beton yang dihasilkan nanti sesuai dengan yang di harapkan. Dari pemeriksaan yang telah dilakukan akan di peroleh nilai-nilai yang akan di jadikan dasar untuk perhitungan *Mix Design* beton yang akan dibuat.

Pelaksanaan penelitian yang dilakukan meliputi persiapan bahan dan alat, pemeriksanan sifat-sifat fisis material, pembuatan campuran (*mix design*), pengujian *slump*, pembuatan benda uji, perawatan benda uji (*curing*), pengujian kuat tekan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Berat jenis dan absorpsi

Pengukuran berat jenis dan *absorpsi* yang diperoleh untuk setiap jenis agregat diperlihatkan pada tabel berikut.

| No | Jenis Agregat | Berat Jenis | | Absorpsi (%) |
|----|---------------|-------------|---------|--------------|
| | | SG (SSD) | SG (OD) | |
| 1 | Kerikil | 2.49 | 1.86 | 33.83 |
| 2 | Pasir kasar | 2.62 | 2.58 | 1.51 |
| 3 | Pasir halus | 1.83 | 1.78 | 2.48 |

Tabel 1. Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Absorpsi

Hasil pemeriksaan sifat fisis material dimaksudkan untuk mengetahui mutu dari agregat yang digunakan dalam campuran beton. Data hasil pemeriksaan sifat fisis material menunjukkan bahwa pasir dan kerikil yang akan

digunakan telah memenuhi kriteria sebagai bahan penyusun beton yang baik.

Susunan butiran agregat

Data dari analisa saringan digunakan untuk melihat susunan butiran agregat yang akan digunakan dalam campuran beton. *Fineness modulus* yang baik adalah apabila memenuhi ketentuan ASTM yaitu diantara 5,5 – 8,0 untuk kerikil, diantara 2,4 – 4,2 untuk pasir kasar dan diantara 2,2 – 2,6 untuk pasir halus. Nilai *fineness modulus* dari analisa saringan dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel berikut.

| No | Jenis Agregat | Fineness Modulus |
|----|---------------|------------------|
| 1 | Kerikil | 6.04 |
| 2 | Pasir kasar | 2.59 |
| 3 | Pasir halus | 2.09 |

Tabel 2. Nilai Fineness Modulus Agregat

| No | FAS | Fineness Modulus |
|----|------|------------------|
| 1 | 0,45 | 5.12 |

Tabel 3. Nilai Fineness Modulus Agregat Campuran

Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa susunan butiran agregat campuran modulus kehalusan adalah 5.12 dengan faktor perbandingan 75% kerikil, 13% pasir, dan 12% pasir halus. Dari pemeriksaan susunan butiran agregat, maka agregat yang diuji di laboratorium memperlihatkan agregat telah memenuhi syarat sebagai material pembentuk beton.

Kandungan bahan organik

Pemeriksaan kadar organik tidak dilakukan perhitungan. Di penelitian ini hanya dilakukan pemeriksaan terhadap perubahan warna, dari hasil pengujian kadar organik pada agregat halus dengan larutan natrium hidroksida (3%) maka hasil yang didapat menunjukkan bahwa warna larutan yang timbul adalah berwarna kuning muda. Hal ini menandakan bahwa agregat halus yang digunakan untuk campuran beton termasuk dalam kategori tidak mengandung bahan organik berlebihan dan dapat digunakan untuk campuran beton seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Hasil Pemeriksaan Kandungan Bahan Organik

Pemeriksaan berat volume

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan sebagai material pembentuk beton, berat volume agregat halus yang baik adalah lebih besar dari 1,445 kg/l. Pengukuran berat volume rata-rata yang diperoleh untuk setiap jenis agregat diperlihatkan pada tabel berikut.

| No | Jenis Agregat | Berat Volume (kg/l) |
|----|---------------|---------------------|
| 1 | Kerikil | 1.69 |
| 2 | Pasir kasar | 1.68 |
| 3 | Pasir halus | 1.64 |

Tabel 4. Hasil Perhitungan Berat Volume

Rancangan campuran beton

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisis agregat yang dilanjutkan perhitungan komposisi material campuran beton (*mix design*) dengan menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*). Hasil rancangan campuran beton untuk benda uji kubus tertera pada tabel berikut ini:

| Material | Normal | Satuan |
|--|----------|--------|
| Air | 173.678 | Kg |
| Semen | 434.195 | Kg |
| Agregat Kasar (<i>Coarse Aggregate</i>) | 1051.481 | Kg |
| Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>) | 240.985 | Kg |
| Pasir Kasar (<i>Coarse Sand</i>) | 228.597 | Kg |

Tabel 5. Komposisi Material Campuran untuk Benda Uji Beton Normal

| Material | 1% | Satuan |
|--|-------|--------|
| Air | 0.591 | Kg |
| Semen | 1.476 | Kg |
| Agregat Kasar (<i>Coarse Aggregate</i>) | 3.575 | Kg |
| Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>) | 0.819 | Kg |
| Pasir Kasar (<i>Coarse Sand</i>) | 0.777 | Kg |
| <i>Sikament-NN</i> | 0.015 | Kg |

Tabel 6. Komposisi Campuran untuk 1 benda uji

Pengujian *slump*

Pengujian *slump* (*slump test*) merupakan suatu cara untuk mengukur tingkat kelecakan adukan beton yaitu keenceran adukan yang berguna dalam pengerjaan beton. Nilai *slump* yang diperoleh merupakan ukuran keenceran adukan. Makin besar nilai *slump* berarti makin encer adukan. Pada pekerjaan beton normal biasa umumnya nilai *slump* antara 75-100 mm.

Data hasil pengujian *slump* diperoleh dari pengujian beton segar, hasil lengkap dari pengujian *slump* seperti ditunjukkan pada tabel berikut.

| No | Benda Uji | Nilai <i>Slump</i> | Satuan |
|----|-----------|--------------------|--------|
| 1 | BN | 8 | Cm |
| 2 | BSN 2% | 24 | Cm |

Tabel 7. Hasil Pengujian *Slump*

Dalam menentukan suatu konsistensi dari suatu campuran beton segar atau *workability* maka bisa ditentukan dengan dilakukan pengujian *Slump*. Kekentalan pada campuran beton menginformasikan berapa jumlah air yang dipakai. Tujuan dari uji *slump* adalah untuk memperlihatkan apakah campuran beton segar kekurangan, kelebihan, atau airnya sudah cukup. Saat terjadi pengadukan di dalam molen, terlihat bahwa pada campuran beton normal terlalu kental dibandingkan dengan campuran beton sikament NN dimana campuran betonnya lebih cair (*workability* meningkat). Dengan menambahkan sedikit demi sedikit *sikament-NN* ke dalam campuran beton yang sedang diaduk, terlihat peningkatan *workability* dan berbanding lurus dengan kenaikan nilai *slump* sampai 24 cm. Ketika nilai *slump* meningkat, terlihat beton segar sangat mudah diaduk dan dipadatkan. Dari pengujian *slump* untuk seluruh variasi beton segar memperlihatkan nilai *slump* beton sikament NN (BSN) lebih tinggi dari beton

normal, maka bisa dipastikan produk sikament NN bisa menambah *workability*.

Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan dilaksanakan pada waktu beton berumur 7, 14 dan 28 hari, untuk masing-masing benda uji. Data hasil pengujian kuat tekan beton untuk variasi umur pengujian yang berbeda diperlihatkan pada tabel berikut.

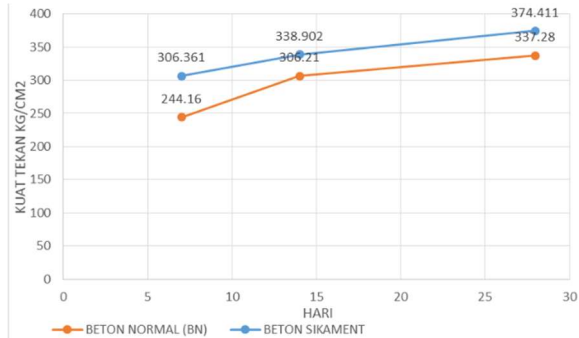
| No | Kode Benda Uji | Keterangan | Umur | Nilai Pengujian Kuat Tekan (Kg/cm ²) |
|----|----------------|-------------------|---------|--|
| 1 | BN | Beton normal | 7 hari | 244.16 |
| 2 | BSN | Beton sikament NN | 7 hari | 306.361 |
| 3 | BN | Beton normal | 14 hari | 306.21 |
| 4 | BSN | Beton sikament NN | 14 hari | 338.902 |
| 5 | BN | Beton normal | 28 hari | 337.28 |
| 6 | BSN | Beton sikament NN | 28 hari | 374.411 |

Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata

Setelah benda uji dilakukan perawatan dengan cara direndam dengan durasi waktu 7, 14, dan 28 hari, maka selanjutnya benda uji dikeluarkan, dikeringkan dan ditimbang. Berat jenis beton benda uji hampir sama atau kalau dirata ratakan sebesar 2253 (kg/m³). Pengujian kuat tekan dilakukan setelah benda uji mencapai umur 7, 14, dan 28 hari, dengan menggunakan mesin "*Elektrik Compression Strength, Merk, MTB, seri CO-325.4*" sampai kondisi beton uji rusak. Pengujian kuat tekan beton untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dengan adanya perbedaan variasi umur dan variasi bahan tambah kimia jenis *sikament-NN*, penambahan bahan tambah tersebut untuk mempercepat proses pengerasan beton dan pengembangan kekuatan awal beton. Oleh karena itu, kuat tekan beton diuji pada umur 7, 14, dan 28 hari seperti terlihat pada gambar 6.

Dari hasil pengujian kuat tekan terlihat peningkatan sebesar 20.30% dari beton sikament NN terhadap beton normal pada pengujian 7

hari. Sedangkan untuk umur pengujian 14, dan 28 hari hanya terjadi peningkatan berturut turut sebesar 9.92% dan 9.65% beton sikament NN terhadap beton normal. Hal ini sangat menguntungkan terhadap pengerjaan pada suatu proyek yang waktu peningkatan kuat tekan awal yang signifikan sehingga tidak terlalu lama menunda pekerjaan selanjutnya. Hasil kuat tekan beton sikament NN (BSN) meningkat dari beton normal.



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Dari seluruh hasil pengujian menunjukkan kuat tekan beton sikament NN (BSN) menunjukkan peningkatan kekuatan awal dan kekuatan akhir lebih tinggi pada setiap variasi umur benda uji terhadap beton normal (BN).

1. Mengetahui *workabilitas* dan nilai *slump* beton dengan pemanfaatan *sikament*.
2. Mengetahui perbandingan kekuatan tekan awal dan akhir beton dengan pemanfaatan *sikament*.

V. KESIMPULAN

Dari pengujian yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa *sikament-NN* pada campuran

sebesar 2% berat semen, bisa menaikkan *workability* beton segar tetapi nilai slump yang dihasilkan juga lebih tinggi sehingga terlihat beton juga terlihat encer.

Sikament-NN yang digunakan pada campuran beton mampu menaikkan kekuatan awal dan kekuatan akhir yang tinggi dari beton normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Dedi, Akbar, 2018, Pengaruh Penggunaan Serat Terhadap Beton Ringan, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Megasari, Shanti Wahyuni 2017, Analisis Pengaruh Penambahan Sikament-Nn Terhadap Karakteristik Beton, Jurnal Teknik Sipil Siklus, Vol. 3, No. 2, Oktober 2017
- Mulyono, Tri. 2005. Teknologi Beton. Yogyakarta.
- Mulia. 2016, Pembuatan Beton Dengan Penambahan Batu apung, Jurnal Teknik Sipil Vol. 14, No. 1
- Razak, Rhaka Prayoga (2018), Pengaruh *Admixture Polycarboxylate* Dan *Napthalene* Terhadap Kuat Desak Beton Normal, Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
- Siregar. P, 2017, Studi pemanfaatan Serbuk Kayu Untuk Pembuatan Panel Beton Ringan. Tugas Akhir, Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara.
- Zardi, Muhammad 2016, Pengaruh Persentase Penambahan Sika Viscocrete-10 Terhadap Kuat Tekan Beton, Jurnal Teknik Sipil Unaya