

Pengaruh Penambahan Biokar Sekam Padi Terhadap Penyerapan Gas CO₂ Dan Kuat Tekan Pada Plester Dinding

Reza Arrafi Rasyid¹, Erdawati^{2,b)}, Darsef Darwis³

^{1,2,3} Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Pemuda No.10 Rawamangun Jakarta, Indonesia

^{b)}erda_wati_0912@yahoo.com

Informasi Artikel

Diterima pada tanggal

20/10/19

Direvisi pada tanggal

08/10/19

Diuupload pada tanggal

09/10/19

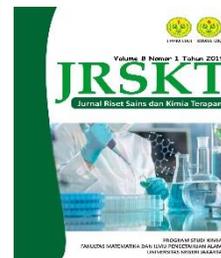
Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah sekam padi menjadi biokar sebagai zat aditif dalam mortar yang berperan sebagai absorben gas CO₂ di dalam mortar. Tujuan penelitian ini selain untuk memanfaatkan limbah sekam, tetapi juga untuk mengetahui pengaruh penambahan biokar sekam padi terhadap penyerapan gas CO₂ dan kuat tekan pada plester dinding. Pada penelitian ini biokar yang digunakan adalah biokar yang dipirolysis pada suhu 500°C selama 8 jam. Penambahan biokar dilakukan dengan presentase 0; 10; 12,5 dan 15% dalam campuran mortar dengan komposisi Portland Cement (PC):Pasir (PS) sebesar 1:4 dan faktor air semen sebesar 0,6. Selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan mortar dilakukan setelah perawatan 7 dan 28 hari dan serapan gas CO₂. Hasil dari pengukuran kuat tekan dan serapan gas CO₂ menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan presentase biokar dalam campuran mortar akan menurunkan kekuatan plester dinding dan penyerapan gas CO₂ pada plester.

Kata kunci: Biokar, karbon dioksida, kuat tekan, mortar.

Abstract

Biochar utilization in various fields of life, where biocar is an additive in mortar that acts as CO₂ absorbent in the mortar. This study aims to determine the effect of the addition of biochar rice husk form CO₂ absorption and compressive strength on wall plaster. The biochar used was characterized by SEM-EDX and FTIR, while the standard plaster samples, 10% biocar+plaster, and 15% biocar+plaster used SAA. In this study biocar which had been pyrolyzed at 500 °C at a pressure of 10 psi, then added at 0; 10; 12.5 and 15% in mortar mix with the composition of Portland Cement (PC):Sand (PS) was 1:4 and Portland Cement (PC): water (W) of 0.6. Mortar compressive strength testing on 7 and 28 treatment days. From the results of the study, the optimal percentage of biocar addition was 10% with compressive strength



of 18.5 MPa and CO₂ absorption of 0.14 ppm. More biochar additions to the plaster reduce the strength and absorption of CO₂ gasplaster.

Keywords: *Biochar, carbon dioxide, compressive strength, mortar*

1. Pendahuluan

Indonesia sedang melakukan pembangunan yang sangat pesat, diantaranya pembangunan jalur bebas hambatan dan sarana transportasi umum, yang mana industri konstruksi merupakan salah satu kontributor utama pembangunan Indonesia. Emisi CO₂ yang dihasilkan dalam industri konstruksi di timbulkan dari pembuatan semen yaitu pembakaran bahan bakar fosil dan proses kalsinasi batu kapur sebagai bahan baku (*rawmix*) [1]. Selain itu emisi lain juga dihasilkan dari pembakaran biomassa dan penggunaan transportasi dan industri-industri lainnya. Emisi yang dihasilkan menjadi masalah yang menarik untuk diatasi, karena kedepannya kualitas udara menjadi indikator kesehatan bagi masyarakat. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah peningkatan emisi ini dapat dilakukan penambahan zat aditif pada semen yang berperan sebagai penyerap CO₂.

Dewasa ini penggunaan beton dan mortar terdapat banyak penambahan filler kedalam campuran mortar dan beton seperti limbah industri keramik [2], abu ampas tebu [3] dan abu minyak kelapa sawit [4]. Biokar juga digunakan sebagai filler pada mortar karena biaya lebih murah. Harga mortar yang mengandung 1% biokar adalah 225,84 USD/m³. Biokar bermanfaat untuk meningkatkan kuat tekan mortar, meningkatkan sifat fisik dan mekanik mortar [5], sebagai pengganti semen untuk beton [5] dan pengganti semen pada mortar [6].

Biokar dari jerami padi yang mengandung SiO₂ lebih sesuai digunakan untuk bahan bangunan, karena dengan adanya reaksi SiO₂ dengan Ca(OH)₂, hasil hidrasi semen akan menghasilkan kalsium silikat hidrat, yang menyebabkan kekuatan mortar bertambah [7]. Pemanfaatan karbon organik sebagai zat aditif untuk semen, mampu meningkatkan adsorpsi karbon, dan ini sangat berguna pada infrastruktur [2]. Potensi biokar untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) sekitar 870 kg CO₂/ton bahan baku kering yang mencapai 62-66% penyerapan dan penyimpanan karbon oleh biokar [8]. Penggunaannya bergantung pada jenis dari bahan dasar dan faktor yang mempengaruhi proses pembuatannya.

Bebagai penyerap gas CO₂ telah banyak diteliti oleh berbagai peneliti. Kemampuan biokar dari serbuk gergaji dan biokar serbuk gergaji yang diaktivasi untuk menyerap gas CO₂ [9]. Biokar dibuat pada berbagai suhu dan proses adsorpsi dilakukan pada suhu 300 dan 700 °C. Komposit logam-biokar untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi biokar terhadap gas CO₂ [10]. Biokar dari kulit kelapa dibuat dengan cara pirolisis pada suhu 600 °C selama 1 jam. Untuk meningkatkan luas permukaan, biokar yang dihasilkan kemudian diaktivasi dengan KOH pada suhu 860 °C selama 1 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan aktivasi luas permukaan biokar naik dari 365 menjadi 1250 m²g⁻¹, dan kapasitas adsorpsinya terhadap gas CO₂ naik dari 1,9 mmol g⁻¹ menjadi 4,4 mmol g⁻¹ [11].

Indonesia memiliki potensi biomassa yang cukup besar terutama berasal dari sekam padi. Berdasarkan data statistik, pada tahun 2006-2008 total hasil panen padi di Indonesia mencapai 57,288 juta ton dengan jumlah sekam yang dihasilkan sebanyak 280 g/kg padi. Pemanfaatan sekam padi sebagai salah

satu adsorben alami karena secara komposisi kimia, sekam padi memiliki kadar karbon (arang) sebesar 1,33% dan silika 16,98% [12]. Sekam padi mengandung silika sebanyak 87-97% berat kering setelah mengalami pembakaran sempurna. Selain didukung oleh jumlah yang melimpah, silika sekam padi dapat diperoleh dengan sangat mudah dan biaya yang relatif murah [13]. Pada penelitian ini Biokar dari sekam padi digunakan sebagai filler untuk meningkatkan adsorpsi karbon dioksida pada mortar.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Pembuatan biokar

Sekam padi dikeringkan pada udara terbuka, kemudian dioven pada suhu 105 °C selama 24 jam. Selanjutnya dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis yang suhunya 500 °C dan dibakar selama 8 jam. Proses pirolisis yang digunakan merupakan jenis *slowpyrolysis*. Sebelum dilakukan pengujian karakterisasi terhadap bahan baku, terlebih dahulu dihilangkan kadar airnya dengan cara dipanaskan pada suhu 110 °C selama 24 jam.

2.2 Penentuan pH biokar

Sampel biokar ditambahkan aqua demineralisasi dengan perbandingan 1:20 dan dikocok selama 5 menit. Larutan kemudian diukur pH nya dengan denver pH meter.

2.3 Pengujian zat organik dalam agregat halus (SNI 03-1766-1900)

Sampel biokar pasir masing-masing dimasukan sebanyak 130 mL kedalam gelas ukur berukuran 200 ml. Kemudian ditambahkan dengan larutan NaOH 3% hingga 200 mL dan ditutup dengan plastik. Selanjutnya dikocok selama 20 menit. Sampel didiamkan selama 24 jam. Warna pada larutan atas dibandingkan dengan warna standar.

2.4 Pengujian berat jenis dan penyerapan biokar (SNI 03-1970-1990)

Sebanyak 3000 g biokar diayak dengan saringan No.4 (4,47 mm). Kemudian ditimbang sebanyak 1000 g, direndam selama 24 jam. Keesokan harinya air perendaman dibuang dan biokar dikeringkan. Biokar dicek dengan *metal sand cone mold* untuk menentukan berat jenis jenuh permukaan (SSD). Biokar ditimbang kembali sebanyak 500 g lalu dimasukkan ke dalam piknometer. Piknometer ditambahkan air suling sampai tanda tera. Sebagai pembanding digunakan piknometer yang berisikan air suling. Piknometer direndam air selama 24 jam. Selanjutnya ditimbang kembali piknometer + air dan piknometer berisi biokar. Benda uji dikeluarkan dengan hati-hati dan dikeringkan pada 100° C selama 24 jam.

2.5 Formulasi plester dinding

Perbandingan berat semen dan pasir 1:4 dimana faktor air semen yang digunakan sebesar 0,6. Plester dinding dibuat dengan perbandingan antara biokar:pasir:semen ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1. Perbandingan antara biokar, pasir dan semen

Campuran mortar	Perbandingan berat dalam mortar		Persentase biokar terhadap berat semen
	Semen	Pasir	
Sampel			0 %
Standar 1	1	4	10 %
Standar 2			12,5 %
Standar 3			15 %

2.6 Karakterisasi sampel

Sampel berupa biokar, plester standar, plester + biokar dikarakterisasi dengan berbagai instrumen untuk mendapatkan gambaran yang utuh mengenai efek penambahan biokar dalam plester. Uji morfologi dengan *Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS). Sedangkan penentuan gugus fungsi permukaan biokar menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

2.7 Uji penyerapan CO₂

Sampel berupa plester standar dan plester + biokar ditimbang, kemudian dijenuhkan dengan melewati CO₂ murni ke dalam tangki kaca tertutup rapat yang mengandung sampel. Sensor CO₂ ditempatkan di dalam tangki kaca untuk memantau konsentrasi CO₂ selama 2 jam. Penurunan konsentrasi CO₂ terjadi karena adanya proses adsorpsi oleh sampel dicatat setiap 10 menit selama periode pengukuran. Titik jenuh tercapai ketika pori-pori biokar benar-benar ditempati oleh molekul CO₂. Titik ini ditentukan ketika tidak ada penurunan lebih lanjut dalam konsentrasi CO₂ dalam tangki selama periode 30 menit. Setelah penjenjuran ditimbang kembali.

2.8 Pembuatan benda uji

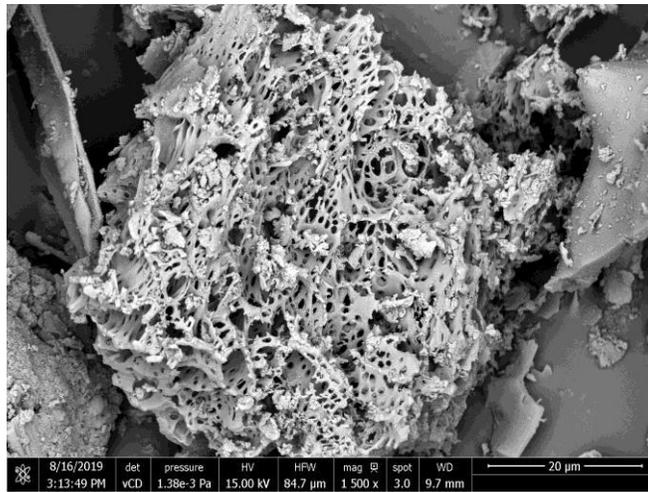
Semen Jakarta dimasukan kedalam alat mixing dan ditambahkan air lalu diaduk pada 140 rpm selama 30 detik. Kemudian ditambahkan biokar secara perlahan dengan persentase 0, 10, 12,5% dan 15% dari berat mortar dan diaduk pada kecepatan 140 rpm selama 30 detik. Selanjutnya kecepatan dinaikan hingga 285 rpm selama 30 detik. Kemudian didiamkan selama 75 detik tanpa ditutup dan kembali pada kecepatan 285 rpm. Adukan dalam cetakan diratakan dan disimpan dalam lemari lembab selama 24 jam. Benda uji dikeluarkan dari cetakan dengan hati-hati lalu direndam dalam air.

2.9 Pengujian kuat tekan plester (SNI - 03-6825-2002)

Benda uji dikeluarkan dari perendaman pada hari ke 7 dan 28 hari. Kemudian dikeringkan permukaannya dan didiamkan selama 15 menit. Benda uji yang telah kering ditimbang dan dicatat bobot sebelum pengujian. Mesin penekan disiapkan dengan mengukur tinggi benda uji. Benda uji ditekan dengan penambahan besarnya gaya tetap sampai benda uji pecah dan tidak dapat menerima tekanan lagi. Hal ini ditandai dengan jarum indikator yang tidak lagi bergerak atau menurun.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Penetapan morfologi dengan SEM-EDS.



GAMBAR 1. Hasil pengukuran dengan SEM pada biokar sekam Padi dengan perbesaran 1.500 kali

Gambar 1 menunjukkan bentuk morfologi dari sampel biokar. Dapat dilihat bahwa morfologi sampel biokar memiliki permukaan berpori yang tersebar merata, namun ukuran pori tidak seragam. Hal ini terjadi karena pori terkikis dan akhirnya beberapa pori membentuk satu pori yang besar. Dari pengolahan data SEM menggunakan aplikasi image J diketahui sampel biokar sekam padi memiliki pori-pori berukuran 3-7 μm , kondisi ini sangat menguntungkan karena hal ini dapat memperluas permukaan semen agar dapat menyerap gas CO_2 . Secara umum, material dengan permukaan berpori dan tersebar merata dapat memungkinkan menyerap CO_2 dengan jumlah besar. Selain partikel berpori, dalam sampel juga terdapat gumpalan amorf yang menunjukkan adanya silika.

Berdasarkan data pada Tabel 2 diketahui bahwa unsur yang terdapat pada biokar hanyalah C, O, Si, Cl dan K. Adanya Au dalam hasil analisis didapatkan dari pelapisan AuBr pada sampel. Seharusnya dalam sampel juga terdapat beberapa kation seperti Na, Mg, Al, K dan Ca [14]. Tidak ditemukan adanya kation tersebut dalam sampel dapat disebabkan oleh unsur hara yang diserap biomassa sampel selama pertumbuhan berbeda dan umur sampel yang cukup lama, karena metabolit sekunder dan mineral dalam sampel akan terurai dan kation yang terdapat dalam biokar akan lepas yang memberikan pengaruh terhadap pH biokar (penurun pH). Biokar sekam padi pada penelitian ini memiliki pH 6,08 sedangkan hasil penelitian sebelumnya menunjukkan pH biokar sekam padi yang dipirolisis pada suhu 350 $^{\circ}\text{C}$ memiliki pH 5,9. Dapat terlihat terjadi peningkatan pH seiring meningkatnya suhu pirolisis, hal ini selaras dengan alkalinitas biokar meningkat dengan meningkatnya suhu pirolisis.

TABEL 2. Unsur-unsur yang terdapat pada biokar

Unsur	Massa (%)	Atom (%)
C	37,62	79,28
O	6,95	11,00
Si	0,95	0,86
Cl	0,64	0,46
K	2,86	1,85
Au	50,98	6,55
Total	100	100

Lepasnya kation dalam biokar menyebabkan peningkatan karbon negatif pada permukaannya dan memiliki sifat reaktif pada bagian permukaannya, hal ini sangat baik untuk penyerapan gas CO_2 karena

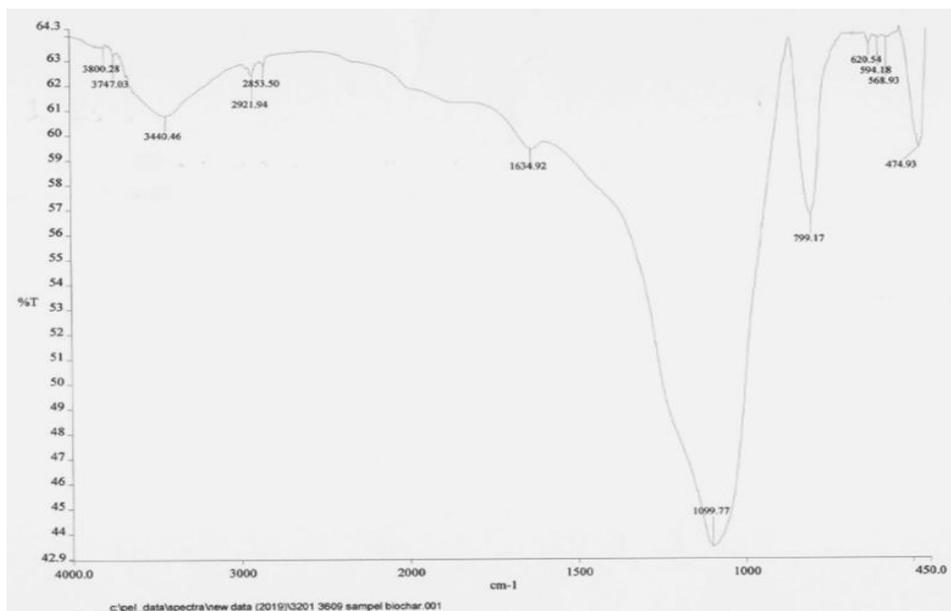
karbon negatif berperan dalam pengurangan karbon di atmosfer. Selain itu, lepasnya kation akan menyisakan karbon aromatik yang stabil pada bagian dalamnya seiring dengan pertambahan usia biokar (Yuan *et al.*, 2011), sehingga pada bagian dalam biokar memiliki sifat nonpolar yang berarti pada saat biokar ditambahkan dalam plester dinding akan mengurangi permeabilitas air pada plester dinding..

3.2 Penetapan gugus fungsi permukaan Biokar Menggunakan FTIR

Untuk mengetahui gugus fungsi dalam suatu sampel dapat digunakan instrumen FTIR. Pada prinsipnya setiap ikatan kimia akan memberikan respon jika diberi energi dalam jumlah tertentu yang bertujuan untuk mengurangi efek dari pertambahan energi agar dapat kembali dalam keadaan stabilnya. Hal ini juga berlaku bagi sinar inframerah yang frekuensinya mampu untuk membuat ikatan kimia melakukan vibrasi. Jenis vibrasi yang dapat terjadi yaitu *stretching* dan *bending*. Dimana keduanya dibedakan kembali berdasarkan arah vibrasinya. Vibrasi tersebut dibaca oleh detektor dengan mengukur intensitas sinar yang ditembakkan pada lamda tertentu.

Intensitas cahaya ini akan terbaca dalam spektra sebagai persen transmitansi dimana transmittan ini akan membentuk puncak (*peak*). Puncak-puncak ini akan mengindikasikan adanya suatu gugus fungsi tertentu. Berdasarkan spektra hasil serapan IR dapat diketahui gugus fungsi yang ada dalam sampel biokar yang ditunjukkan pada Gambar 9.

Berdasarkan spektra FTIR pada Gambar 2 dapat diketahui puncak pada $3440,46\text{ cm}^{-1}$ yang diidentifikasi sebagai vibrasi -OH dari Si-OH atau air. Hal ini dikarenakan air (H_2O) yang terikat secara fisika pada biokar dapat memberikan penyerapan pada spektra O-H yang besar, sehingga dihilangkan terlebih dahulu dengan pemanasan. Munculnya puncak pada $2921,24\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan serapan akibat vibrasi C-H menunjukkan adanya gugus alkana, sedangkan C=C diidentifikasi pada puncak $1634,92\text{ cm}^{-1}$ yang menandakan adanya gugus aromatik, puncak pada $1099,77\text{ cm}^{-1}$ mengidentifikasi adanya vibrasi ulur Si-O-Si. Mode *stretching* Si-O-Si teridentifikasi pada puncak $799,17\text{ cm}^{-1}$ dan pada puncak $474,93\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi *bending* Si-O-Si.



GAMBAR 2. FTIR Biokar dari sekam padi

hemiselulosa, pita serapan pada bilangan gelombang 1650-1550 dan 2000-2500 cm^{-1} menunjukkan vibrasi C=C aromatik yang berasal dari senyawa lignin [15]. Adanya pelebaran ke arah kiri pada puncak 810 cm^{-1} yang diduga sebagai tumpang tindih antara vibrasi C-H aromatik dan Si-O, dan pergeseran ke kiri dikarenakan vibrasi C=O. Pada panjang gelombang 659 cm^{-1} juga terdapat puncak yang diduga vibrasi dari Si-O kristobalit [16]. Hasil pembacaan FTIR ini ada perbedaan dengan data scanning EDX yang telah dilakukan. Dimana sampel terdiri dari atom C, H, O, Si, Cl dan K pada data EDX, sedangkan pada FTIR senyawa K dan Cl tidak teridentifikasi. Hal ini dikarenakan intensitas vibrasi yang terbaca terlalu kecil sehingga masuk dalam daerah fingerprint.

3.3 Analisis Permukaan Dan Porositas Metode BET Dan BJH

Pengukuran porositas dan luas permukaan dilakukan menggunakan metode luas permukaan Brunauer–Emmett–Teller (BET) dengan instrumen *Surface Area Analyzer*. Alat ini menggunakan prinsip mekanisme adsorpsi gas pada permukaan sampel padatan pada suhu konstan. Dimana dengan pendekatan BET, menggunakan asumsi bahwa adsorben dapat menyerap hingga multilayer dan BET dapat memberikan gambaran yang lebih baik pada adsorpsi fisik seperti biokar. Dengan mengukur jumlah gas yang diserap pada permukaan padatan dalam tekanan dan suhu tertentu, maka akan didapatkan volume gas yang diserap pada suhu dan tekanan tertentu. Berdasarkan hasil pengujian dengan SAA diketahui beberapa data yang ditunjukkan pada Tabel 3.

TABEL 3. Karakteristik luas permukaan dan pori plester tembok.

Sampel	Massa setelah degassing (g)	Luas permukaan (m^2g^{-1})	Volume pori (cm^3g^{-1})	Ukuran pori setelah degassing (nm)	Tipe kurva isoterm
Plester + biokar 10%	0,1600	16,4714	0,061960	15,04666	IV
Plester + biokar 15%	0,3100	14,9021	0,043882	11,77879	IV
Biokar standar	0,2900	18,1320	0,060836	13,42080	IV

Dari penelitian sebelumnya diketahui luas permukaan, volume pori dan ukuran pori pada biokar masing masing sebesar 27,2855 mg^3 ; 0,034939 cm^3g^{-1} dan 5,12200 nm dengan tipe kurva isoterm adsorpsi tipe IV. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa biokar memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan mortar standar, mortar dengan penambahan 10 dan 15% biokar. Namun, biokar memiliki volume pori dan luas permukaan yang lebih kecil. Biokar yang digunakan memiliki ukuran pori yang beragam dan memiliki pori-pori yang rapat dan banyak. Hal ini dapat diasumsikan bahwa pori-pori tersebut telah mengalami pengikisan sehingga beberapa pori membentuk satu ruang pori yang lebih besar, sehingga volume pori dan luas biokar berkurang, akan tetapi meningkatkan luas permukaan dan pori pada mortar. Hal ini menguntungkan karena luas permukaan dan pori dan volume pori pada pelster dapat meningkatkan kapasitas serapan gas CO_2 pada plester dinding. Penyerapan gas CO_2 akan meningkat dengan luas permukaan yang lebih besar atau ukuran sekam padi yang lebih kecil [17] [18].

Metode penentuan distribusi ukuran mesopori dari isoterm adsorpsi yang biasa digunakan adalah berdasarkan model BJH (Barrett, Joyner, and Halenda). Berdasarkan kurva distribusi ukuran pori yang

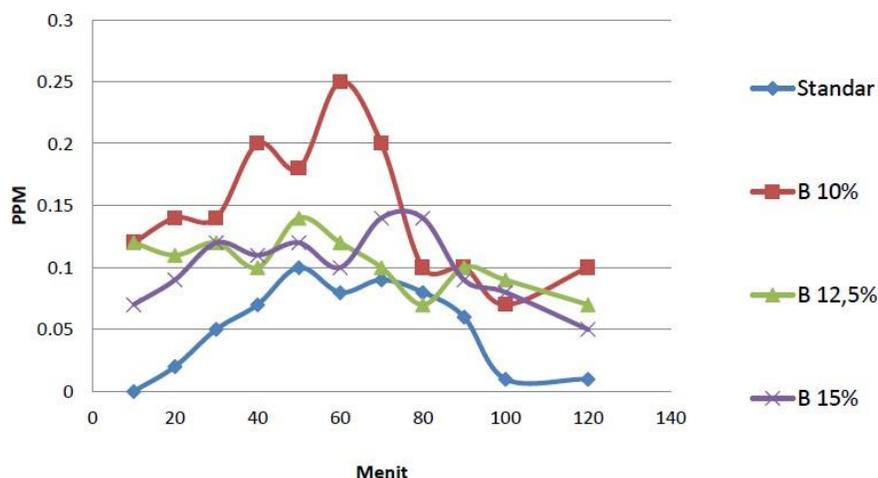
ditunjukkan Gambar 3 dapat diketahui ukuran distribusi pori pada mortar standar dan mortar + biokar 10% hampir sama yaitu kisaran 4-5 nm. Namun dari data tersebut dapat diketahui bahwa mortar standar merupakan material *non-porous*, sedangkan mortar + 10% mortar menunjukkan sedikit peningkatan distribusi pori dan mortar + 15% biokar memiliki ukuran pori kisaran 3-4 nm. Hal ini menunjukkan dengan penambahan biokar dalam mortar dapat meningkatkan sifat porositas pada mortar dan menguntungkan karena dapat meningkatnya kemampuan serapan gas sehingga penambahan biokar dalam mortar dapat meningkatkan serapan gas CO₂. Peningkatan sifat porositas pada mortar dengan penambahan biokar di sebabkan pembentukan rongga udara pada bidang tarik karena penambahan biokar karena ukuran partikel dan pori alami yang halus, dosis biokar yang tinggi membuat udara yang terperangkap menimbulkan rongga saat mortar mengeras [19].

3.4 Pengukuran Serapan Gas CO₂

Penyerapan pada biokar dan plester dinding dapat ditentukan melalui pengujian yang didasari penambahan berat mortar setelah penyerapan gas CO₂ atau dengan mengukur pengurangan kadar gas CO₂ dalam udara di sekitar plester atau biokar.

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa serapan gas CO₂ pada mortar memiliki serapan yang paling rendah dibandingkan dengan mortar dengan penambahan biokar. Hal ini disebabkan mortar standar merupakan material non-porous yang diketahui melalui pengukuran luas permukaan dan distribusi porinya menggunakan instrumen SAA. Sedangkan pada penyerapan gas CO₂ pada mortar dengan penambahan biokar menunjukkan peningkatan, hal ini dikarenakan penambahan biokar menyebabkan pembentukan rongga udara pada bidang tarik karena penambahan biokar yang berlebihan. Karena ukuran partikel dan pori alami yang halus, dosis biokar yang tinggi membuat udara yang terperangkap menimbulkan rongga saat mortar mengeras [8]. Penyerapan gas CO₂ akan meningkat dengan luas permukaan yang lebih besar atau ukuran sekam padi yang lebih kecil. [17][18].

Penyerapan gas CO₂ pada presentase biokar 12,5 dan 15% menunjukkan serapan yang tidak lebih tinggi dibandingkan penambahan biokar 10%. Hal ini dikarenakan luas permukaan dan pembentukan pori pada permukaan mortar dengan presentase biokar 12,5% dan 15% lebih kecil dibandingkan dengan mortar dengan presentase biokar 10%. Namun serapan gas CO₂ pada mortar dengan presentase biokar 15% memiliki serapan lebih tinggi dibanding mortar dengan mortar dengan presentase biokar 12,5%, hal ini dikarena distribusi pori pada mortar dengan penambahan biokar 15% lebih baik sehingga lebih mudah untuk menyerap gas CO₂. Penambahan biokar pada mortar meningkatkan serapan gas CO₂ dari 10,88867 ppm menjadi 10,928 ppm [20].



GAMBAR 4. Kurva penyerapan gas CO₂ pada plester standa dan plester + biokar.

3.5 Uji Pendahuluan

Pada penelitian ini digunakan pasir yang berasal dari Cilegon. Struktur pasir yang tidak rata dan memiliki ukuran beragam akan mendukung proses pengikatan semen, dimana serat hasil kristalisasi semen akan dapat masuk ke celah yang ada dalam butir pasir dan memperkuat struktur campuran. Sebelum melakukan uji pendahuluan terlebih dahulu pasir disaring dengan lolos saringan No. 16, kemudian pasir dicuci hingga bersih dan dikeringkan hingga mencapai kondisi jenuh kering (SSD).

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan hasil uji pendahuluan pada pasir, biokar dan semen. Dimana kondisi pasir ideal yang digunakan dilapangan adalah pasir yang memiliki permukaan yang kering. Pasir yang dapat digunakan sebagai adukan mortar memiliki kadar lumpur sebesar 0,05% yang menunjukkan kadar lumpur yang sangat sedikit. Lumpur dalam mortar akan membentuk rongga udara dalam mortar dan menyebabkan rekasi hidrasi tidak sempurna karena kan terjadi persaingan serpan air oleh lumpur dan semen. Maka dari itu pasir yang digunakan cukup bagus karena memiliki kadar lumpur yang rendah, dan dapat meningkatkan kuat tekan mortar.

Pengujian kadar zat organik pada biokar dan pasir dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH 3%. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui tingkat kepekatan zat organik berdasarkan standar warna yang telah ditetapkan terhadap larutan benda uji untuk mengetahui mutu agregat. Dimana semakin besar kadar zat organik yang dihasilkan warna yang dihasilkan akan semakin pekat maka akan terjadi persaingan rekasi antara senyawa organik dengan air, namun semen akan lebih cenderung bereaksi dengan senyawa organik. Tingkat kepekatan warna didapatkan ada pada tingkat 4, hal ini dapat menandakan tingginya kandungan zat organik. Tingginya kandungan organik menyebabkan daya ikat semen melemah. Sedangkan pengujian kadar zat organik pada pasir menunjukkan kepekatan warna pada tingkat 1 yang menandakan kandungan zat organik pada pasir sangat rendah.

Senyawa organik yang terlarut dalam air dapat mengion dan menyebabkan lambatnya reaksi hidrasi antara semen dan air. Senyawa organik penghambat dalam proses pengerasan semen. Namun, masalah ini dapat diatasi dengan adanya pori-pori biokar yang dapat digunakan sebagai ruang bagi reaksi hidrasi semen. Biokar juga dapat mengurangi daya tarik antar partikulat semen, sifat surfaktan dalam biokar mencegah aglomerasi partikel dan mendispersikan partikel semen lebih baik, sehingga mengurangi jumlah air hidrasi untuk pengerjaan yang dibutuhkan, dimana senyawa organik berperan sebagai surfaktan pada permukaan butir semen dan mempengaruhi tegangan permukaan air [21].

TABEL 4. Hasil Uji Pendahuluan pasir, biokar dan semen

Sampel	Jenis pengujian	Hasil	Spesifikasi	Standar
--------	-----------------	-------	-------------	---------

Pasir	Berat jenis semu	26,23 g mL ⁻¹	1.60~3.20 g mL ⁻¹	SNI03-1968-1990
	Berat jenis curah	2,50 g mL ⁻¹		
	Berat jenis SSD	2,54 g mL ⁻¹		
	Kadar lumpur	0,05%	5%	SNI03-6820-2002 [5]
	Kadar zat organik	1	3	SNI 03-1766-1990[7]
Biokar	Berat jenis semu	2,06 g mL ⁻¹	-	
	Berat jenis curah	1,103 g mL ⁻¹	-	
	Berat jenis SSD	1,608 g mL ⁻¹	-	
	Kadar zat organik	4	3	SNI 03-1766-1990[7]
Semen	PH	5,68	-	
	Berat jenis	3 g mL ⁻¹	2.9 ~ 3.1 g mL ⁻¹	SNI 03-2531-1991[7]

3.6 Perbandingan Mortar

TABEL 5. Proporsi Bahan untuk Benda Uji (gram)

Bahan	Benda uji			
	0%	10%	12,5%	15%
Semen (g)	75	75	75	75
Pasir (g)	254	254	254	254
Biokar (g)	0	20,1	25,12	30,15

Dalam penelitian ini, perencanaan dan desain campuran mortar dibuat dalam perbandingan. perencanaan dan desain campuran dilakukan untuk mendapatkan kuat tekan sesuai SNI 6882-2014 yaitu mortar tipe N yang digunakan untuk plester dinding dengan nilai kuat tekan 5,2 Mpa. Mortar sampel dibuat dengan perbandingan biokar 0; 10; 12,5 dan 15% yang dibandingkan dengan mortar tanpa penambahan biokar sebagai standar. Campuran tersebut dibuat menggunakan perbandingan campuran mortar pasir:semen yaitu sebesar 4:1. Kadar semen disetiap m³ mortar dapat ditentukan apabila proporsi berat campuran, faktor air semen (w/c) dan berat jenis relatif agregat halus dapat diketahui. Proporsi penggunaan bahan untuk membuat satu buah benda uji ditunjukkan pada Tabel 5.

3.7 Kuat Tekan

Kuat tekan dilakukan untuk mendapatkan nilai hasil kuat tekan optimum yang dapat diterima oleh benda uji. Hasil nilai kuat tekan yang didapat merupakan hasil dari beban maksimum yang diterima dibagi dengan luas penampang benda uji. Hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 6.

TABEL 6. Uji tekan benda uji pada 7 dan 28 hari

Nama Sampel	Perawatan (hari)	Ukuran	Kuat Tekan (Mpa)
Plester standar (s)			10
Plester Biokar (10%)	7	5 x 5	10
Plester Biokar (12,5%)			7
Plester Biokar (15%)			7,5
Plester standar (s)			10,5
Plester Biokar (10%)	28	5 x 5	13,5
Plester Biokar (12,5%)			11,5

Nilai kuat tekan mortar yang ditambahkan dengan abu sekam padi dalam pembuatan mortar tipe N, dengan komposisi mortar IPC:4PS dan variasi penambahan abu sekam padi masing-masing sebesar 0; 10; 12,5 dan 15% dari berat semen. Mortar yang diuji kuat tekan telah melewati masa perawatan benda uji 7 hari dan 28 hari dapat dilihat Tabel 6. Berdasarkan data pada Tabel 6 diketahui bahwa kekuatan mortar semakin meningkat seiring dengan peningkatan kadar semen dan pertambahan waktu perawatannya serta dapat menurun akibat penambahan komponen selain semen (pasir, biokar, air atau udara).

Kekuatan mortar bertambah seiring pertambahan waktu perawatan dikarenakan adanya Ca_2SiO_4 (*belite*). *Belite* dalam semen dapat memperkuat mortar dengan pembentukan kristal selama masa perawatan. Berdasarkan kuat tekan plester biokar pada 28 hari diketahui bahwa penambahan biokar yang optimum ada pada sampel plester + biokar 10%, dimana nilai kuat tekannya lebih tinggi dari sampel plester standar dan plester + biokar 12,5%. Sedangkan pada sampel plester + biokar 15% memiliki nilai kuat tekan yang paling rendah. Hal ini disebabkan, semakin tinggi dosis biokar semakin banyak udara yang terperangkap yang akhirnya menimbulkan rongga saat mortar mengeras yang berkaitan dengan penurunan kepadatan dan porositas mortar yang lebih tinggi [22].

Beragamnya hasil kuat tekan plester dikarenakan kadar biokar yang digunakan lebih banyak sehingga semakin banyak air yang tertinggal dalam pori biokar dibandingkan dengan yang digunakan untuk hidrasi sehingga ketika terjadi pengerasan akan menyisakan pori-pori yang banyak pada plesteran. Namun dikarenakan proses penyerapan air dalam biokar yang cukup lama membuat adukan yang didiamkan terlalu lama menjadi tidak seragam kekentalan pastanya.

Disamping mempengaruhi kekuatan dan lama proses pengerasan mortar, pori-pori dalam biokar inilah memberikan sifat khusus pada plester biokar yang diteliti. Dengan adanya pori-pori dalam biokar maka akan menciptakan ruangan berukuran mikro hingga nano dalam plester yang dapat membantu dalam penyerapan gas CO_2 . Berdasarkan hasil kuat tekan dan serapan gas CO_2 yang telah dilakukan maka ditentukan pengaplikasian plester biokar yang baik. Dalam hal ini sampel plester + biokar 10% dengan kuat tekan 18,5 Mpa dan kapasitas serapan gas CO_2 sebesar 0,14 ppm

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan penambahan biokar sekam padi dalam campuran mortar dapat mempengaruhi penyerapan gas CO_2 dan kuat tekan plester dinding. Biokar yang dibuat pada suhu 500°C masih memiliki sifat dari bahan baku penyusunnya yang terverifikasi pada dari FTIR, dan SEM-EDS, sehingga dapat diketahui bahwa biokar memiliki gugus-gugus fungsi organik serta sifat porositas yang dapat mempengaruhi kualitas plester dinding. Penambahan biokar dapat meningkatkan sifat porositas pada plester dinding sehingga nilai kuat tekan plester dan serapan gas CO_2 plester cenderung mengalami penurunan seiring meningkatnya persentase biokar. Akan tetapi penambahan biokar dengan presentase 10% menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan mortar standar, mortar dengan presentase biokar 12,5% dan mortar dengan presentase biokar 15%. Penambahan biokar dengan presentase 10% menghasilkan kuat tekan 18,5 Mpa dan kapasitas serapan gas CO_2 sebesar 0,14 ppm.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Ibu Erdawati dan Bapak Darsef Darwis selaku dosen pembimbing dalam penelitian ini, yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan bantuan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Kepada Ibu Eny Kusri yang telah membantu dalam pengukuran gas CO_2 .

Daftar Pustaka

- [1] Hendriks CA, Worrell E, De Jager D, Blok K, Riemer P. Emission reduction of greenhouse gases from the cement industry. In Proceedings of the fourth international conference on greenhouse gas control technologies 1998 Aug 30 (pp. 939-944). Interlaken, Austria, IEA GHG R&D Programme.
- [2] Subaşı S, Öztürk H, Emiroğlu M. Utilizing of waste ceramic powders as filler material in self-consolidating concrete. *Construction and Building Materials*. 2017 Sep 15;149:567-74.
- [3] Arif E, Clark MW, Lake N. Sugar cane bagasse ash from a high-efficiency co-generation boiler as filler in concrete. *Construction and Building Materials*. 2017 Oct 1;151:692-703.
- [4] Khalid NH, Hussin MW, Mirza J, Ariffin NF, Ismail MA, Lee HS, Mohamed A, Jaya RP. Palm oil fuel ash as potential green micro-filler in polymer concrete. *Construction and Building Materials*. 2016 Jan 15;102:950-60.
- [5] Gupta S, Kua HW, Low CY. Use of biochar as carbon sequestering additive in cement mortar. *Cement and concrete composites*. 2018 Mar 1;87:110-29.
- [6] Akhtar A, Sarmah AK. Novel biochar-concrete composites: Manufacturing, characterization and evaluation of the mechanical properties. *Science of the total environment*. 2018 Mar 1;616:408-16.
- [7] Choi WC, Yun HD, Lee JY. Mechanical properties of mortar containing bio-char from pyrolysis. *Journal of the Korea institute for structural maintenance and inspection*. 2012;16(3):67-74.
- [8] Gupta S, Kua HW. 2017. Factors Determining the Potential of Biokar As a Carbon Capturing and Sequestering Construction Material: Critical Review. *J Mater Civ Eng*. 40:170-186.
- [9] Roberts KG, Gloy BA, Joseph S, Scott NR, Lehmann J. Life cycle assessment of biochar systems: estimating the energetic, economic, and climate change potential. *Environmental science & technology*. 2009 Dec 23;44(2):827-33.
- [10] Madzaki H, KarimGhani WA. Carbon dioxide adsorption on sawdust biochar. *Procedia engineering*. 2016 Jan 1;148:718-25.
- [11] Creamer AE, Gao B, Wang S. Carbon dioxide capture using various metal oxyhydroxide–biochar composites. *Chemical Engineering Journal*. 2016 Jan 1;283:826-32.
- [12] Ello AS, de Souza LK, Trokourey A, Jaroniec M. Development of microporous carbons for CO₂ capture by KOH activation of African palm shells. *Journal of CO₂ Utilization*. 2013 Sep 1;2:35-8.
- [13] Junaedi, N. F., Maricar, H. F., Selintung, M., (2015), Pemanfaatan Arang Sekam Padi Sebagai Adsorben untuk Menurunkan Ion Logam Berat dalam Air Limbah Timbal (Pb)
- [14] Kalapathy U, Proctor A, Shultz J. A simple method for production of pure silica from rice hull ash. *Bioresource technology*. 2000 Jul 1;73(3):257-62.

- [15] Armynah B, Djafar Z, Piarah WH, Tahir D. Analysis of Chemical and Physical Properties of Biochar from Rice Husk Biomass. In *Journal of Physics: Conference Series* 2018 Mar (Vol. 979, No. 1, p. 012038). IOP Publishing.
- [16] Corrales RC, Mendes FM, Perrone CC, Sant'Anna C, de Souza W, Abud Y, da Silva Bon EP, Ferreira-Leitão V. Structural evaluation of sugar cane bagasse steam pretreated in the presence of CO₂ and SO₂. *Biotechnology for biofuels*. 2012 Dec;5(1):36.
- [17] Adams FV, Ikotun BD, Patrick DO, Mulaba-Bafubiandi AF. Characterization of rice hull ash and its performance in turbidity removal from water. *Particulate Science and Technology*. 2014 Jul 4;32(4):329-33.
- [18] Chuah TG, Jumariah A, Azni I, Katayon S, Choong ST. Rice husk as a potentially low-cost biosorbent for heavy metal and dye removal: an overview. *Desalination*. 2005 May 30;175(3):305-16.
- [19] Munaf E, Zein R, Kurniadi R, Kurniadi I. The use of rice husk for removal of phenol from waste water as studied using 4-aminoantipyrine spectrophotometric method. *Environmental Technology*. 1997 Mar 1;18(3):355-8.
- [20] Kua HW, Choo SY. The Use of Biochar-Coated Lime Plaster Pellets for Indoor Carbon Dioxide Sequestration. In *Biochar from Biomass and Waste* 2019 Jan 1 (pp. 305-317). Elsevier.
- [21] Pollard SJ, Montgomery DM, Sollars CJ, Perry R. Organic compounds in the cement-based stabilisation/solidification of hazardous mixed wastes—Mechanistic and process considerations. *Journal of hazardous Materials*. 1991 Nov 1;28(3):313-27.
- [22] Gupta S, Kua HW. Carbonaceous micro-filler for cement: Effect of particle size and dosage of biochar on fresh and hardened properties of cement mortar. *Science of The Total Environment*. 2019 Apr 20;662:952-62.