

# INVESTIGASI KEKUATAN BETON SILINDER GEOPOLIMER ABU AMPAS TEBU

Cut Yusnar, Syukur Hidayat

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280 Buketrata-Lhokseumawe  
e\_mail : cut\_yusnar@yahoo.com

*Abstrak — Penambahan unsur-unsur seperti bahan material yang bersifat pozzolan pada campuran beton telah terbukti dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh mikrostruktural terhadap penggantian 10 % dari berat Portland semen dengan abu ampas tebu (sugarcane bagasse). Scanning Electromicroscopy Microscopy (SEM/EDX) memperlihatkan persentase dominan pada abu ampas tebu adalah unsure Silica sebesar 53 % disamping unsur lainnya seperti Carbon (C) dan Hidrogen (H). Pola ikatan unsure C-S-H pada mortar beton memperlihatkan pola ikatan type III pada usia awal dan pola ikatan I dan III pada mortar yang telah mencapai umur 28 hari. Tingkat porositas semakin berkurang seiring dengan bertambahnya umur mortar beton. Dengan berkurangnya porositas akan meningkatkan kepadatan dan peningkatan kekuatan tekan mortar beton. Tingkat porositas ini lebih rendah dibandingkan dengan mortar beton tanpa penambahan abu ampas tebu.*

*Key words : Mikrostruktur, silica, mortar beton, kuat tekan, porositas.*

*Abstract — The addition of elements such as pozzolan ingredients to concrete mixtures has been proven can increase the value of concrete compressive strength. This study aims to determine the microstructural effect on the replacement of 10% of Portland cement weight with bagasse ash (sugarcane bagasse). Scanning Electromicroscopy Microscopy (SEM / EDX) shows the dominant percentage of bagasse ash is Silica element 53% in addition to other elements such as Carbon (C) and Hydrogen (H). The C-S-H unsure bond pattern on concrete mortar shows a Type III bonding pattern at early ages and bonding patterns I and III on mortars that have reached the age of 28 days. Porosity level decreases with increasing age of concrete mortar. With the reduced porosity will increase the density and increase the compressive strength of concrete mortar. This porosity level is lower than that of concrete mortar without the addition of bagasse ash.*

*Key words: Microstructure, silica, concrete mortar, compressive strength, porosity.*

## I. PENDAHULUAN

Penambahan unsur Silica pada campuran mortar beton berdasarkan hasil penelitian – penelitian terdahulu menunjukkan peningkatan kekuatan kuat tekan beton. Sing et al (2000) melaporkan penambahan abu ampas tebu sebesar 10 % menunjukkan peningkatan inisial setting, semakin lama kuat tekan semakin meningkat dan lebih tahan terhadap lingkungan agresif.

Sri Haryano, et al ( 2008) melaporkan bahwa abu sekam padi dan abu ampas tebu harus dibakar pada suhu 700 C<sup>0</sup> untuk mendapatkan abu ampas tebu. Ismail dan Waliuddin (1996) guna memperoleh partikel yang amorphous untuk memperoleh abu ampas tebu diperoleh dengan membakar ampas tebu pada temperature 700 C<sup>0</sup> selama dua jam sampai diperoleh abu yang berwarna putih. Abu ampas tebu yang digunakan adalah yang berada pada kedalaman dua pertiga dari tumpukan pembakaran.

Katsuki, et al (2005) ukuran partikel setelah pembakaran diperoleh material yang amorphous yang mengandung silica murni, karbid silica dan tepung nitrit silica. Guna memperoleh bentuk yang kristalobolik dari partikel yang amorphous, tepung abu ampas tebu digiling dalam mesin Los Angelos dengan beban 36 Kg selama 2 jam. Selanjutnya tepung abu ampas tebu diayak dengan menggunakan ayak 200 µm untuk memperoleh partikel yang kristalobolik (R.Zerbino, 2012). Ukuran partikel kristalobolik ini memudahkan untuk bereaksi, sehingga proses reaksi silica –alkali dalam mortar beton menjadi lebih.

Saraswaty and Song (2007) melaporkan dalam penelitiannya bahwa penggantian 25 % sampai 30 % Portland cement dengan abu ampas tebu (Sugar Cane Ash) memberikan efek peningkatan kuat tekan pada umur beton yang lebih lanjut.

Hidrat – Kalsium – Silikat yang dikenal dengan ikatan H – C- S yang merupakan senyawa yang terjadi pada proses hidrasi pada pengikatan semen, Pada campuran tanpa adanya bahan tambahan menurut hasil penelitian Monteiro PJM (1993) dan Taylor HFW (1992) perbandingan antara unsur Karbon (C) dan Silikat (S) C/S adalah 1,5. Sedangkan pada campuran dengan tambahan unsur Silika yaitu dengan penambahan abu ampas tebu menurut Diamond S (1986) dan Malhotra VM ,etc (1996) rangkaian senyawa C-S-H dalam bentuk gel memperlihatkan tiga jenis type rangkain yaitu : type I adalah bentuk fibro-acircular, type II bentuk reticular (sisir madu) dan type III bentuk denser-almost sphere. Bentuk ikatan type I, II dan III berpengaruh terhadap workability beton mortar.

Masalah yang berkaitan dengan mikrostruktur Portland Cement didasarkan pada beberapa hal yaitu: kehadiran beberapa hidrat dengan variasi dan mikrostruktur yang bervariasi, kedua kehadiran pada phase aquoous dengan komposisi dan ukuran partikel yang bervariasi., perubahan mikrostruktur yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti ; kelembaban, temperature serta ditentukan juga oleh perilaku fisika dan mekanika material yang ditentukan oleh zona dengan mikrostruktur khusus yang terjadi pada tempat-tempat khusus disamping masalah yang biasa terjadi yaitu masalah interface antara material dan pasta semen.

Mikrostruktur tergantung pada kondisi fisik dan mekanikal property material, seperti kelecakan (workability), pengurangan air (water retension), kuat tekan, tegangan, Modulus Young's dan Poisson's Ratio.

Penelitian mengenai penggunaan material yang bersifat pozzolan seperti abu ampas tebu yang mengandung unsur Silica (S) dapat mengurangi porositas dan meningkatkan kuat tekan telah banyak dilakukan, namun penelitian lebih lanjut mengenai mikrostruktur beton mortar dengan menggantikan 30 % dari Portland Cement dengan 30 % abu ampas tebu perlu dilakukan investigasi lebih lanjut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Metode penelitian dimulai dengan studi literatur terhadap penelitian-penelitian terdahulu mengenai material yang bersifat cementitious. Berdasarkan penelitian terdahulu, maka

penelitian ini menggunakan material cementitious berupa abu ampas tebu yang mengandung senyawa  $\text{SiO}_2$  sebagai bahan pengganti semen alternatif dalam pembuatan benda uji mortar kubus. Pasir yang digunakan adalah yang lolos saringan 4,75 mm dengan berat jenis (Specific Gravity) 2,53, berat volume 1532,71 Gr/m<sup>3</sup> dan kandungan organik kurang dari 300 ppm.

Komposisi pasir yang digunakan untuk benda uji dengan Fas 0,45, Fas 0,50, dan Fas 0,55 adalah 1775 Gr, 1750 Gr, dan 1725 Gr Volume air yang digunakan didasarkan pada percobaan konsistensi dengan menggunakan *flowtable* untuk kondisi workability pasta baik yaitu sebesar 225 ml. Semen yang digunakan untuk semua Fas adalah 500 Gr. Jumlah persentase penggunaan abu ampas tebu yang digunakan sebesar 10 % dan 20 % dari jumlah semen .

## III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe dalam 2 tahap penelitian sebagai berikut :

- Tahap I berupa persiapan material agropolimer yaitu pengambilan material ampas tebu. Selanjutnya material ini dibakar pada suhu 700 C<sup>0</sup> . Pembakaran pertama dilakukan dengan menggunakan drum sampai menghasilkan material yang sudah terbebas dari unsur Carbonnya. Langkah selanjutnya material dibakar di dalam *furnace* sampai mencapai suhu 700 C<sup>0</sup>. Setelah dingin material abu ampas tebu dihaluskan sampai 45  $\mu\text{m}$  atau setara dengan material lolos saringan 200. Selanjutnya material lolos saringan 200 ini, sebelum digunakan pada masing-masing campuran terlebih dahulu diperiksa kadar Silica (Si) dengan peralatan SEM (Scanning Electron Microscopy). Dari hasil pemeriksaan diperoleh kadar Si pada abu tebu mengandung Silica (Si) sebesar 48,75 % . Standar kandungan Silika minimum adalah 32 % . Selanjutnya material agropolimer yang telah dihaluskan siap untuk digunakan sesuai dengan rencana campurannya..
- Tahap II adalah membuat benda uji (sample) sesuai rancangan campuran beton (Mix Design) baik untuk mortr beton dengan menggunakan semen hidrolis

maupun mortar beton dengan penambahan abu ampas tebu dengan fakator air semen (FAS) 0,45; FAS 0,5 ; dan FAS 0,55. Benda uji dibuat menggunakan cetakan kubus ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Setelah dipadatkan benda uji dilepas dari cetakannya dan dilakukan perawatan beton (curing).

- Tahap III pengujian kuat tekan benda uji.
- Pengujian mikrostruktur benda uji dengan menggunakan peralatan SEM. Benda uji dilubangi berbentuk silinder selanjutnya pecahannya diekstraksi. Sample yang diteliti adalah sample yang berumur 7 hari untuk benda uji control (tanpa penambahan abu ampas tebu) dan 28 hari untuk benda uji dengan kadar abu ampas tebu 10 % dan 20 % pada FAS 0,45, FAS 0,50 dan FAS 0,55. Sample dilapisi dengan material kuningan selanjutnya ditentukan perbandingan C/S ratio dengan menggunakan alat EDX (Energy Dispersive X rays) analisis.

### Tabel Benda Uji

Table 1 Rata-rata berat dan hasil kuat tekan beton silinder umur 28 hari untuk W/C 0,45

Persen Variasi Benda Uji	Berat Benda Uji (gr)	Kuat Tekan (MPa)
Portland Cement (PC)/ Kontrol	2250,52	168,81
SCHA 10 %	2270,67	108,06
SCHA 20 %	2390,05	87,90

Table 2. Rata-rata berat dan hasil kuat tekan beton silinder umur 28 hari untuk W/C 0,50

Persen Variasi Benda Uji	Berat Benda Uji (gr)	Kuat Tekan (MPa)
Portland Cement (PC)/Kontrol	2274,73	174,87
SCHA 10 %	2366,01	109,50
SCHA 20 %	2254,88	79,10

Table 3. Rata-rata berat dan hasil kuat tekan beton silinder umur 28 hari untuk W/C 0,55

Persen Variasi Benda Uji	Berat Benda Uji (gr)	Kuat Tekan (MPa)
Portland Cement (PC)/Kontrol	2267,93	159,35
SCHA 10 %	2264,63	133,46
SCHA 20 %	2271,98	140,57

Keterangan :

SCHA = Sugar Candy Husk Ash (Abu Ampas Tebu)

PC = Benda Uji tanpa Abu Ampas Tebu

## IV. HASIL DAN DISKUSI

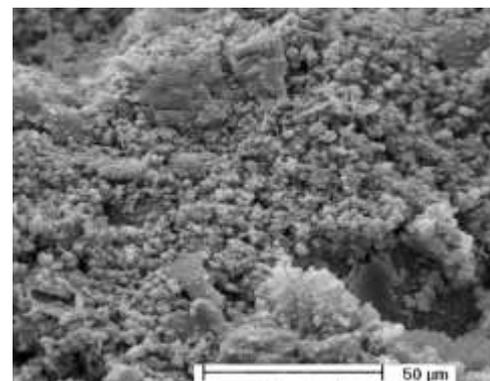
### Observasi Mikrostruktur Benda Uji Hasil Pemeriksaan dengan Peralatan SEM

Pada benda uji mortar beton dengan persentase abu ampas tebu 0 % (benda uji kontrol yang hanya menggunakan Portland Cement) bentuk rantai ikatan C-S-H adalah berbentuk tipe III (Denser-almost-Sphere) dengan perbandingan C/S rasio rata-rata 1,5. Untuk benda uji dengan menggunakan abu ampas tebu perbandingan C/S rasio berada antara 2,1 – 2,41 untuk benda uji dengan Fas 0,45, Fas 0,50 dan Fas 0,55 seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.

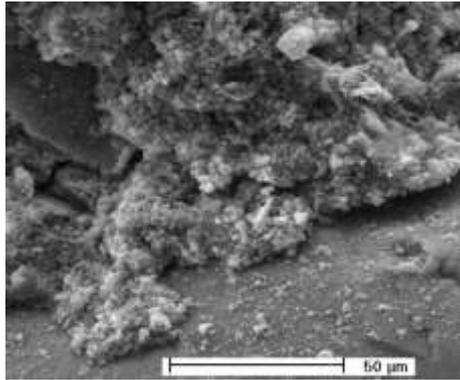
Tabel 4. Nilai Perbandingan C/S rasio pada Benda Uji dengan Umur 28 Hari

Persen Variasi Benda Uji	C/S Rasio Fas 0,45	C/S Rasio Fas 0,50	C/S Rasio Fas 0,55
Portland Cement (PC)	1,50	1,47	1,40
SCHA 10 %	2,32	2,2	2,1
SCHA 20 %	2,41	2,30	2,23

Kondisi mikrostruktur benda uji tanpa penambahan abu ampas tebu yang diuji pada umur 7 hari memperlihatkan gel ikatan rantai C-S-H membentuk rantai tipe III (denser-almost spheres) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1. Gambar 2 memperlihatkan morfologi mikrostruktur untuk benda uji kontrol umur 28 hari. Pada Gambar 2 type ikatan rantai C-S-H sudah membentuk rantai tipe II dengan kepadatan pasta (mortar beton) yang lebih padat dibandingkan dengan kepadatan mortar beton pada Gambar 1 dengan perbandingan C/S yang semakin menurun bila dibandingkan antara Fas 0,45, Fas 0,50 dan Fas 0,55.



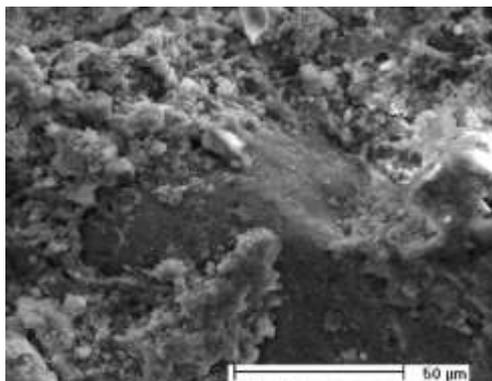
Gambar 1. Morfologi mikrostruktur benda uji dengan SEM tanpa penambahan abu ampas tebu yang diuji pada umur 7 hari.



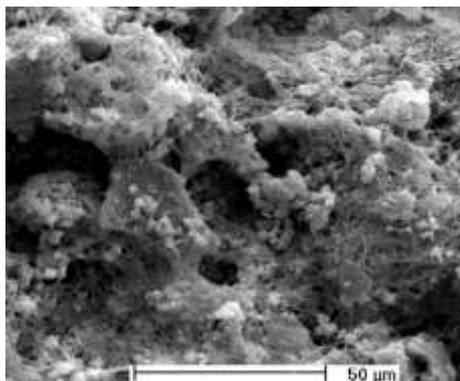
Gambar 2. Morfologi mikrostruktur benda uji dengan SEM pada penambahan 10 % abu ampas tebu yang diuji pada umur 28 hari

Morfologi mikrostruktur mortar beton berdasarkan Taylor HFW (1992) dan Malhotra VM (1996) tipikal morfologi mikrostruktur ikatan C-S-H terdiri dari: Tipe I (acicular), Tipe II (Honeycomb) tipe III (Compact) serta kristal Kalsium Hidroksid yang berbentuk kristal heksagonal.

Morfologi mikrostruktur mortar beton untuk benda uji dengan penambahan abu ampas tebu 10 % dan 20 % pada umur 28 diperlihatkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Morfologi mikrostruktur dengan SEM benda uji dengan penambahan 10 % abu ampas tebu pada umur 28 hari.



Gambar 4. Morfologi mikrostruktur dengan SEM benda uji dengan penambahan 20 % abu ampas tebu pada umur 28 hari.

Gambar 3 morfologi mikrostruktur dengan SEM dari tiga buah benda uji dengan penambahan 10 % abu ampas tebu pada umur 28 hari pada berbagai Fas memperlihatkan rantai C-S-H yang sama yaitu membentuk Kristal dengan tipikal III dengan kristal Kalsium Hidroksid membentuk rantai heksagonal. Perbandingan C/S rasio semakin mengecil pada Fas yang semakin membesar.

Gambar 4 morfologi mikrostruktur dengan SEM dari tiga buah benda uji dengan penambahan 20 % abu ampas tebu yang diuji SEM pada umur 28 hari memperlihatkan morfologi yang sama anantara benda uji dengan Fas 0,45, benda uji dengan Fas 0,50 dan benda uji dengan Fas 0,55 yaitu membentuk Kristal dengan tipika I dengan kapasitas rongga kapiler dalam beton dan membentuk presumpary yang disebabkan oleh reaksi hidrolisis akibat reaksi pozzolanik antara silica fume dan tepung hidrat. Morfologi mikrostruktur memperlihatkan bentuk rantai type I dengan tingkat perbandingan antara C/S yang semakin mengecil.

Proses pematatan yang terjadi pada berbagai kelompok Fas dan persentase pemberian abu ampas tebu disebabkan oleh proses pematatan. Proses pematatan merupakan efek dari kehadiran mikrofiller serta aktifitas material pozzolanik yang tinggi seperti penambahan abu ampas tebu pada campuran beton mortar. Dari hasil pengamatan proses pematatan ini hanya terjadi pada beton mortar dengan faktor usia yang melebihi 28 hari.

Penggantian 10 % dan 20 % dari semen dengan material abu ampas tebu telah menyebabkan pengerasan jangka panjang dimana sejumlah air yang terperangkap dalam senyawa C-S-H berevolusi dalam proses pematatan yang berefek terhadap peningkatan kuat tekan beton.

## V. KESIMPULAN

Pada sejumlah pengamatan mikrostruktur dari benda uji yang ditambahkan material filler pozzolanik terbukti tipikal ikatan rantai C-S-H terdapat ditemui adanya ikatan tipe I C-S-H (acicular), ikatan tipe II C-S-H (honeycomb), ikatan tipe III C-S-H (compact) serta bentuk Kristal kalsium hidroksid heksagonal. Pada benda uji control (benda uji tanpa menggunakan SiO<sub>2</sub> ikatan yang ditemui pada pengujian benda uji dengan peralatan SEM adalah ikatan C-S-H tipe III dan kalsium

hidroksid, akan tetapi belum dalam bentuk Kristal. Dari hasil pengujian dengan peralatan SEM memperlihatkan, bahwa setelah

#### DAFTAR PUSTAKA

- Diamond S, 1986, The Microstructures of Cement Paste in Concrete, In : Proceedings of the VII Congress on Cement Chemistry, Rio De Janeiro, Brazil, p.122 -47
- Ismail,M.S and Waliuddin.A.M, 1996, Effect of Rice Husk on High Strength Concrete, Construction and Building aterial 10 (11) : 521 – 526
- Malhotra VM, Mehta PK, In : Pozzolanic and Cementitious Materials Advances in concrete technology, vol 1, Ottawa, Canada: Overseas Publishers Association:
- R.Zerbino, etc, 2012, Alkali Silica Reaction in Mortar in Corporation Natural Rice Husk Ash, Construction and Building Material 36: 796 – 806
- Sri Haryono 2008., Kajian terhadap Betonp Polimer dengan Bahan Tambahan Abu Sekam Padi, Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Saraswati, V, andSong Ha – Wan, 2007, Corrossion Performance of Rice Husk Ash Blended Concrete, Construction and Building Material 21 : 1779 – 1784
- Singh, N.B, Rai, S, and Chaturreli, S, 2002, Hydration of Composite Cement, Progress in Christall Growth and Caracterization of Material, 171 – 174