

engaruh_Penggunaan_Semen_P CC_terhadap_Karakteristik_Beto n_di.pdf

by

| | | | |
|----------------|--|-----------------|-------|
| FILE | ENGARUH_PENGGUNAAN_SEMEN_PCC_TERHADAP_KARAKTERISTIK_B ETON_DI.PDF (642.34K) | | |
| TIME SUBMITTED | 23-DEC-2020 05:28AM (UTC+0700) | WORD COUNT | 2987 |
| SUBMISSION ID | 1480680290 | CHARACTER COUNT | 16612 |

Pengaruh Penggunaan Semen PCC terhadap Karakteristik Beton di Lingkungan Asam Sulfat

Rita Irmawaty, Herman Parung, Mukhlis Hamid

Departemen Teknik Sipil, ⁵ Universitas Hasanuddin, Jl. Poros Malino KM. 06 Bontomarannu, Gowa

Email: Rita_irmaway@yahoo.co.id, parungherman@yahoo.co.id, muchehamid@gmail.com

ABSTRAK

Beton adalah material komposit yang umum digunakan dalam berbagai jenis pekerjaan konstruksi. Material beton diharapkan mampu bertahan pada lingkungan tertentu, tanpa mengalami kerusakan selama masa layan. Penurunan kualitas beton dapat disebabkan oleh factor lingkungan seperti pengaruh cuaca, perubahan temperatur yang drastis, abrasi, aksi elektrolisis, serangan oleh cairan atau gas alami dan asap dari industri. Sedangkan, penggunaan beton pada lingkungan agresif sangat berpengaruh terhadap keawetan dan kuat tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik beton N20 dan N30 yang menggunakan semen PCC pada lingkungan asam sulfat. Benda uji berbentuk kubus 5 x 5 x 5 cm direndam dalam larutan asam sulfat dengan konsentrasi 2% dan 5%. Kemudian dilakukan uji kehilangan berat, kuat tekan dan ketahanan terhadap abrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton N20 yang direndam dalam larutan asam sulfat mengalami penurunan kuat tekan sebesar 99.065% setelah direndam selama 91 hari, semua benda uji mengalami kehilangan berat dan laju abrasi meningkat. Dari pengamatan visual, beton N30 mengalami degradasi lebih besar dibandingkan N20 ketika direndam dalam larutan asam sulfat dengan konsentrasi yang sama. Oleh karena itu dilakukan analisis komposisi kimia semen PCC dengan XRD, hasil menunjukkan kandungan C₃A (Trikalsium Aluminat/ *Grossite*) sebesar 52.6%. Semakin besar kandungan C₃A semen dapat meningkatkan pertumbuhan *etteringite* pada beton sehingga menimbulkan kerusakan yang lebih besar.

Kata kunci: abrasi, kuat tekan, lingkungan asam sulfat.

1. PENDAHULUAN

¹ Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Neville. A.M, 2005).

¹³ Durabilitas beton adalah ketahanan struktur beton dalam menghadapi kondisi dimana beton direncanakan tanpa mengalami kerusakan (*deteriorate*) selama masa layan struktur. Menurunnya durabilitas beton dapat disebabkan oleh factor internal berupa reaksi alkali-agregat, perubahan volume akibat perbedaan sifat termal dari agregat terhadap pasta, dan permeabilitas. Faktor luar seperti pengaruh fisik, kimia, maupun mekanis merupakan faktor yang mempengaruhi daya tahan beton (Paul Nugraha & Antony, 2007).

Ketahanan beton di lingkungan asam dipengaruhi oleh karakteristik pori beton, kemampuan matriks semen untuk menetralkan asam dan hasil reaksi (produk) korosi akibat asam, jenis dan komposisi semen, nilai pH, tipe agregat dan penggunaan bahan tambah dalam campuran semen (Fernando, 2010). Produk hidrasi Ca(OH)₂ beton lebih rentan terhadap asam karena bersifat alkalis, sehingga meningkatkan penggunaan semen.

Beton yang telah terpapar oleh lingkungan sulfat akan mengalami penurunan kualitas dan pengurangan volume beton. Lingkungan asam merusak beton dengan cara mengurai Ca(OH)₂ pada

pasta semen, menghancurkan struktur kristal, dan menyisakan residu tidak bermanfaat pada kekuatan beton, lalu menimbulkan penurunan kuat tekan beton sehingga masa layan struktur beton dapat berkurang (Skalny, 2002 dan Cizer, 2011).

Untuk mengatasi pembuangan kontinyu dari material limbah, penelitian ini menggunakan *Portland Composite Cement* (PCC) yang mengandung bahan anorganik 6-35% seperti *fly ash*, *blast furnace slag*, dan lain-lain. *Fly ash* merupakan limbah industri yang dihasilkan di pembangkit listrik termal. Beberapa pabrik semen memproduksi *blended cement* yang mengandung *fly ash* untuk mengurangi emisi CO₂ pada proses produksi klinker semen, mengurangi konsumsi dari bahan baku seperti batu kapur dan tanah liat, serta berkontribusi menciptakan lingkungan yang bersih melalui penggunaan bahan limbah daur ulang seperti *fly ash*. Penggabungan *fly ash* pada *blended cement* seperti PCC memberikan manfaat ekologi dan hemat bahan (Neville, 1995, S. Antiohos and S. Tsimas, 2005). Saat ini semen tipe PCC yang banyak diperdagangkan dan mudah diperoleh.

Dengan latar belakang tersebut, dilakukan kajian yang mendalam terhadap karakteristik beton N20 dan N30 yang menggunakan semen PCC pada lingkungan asam sulfat. Kajian dilakukan terhadap kehilangan berat, nilai kuat tekan beton dan ketahanan terhadap abrasi setelah direndam dalam larutan asam sulfat dengan konsentrasi 2% dan 5% hingga umur 91 hari.

2. PROGRAM EKSPERIMENTAL

Studi eksperimental dilakukan untuk mengevaluasi kehilangan berat, kuat tekan dan ketahanan terhadap abrasi setelah direndam dalam larutan sulfat 2% dan 5% hingga umur pengujian.

Material

5 *Portland Composite Cement* (PCC) yang memenuhi SNI 15-7064-2004 produksi semen Indonesia dan tersedia dipasaran digunakan sebagai bahan pengikat. Dilakukan pengujian XRD (X-Ray Diffraction) untuk mengetahui komposisi kimia semen.

Batu pecah dengan ukuran maksimum agregat 20 mm dan modulus kekasaran 6.79, serta pasir sungai dengan modulus kehalusan 2.6 memenuhi standar SNI 03-1968-1990 untuk agregat kasar dan halus. Agregat berasal dari sungai Jeneberang, Bili-bili. Tabel 1 menggambarkan sifat fisik agregat.

Tabel 1. Karakteristik fisik agregat

| Karakteristik | Batu pecah | Pasir sungai | |
|-------------------|------------------------|--------------|------|
| | Kering oven | 2.69 | 2.42 |
| Berat jenis | Kering permukaan (SSD) | 2.71 | 2.46 |
| Penyerapan air, % | 0.45 | 1.63 | |

*Data pengujian

Deskripsi benda uji

15 Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm sebagai benda uji kontrol untuk kuat tekan. Pengujian kuat tekan benda uji control dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari, menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) kapasitas 1000 KN. Selain bentuk silinder, digunakan juga benda uji kubus dengan dimensi 50 x 50 x 50 mm. Kubus beton merupakan hasil pemotongan dari balok beton berukuran 50 x 100 x 400 mm. Pemotongan balok beton dilakukan setelah beton di-curing 28 hari. Tabel 2 memperlihatkan komposisi campuran beton yang dihitung dengan metode ACI 211.1-91. Jumlah benda uji untuk setiap jenis pengujian disajikan pada Tabel 3 dan 4. Benda uji di curing dalam air tawar selama 28 hari, kemudian dilanjutkan dengan perendaman larutan sulfat 2% dan 5% hingga umur pengujian..

Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) - 13

“Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan”

Tabel 2. *Mix design* beton (kg/m³)

| Material | N20 | N30 |
|-------------------------|-----|------|
| Air | 172 | 154 |
| Semen | 365 | 425 |
| Pasir | 963 | 710 |
| Batu pecah | 829 | 1051 |
| <i>Superplasticizer</i> | - | 3.4 |

Tabel 3. Benda uji kuat tekan

| Variasi Mutu Beton | Curing | Jumlah Benda Uji (buah) | | | Bentuk Benda Uji |
|--------------------|-----------|-------------------------|------|------|-----------------------|
| | | 7 | 14 | 28 | |
| | | Hari | Hari | Hari | |
| N20 | Air Tawar | 3 | 3 | 3 | Silinder 100 x 200 mm |
| N30 | | 3 | 3 | 3 | |
| N20 | | - | - | 5 | Kubus 50 x 50 x 50 mm |
| N30 | | - | - | 5 | |

Tabel 4. Benda uji kehilangan berat

| Variasi Mutu Beton | Curing | Jumlah Benda Uji dalam rendaman asam sulfat (buah) | | Bentuk Benda Uji |
|--------------------|-----------------------------------|--|----|-----------------------|
| | | 7 | 28 | |
| N20 | H ₂ SO ₄ 2% | 15 | 15 | Kubus 50 x 50 x 50 mm |
| | H ₂ SO ₄ 5% | 15 | 15 | |
| N30 | H ₂ SO ₄ 2% | 15 | 15 | |
| | H ₂ SO ₄ 5% | 15 | 15 | |

Pengujian kehilangan berat

Ketahanan terhadap asam sulfat dilakukan dengan merendam kubus beton 5x5x5 cm (setelah *curing* pada air tawar selama 28 hari) ke dalam larutan asam sulfat sampai umur 91 hari. Larutan asam sulfat yang digunakan memiliki konsentrasi 2% dan 5% H₂SO₄ sesuai dengan ASTM C267-01 (*Standard Test Methods for Chemical Resistance of Mortars, Grouts, and Monolithic Surfacing and Polymer Concretes*). Untuk menjaga keasaman larutan dilakukan pergantian setiap 7 hari sekali. Kehilangan berat beton sesudah direndam dalam larutan asam sulfat (H₂SO₄) mengindikasikan ketahanan terhadap sulfat. Pengukuran berat dilakukan setiap 7 hari sampai umur 91 hari menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,01 gr.

Pengujian kuat tekan

Menurut SNI 1974-2011 pengujian kuat tekan adalah pemberian beban aksial terhadap benda uji beton pada laju pembebanan yang berada dalam batas yang ditentukan hingga terjadi kehancuran. Kuat tekan benda uji dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$f'c = \frac{P}{A}$$

(1)

Dengan $f'c$ = Kuat tekan beton, P = Gaya tekan aksial, A = Luas penampang melintang benda uji.

Pengujian ketahanan terhadap abrasi

Pengujian ketahanan terhadap abrasi berdasarkan spesifikasi EN 1097-2:2007 menggunakan 8 buah kubus beton berdimensi 5x5x5 cm diputar bersama 8 buah bola baja dengan mesin abrasi *Los Angeles*. Mesin diputar sebanyak 1000 putaran dimana setiap 100 putaran dilakukan penimbangan terhadap perubahan berat benda uji. Untuk menghitung persentase kehilangan berat dari beton hasil pengujian abrasi digunakan persamaan berikut.

$$\text{Keausan} = \frac{w_1 - w_0}{w_0} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan w_0 = berat benda uji semula (gr), w_1 = berat benda uji setelah pengujian (gr)

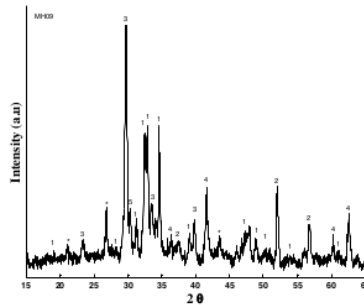
3. HASIL DAN DISKUSI

Komposisi kimia semen PCC

Komposisi kimia semen PCC ditetapkan melalui pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*). Hasil analisis dengan XRD menunjukkan kandungan C_3A (Trikalsium Aluminat/ *Grossite*) sebesar 52.6 %, seperti tersaji pada Tabel 5 dan Gambar 1. Semakin besar kandungan C_3A maka pertumbuhan *ettringite* pada beton meningkat sehingga menimbulkan kerusakan yang lebih besar.

Tabel 5. Komposisi kimia semen yang dianalisis dengan XRD

| Komposisi (%) | Nama Senyawa | Notasi Kimia |
|---------------|---------------------|-----------------|
| 52.6 | <i>Grossite</i> | $Ca_3 Al_2 O_6$ |
| 28.3 | <i>Corundum</i> | $Al_2 O_3$ |
| 9.6 | <i>Cristobalite</i> | $O_2 Si$ |
| 6.7 | <i>Periclase</i> | $Mg O$ |
| 2.7 | <i>Maghemite</i> | $Fe_2 O_3$ |



Gambar 1. Hasil Uji XRD

Kuat tekan benda uji kontrol

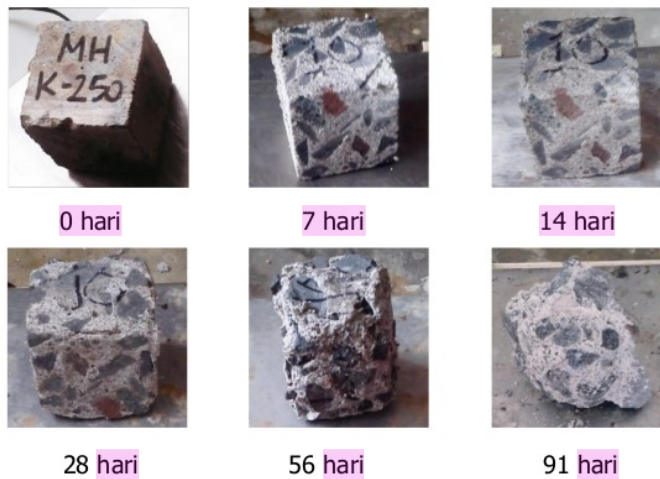
Pengujian ini menggunakan 18 buah sampel benda uji silinder beton 10 cm x 20 cm dengan umur pengujian 7, 14, 28 hari untuk beton N20 dan N30. Tabel 6 menunjukkan hasil kuat tekan silinder beton sesuai dengan target.

Tabel 6. Kuat tekan silinder beton

| Umur (hari) | N20 (MPa) | f'c (MPa) |
|-------------|-----------|-----------|
| 7 | 12.133 | 19.735 |
| | 12.023 | 18.665 |
| | 14.230 | 18.472 |
| 14 | 18.330 | 27.453 |
| | 20.170 | 26.784 |
| | 20.028 | 26.856 |
| 28 | 20.700 | 29.231 |
| | 20.991 | 29.358 |
| | 21.022 | 29.143 |

Kondisi visual benda uji

Secara visual kubus beton N20 dan N30 memperlihatkan perubahan bentuk yang signifikan akibat serangan asam sulfat. Perubahan bentuk sangat dipengaruhi oleh konsentrasi keasaman larutan. Gambar 2 dan 3 menunjukkan perubahan bentuk pada benda uji N20 yang direndam larutan 2% dan 5% asam sulfat (H_2SO_4) pada umur 0 hari (sebelum perendaman dalam larutan asam sulfat), 7, 14, 28, 56, dan 91 hari. Kerusakan terjadi lebih sedikit pada larutan dengan konsentrasi yang lebih rendah. Beton N20 yang direndam pada larutan 2% H_2SO_4 dapat bertahan hingga 91 hari dibanding dengan beton N20 pada larutan 5% H_2SO_4 yang hanya bertahan sampai 42 hari.



Gambar 2. Kondisi visual beton N20 setelah direndam asam sulfat (H_2SO_4) 2%



Gambar 3. Kondisi visual beton N20 setelah direndam asam sulfat (H_2SO_4) 5%

Gambar 4 dan 5 menunjukkan kerusakan pada beton N30 akibat serangan asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 2% dan 5%. Semakin tinggi konsentrasi larutan, semakin besar kerusakan yang terjadi. Pada konsentrasi larutan 2% H_2SO_4 , beton N30 dapat bertahan hingga 77 hari, sedangkan pada konsentrasi 5% H_2SO_4 beton hanya mampu bertahan sampai 35 hari. Hasil pengamatan visual juga menunjukkan tingkat kerusakan beton yang lebih besar pada beton dengan kandungan semen yang lebih banyak pada konsentrasi larutan yang sama.



Gambar 4. Kondisi visual beton N30 setelah direndam asam sulfat (H_2SO_4) 2%

Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) - 13

"Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan"



Gambar 5. Kondisi visual beton N30 setelah direndam asam sulfat (H_2SO_4) 5%

Kehilangan berat

Data penurunan berat diperoleh dari rata-rata 15 benda uji pada setiap variasi rendaman seperti tersaji pada Tabel 7 dan 8. Pengujian dilakukan setiap 7 hari sampai umur 91 hari. Benda uji beton N20 yang direndam dalam larutan 2% H_2SO_4 mengalami penambahan berat sebesar 1,58 % setelah direndam 7 hari, namun ketika mencapai umur 14 hari, beton mulai mengalami kerusakan akibat reaksi asam sulfat hingga umur 91 hari. Total kehilangan berat sebesar 61,19% pada beton N20.

Untuk benda uji beton N30 yang direndam dalam larutan 2% H_2SO_4 mulai mengalami kerusakan akibat reaksi asam sulfat pada umur 7 hari dan terjadi penurunan berat sebesar 0,08 %. Untuk N30 pengukuran berat hanya sampai umur 77 hari karena benda uji dianggap telah mencapai kondisi kerusakan maksimal dengan total kehilangan berat sebesar 78,16 % dari berat awal.

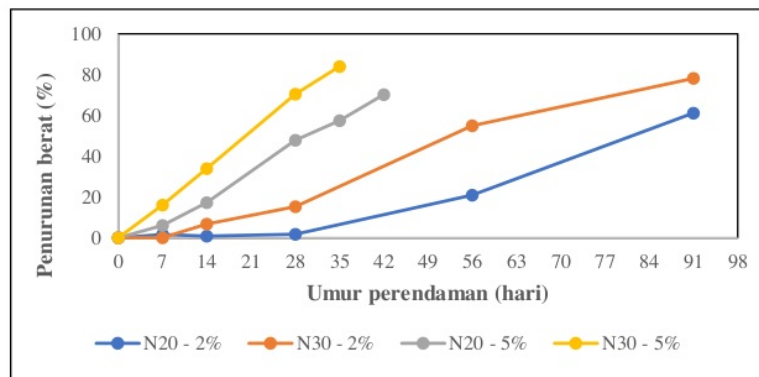
Tabel 7. Hasil pengujian penurunan berat akibat larutan 2% H_2SO_4 (gr)

| Benda Uji | Umur Rendaman (Hari) | | | | | |
|-----------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0 | 7 | 14 | 28 | 56 | 91 |
| N20 | 265.67 | 269.87 | 268.05 | 261.03 | 209.99 | 103.09 |
| N30 | 263.47 | 263.27 | 245.72 | 223.27 | 118.51 | 57.53* |

*Umur rendaman 77 Hari

Tabel 8. Hasil pengujian penurunan berat akibat larutan 5% H_2SO_4 (gr)

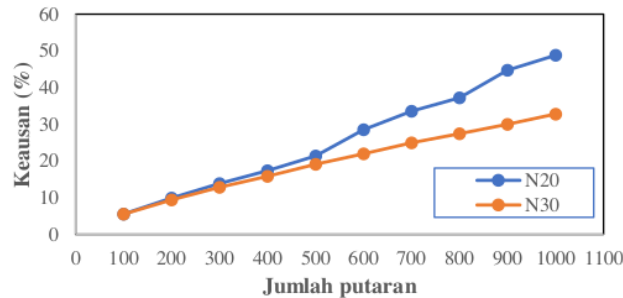
| Benda Uji | Umur Rendaman (Hari) | | | | | |
|-----------|----------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 0 | 7 | 14 | 28 | 35 | 42 |
| N20 | 264.07 | 247.78 | 218.53 | 137.77 | 112.23 | 78.58 |
| N30 | 265.67 | 222.94 | 175.33 | 78.39 | 42.55 | - |



Gambar 6. Penurunan berat (%) beton setelah direndam dalam larutan 2% dan 5% asam sulfat (H_2SO_4)

Ketahanan terhadap abrasi

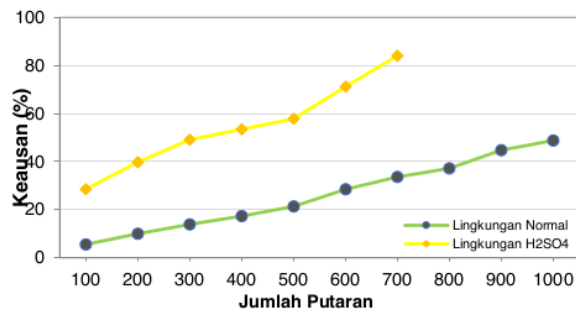
Gambar 7 menunjukkan nilai keausan kubus beton N20 dan N30 pada lingkungan normal (sebelum direndam dalam larutan asam sulfat). Perbandingan keausan kubus beton N20 sebelum dan setelah direndam dalam larutan 2% H₂SO₄ diperlihatkan pada gambar 8. Pengujian dihentikan pada putaran ke 700 karena hanya tersisa 4 kubus beton dari total 8 kubus beton. Terlihat pada gambar 8 persentase keausan beton meningkat pada lingkungan asam sulfat. Besarnya nilai keausan pada beton menandakan penurunan kualitas dan tingkat ketahanan beton terhadap lingkungan asam sulfat yang rendah.



Gambar 7. Keausan (%) kubus beton N20 dan N30 sebelum direndam dalam larutan asam sulfat (H₂SO₄)

Kuat tekan setelah direndam larutan asam sulfat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai kuat tekan beton sebelum dan sesudah bereaksi dengan asam sulfat selama masa perendaman. Benda uji yang digunakan adalah kubus beton N20 berdimensi 5x5x4 cm umur 28 hari curing normal dan setelah direndam dalam larutan 2% H₂SO₄ selama 91 hari. Nilai kuat tekan merupakan nilai rata-rata dari 5 benda uji.



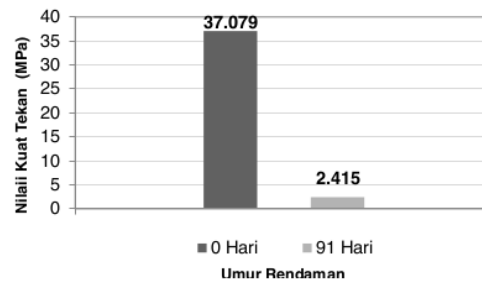
Gambar 8. Keausan (%) kubus beton N20 sebelum dan setelah direndam dalam larutan 2% H₂SO₄

Gambar 9 menunjukkan penurunan kekuatan pada kubus beton setelah bereaksi terhadap larutan 2% H₂SO₄. Kuat tekan kubus beton N20 memiliki kuat tekan sebesar 37.079 MPa sebelum direndam dalam larutan asam sulfat dan mengalami penurunan sebesar 99.065% setelah direndam selama 91 hari.

Menurunnya kuat tekan pada kubus beton dipengaruhi oleh perubahan dimensi dan bentuk benda uji setelah direndam larutan asam sulfat, yang merupakan salah satu faktor yang menentukan besarnya nilai kuat tekan pada beton. Perubahan bentuk terjadi karena adanya reaksi asam sulfat terhadap beton. Serangan sulfat mengakibatkan terjadinya pembengkakan volume sehingga terjadi keretakan dan kerusakan yang membuat semen terlepas dan mengurangi ketahanan serta kualitas dari beton.

Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) - 13

"Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan"



Gambar 9. Grafik nilai kuat tekan sebelum dan sesudah perendaman larutan 2% H₂SO₄ pada beton K-250

11 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan diskusi, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Kuat tekan kubus beton N20 mengalami penurunan kuat tekan rata-rata sebesar 99.065% setelah direndam dalam larutan 2% asam sulfat (H₂SO₄) selama 91 hari, sedangkan nilai keausan meningkat yang menunjukkan penurunan kualitas dan ketahanan terhadap abrasi.
- Kubus beton N20 yang direndam dalam larutan 2% H₂SO₄ selama 91 hari mengalami kehilangan berat rata-rata 61.19% dan sebesar 70,2% pada larutan 5% H₂SO₄ dengan umur uji selama 42 hari. Sedangkan untuk kubus beton N30 yang direndam dalam larutan 2% H₂SO₄ selama 77 hari mengalami kehilangan berat rata-rata sebesar 78,16 % dan 84,0% pada larutan 5% H₂SO₄ dengan umur uji selama 35 hari.
- Dari visual kubus beton yang telah direndam pada larutan asam sulfat (H₂SO₄) dengan konsentrasi 2% dan 5%, mengalami kerusakan yang lebih besar pada konsentrasi larutan tinggi. Kubus beton N30 mengalami kerusakan yang lebih besar dibandingkan dengan kubus beton N20 walaupun direndam pada larutan dengan konsentrasi yang sama.
- Penggunaan semen PCC pada lingkungan sulfat mempercepat kerusakan beton karena kandungan C₃A (Trikalsium Aluminat/ *Grossite*) yang besar sehingga pertumbuhan *ettringite* pada beton meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 211.1-91. (1991). Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.
- Antiohos, S. and Tsimas, S. (2005). "Investigating the Role of reactive Silica in the Hydration Mechanisms of High-Calcium Fly Ash/Cement Systems". *Cement and Concrete Composites*, Vol.27, Iss.3, 2, pp.171-181.
- Cizer, O., dkk. (2011). "Microstructural Changes In Self-Compacting Concrete By-Sulphuric Acid Attack". *Proceeding of the 13th ICCI International Congress on the Chemistry of Cement*, 1-7.
- Fernando, Pacheco-Torgal dan Jalali Said. (2010). *Resistance to Acid Attack, abrasion and leaching behavior of alkali-activated mine waste binders*.
- Neville. A. M. dan Brooks J.J. (2005). *Concrete Technology* :4th Edition. New York: Longman Scientific & Technical.
- Neville. A.M. (1995). *Properties of Concrete*. Prentice Hall.
- Paul Nugraha & Antoni. (2007). Diterjemahkan oleh Nugraha. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Skalny, J, dkk. (2002). *Sulphuric Attack On Concrete*. London dan New York: Spon Press.
- Standar Nasional Indonesia 1974-2011. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standar Nasional.
- Standar Nasional Indonesia 7064-2014. (2014). *Semen Portland Komposit*. Badan Standarisasi Nasional.

ORIGINALITY REPORT

% **10**
SIMILARITY INDEX

%
INTERNET SOURCES

% **10**
PUBLICATIONS

%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 Darmawan Adi Susanto, Aleksander Purba, Fauzan Murdapa. "Penerapan Beton Kekuatan Awal Tinggi Untuk Percepatan Pekerjaan Jembatan Cast in Place Balanced Cantilever Prestressed Box Girder", Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung, 2020 % **1**
Publication

2 Jenifer M.M. Kembuan, Deidy Y. Katili, Pience V. Maabuat. "PERTUMBUHAN BENIH IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) PADA BERBAGAI PADAT PENEBARAN YANG DIPELIHARA DALAM WADAH TERKONTROL", JURNAL ILMIAH SAINS, 2019 % **1**
Publication

3 Mansour Ghalehnovi, Naeim Roshan, Erfan Hakak, Elyas Asadi Shamsabadi, Jorge de Brito. "Effect of red mud (bauxite residue) as cement replacement on the properties of self-compacting concrete incorporating various fillers", Journal of Cleaner Production, 2019 % **1**
Publication

4

Ilham Adji Sucahyo, Hammam Rofiqi Agustapraja, Bobby Damara. "PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI CAMPURAN PAVING BLOCK (Ditinjau dari Kuat Tekan dan Resapan Air)", UKaRsT, 2020

Publication

% 1

5

R Irmawaty, H Parung, R Djamaluddin, A A Amiruddin, M P Faturrahman. "Mechanical Properties of Concrete Using Plastic Waste", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020

Publication

% 1

6

Tjaronge, M. Wihardi, Rita Irmawaty, Sakti Adji Adisasmita, Arwin Amiruddin, and Hartini. "Compressive Strength and Hydration Process of Self Compacting Concrete (SCC) Mixed with Sea Water, Marine Sand and Portland Composite Cement", Advanced Materials Research, 2014.

Publication

% 1

7

Seung Jun Kwon, Byung Yoon Min, Sang Soon Park. "Engineering Properties of Sewage Polymer Concrete Culvert", Journal of the Korea institute for structural maintenance inspection, 2012

Publication

% 1

8

Thomas, Blessen Skariah, and Ramesh

% 1

Chandra Gupta. "Long term behaviour of cement concrete containing discarded tire rubber", Journal of Cleaner Production, 2015.

Publication

9

P T Yuliana, S S Moersidik. "Study of integrated treatment of used bleaching earth cake from lubricant oil recycling process", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019

Publication

<% 1

10

Adnan, H Parung, M W Tjaronge, R Djamaluddin. "Compressive strength of marine material mixed concrete", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017

Publication

<% 1

11

Ali Syafi'urroziq, Yosef Cahyo Setianto Purnomo, Lucia Desti Krisnawati. "Pemanfaatan Serbuk Kaca dari Jenis Kaca Bening dengan Ketebalan 3-4 mm Sebagai Bahan Tambah dalam Pembuatan Batako", Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 2018

Publication

<% 1

12

Didik Hadi Prayogo, Ahmad Ridwan, Sigit Winarto. "PEMANFAATAN LIMBAH GYPSUM BOARD DAN BATU BATA MERAH UNTUK SUBSTITUSI SEMEN PADA PEMBUATAN BETON", Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik

<% 1

13

Fepy Supriani, Mukhlis Islam. "PENGARUH METODE PERLAKUAN DALAM PERAWATAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN DAN DURABILITAS BETON", Inersia, Jurnal Teknik Sipil, 2019

Publication

<% 1

14

M Mawardi, D Deyundha, R Zainul, R Zalmi P. "Characterization of PCC Cement by Addition of Napa Soil from Subdistrict Sarilamak 50 Kota District as Alternative Additional Material for Semen Padang", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018

Publication

<% 1

15

Arbain Tata, Irnawaty Irnawaty, Cavaruddin Cavaruddin. "Studi Karakteristik Agregat Pasir Pantai Mangoli, Sosowomo dan Loto dalam Komposisi Beton", TECHNO: JURNAL PENELITIAN, 2018

Publication

<% 1

16

Susilo Abadi Al-hasan, Sugeng Dwi Hartantyo. "PENGARUH LIMBAH PABRIK GULA MOLASE SEBAGAI BAHAN TAMBAH (ADMIXTURE) KUAT TEKAN BETON K-175 DENGAN MENGGUNAKAN PASIR LOKAL PASIR JOMBANG", UKaRsT, 2020

Publication

<% 1

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE ON
BIBLIOGRAPHY

EXCLUDE MATCHES < 5
WORDS