

# Pengaruh penggunaan abu sekam padi terhadap sifat mekanis foam cement composite

Sari Ayu Luahambowo<sup>1</sup>, Syamsul Bahri<sup>2</sup>, Cut Yusnar<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

<sup>2</sup>syamsul\_b62@yahoo.com

**Abstrak**— Abu sekam padi (ASP) adalah limbah dari penggilingan padi yang belum dimanfaatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan abu sekam padi terhadap sifat mekanis *foam cement composite* (FCC). Abu sekam padi ditambahkan ke dalam campuran FCC dengan persentase 0%, 3%, 6%, 9% dan 12% dari berat semen. Metodologi yang digunakan untuk mencari komposisi FCC adalah *Trial & Error*. Benda uji yang digunakan untuk kuat tekan adalah kubus 100x100x100 mm sebanyak 60 buah untuk pengujian umur 1, 3, 7 dan 28 hari, benda uji silinder Ø150x300 mm sebanyak 10 buah untuk pengujian kuat belah umur 28 hari dan benda uji balok 100x100x500 mm sebanyak 10 buah untuk pengujian kuat lentur umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi terhadap FCC tidak berpengaruh terhadap kenaikan kuat tekan. Kuat tekan pada penggunaan 12% ASP diperoleh sebesar 34.09% dari FCC kontrol. Pada pengujian kuat belah dan kuat lentur terjadi peningkatan yaitu kuat belah meningkat sebesar 42,04% dan kuat lentur meningkat sebesar 7,17% dari FCC kontrol. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu sekam padi pada campuran FCC berpengaruh positif terhadap kuat belah dan kuat lentur.

**Kata Kunci**— Abu Sekam Padi, FCC, foam.

**Abstract**— Rice husk ash (ASP) is a waste from rice mills. This study aims to determine the effect of the use of rice husk ash on the mechanical properties of foam cement composite (FCC). Rice husk ash was added to the FCC mixture at a percentage of 0%, 3%, 6%, 9% and 12% by weight of cement. The methodology used to find the composition of the FCC is *Trial & Error*. The specimens used for compressive strength are 60x100x100 mm cubes of 60 pieces for the testing of 1, 3, 7 and 28 days of age, 10 cylindrical specimens of Ø150x300 mm for 10 days of splitting strength testing and 10x100x500 mm beam specimens of 10 for flexural strength testing at 28 days. The results showed that the use of rice husk ash to FCC did not affect the increase in compressive strength. Compressive strength on the use of 12% ASP was obtained at 34.09% from FCC control. In the testing of split strength and flexural strength, there was an increase, namely splitting strength increased by 42.04% and flexural strength increased by 7.17% from FCC control. So it can be concluded that the use of rice husk ash in the FCC mixture has a positive effect on splitting strength and flexural strength.

**Keywords**— Rice Husk Ash, FCC, foam.

## I. PENDAHULUAN

Deposit tanah lunak di Indonesia mencapai 20 juta hektar atau sekitar 10% dari luas daratan [11]. Permasalahan yang timbul pada tanah bermasalah ini adalah stabilitas dan penurunan timbunan. Sebagai salah satu opsi penanganan jalan dan abutmen jembatan di atas tanah lunak adalah dengan teknologi timbunan ringan mortar busa, dan istilah lainnya adalah *Foamed Cement Composites* (FCC).

Mortar busa adalah komposisi pasir, semen, air, busa dan mempunyai karakteristik berat isi yang ringan dengan kekuatan yang cukup tinggi sehingga diharapkan tidak terjadi masalah stabilitas dan penurunan timbunan maupun tekanan lateral berlebih pada kontruksi jalan dan jembatan. Sedangkan FCC adalah komposisi busa dan pasta semen.

Teknik pembuatan mortar ringan adalah dengan memasukkan rongga udara (*stable foam*) di dalam mortar dengan menggunakan *foaming agent*. Selanjutnya istilah lain mortar busa disebut dengan *foam cement composites*. Bahan pengisi (*filler*) diperlukan untuk meningkatkan viskositas dan menghindari terjadinya *bleeding* [15]. Bahan pengisi tersebut dapat berupa abu batu, *fly ash*, dan abu sekam padi.

Penggunaan mortar busa telah dilakukan pada oprit jembatan Kedaton, Cirebon, Jawa Barat yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan sepanjang 70 m dengan kedalaman 4,35 m [7]. Timbunan badan jalan dengan mortar busa skala penuh sepanjang 400 m dengan kedalaman 1,1 m dilakukan pada ruas jalan Pangkalan Lima – Kumai, Pangkalan Bun, Kalimantan Tengah [7]. *Foam agent* adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air [6]. [12] Penambahan *foam agent* ke dalam campuran adukan mortar akan menghasilkan material yang memiliki rongga udara dengan ukuran antara 0,1 mm sampai dengan 1 mm yang

tersebar merata pada mortar. Namun semakin banyaknya cairan busa yang digunakan maka akan membuat mortar tersebut semakin ringan, kekuatan kuat tekan beton tersebut terkorelasi linear dengan presentasi volume gelembung udara yang diberikan.

*Foam agent* yang umum digunakan adalah sintetik dan *protein based*. *Foam agent* yang terbuat dari *protein-based* menghasilkan gelembung-gelembung udara yang lebih kuat dan lebih banyak yang memungkinkan menghasilkan udara dengan jumlah yang banyak dan juga memberikan jaringan pori udara yang lebih stabil sementara sintesis menghasilkan luasan yang besar dan densitas yang rendah [4].

[8] Menggunakan *foam agent* pada beton busa dengan perbandingan 1 : 40 air. Pengaruh *foam agent* terhadap kuat tekan beton busa dengan persentase 20%, 40%, 60% dan 80% menghasilkan kuat tekan terbesar pada persentase 20% yaitu 7,92 Mpa.

Semen merupakan bahan ikat yang penting dalam campuran adukan FCC karena berfungsi untuk mengikat material sehingga menyatu dan mengeras seperti batuan. Akan tetapi, semen akan berhidrasi jika ditambahkan dengan air. Semen yang dicampur air disebut pasta semen, jika ditambah agregat halus akan menjadi mortar dan apabila ditambah agregat kasar akan menjadi beton segar [13].

Abu sekam padi (ASP) merupakan limbah yang diperoleh dari hasil pembakaran sekam padi. Abu sekam padi merupakan material yang bersifat *pozzolanic*, Abu sekam padi mengandung silikon dioksida yang sangat tinggi dan merupakan *pozzolan* yang sangat reaktif, cocok sebagai bahan tambah. Kandungan SiO<sub>2</sub> dalam abu sekam padi dapat mencapai sekitar 80% dan biasanya dikategorikan sebagai *pozzolan* reaktif. Abu sekam padi yang ditumbuk akan didapatkan ukuran partikel yang tepat karena ukuran partikel abu sekam padi mempengaruhi *workability* dan kekuatan beton

[5]. Abu sekam padi mampu untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen parsial dan mengurangi penggunaan sumber daya alam dalam proses pembuatan semen [9].

[22]Menggunakan abu sekam padi dengan persentase 0%, 25%, 35% dan 45% dan perbandingan *foam agent* 1:30 air menghasilkan kuat tekan terbesar 1,45 MPa pada persentase 25%. [20]Menggunakan FAS 0,4 pada beton busa dengan menggunakan abu sekam padi sebagai filler sebesar 20%. Penggunaan FAS 0,4 menghasilkan kuat tekan 1,47 MPa pada umur 28 hari.

Penelitian ini akan memberikan informasi sifat mekanis pada *foam cement composite* dengan menggunakan penambahan abu sekam padi, akan berpengaruh pada kuat tekan, kuat belah dan kuat lentur pada FCC. Selain itu penelitian ini bermanfaat untuk memberikan pengetahuan kepada mahasiswa Teknik Sipil khususnya peneliti tentang bagaimana merencanakan dan membuat mortar busa dengan memanfaatkan abu sekam padi dan industri mortar dapat memanfaatkan hasil penelitian dalam pembuatan mortar busa yang memanfaatkan abu sekam padi sebagai filler. Mortar busa dapat dimanfaatkan untuk menangani permasalahan pada konstruksi jalan dan jembatan di atas tanah lunak atau tanah gambut.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Material

Material campuran FCC yang digunakan dalam penelitian ini meliputi semen, air, *foam agent*, dan abu sekam padi.

### B. Komposisi Campuran

Metoda untuk *mix proportion* untuk FCC menggunakan metode *Trial & Error*. Pencampuran busa dengan pasta semen dilakukan dengan *pre mixer* yaitu dengan mempersiapkan busa terlebih dahulu dan kemudian dicampur dengan pasta semen. Pengadukan busa pasta semen dilakukan dengan alat pengaduk mekanis. *Density* yang direncanakan adalah  $\approx 800 \text{ Kg/m}^3$  dengan berat semen awal  $300 \text{ Kg/m}^3$  dan FAS yaitu 0.3. Variasi abu sekam padi yang digunakan adalah 0%, 3%, 6%, 9% dan 12% dari berat semen yang digunakan pada komposisi campuran. Perhitungan komposisi campuran menggunakan *Trial & Error* dapat diperoleh sebagai berikut:

$$W_{\text{campuran}} = W_{\text{semen}} + W_{\text{air}} + W_{\text{ASP}} + W_{\text{foam}} \quad (1)$$

Dimana:

- $W_{\text{campuran}}$  = Berat FCC segar *density*  $\approx 800 \text{ Kg/m}^3$  (Kg)
- $W_{\text{semen}}$  = Berat semen (Kg)
- $W_{\text{air}}$  = Berat air (Kg)
- $W_{\text{ASP}}$  = Berat abu sekam padi (Kg)
- $W_{\text{foam}}$  = Berat *foam*/busa (Kg)

TABEL 1  
JUMLAH KEBUTUHAN MATERIAL 1 M<sup>3</sup>

| No. | Mix ID  | Komposisi Bahan |             |             |              |                          |
|-----|---------|-----------------|-------------|-------------|--------------|--------------------------|
|     |         | Semen<br>(Kg)   | Air<br>(Kg) | ASP<br>(Kg) | Foam<br>(Kg) | Superplasticizer<br>(ml) |
| 1   | FASP-0  | 601             | 180         | 0           | 188          | 0                        |
| 2   | FASP-3  | 601             | 180         | 18          | 126          | 375                      |
| 3   | FASP-6  | 601             | 180         | 39          | 162          | 450                      |
| 4   | FASP-9  | 601             | 180         | 54          | 186          | 500                      |
| 5   | FASP-12 | 601             | 180         | 72          | 202          | 625                      |

### C. Benda Uji

Benda uji yang akan dipakai pada penelitian ini adalah benda uji kubus dengan ukuran 100 x 100 mm, silinder dengan ukuran 150 x 300 mm dan balok persegi panjang dengan ukuran 100 x 100 x 500 mm. Untuk pengujian dilakukan setelah beton umur 28 hari.

### D. Pengujian Sifat Fisis

Pengujian sifat fisis yang dilakukan yaitu pengujian berat jenis abu sekam padi (ASP). Hasil berat jenis dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\text{Berat Jenis} = \frac{\rho L (m_2 - m_1)}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)} \quad (2)$$

Dimana;

- $\rho L$  = *Density*
- $m_1$  = Berat botol (gr)
- $m_2$  = Berat botol + abu sekam padi (gr)
- $m_3$  = Berat botol + abu sekam padi + kerosene (gr)
- $m_4$  = Berat botol + kerosene (gr)

Karena pengujian menggunakan kerosene, maka nilai *density* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\rho L = \frac{m_4 - m_1}{V_{\text{botol}}} \quad (3)$$

### E. Pengujian Sifat Mekanis

Pengujian sifat mekanis FCC dilakukan saat FCC sudah mengeras. Sifat mekanis FCC terdiri atas sifat jangka pendek seperti kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur.

#### 1) Kuat tekan FCC

Berdasarkan [1] persamaan umum perhitungan kekuatan tekan beton adalah menghitung besarnya kuat tekan benda uji beton digunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_{tk} = \frac{P}{A} \text{ (Mpa)} \quad (4)$$

Dimana :

- $\sigma_{tk}$  = Tegangan tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)
- P = Beban Maksimum (N)
- A = Luas bidang tekan (mm<sup>2</sup>)



Gambar 1 Mesin uji kuat tekan dan kuat belah

2) *Kuat tarik belah FCC*

Berdasarkan [2] besarnya kuat tarik belah beton dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma_{tr} = \frac{2P}{\pi L D} \text{ (MPa)} \tag{5}$$

Dimana :

- $\sigma_{tr}$  = Tegangan tarik beton (N/mm<sup>2</sup>)
- P = Beban Maksimum (N)
- L = Panjang benda uji (mm)
- D = Diameter benda uji (mm)
- $\pi$  = 3,14

3) *Kuat lentur FCC*

Berdasarkan [3] perhitungan kuat lentur dibagi menjadi dua cara, yaitu :

a. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah).

$$\sigma_{lt} = \frac{P \times L}{b \times h^2} \text{ (MPa)} \tag{6}$$

b. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak diluar pusat dan jarak antara titik pusat

dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakan.

$$\sigma_{lt} = \frac{P \times a}{b \times h^2} \text{ (MPa)} \tag{7}$$

Dimana :

- $\sigma_{lt}$  = Tegangan lentur beton (N/mm<sup>2</sup>)
- P = Beban Maksimum (N)
- L = Jarak antar dua titik perletakan (mm)
- b = Lebar benda uji (mm)
- h = Tinggi benda uji (mm)
- a = Jarak rata – rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang



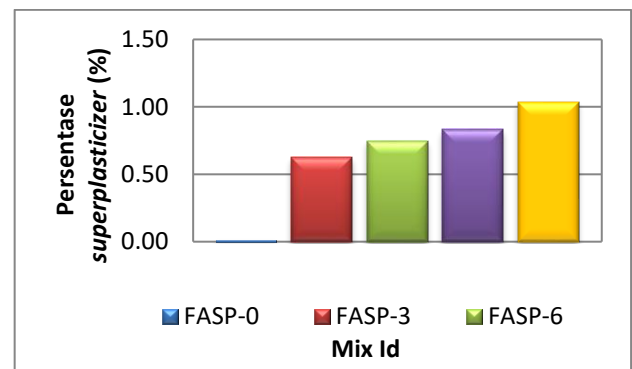
Gambar 2 Mesin uji lentur

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Pengujian Sifat Fisis*

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisis pada FCC yaitu untuk mengetahui berat jenis ASP dan *density foam*. Hasil pemeriksaan berat jenis ASP diperoleh sebesar 2.12, ASP yang digunakan pada penelitian ini dapat digunakan sebagai campuran pada FCC. Sebagaimana [18] juga menggunakan abu sekam padi dengan berat jenis sebesar 2,14 pengganti semen untuk campuran beton. Sedangkan pada pengujian *density foam* dari hasil pemeriksaan *density* diperoleh 50 gr/l, foam pada penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan campuran FCC, sebagaimana pernyataan [14] menyatakan *foam*/busa yang baik memiliki kepadatan atau *density* 45 gr/l.

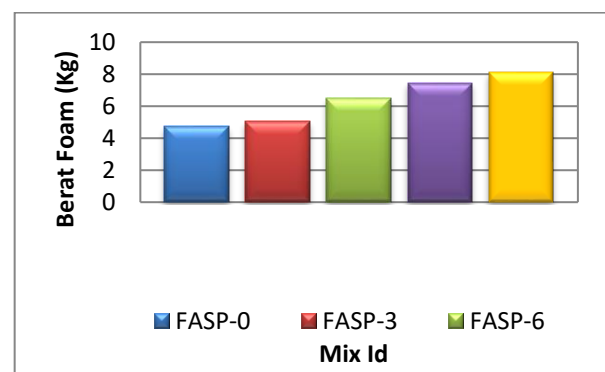
B. *Pengaruh Penggunaan Superplasticizer terhadap FCC*



Gambar 1. Persentase penggunaan *superplasticizer* pada campuran FCC

Gambar 1 menunjukkan peningkatan presentase penggunaan *superplasticizer* pada campuran FCC. Penggunaan *superplasticizer* semakin meningkat seiring bertambahnya presentase ASP pada campuran FCC. FASP-0 (0% ASP) tidak memerlukan *superplasticizer*, sementara penggunaan *superplasticizer* tertinggi terjadi pada FASP-12 (12% ASP) yaitu sebesar 1.04%. Hal tersebut disebabkan karena ASP menambah permukaan material dan selain itu juga terjadi penggumpalan, penggumpalan terjadi karena semen mengikat air sehingga diperlukan *superplasticizer* untuk melepaskan ikatan antara semen dan air untuk menghindari terjadinya gumpalan dan dapat mempermudah dalam pengadukan (*workability*) sehingga menjadi rata dan homogen. Hal ini sesuai dengan pernyataan [17] bahwa abu sekam padi membutuhkan kadar air yang lebih tinggi yang menyebabkan peningkatan *superplasticizer*.

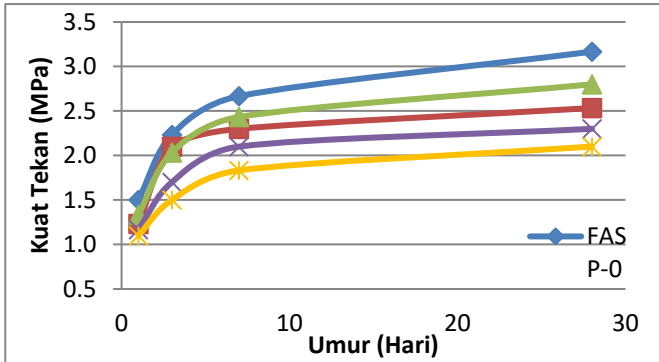
C. *Pengaruh Penggunaan Foam terhadap FCC*



Gambar 2. Penggunaan *foam* berhubungan dengan ASP pada FCC

Gambar 2 menunjukkan jumlah peningkatan *foam* pada campuran FCC. Semakin tinggi presentase penggunaan ASP pada campuran FCC meningkatkan penggunaan *foam*, penggunaan *foam* paling tinggi terjadi pada FASP-12 (12% ASP) yaitu sebesar 8.07 kg. Secara visual terjadi penggumpalan pada FCC yang menggunakan ASP yang dimaksudkan ASP menyerap air, untuk mendapatkan *density* sebesar  $\approx 800 \text{ kg/m}^3$ .

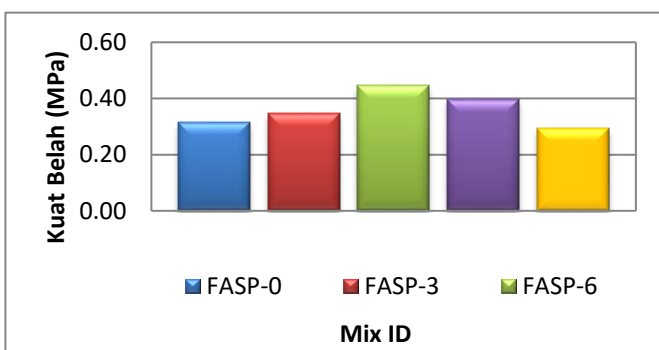
D. Pengaruh Penggunaan ASP terhadap Kuat Tekan FCC



Gambar 3. Perkembangan kuat tekan FCC terhadap penggunaan FCC

Gambar 3 menunjukkan perkembangan kuat tekan FCC dan terjadi penurunan kuat tekan terhadap penambahan ASP. Penambahan FASP-6 (6% ASP) menunjukkan kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan penambahan FASP-3 (3% ASP) turun sebesar 21.53%, FASP-9 (9% ASP) turun sebesar 27.81%, dan FASP-12 (12% ASP) turun sebesar 34.09% pada FCC. Pada FASP-6 (6% ASP) yaitu sebesar 2,8 MPa, turun sebesar 12,12% dari FASP-0 (0% ASP). Penyebab terjadinya peningkatan pada kuat tekan FASP-6 (6% ASP) mungkin dikarenakan adanya reaksi pozzolan dan keberadaan silika yang terkandung dalam ASP. Sebagaimana dijelaskan [15] peningkatan kuat tekan dapat dikaitkan dengan reaksi pozzolan dan keberadaan silika reaktif dalam abu sekam padi (ASP). Namun penyebab turunnya kuat tekan terjadi karena meningkatnya penggunaan abu sekam padi (ASP) pada campuran FCC sehingga volume *foam* yang digunakan semakin tinggi, sehingga FCC akan berongga dan membuat kuat tekan menurun. Hal ini sesuai dengan penelitian [16] bahwa penggunaan volume *foam* yang tinggi menyebabkan beton berongga sehingga kuat tekan rendah. Pengaruh penambahan *foam* terhadap kuat tekan adalah semakin banyak *foam* yang ditambahkan terhadap campuran (mix design) maka semakin rendah kuat tekan yang dihasilkan [8].

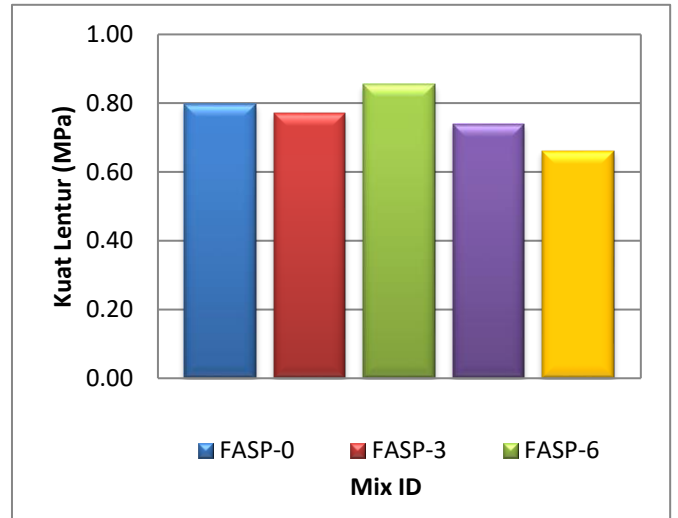
F. Pengaruh Penggunaan ASP terhadap Kuat Belah FCC



Gambar 4. Kuat belah FCC untuk berbagai campuran ASP pada umur 28 hari

Gambar 4 menunjukkan peningkatan kuat belah FCC untuk campuran abu sekam padi pada umur 28 hari. Kuat belah mengalami peningkatan pada FASP-6 yaitu sebesar 42,04% dari FCC normal. Sedangkan kuat belah terendah terjadi pada FASP-12 (12% ASP) yaitu sebesar -6,88% dari FCC normal.

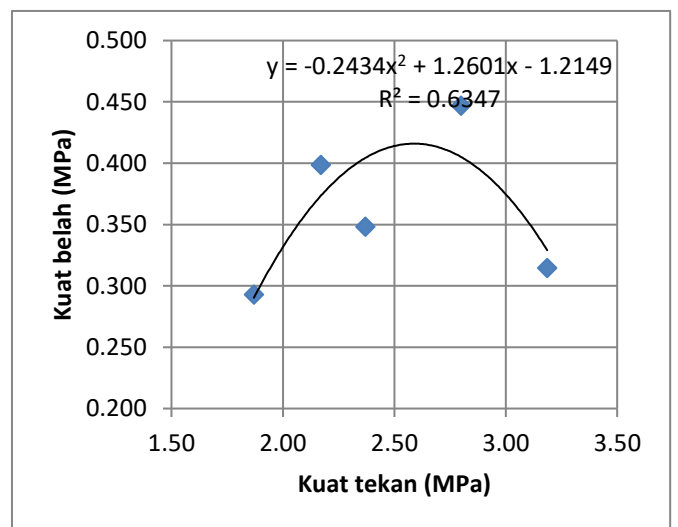
G. Pengaruh Penggunaan ASP terhadap Kuat Lentur FCC



Gambar 5. Kuat lentur FCC untuk berbagai campuran ASP pada umur 28 hari

Gambar 5 menunjukkan peningkatan kuat lentur FCC untuk campuran abu sekam padi pada umur 28 hari. Kuat lentur mengalami peningkatan pada FASP-6 (6% ASP) yaitu sebesar 7,17% dari FCC normal. Sedangkan kuat belah terendah terjadi pada FASP-12 (12% ASP) yaitu sebesar -17,17% dari FCC normal.

H. Hubungan Kuat Tekan FCC dengan Kuat Belah FCC

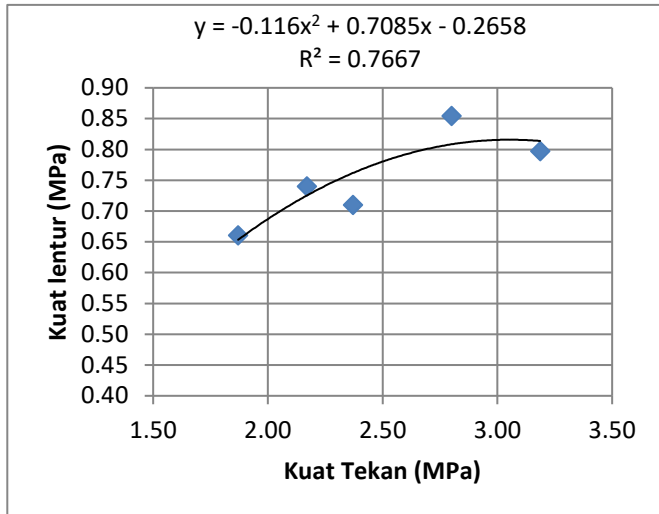


Gambar 6. Hubungan kuat tekan FCC dengan kuat belah FCC

Gambar 6 menunjukkan hubungan kuat tekan FCC dengan kuat belah FCC. Untuk mendapatkan nilai kuat belah FCC dapat menggunakan menggunakan persamaan  $y = -0.2434x^2 + 1.2601x - 1.2149$ , dimana  $x$  = kuat tekan FCC dan keakuratan hasil  $R^2 = 0.65$ . Pada penelitian ini nilai kuat belah FCC berkisar 10%-18% dari kuat tekan FCC.

I. Hubungan Kuat Tekan FCC dengan Kuat Lentur F

REFERENSI



Gambar 7. Hubungan kuat tekan FCC dengan kuat lentur FCC

Gambar 7 memperlihatkan hubungan kuat tekan FCC terhadap kuat lentur FCC, Untuk mendapatkan nilai kuat lentur FCC dapat menggunakan persamaan  $y = -0.116x^2 + 0.7085x - 0.2658$ , dimana  $x$  = kuat tekan FCC dan keakuratan hasil  $R^2 = 0.80$ . Pada penelitian ini nilai kuat lentur FCC berkisar 25%-35% dari kuat tekan FCC.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar penggunaan persentase abu sekam padi maka semakin meningkat volume foam untuk mencapai density  $\approx 800 \text{ kg/m}^3$ . Semakin besar penggunaan abu sekam padi yang digunakan pada campuran foam cement composite menyebabkan penurunan terhadap kuat tekan foam cement composite, namun kuat belah dan kuat lentur meningkat. Pada hubungan kuat tekan foam cement composite dengan kuat belah dan kuat lentur adalah semakin tinggi nilai kuat tekan foam cement composite maka semakin besar nilai kuat belah dan kuat lentur. Maka dari itu pada penelitian selanjutnya diperlukan pengkajian lebih lanjut tentang pengaruh penggunaan abu sekam padi terhadap sifat mekanis foam cement composite dengan menggunakan bahan tambah lain agar meningkatkan hasil sifat mekanis foam cement composite

- [1] Badan Standarisasi Nasional BSN, 1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. SNI 03-1974-1990. Jakarta.
- [2] Badan Standarisasi Nasional BSN, 2002, *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. SNI 03-2491-2002. Jakarta
- [3] Badan Standarisasi Nasional BSN, 2011, *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. SNI 4431: 2011. Jakarta.
- [4] Bestari, A. 2017. *Riview Sifat-Sifat dan Penggunaan Beton Busa (Concerete Foam)*. [Online] Tersedia: <https://id.scribd.com/document/365598747/Review-Sifat-Sifat-Beton-Busa> Pada 24 Maret 2019
- [5] Habeeb, G. A., Mahmud, H.B. (2010). " Studies on properties of rice husk ash and its use as cement replacement material." *Material Research* 13(2) : 185-190.
- [6] Husin A, Setiadji R. 2008. "Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton". Pusat Litbang Peremukiman. Bandung.
- [7] Iqbal, M. 2012. *Kajian Penanganan Tanah Lunak Dengan Timbunan Jalan Mortar Busa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jemabatan, Kementerian Pekerjaan Umum. Bandung.
- [8] Karimah, R., Yunan, R. dan Dhimas, Y. H. 2017. *Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan dan Koefisien Permeabilitas pada Beton*. Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Malang.
- [9] Kartini, K., Mahmud, H.B., Hamidah, M.S. (2010). "Absorption and permeability performance of Selangor rice husk ash blended Grade 30 concrete." *Journal of Engineering Science & Technology* 5 (1) : 1-16
- [10] Kimpraswil. 2002. No: Pt T-8-2002-B. *Timbunan Jalan Pada Tanah Lunak, Panduan Geometrik 1, Proses Pembentukan dan Sifat-Sifat Dasar Tanah Lunak*. Departemen Peremukiman dan Prasarana Wilayah.
- [11] Mardiyanto, D. 2013. *Pengaruh Penambahan Serat Aluminium pada Beton Ringan dengan Teknologi Foam terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik, dan Modulus Elastisitas*. Skripsi. Surakarta : Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- [12] Mulyono, T., 2004, "Teknologi Beton", Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- [13] Neville, A. M. dan J. J. Brooks. 1993. *Concrete Technology*, Logman scientific and Technical, New York.
- [14] Persson, B. 2000. *A Comparison Between Mechanical Properties of Self-Compaction Concrete and the Corresponding Properties of Normal Concrete*. Cement and Concrete Research. Vol. 31. Pergamon.
- [15] Putranto, Habsya, Rahmawati. 2017. *Pengaruh Fly Ash Sebagai Bahan Tambah Beton Ringan Foam Terhadap Berat Jenis Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Untuk Material Dinding Struktur*. Jurnal Ilmiah. Universitas Sebelas Maret.
- [16] Rasyid, N. H, Molla, M. K. A and Ahmed, T. U. 2010 "Durability of mortar in presence of rice husk ash", *World Acad. Eng. Technol.* 43 736-739
- [17] Rum, R, H, M. Z. M. Jaini., K. H. Boon., S.A.A. Khairuddin dan N.A. Rahman. 2017. "Fomed Concrete Containing Rice Husk Ash as Sand Replecement: an Experimental Study on Compressive Strength". *Materials Science and Engineering*. 271. 1-8.
- [18] Sathawane, Vairagade, Kene. 2013. "Combine Effect Of Rice Husk Ash And Fly Ash On Concrete Bya 30% Cement Replacement". Ahmedabad. Nirma University.
- [19] Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit KMTS FT UGM.
- [20] Triastuti dan Ananto, N. 2017. "Pengaruh Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanis Beton Busa Ringan". *Jurnal Teknik Sipil*. Vol. 24 No. 2.
- [21] Wahab, R. A., Mazlee, M. N., Shamsul, B. J. dan Khairul, N. I. 2013. *Effects of Fly Ash Addition on Compressive Strenght and Flexural Strenght of Foamed Cement Composite*. *Advnced Materials Research*. Vol. 795, pp 664-668.
- [22] Wahyuni, A.S., Chundakus, H. dan Ernawati, S.S. 2015." *Pengaruh Pemanfaatan Abu Sekam Padi Pada Bata Beton Ringan Foam Terhadap Kuat Tekan, Berat Jenis, Dan Daya Serap Air Sebagai Suplemen Bahan Ajar Mata Kuliah Teknologi Beton*". Pendidikan Teknik Bangunan. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.