

**STRUKTUR MIKRO PADA BETON DENGAN LIMBAH BATU *ONYX*
SEBAGAI PENGANTI AGREGAT KASAR**

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Teknik



**KARISA RATIH NATALIA
NIM. 115060107111019**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

STRUKTUR MIKRO PADA BETON DENGAN LIMBAH BATU *ONYX* SEBAGAI PENGANTI AGREGAT KASAR

Karisa Ratih Natalia, EdhiWahyuni Setyowati, Eko Andi Suryo

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT.Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail : karisarana1009@gmail.com

ABSTRAK

Beton merupakan material konstruksi yang banyak digunakan pada berbagai macam elemen struktur bangunan. Beton terbentuk dari suatu pasta yang terbuat dari semen dan air beserta campuran agregat kasar dan halus. Setiap agregat kasar dan halus memiliki susunan molekul atau struktur mikro yang berbeda-beda yang sangat menentukan proses pembentukannya. Selama proses pembentukan terjadi perubahan sifat-sifat dan berpengaruh pada struktur mikronya. Kebutuhan akan material penyusun beton sangatlah tinggi sehingga inovasi untuk menggunakan material pengganti dilakukan dengan mengganti bagian beton dengan bahan yang lain, misalnya limbah batu *onyx*. Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji beton dimana agregat kasarnya diganti dengan limbah batu *onyx*. Kemudian dilakukan pengujian SEM (scanning electron microscope), edax dan XRD (x-ray diffraction) untuk melihat kenampakan struktur mikro, unsur-unsur penyusunnya serta fasa kristalnya. Dari hasil penelitian ini, struktur mikro antara beton dengan agregat kasar limbah batu *onyx* dan batu pecah memiliki perbedann yang tidak terlalu jauh. Beton normal memiliki pori-pori yang lebih banyak namun dengan diameter yang lebih kecil dan beton limbah batu *onyx* memiliki pori-pori yang sedikit namun dengan diameter yang lebih besar. Unsur utama dalam beton limbah batu *onyx* adalah CaK, SiK, dan OK untuk FAS 0,4; 0,5; 0,6 persentase massanya secara berurutan sebesar 31,36%; 35,65%; 32,11% kemudian 12,08%; 11,32%; 9,08% dan 36,95%; 32,75%; 37,37%. Pengaruh FAS pada kenampakan struktur mikro beton adalah semakin besar faktor air semennya maka akan terjadi penambahan air pada adukan pasta sehingga menyebabkan timbulnya rongga atau pori.

Kata-kata kunci : limbah batu *onyx*, faktor air semen, struktur mikro, *scanning electron microscope*.

ABSTRACT

Concrete is the construction materials which is widely used in various elements, building structures. Concrete formed by a paste which made from a mixture of cement, water, coarse and fine aggregate. Every coarse and fine aggregates have the different molecular structure or microstructure which is crucial process of formation. During the formation process, there are some properties changes and the effect on its microstructure. The necessary for concrete constituent material is really high, doing the innovation to use substitute materials by replacing section of concrete with other materials, such as onyx stone waste. This research was done by creating a sample of concrete that replacing its coarse aggregate with onyx stone waste. Then doing some tests with SEM (scanning electron microscope), EDAX (energy dispersive x-ray spectroscopy), and XRD (x-ray diffraction) to see the appearance of the microstructure, constituent elements, and crystal phase. From this research, the microstructure differences between concrete with onyx stone waste as the coarse aggregate and normal concrete is not too far away. A normal concrete has more pores but with a smaller diameter and then an onyx stone waste concrete has slightly pores but with a larger diameter. The main element in the onyx stone waste concrete is CaK, SiK, and OK to 0,4; 0,5; 0,6 of water cement ratio. The sequentially mass percentage according to the water cement ratio is 31,36%; 35,65%; 32,115 and 12,08%; 11,32% 9,08% and then 36,95%; 32,75%; 37,37%. The influence of water cement ratio on the microstructure's appearance of concrete is that if the water cement ratio get more great, there will be the more addition of water into mixed paste causing cavities or pores generated.

Keywords: onyx stone waste, water cement ratio, microstructure, scanning electron microscope.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang banyak digunakan pada berbagai macam elemen struktur bangunan seperti balok, kolom, pelat dan lain sebagainya karena selain kuat, beton juga mudah dibentuk menjadi ukuran yang beragam sesuai kebutuhan dengan biaya yang relative murah. Sifat beton yang mudah dibentuk dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air beserta campuran agregat kasar dan halus terkadang juga ditambahkan satu atau lebih bahan baik kimia maupun bukan kimia tentunya untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu.

Setiap agregat kasar dan halus memiliki susunan molekul atau struktur mikro yang berbeda-beda yang sangat menentukan proses pembentukan. Selama proses pembentukan bahan terjadi perubahan sifat-sifat dan berpengaruh pada strukturmikronya.

Struktur mikro berhubungan dengan teknologi bahan. Beton memiliki struktur mikro yang kompleks karena itu mikrostruktur mempermudah untuk mengetahui sifat-sifat dari material.

FAS (faktor air semen) merupakan hal terpenting dalam penentuan mutu beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi FAS terhadap struktur mikro beton.

Perkembangan dalam bidang konstruksi mengakibatkan semakin meningkatnya kebutuhan akan bahan dan material konstruksi namun hal ini juga mengakibatkan semakin berkurangnya sumber daya akan bahan dan material konstruksi sehingga sumber daya ini tetap harus dijaga keberadaannya untuk jangka waktu yang cukup panjang. Salah satu alternatif untuk menjaga sumber daya ala

mini ialah dengan memanfaatkan limbah batu *onyx*. Salah satu alternatif pemanfaatan limbah *onyx* adalah sebagai pengganti agregat kasar. Pemanfaatan limbah *onyx* yang ada saat ini biasanya digunakan sebagai pengganti keramik pada lantai teras atau kamar mandi. Hal ini menunjukkan bahwa masih kecilnya pemanfaatan atau proses untuk mengurangi limbah *onyx* ini. Sebagian besar yang tidak digunakan akhirnya hanya terbuang percuma.

Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahannya sebagai berikut:

- Apa perbedaan beton normal dengan beton *onyx*?
- Bagaimanakah indikasi elemen yang terkandung dalam beton dengan limbah batu *onyx*?
- Bagaimanakah pengaruh variasi FAS pada kenampakan struktur mikro beton?

Batasan Masalah

Dilakukan pembatasan masalah dalam penelitian ini agar pengamatan sesuai dengan tujuan penelitian. Batasan masalah diuraikan sebagai berikut:

1. Batu *onyx* yang digunakan sebagai agregat kasar diambil dari limbah sisa industri kerajinan batuan di Desa Gamping, Kecamatan Campur Darat, Kabupaten Tulungagung.
2. Menggunakan semen Portland tipe PPC.
3. Faktor kelembaban, suhu, dan cuaca lingkungan diabaikan.
4. Beton dibuat dengan nilai FAS (faktor air semen) sebesar 0,4; 0,5; 0,6.
5. Reaksi kimia maupun analisis kimia beton tidak dibahas.

6. Perubahan struktur mikro pada beton akibat penggunaan limbah batu *onyx* lebih dititik beratkan dalam pembahasan ini.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur mikro beton dengan limbah batu onyx sebagai agregat kasar kemudian mengetahui bagaimanakah indikasi unsure-unsur kimia dalam beton dengan limbah batu onyx serta mengetahui perbedaan yang terjadi pada setiap variasi faktor air semen beton.

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah Batu *Onyx*

Onyx adalah jenis chalcedony dan berbentuk kuarsa dengan warna putih dan warna hitam yang terbentuk dari metamorfosis batu kapur. Batu onyx ini merupakan golongan dalam batu kuarsa yang umumnya mengandung calsit (CaCO_3), dolomite [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$].

Limbah batu onyx yang digunakan adalah limbah sisa industri kerajinan batuan yang berbentuk bongkahan yang nantinya dipecah menjadi bentuk yang lebih kecil.

Limbah onyx ini memiliki ciri-ciri sebagai berikut (Candra, 2012):

1. Berwarna putih kecoklatan.
2. Permukaannya tajam dan keras, sehingga memberikan ikatan yang kuat pada semen.
3. Limbah onyx ini lebih bersih dari lempung dan lumpur yang dapat menghalangi ikatan dengan pasta semen.
4. Pasir limbah onyx memiliki karakteristik yang serupa dengan pasir sungai, namun pasir onyx ini berwarna putih kecoklatan dan

mempunyai butiran-butiran halus berukuran antara 0,5 mm dan 5mm yang dimana hampir mendekati karakteristik pasir yang berasal dari kikisan bebatuan di sungai.

5. Karakteristik kerikil onyx berukuran mulai dari 5mm sampai dengan 30mm.
6. Batu onyx tidak mengandung bahan organis, sehingga proses pengerasan semen tidak terhambat.

FAS (Faktor Air Semen)

Faktor air semen adalah hasil perbandingan kadar air dan semen yang diperlukan. Semakin rendah perbandingan air dan semen maka akan semakin kental campuran betonnya. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS akan semakin rendah mutu kekuatan beton.

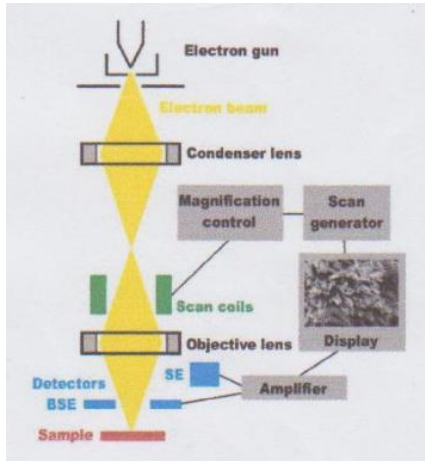
SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Scanning electron microscope (SEM) adalah alat menyerupai mikroskop elektron untuk melihat dan menyelidiki permukaan objek secara langsung. Dengan SEM kita dapat melihat objek dengan perbesaran mulai dari 10x hingga 3000000x.

Pemeriksaan SEM dapat menghasilkan informasi topografi (permukaan fitur objek), morfologi (bentuk dan ukuran partikel objek), komposisi (unsur dan senyawa pada objek), dan informasi kristalografi (bagaimana atom diatur di dalam objek). Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut:

1. Pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju sampel benda uji.

3. Sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika sinar elektron mengenai sampel, maka sampel tersebut akan mengeluarkan elektron baru yang kemudian diterima oleh detektor dan selanjutnya dikirim ke monitor.



Gambar 1 Skema SEM

EDX (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy)

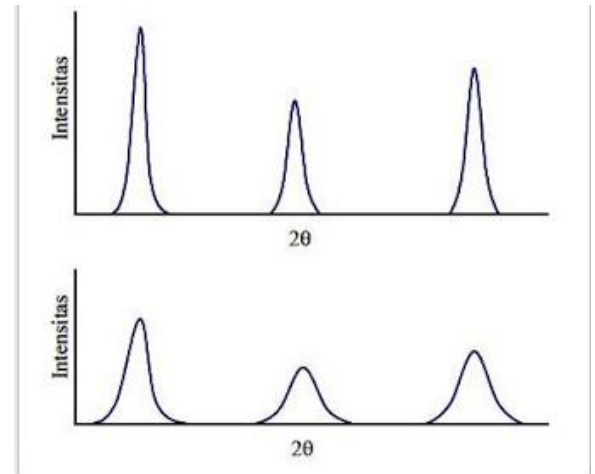
Energy dispersive x-ray spectroscopy (EDS atau EDX atau EDAX) adalah salah satu teknik yang bertujuan untuk mengidentifikasi persentase kandungan senyawa dalam benda uji.

Hasil dari EDAX diperoleh dari pancaran sinar-x yang akan dideteksi oleh *Energy Dispersive Spectrometer* (EDS) dan akan menghasilkan grafik yang mewakili kandungan unsur.

XRD (X-Ray Diffraction)

X-ray diffraction (XRD) adalah metode karakterisasi untuk mengidentifikasi fasa kristal dalam material serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Dengan metode difraksi, kita dapat mengetahui

jarak rata-rata antar bidang atom dan menentukan orientasi dari kristal tunggal.



Gambar 2 Ilustrasi Grafik Difraksi XRD

Pada gambar ilustrasi di atas, kristal yang berukuran besar dengan satu orientasi menghasilkan puncak difraksi yang mendekati garis vertikal dan kristal yang sangat kecil menghasilkan puncak difraksi yang sangat lebar. Tinggi, rendah dan lebarnya puncak difraksi tersebutlah yang memberikan informasi tentang ukuran kristal.

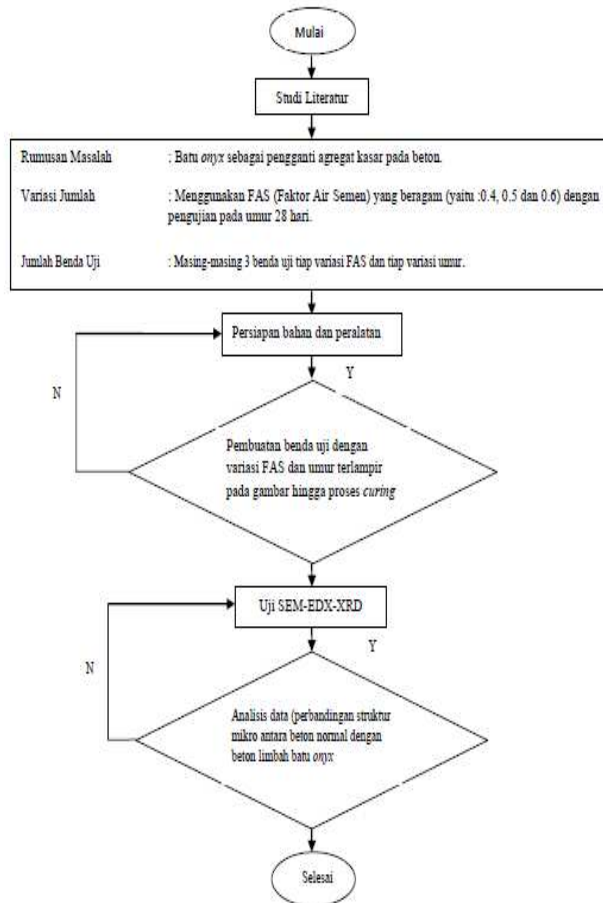
METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, benda uji dibuat Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Tekni Universitas Brawijaya. Pada proses pembuatan ini, limbah batu onyx digunakan 100% sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton. Sampel beton masing-masing dibuat dengan cetakan silinder berukuran diameter 8cm dan tinggi 16cm. Setelah sampel beton berumur 28 hari, sampel dimasukkan ke laboratorium untuk kemudian dilakukan pengujian. Pengujian SEM, Edax, dan XRD dilakukan di Laboratorium Sentral FMIPA Universitas Negeri Malang.

Tabel 1 Rancangan Pengujian

Variasi Benda Uji	Beton <i>Onyx</i>	Pengujian
0,4	1	3x
0,5	1	3x
0,6	1	3x
Jumlah Benda Uji	3	

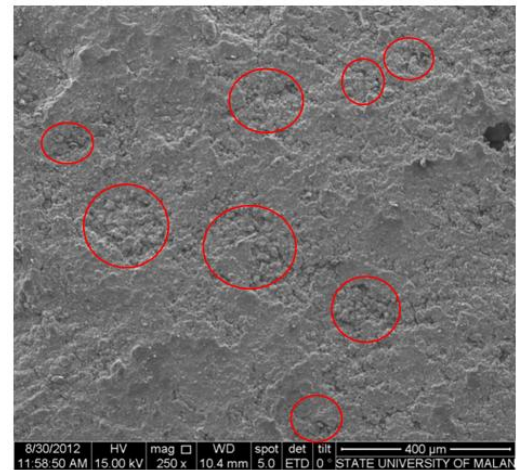
Digunakan satu buah benda uji untuk masing-masing variasi FAS beton dengan campuran agregat kasar limbah batu onyx. Sampel benda uji dipecah untuk mendapatkan potongan tipis dari sampel sehingga menjadi semi transparan yang berukuran kurang lebih 10mmx10mmx2mm.



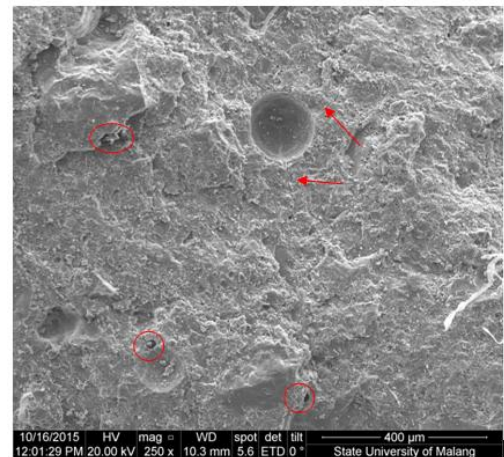
Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Hasil dan Analisis Beton Normal dengan Limbah Batu Onyx



Gambar 4 Foto SEM Beton Normal

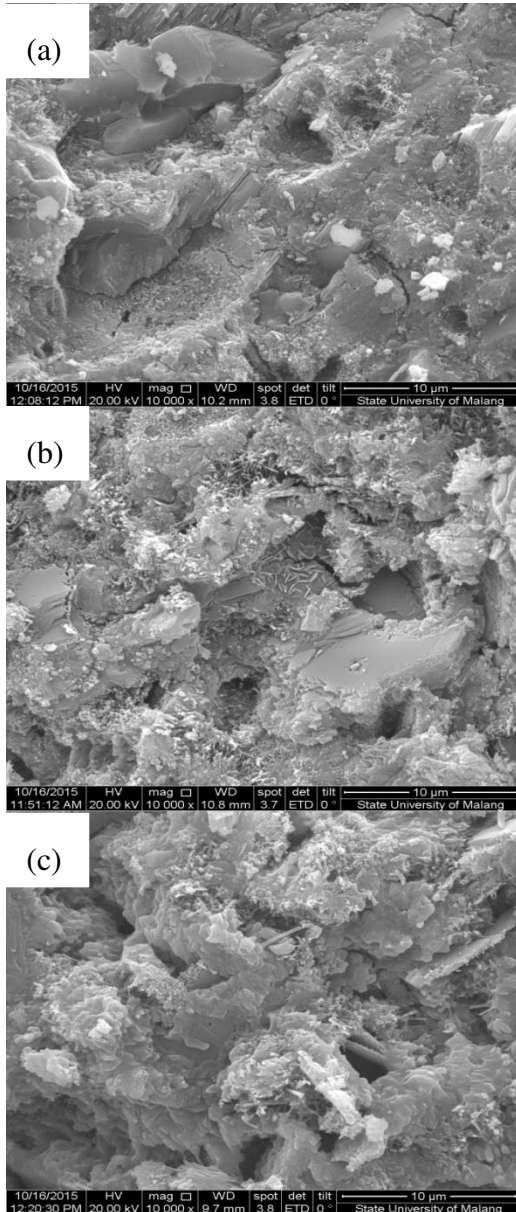


Gambar 5 Foto SEM Beton Limbah Batu Onyx

Gambar 4 dan gambar 5 di atas menunjukkan perbandingan foto SEM antara beton normal dan beton limbah batu onyx FAS 0,4 pada perbesaran 250x. perbedaan tersebut terdapat pada keberadaan pori-pori dan kenampakan ukuran porinya. Beton normal memiliki diameter pori-pori yang lebih kecil namun lebih banyak dari beton limbah batu onyx, pori ditandai dengan lingkaran merah. Kondisi foto SEM beton limbah batu onyx menunjukkan kenampakan permukaan yang bertekstur tajam

sertadidapati *microcrack* yang ditunjukkan oleh panah merah dalam gambar 5.

Pengamatan Hasil dan Analisis SEM Beton Limbah Batu Onyx FAS 0,4; 0,5; 0,6



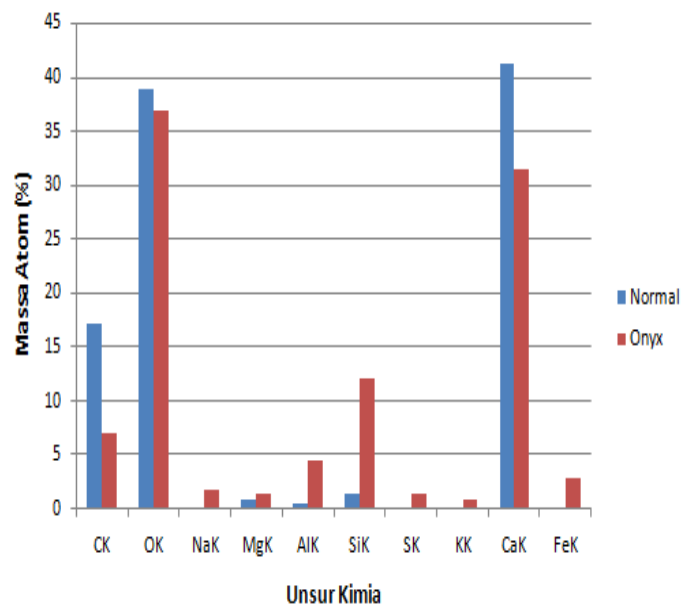
Gambar 6 Foto SEM Perbesaran 10000x

Gambar 6 adalah hasil foto SEM pengujian sampel beton limbah batu onyx. Gambar (a) adalah beton FAS 0,4 kemudian

gambar (b) adalah beton FAS 0,5 dan gambar (c) adalah beton FAS 0,6.

Dalam hasil foto, terlihat bahwa FAS yang lebih kecil memiliki kenampakan topografi yang lebih halus dan bersih. Pada beton FAS 0,6 terlihat lebih banyak pori dan permukaannya terlihat lebih kasar dan tajam apabila dibandingkan dengan FAS 0,5 dan 0,4 yang permukaannya lebih padat dan halus. Diameter pori pada beton FAS 0,6 lebih besar, namun tidak didapati *microcrack* seperti pada sampel beton FAS 0,5 dan 0,4. *Microcrack* tidak terlihat karena semakin besar faktor air semennya, semakin banyak timbul kerek-kerek berwarna lebih terang.

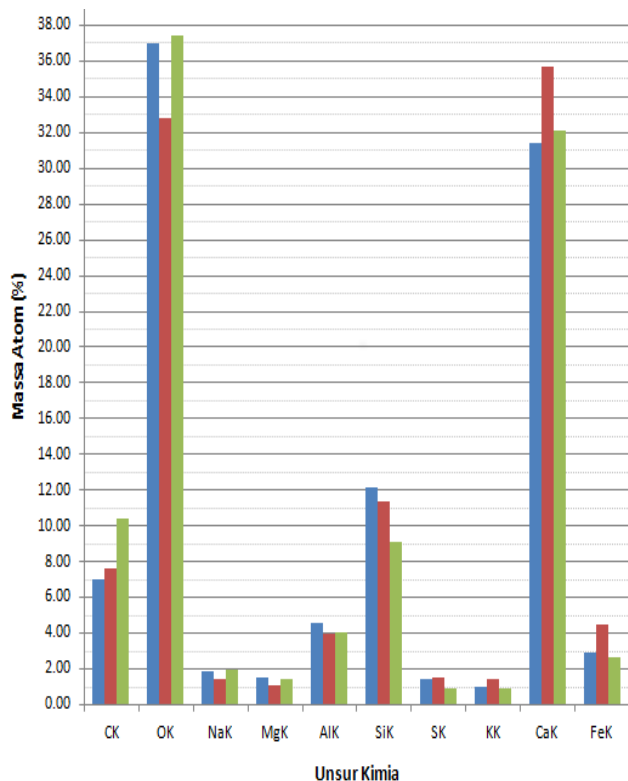
Hasil dan Analisis Edax



Gambar 7 Grafik Perbandingan Uji Edax antara Beton Normal dan Beton Limbah Batu Onyx

Pada gambar 7 menunjukkan bahwa beton limbah batu onyx teridikasi unsure yang lebih banyak dan beragam. Beton normal lebih banyak mengandung karbon, oksigen, dan kalsium. Sedangkan beton

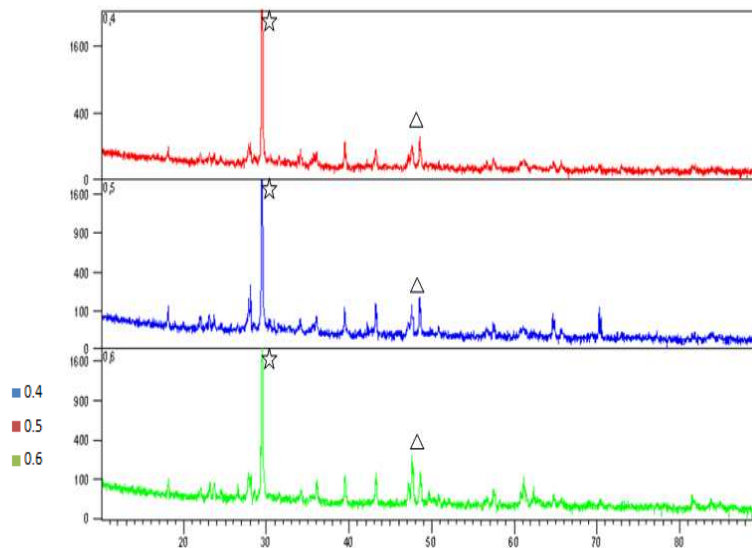
limbah batu onyx mengandung lebih banyak magnesium, aluminium dan silika.



Gambar 8 Grafik Hasil Uji Edax Beton Limbah Batu Onyx FAS 0,4; 0,5; 0,6

Hasil uji edax diambil pada perbesaran 2000x dimana titik tembak permukaan specimen yang di lihat berukuran 50µm. Gambar 8 adalah hasil uji edax beton limbah batu onyx FAS 0,4; 0,5; 0,6. Indikasi unsur senyawa utama adalah oksigen, silika dan kalsium. Ada beberapa unsur yang penurunan dan kenaikannya tidak dinamis. Seperti pada sampel FAS 0,5 memiliki jumlah presentase massa CaK lebih besar dan OK lebih kecil daripada kedua sampel yang lain. Kemudian juga terdapat penurunan unsur silika seiring bertambahnya faktor air semen.

Hasil dan Analisis XRD (X-Ray Diffraction)



Gambar 9 Perbandingan Hasil XRD Beton Limbah Batu Onyx FAS 0,4; 0,5; 0,6

Gambar 9 adalah hasil uji XRD beton limbah batu onyx FAS 0,4; 0,5; 0,6. Puncak difraksi yang ditandai oleh tanda bintang adalah fasa calcite (CCaO_3), untuk beton FAS 0,4 pada posisi sudut 29,47 memiliki intensitas radiasi sebesar 2219,45. Beton FAS 0,5 pada posisi sudut 29,45 memiliki Intensitas radiasi sebesar 1880,28. Sedangkan beton FAS 0,6 pada posisi sudut 29,49 memiliki intensitas radiasi sebesar 1728,03.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis, dan pembahasan mengenai struktur mikro pada beton dengan limbah batu onyx sebagai pengganti agregat kasar, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh yang ditimbulkan pada sifat fisis beton dengan menggunakan limbah batu onyx sebagai pengganti agregat kasar tidak terlalu berbeda apabila dibandingkan dengan beton normal.

- Beton normal memiliki pori-pori yang lebih banyak namun dengan diameter yang lebih kecil. Sedangkan pada beton limbah batu onyx terdapat sedikit pori namun dengan diameter yang lebih besar. Sehingga batu onyx dapat digunakan juga sebagai beton struktural.
2. Pada beton limbah batu onyx terindikasi 3 unsur utama yaitu CaK, SiK, dan OK. Persentase massa atom CaK untuk FAS 0,4 sebesar 31,36%, FAS 0,5 sebesar 35,65% dan FAS 0,6 sebesar 32,11%. Persentase massa atom SiK untuk FAS 0,4 sebesar 12,08%, FAS 0,5 sebesar 11,32% dan FAS 0,6 sebesar 9,08%. Persentase massa OK untuk FAS 0,4 sebesar 36,95%, FAS 0,5 sebesar 32,75%, dan FAS 0,6 sebesar 37,37%.
 3. Pengaruh variasi FAS pada kenampakan struktur mikro beton adalah semakin besar faktor air semennya maka akan semakin banyak pori dalam beton. Penurunan faktor air semen membuat struktur beton menjadi lebih massif. Karena dengan naiknya faktor air semen, akan terjadi penambahan air pada adukan pasta sehingga menyebabkan timbulnya pori atau rongga.

Saran

Penelitian ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Saran-saran dari proses dan hasil penelitian ini adalah:

1. Dalam pembuatan benda uji diperlukan ketelitian pada proses pengerjaannya agar benda uji yang dihasilkan memiliki kualitas yang lebih baik.
2. Penelitian ini tidak menggunakan banyak benda uji beton. Oleh karena itu diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk menggunakan benda uji yang lebih banyak agar didapatkan hasil yang lebih akurat dan lebih baik,

3. Perlu dicoba untuk membuat variasi beton dengan penggunaan limbah batu onyx yang halus sebagai bahan pengisi dari beton.

DAFTAR PUSTAKA

Aditya, Candra. 2012. *Pengaruh Penggunaan Limbah Pasir Onix sebagai Substitusi Pasir terhadap Kuat Tekan, Penyerapan Air, dan Ketahanan Aus Paving Block*. Malang: Widya Teknika.

Amri, Sjafei. *Teknologi Beton A-Z*. Jakarta: 2005.

Anonim, 2006. *Chapter 14. Sample Preparation for an Examination with The Scanning Electron Microscope*. file:///D:/kuliah/skripsi/Chapter%2014.%20Sample%20Preparation%20for%20and%20Examination%20With%20The%20Scanning%20Electron%20Microscope%20%20Petrographic%20Methods%20of%20Examining%20Hardened%20Concrete_%20A%20Petrographic%20Manual,%20July%202006%20-%20FHWA-HRT-04-150.html. (diakses tanggal 26 November 2015).

Anonim, 2010. *Chapter 9: The Use of X-Ray Diffraction and Scanning Electron Microscopy in High Volume Blended Cements*. <ftp://ftp.ecn.purdue.edu/olek/PTanikea/To%20Prof.%20Olek/Data/Glass%20in%20fly%20ash/Information/03chapter9part1.pdf>. (diakses tanggal 31 Desember 2015).

Anonim. 2013. *Mekanisme Reaksi Pengerasan Semen*. <https://endahmayyanti020.wordpress.com>.

com/2013/05/26/mekanisme-reaksi-pengerasan-semen/. (diakses tanggal 31 Desember 2015)

Echlin, Patrick. 2011. *Handbook of Sample Preparation for Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis*. Cambridge Analytical Microscopy, UK.

Grutzeck, Michael W., Kwan, Stephen. & DiCola, Maria. *Alkali Activated Autoclaved Aerated Concrete made with Fly Ash Derived Cenospheres: Effect of Fly Ash and Precuring Temperature*. Material Research Institute, MRL Building, The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802.

Laksono, Andromeda Dwi., Susanti, Diah., Sofyan, Hasnel. 2014. *Analisis Pengaruh Jenis Material Dosimeter Alam Berbasis Kuarsa dan Dosis Radiasi terhadap Respon Dosis*. ITS.

Mehta, P. Kumar. & Monteiro, Paulo J.M. 2006. *Concrete Microstructure, Properties, and Materials*, Third Edition.

Mulyono, Tri. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi. 2004.

Setyowati, Edhi Wahjuni., Soeharjono, Agoes., Wardana, IGN., Irawan, Yudy Surya. 2015. *The Micro Crack Growth Behavior on the Post-Fire Reinforced Concrete Beam*.

Shanmugavadivu, PM. 2014. *Chapter 7. Micro Structural Properties of Concrete with Manufactured Sand*.

SNI-03-1750-1990. Mutu dan Cara Uji Agregat Beton.

SNI-03-2847-2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.

SNI-03-6817-2002. Metode Pengujian Mutu Air untuk Digunakan dalam Beton.

SNI-15-2049-2004. Semen Portland.

Stutzman, Paul E. 2000. *Scanning Electron Microscopy in Concrete Petrography*. Building and Fire Research Laboratory. National Institute of Standards and Technology, USA.

Wibowo, Ari dan Wahjuni, Edhi. 2003. *Teknologi Beton*. Malang: Laboratorium Bahan Konstruksi. Jurusan Sipil.