

SABUT KELAPA

**DENGAN PERLAKUAN KALIUM HIDROKSIDA (KOH)
SEBAGAI BAHAN BIO-ADMIXTURE**

**Ade okvianti Irlan ■ Ananto Nugroho
Muhammad Sofyan ■ Winda Ellyta**

**SABUT KELAPA DENGAN
PERLAKUAN KALIUM
HIDROKSIDA (KOH) SEBAGAI
BAHAN *BIO-ADMIXTURE***

SABUT KELAPA DENGAN PERLAKUAN KALIUM HIDROKSIDA (KOH) SEBAGAI BAHAN BIO-ADMIXTURE

Penulis :

Ade okvianti Irlan
Ananto Nugroho
Muhammad Sofyan
Tri Astuti
Winda Ellyta



PENERBIT CV AZKA PUSTAKA

SABUT KELAPA DENGAN PERLAKUAN KALIUM HIDROKSIDA (KOH)
SEBAGAI BAHAN *BIO-ADMIXTURE*

Adeokvianti Irlan Ananto Nugroho, Muhammad Sofyan, dan Winda Ellyta

Editor : Nurjannah, S.Pd
ISBN : 978-623-8323-86-9
Design Cover : Taufik Akbar
Layout : Moh Suardi
Ukuran Buku : 14,8x21



CV. AZKA PUSTAKA

Email : penerbitazkapustaka@gmail.com

Website: www.penerbitazkapustaka.co.id

Website: www.penerbitazkapustaka.com

Jl. Jendral Sudirman Nagari Lingkuang Aua Kec. Pasaman,
Kab. Pasaman Barat, Sumatera Barat Pos : 26566
Hak Cipta dilindungi oleh Undang-Undang. Dilarang Memperbanyak Karya
Tulis Ini Dalam Bentuk Apapun Tanpa Izin Penerbit

UU NO. 28 TAHUN 2014 TENTANG HAK CIPTA

Fungsi dan Sifat Hak Cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan evaluasi ilmu pengetahuan;
- iii. penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan fonogram yang telah dilakukan pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran

1. Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).

2. Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT. yang sudah memberikan kesehatan jasmani dan rohani sehingga penulis dapat menyelesaikan buku yang berjudul "**SABUT KELAPA DENGAN PERLAKUAN KALIUM HIDROKSIDA (KOH) SEBAGAI BAHAN BIO-ADMIXTURE**".

Bahan tambah atau *admixture* merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton atau mortar dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya (Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton, Standar, SK SNI S-04-1989-F). *Admixture* atau aditif sebagai material tambahan sering digunakan dalam pembuatan beton ataupun mortar.

Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Mortar" dengan baik. Telah banyak rintangan dan hambatan yang sudah penulis lalui dalam menyusun buku ini. Dengan terselesaikannya buku ini, penulis ingin berterima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan doa, dukungan, semangat, arahan, bimbingan dan saran dalam penyusunan buku ini. Tanpa adanya bantuan tersebut, laporan ini tidak akan terselesaikan.

Jakarta, 15 Mei 2023

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
BAB I	
PENDAHULUAN	1
BAB II	
PENELUSURAN	6
A. Mortar	7
B. Bahan Tambah.....	9
C. <i>Bio-Admixture</i>	10
D. Material Penyusun Mortar	11
E. Bahan Penyusun <i>Bio-Admixture</i>	14
F. Pembuatan <i>Bio-Admixture</i> 1.....	16
G. Percobaan <i>Bio-Admixture</i>	16
H. Percobaan Mortar.....	17
BAB III	
BAGIAN EVALUASI	20
A. Data Evaluasi.....	21
B. Tahapan Evaluasi	21
C. Material Evaluasi	22
D. Material	26
E. Pembuatan <i>Bio Admixture</i>	41
F. <i>Bio-Admixture</i>	50
G. Perencanaan Rancangan Campuran (<i>Mix design</i>) Mortar	64
H. Benda Uji Evaluasi.....	66

I. Pembuatan Benda Uji Mortar	69
J. Perawatan (<i>Curing</i>) Benda Uji Mortar	84
K. Mortar	85
BAB IV	
<i>BIO-ADMIXTURE</i>	103
A. Umum	104
B. <i>Bio-Admixture</i>	104
C. Mortar.....	107
BAB V	
KESIMPULAN	126
DAFTAR PUSTAKA	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Semen PCC Gresik.....	22
Gambar 3. 2 Agregat Halus (Pasir)	23
Gambar 3. 3 Air	23
Gambar 3. 4 Bio-Admixture	24
Gambar 3. 5 Sabut kelapa.....	24
Gambar 3. 6 Kalium Hidroksida.....	25
Gambar 3. 7 Air	26
Gambar 3. 8 Rotary Digester	43
Gambar 3. 9 Oven Memmert UF 450, 400 V, 8.4 A, 5800 watt	43
Gambar 3. 10 Sieve mesh 100.....	44
Gambar 3.11. Sabut kelapa.....	44
Gambar 3. 12 air	45
Gambar 3. 13 Menggiling serabut dengan ring flakker	45
Gambar 3. 14 Serat dimasukkan dalam larutan KOH 5% yang dipanaskan.....	46
Gambar 3. 15 Pencucian sabut kelapa	46

Gambar 3. 16 Menirisikan sabut kelapa	47
Gambar 3. 17 Proses Karbonisasi Hydrothermal selama 1, 2 dan 3 jam pada suhu 160° C.....	47
Gambar 3. 18 Sabut kelapa dianginkan untuk Dikeringkan.....	48
Gambar 3. 19 Pengeringan dengan oven	48
Gambar 3. 20 Menggiling hydrochar dengan disk mill	49
Gambar 3. 21 Mengayak hydrochar lolos 40 mesh dan tertahan 100 mesh	49
Gambar 3. 22 Hydrochar	50
Gambar 3. 23 Cawan petri.....	51
Gambar 3. 24 Neraca analitis uji kadar air	52
Gambar 3. 25 Oven Memmert Kadar Air.....	52
Gambar 3. 26 Desikator	53
Gambar 3.27 Penjepit Cawan.....	53
Gambar 3. 28 Pengovenan cawan petri untuk uji kadar air	54
Gambar 3. 29 Penimbangan berat cawan petri.....	54

Gambar 3. 30 Hydrochar dalam cawan petri yang akan ditimbang	55
Gambar 3. 31 Hydrochar didinginkan dalam desikator ...	55
Gambar 3. 32 Penimbangan berat akhir	56
Gambar 3. 33 Krusibel	57
Gambar 3. 34 Neraca Analitis Uji Kadar Abu.....	57
Gambar 3. 35 Oven Memmert Kadar Abu.....	58
Gambar 3.36 Desikator	58
Gambar 3. 37 Tanur	58
Gambar 3.38 Penjepit Krusibel.....	59
Gambar 3. 39 Pengovenan krusibel untuk uji kadar abu	59
Gambar 3. 40 Krusibel dalam desikator untuk didinginkan.....	60
Gambar 3. 41 Penimbangan berat krusibel	60
Gambar 3. 42 Hydrochar dalam krusibel yang akan ditimbang	61
Gambar 3. 43 Arang dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 700° C.....	61

Gambar 3. 44 Abu didinginkan pada desikator	62
Gambar 3. 45 Abu setelah proses pengujian kadar abu....	62
Gambar 3. 46 Penimbangan berat akhir kadar abu	63
Gambar 3. 47 Mesin Pengaduk.	69
Gambar 3.48 Cetakan Kerucut.....	70
Gambar 3. 49 Flow Table.....	70
Gambar 3. 50 Cetakan Benda Uji Kubus 50 mm x 50 mm x 50 mm.....	71
Gambar 3. 51 Cetakan Benda Uji Prisma 40 mm x 40 mm x 200 mm.....	71
Gambar 3. 52 Timbangan	72
Gambar 3. 53 Gelas Ukur	72
Gambar 3.54 pemadat benda uji.....	73
Gamabr 3. 55 sekop.....	73
Gambar 3. 56 Sendok Perata	74
Gambar 3. 57 Jangka Sorong	74
Gambar 3. 58 Air	75
Gambar 3. 59 Agregat halus (pasir).....	75

Gambar 3. 60 semen.....	76
Gambar 3. 61 Bio-admixture	76
Gambar 3. 62 Menimbang material sesuai porsinya	77
Gambar 3. 63 Semen dan air dimasukkan dalam mixer ...	77
Gambar 3. 64 Bahan dimasukkan dalam mixer.....	78
Gambar 3. 65 Kecepatan mixer 140 rpm selama 30 detik.....	78
Gambar 3. 66 Kecepatan mixer menjadi 285 rpm selama 30 detik.....	79
Gambar 3. 67 Kecepatan mixer menjadi 285 rpm selama 60 detik.....	79
Gambar 3. 68 Flow Table Test.....	80
Gambar 3. 69 Kecepatan mixer menjadi 285 rpm selama 15 detik.....	80
Gambar 3. 70 Pemberian minyak pelumas pada cetakan benda uji	81
Gambar 3. 71 Konfigurasi Pemadatan Benda Uji Mortar	81
Gambar 3. 72 Konfigurasi Pemadatan Benda Uji Mortar 40 mm x 40 mm x 160 mm.....	82

Gambar 3. 73 Pengisian adukan mortar ke dalam cetakan	82
Gambar 3. 74 Meratakan permukaan atas mortar.....	83
Gambar 3. 75 Mortar yang sudah dicetak dan akan ditunggu sampai mengeras.....	83
Gambar 3. 76 Curring mortar dalam air	84
Gambar 3. 77 Flow table	86
Gambar 3. 78Cetakan Kerucut.....	86
Gambar 3. 79 Alat Pemadat Flowabilitas	87
Gambar 3. 80 Pengisian kerucut dalam 2 lapis.....	88
Gambar 3. 81 Pemadatan dengan tongkat pemadat	88
Gambar 3. 83Meratakan atas permukaan cetakan kerucut sebelum diangkat.....	89
Gambar 3. 84 Kerucut diangkat dan adukan membentuk kerucut.....	89
Gambar 3. 85 Adukan sudah membentuk kerucut	90
Gambar 3. 86 Penggetaran meja untuk flow table test.....	90
Gambar 3. 87 Pengukuran diameter adukan setelah penggetaran.....	91

Gambar 3. 88 Pengeringan benda uji penyerapan air mortar dalam oven	92
Gambar 3. 89 Pengukuran dimensi panjang, lebar dan tinggi sebanyak masing-masing 3 kali	92
Gambar 3. 90 Menimbang berat benda uji penyerapan mula-mula	93
Gambar 3. 91 Menempatkan benda uji pada wadah dan permukaan datar	93
Gambar 3. 92 Menambahkan air sampai benda uji terendam ($3\pm 0,5$) mm.....	94
Gambar 3. 93 Pengukuran berat akhir benda uji.....	94
Gambar 3. 94 Universal Testing Machine (UTM) 1000 kN.....	95
Gambar 3. 96 Pengangkatan benda uji dari curing.....	96
Gambar 3. 97 Pengeringan benda uji tekan dari tempat perendaman	96
Gambar 3. 98 Penimbangan berat benda uji kuat tekan mortar	97
Gambar 3. 99 Memastikan angka pada mesin uji nol	97
Gambar 3. 100 Ketika benda uji tekan retak	98
Gambar 3. 101 Catat beban maksimum pada mesin uji....	98

Gambar 3. 102 Universal Testing Machine (UTM) 50 kN.....	99
Gambar 3. 103 Pengeringan benda uji lentur dari tempat perendaman.....	100
Gambar 3. 104 Penimbangan berat benda uji kuat lentur mortar.....	100
Gambar 3. 105 Pengukuran lebar dan tebal benda uji lentur.....	101
Gambar 3. 106 Pengujian Kuat Lentur Mortar	101
Gambar 3. 107 Pola retak benda uji lentur.....	102
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian Kadar Air Bio-Admixture	105
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian Kadar Abu Bio-Admixture	106
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pemeriksaan Flowabilitas Mortar.....	108
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Berat Jenis Mortar	111
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Umur 28 Hari	114
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Pengujian Kuat Lentur Mortar Umur 28 Hari	117

Gambar 4. 7 Persentase Kuat Lentur Terhadap Kuat Tekan	120
Gambar 4. 8 Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Air Mortar Umur 28	123

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jenis Pengujian Agregat Halus dan Standard Pengujian.....	27
Tabel 3. 2 Standar Warna Larutan	37
Tabel 3. 3 Jenis Pengujian Semen dan Standard Pengujian.....	38
Tabel 3. 4 Jenis Pengujian Bio-Admixture dan Standard Pengujian.....	50
Tabel 3. 5 Proporsi Komposisi Mortar sesuai dengan Jumlah Benda Uji 6 buah atau 9 buah	64
Tabel 3. 6 Kebutuhan Bahan Campuran untuk Pembuatan Mortar Tiap Jenis Variasi	65
Tabel 3. 7 Perbandingan Pasir dan Air Kondisi SSD.....	66
Tabel 3. 8 Data Sampel Pemeriksaan Flowabilitas	66
Tabel 3. 9 Data Benda Uji Pengujian Mortar.....	67
Tabel 3. 10 Data Benda Uji Pengujian Bio-Admixture	68
Tabel 3. 11 Jenis Pengujian Mortar dan Standard Pengujian.....	85

BAB I

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur yang saat ini banyak dilakukan di Indonesia membuat dunia konstruksi semakin berkembang pesat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk yang mengakibatkan meningkatnya kebutuhan sarana dan prasarana, seperti pembangunan gedung, perumahan, jalan, dan lain- lain. Umumnya, sarana dan prasarana di Indonesia sudah menggunakan bahan konstruksi beton maupun mortar. Beton ataupun mortar dianggap sebagai bahan bangunan yang lebih murah dibandingkan bahan bangunan lainnya. Mortar digunakan sebagai bahan perekat, pengisi ataupun sebagai bahan acian. Dalam pembuatan mortar perlu memperhatikan bahan-bahan campuran yang akan digunakan karena akan berpengaruh terhadap kualitas yang dihasilkan.

Komponen serat alami terdiri dari lignin, selulosa, hemiselulosa dan zat ekstraktif. Lignin merupakan salah satu komponen utama serat alami yang memiliki efek buruk pada komposit. Lignin ini bersifat hidrofobik yang membuat serat kurang bisa menyatu dengan air. Sedangkan selulosa dan hemiselulosa bersifat hidrofilik yang membuat serat bisa menyatu dengan air. Oleh karena itu, lignin tersebut harus dihilangkan dari serat untuk dapat membantu meningkatkan sifat mekanik kompositnya (Karimi et al., 2006). Kandungan lignin dan hemiselulosa yang tinggi dapat menghalangi ikatan antara semen dengan *hydrochar* (Nascimento et al., 2016).

Bahan tambah atau *admixture* merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton atau mortar dengan tujuan untuk mengubah

sifat adukan atau betonnya (Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton, Standar, SK SNI S-04-1989-F). *Admixture* atau aditif sebagai material tambahan sering digunakan dalam pembuatan beton ataupun mortar. Penambahan *admixture* ke dalam campuran beton atau mortar memiliki tujuan untuk meningkatkan sifat mekanik ataupun untuk mendapatkan sifat khusus tertentu. Rata-rata *admixture* yang biasa digunakan adalah *admixture* yang berbahan kimia. Penggunaan *admixture* berbahan kimia ini dapat memberikan dampak negatif untuk lingkungan sehingga diperlukan alternatif *admixture* berbahan lain yang lebih ramah lingkungan. Sebagai contoh penggunaan bahan daur ulang sebagai *admixture* memiliki manfaat lebih dalam pembuatan beton atau mortar (Akindahunsi & Uzoegbo, 2015).

Penggunaan biomassa sebagai *bio-admixture* dapat meningkatkan sifat fisik dan sifat mekanik dari beton. Biomassa merupakan material lignoselulosa yang berasal dari bahan organik yang hidup atau baru hidup seperti kayu dan limbah pertanian (Kambo & Dutta, 2015). Peningkatan kuat tekan sebesar 78% dihasilkan dari *biochar* yang berasal dari kulit kemiri dan kulit kacang (Khushnood et al., 2016). Peningkatan kuat tekan mortar semen dihasilkan dari *biochar* yang berasal dari limbah makanan, tetapi juga dapat menurunkan daya serap air (Gupta et al., 2018).

Dengan penambahan *biochar* sebesar 5% dari berat semen juga dapat meningkatkan kuat tekan mortar (Choi et al., 2012). Kinerja sifat fisik dan sifat kimia *biochar* sebagai campuran semen

tergantung pada biomassa limbah (bahan baku) yang dihasilkannya (Gupta et al., 2020). Peningkatan kuat tekan sebesar 50% dan peningkatan ketangguhan pasta semen sebesar 30% karena adanya penambahan *biochar* yang terbuat dari tempurung kelapa (Ahmad et al., 2015). Evaluasi yang dilakukan dari berbagai negara juga mengungkapkan adanya peningkatan terhadap kekuatan lentur mortar dari komposit semen (Cosentino et al., 2019; Cosentino et al., 2018; Asadi Zeidabadi et al., 2018).

Penggunaan serat alam dapat meningkatkan kekuatan mekanis dari komposit semen. Diketahui dengan menambah 1% serat sisal dari volume sampel beton dapat meningkatkan sifat mekanis terutama kuat tekannya (Filho et al., 1999). Sabut kelapa merupakan salah satu serat alam yang mudah diperoleh. Penggunaan serat alam dengan ataupun tanpa perlakuan telah banyak dilakukan pada pembuatan beton, mortar ataupun komposit lainnya. Variasi perlakuan serat yang berbeda dilakukan untuk mendapatkan karakteristik yang terbaik. Dengan penambahan sabut kelapa ke dalam campuran beton dengan variasi yang berbeda dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton (Muhammad Dian Ardhiansyah, 2018).

Hydrochar yang terbuat dari serat alam merupakan material padat yang berbentuk serat dan dihasilkan melalui proses karbonisasi hidrotermal. Karbonisasi hidrotermal merupakan proses termokimia yang digunakan untuk mengubah limbah biomassa basah menjadi material seperti arang dengan kandungan karbon yang lebih tinggi yang disebut *hydrochar* (Eriska et al., 2017). Karbonisasi

hidrotermal serat dapat mengurangi hemiselulosa dan kadar abu (Sudarmanto et al., 2021). Proses karbonisasi hidrotermal dianggap sebagai teknologi yang cocok untuk produksi *hydrochar*, terutama untuk bahan baku biomassa yang basah (Zhao et al., 2014), (Kim et al., 2014). Proses karbonisasi hidrotermal menghasilkan tiga produk, yaitu dalam bentuk padat (*hydrochar*), cair (*bio-oil* dicampur dengan air), dan sebagian kecil gas (CO₂) (Kambo & Dutta, 2015). Kemampuan berikatan antara semen dengan serat alam, yaitu *hydrochar* yang terbuat dari serat alam dapat meningkatkan sifat mekanis dari komposit semennya. Evaluasi ini dilakukan untuk mengetahui manfaat dari penggunaan *bio-admixture* pada mortar serta dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis mortar.

BAB II

PENELUSURAN

A. Mortar

Mortar menjadi salah satu material bangunan yang terbuat dari campuran air, agregat halus (pasir) dan semen. Mortar biasanya digunakan sebagai bahan perekat. Menurut Tjokrodimuljo, 2007 jenis-jenis mortar dibagi ke dalam empat bagian berdasarkan campuran bahan pengikatnya, yaitu mortar lumpur, mortar kapur, mortar semen, dan mortar khusus.

1. Mortar Lumpur

Mortar lumpur terbuat dari pencampuran antara air, tanah liat/lumpur dan agregat halus. Untuk memperoleh adukan dengan kelecakan dan kualitas mortar setelah keras yang baik, maka campuran mortar harus dibuat sesuai dengan perbandingan yang rata dan sama. Jika dalam pencampuran mortar terlalu banyak menggunakan agregat halus dan sedikit penggunaan lumpur akan menyebabkan adukan kurang melekat sempurna. Namun, jika dalam pencampuran mortar terlalu sedikit dalam penggunaan agregat halus dan terlalu banyak menggunakan lumpur setelah mortar mengeras akan menimbulkan banyak keretakan akibat dari susutan pengeringan.

2. Mortar Kapur

Mortar kapur terbuat dari campuran air, kapur, dan agregat halus. Dalam proses pencampurannya, kapur dan agregat halus ini harus dalam keadaan kering yang kemudian ditambahkan air secukupnya untuk memperoleh adukan dengan tingkat kelecakan baik. Dalam penggunaannya, volume agregat halus harus 2 atau 3 kali lebih banyak dari penggunaan

kapur karena dalam proses pengerasan, kapur mengalami susut.

3. Mortar Semen

Mortar semen terbuat dari campuran air, semen Portland dan agregat halus dengan perbandingan yang tepat. Umumnya perbandingan semen dan agregat halus berkisar antara 1:2 dan 1:8 atau lebih. Mortar semen memiliki keunggulan dibandingkan jenis mortar lainnya, yaitu memiliki kekuatan yang lebih besar, dapat digunakan pada bagian bangunan konstruksi yang memiliki fungsi menahan bangunan ataupun konstruksi yang berada di bawah tanah.

4. Mortar Khusus

Mortar khusus dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar kapur ataupun mortar semen dengan tujuan tertentu. Terdapat dua jenis mortar khusus, yaitu mortar ringan dan mortar tahan api. Mortar ringan dihasilkan dari pencampuran serat, butir, ataupun serbuk kayu. Mortar ini banyak digunakan sebagai bahan peredam maupun bahan isolasi api. Mortar tahan api dihasilkan dari penambahan bubuk bata api dengan *aluminous cement*, dimana perbandingan antara *aluminous cement* dan bubuk bata api adalah 1:2. Mortar ini biasanya digunakan untuk tungku api dan sebagainya.

Untuk menciptakan bangunan yang kuat dan kokoh diperlukan bahan bangunan yang berkualitas. Untuk itu dalam pembuatan mortar harus memenuhi standar untuk menghasilkan bahan bangunan yang berkualitas

B. Bahan Tambah

Admixture atau bahan tambah adalah sebagai material selain semen, air dan agregat yang dicampurkan ke dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan (ASTM C.125-1995:61 dan ACI SP-19). *Admixture* atau bahan tambah dimaksudkan untuk memperlambat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan, menambah keenceran adukan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi keretakan setelah pengerasan beton atau mortar, mengurangi panas hidrasi, menambah kekedapan, dan menambah keawetan pada beton atau mortar.

ASTM C494/C 494M mengelompokkan *admixture* sebagai berikut: Type A *Water - reducing admixtures*

Type B *Retarding admixtures*

Type C *Accelerating admixture*

Type D *Water - reducing and retarding admixtures*

Type E *Water - reducing and accelerating admixtures*

Type F *High - range water - reducing or superplasticizing admixtures*

Type G *High - range water - reducing and retarding or superplasticizing admixtures*

Bahan tambahan kimia sangat berperan penting terhadap produksi campuran yang berkelanjutan jika sifat mekanik beton lebih baik, bahan tambahan kimia ini dapat digunakan dalam berbagai macam tujuan sesuai dengan sifatnya (Patel & Shah, 2013). Penggunaan bahan kimia tambahan untuk beton merupakan salah satu penerapan dalam konstruksi modern. Penggunaan bahan kimia tambahan ini dapat meningkatkan sifat beton, tetapi jika bahan kimia tambahan ini terpapar

lingkungan atau setelah pembongkaran butiran tersebut dibuang dan digunakan sebagai pengganti kerikil dalam konstruksi, akan menyebabkan permasalahan lingkungan karena bahan tambahan beton sangat mudah larut dalam air (Faqe et al., 2020). Dalam proses pembuatannya bahan kimia dapat mengeluarkan gas beracun yang akan menimbulkan pemanasan global (Woldemariam et al., 2015).

C. *Bio-Admixture*

Pada evaluasi (Afroz et al., 2020) penambahan pati ke dalam campuran beton semen dengan variasi 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2,5% dari berat semen dapat meningkatkan *workability* beton dan menunda waktu pengikatan pasta semen. Evaluasi ekstrak kulit pohon cemara dengan variasi 5%, 10% dan 15% dalam pembuatan kubus beton menunjukkan hasil peningkatan kuat tekan seiring dengan meningkatnya variasi ekstrak kulit pohon cemara yang digunakan, meningkatkan *workability* dan dapat menunda waktu pengikatan. Menurut evaluasi (Sathya, 2014) memanfaatkan ekstrak eceng gondok sebagai *bio-admixture* untuk semen dan beton dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% dapat meningkatkan *workability*, peningkatan kuat tekan seiring dengan meningkatnya *bio-admixture* yang digunakan, meningkatkan sifat mekanik beton, dan menunda waktu pengerasan beton. Dari evaluasi (Hazarikai, Amrita; Hazarika & Nabajyoti, 2016) disimpulkan bahwa *bio-admixture* berbahan dasar tanaman ekstra okra dapat meningkatkan kuat tekan kubus mortar, menurunkan waktu pengerasan, dan memiliki potensi yang dapat digunakan sebagai

bahan tambahan yang murah, ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk produksi beton selanjutnya.

D. Material Penyusun Mortar

Mortar merupakan bahan bangunan yang terdiri dari air, semen Portland dan agregat halus (Tjokrodimuljo, 2007). Berikut ini merupakan material penyusun dalam pembuatan mortar yang akan digunakan dalam evaluasi ini:

1. Agregat Halus

Menurut Standar SK SNI S-04-1989-F (Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A), agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dengan indeks kekasaran $\leq 2,2$.
- b. Bersifat kekal dan tidak hancur karena pengaruh cuaca.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap berat keringnya. Jika kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat halus harus dicuci.
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung zat organik terlalu banyak.
- e. Modulus kehalusan butir antara 1,50-3,80 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
- f. Khusus untuk beton dengan tingkat keawetan tinggi, agregat halus tidak boleh reaktif terhadap alkali.
- g. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk.

Dalam buku Perencanaan Campuran dan Pengendalian Mutu Beton (1994), agregat halus (pasir) dibagi menjadi empat jenis berdasarkan gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Adapun gradasi agregat yang baik digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Jenis Agregat Halus			
	Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
10	1	1	1	1
4,8	90-100	90-100	90-	95-100
2,4	60-95	75-100	85-	95-100
1,2	30-70	55-	75-	90-100
0,6	15-34	35-	6	80-100
0,3	5-	8-	1	15-50
0,15	0-	0-	0	0-

Sumber: (Tjokrodimuljo, 2007)

2. Semen

Semen Portland merupakan bahan yang penting digunakan sebagai bahan pengikat dalam pembangunan. Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu [Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam), SK-SNI-S-04-1989-F]. Semen berfungsi untuk bereaksi dengan air dan pasta semen yang berfungsi sebagai perekat untuk butir-

butir agregat agar menjadi padat. Pasta semen juga berfungsi sebagai bahan perekat untuk mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat (Tjokrodimaljo, 2007).

Berdasarkan semen Portland dibagi ke dalam 5 jenis sesuai dengan tujuannya, yaitu:

- Jenis I: Semen Portland untuk konstruksi umum yang tidak memerlukan ketentuan khusus seperti pada jenis-jenis lain.
- Jenis II: Semen Portland untuk konstruksi yang memiliki daya tahan yang tinggi terhadap sulfat maupun panas hidrasi
- Jenis III: Semen Portland untuk konstruksi yang memiliki kekuatan awal yang tinggi
- Jenis IV: Semen Portland untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah
- Jenis V: Semen Portland untuk konstruksi ketahanan yang tinggi terhadap sulfat

Semen yang digunakan adalah semen Portland komposit. Semen Portland komposit digunakan dalam konstruksi umum, seperti pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding, dan pembuatan elemen bangunan khusus (beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton/*paving block*) (SNI 15-7064-2004).

3. Air

Air merupakan bahan dasar dalam pembuatan beton dan harganya sangat murah. Air sangat diperlukan dalam pembuatan beton untuk:

- a) Bereaksi dengan Semen Portland

b) Sebagai bahan pelumas antara butir agregat agar lebih mudah dikerjakan (diaduk, dituang dan dipadatkan).

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 air yang digunakan harus memenuhi ketentuan-ketentuan berikut:

- a) Air harus bersih dan bebas dari bahan yang dapat menyebabkan kerusakan pada beton atau mortar.
- b) Air tidak mengandung ion klorida dalam jumlah banyak yang dapat membahayakan jika ingin digunakan pada beton prategang.
- c) Air yang akan digunakan tidak boleh menggunakan air yang tidak dapat diminum, kecuali pada hasil pengujian kubus mortar pada umur 7 hari dan 28 hari memiliki kekuatan sekurang-kurangnya 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

Penggunaan air sebagai pencampuran sangat berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik pada mortar, namun tidak selalu memberikan kualitas yang buruk terhadap mortar yang dihasilkan.

E. Bahan Penyusun *Bio-Admixture*

Dalam pembuatan *bio-admixture*, material yang digunakan adalah sabut kelapa dan larutan kalium hidroksida (KOH). Berikut merupakan uraian material yang akan digunakan:

1. Sabut Kelapa

Salah satu bahan tambah untuk beton atau mortar ialah serat. Serat yang dapat digunakan berupa asbestos, baja, glass, plastik, atau serat tumbuh-tumbuhan seperti sabut kelapa.

Peningkatan kebutuhan dan pemanfaatan mortar tidak terlepas dari pemanfaatan serat dalam campuran mortar karena serat tersebut terbukti efektif dalam meningkatkan kapasitas lentur dan tarik belah bahan komposit semen (Awoyera et al., 2022). Pada evaluasi (O et al., 2022) pengujian dilakukan dengan benda uji balok beton berukuran 50 mm x 50 mm x 1000 mm dengan menggunakan bahan tambahan sabut kelapa dengan variasi 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% berat untuk penggantian semen, didapatkan hasil bahwa beton yang menggunakan sabut kelapa dapat meningkatkan kuat lentur beton, peningkatan serat kelapa dapat meningkatkan kuat tarik belah beton, dan menghasilkan beton yang lebih kuat dalam menahan beban.

2. Larutan Kalium Hidroksida (KOH)

Kalium Hidroksida (KOH) merupakan suatu basa kuat yang selalu diproduksi tiap tahunnya. Perlakuan alkali KOH dan NaOH merupakan perlakuan kimia yang bertujuan untuk menghilangkan hemiselulosa dan lignin dari serat yang digunakan. Lignin dapat sepenuhnya dihilangkan dengan diberi perlakuan KOH minimum menggunakan larutan KOH 5% (Madung et al., 2022). Proses alkalisasi ini berguna untuk membentuk ikatan antara serat dan matriks agar kekuatannya lebih kuat. Serat diperlakukan basa setelah dikeringkan dan diluruskan untuk meningkatkan sifat mekaniknya (Awoyera et al., 2022). Ketika sampel kertas diberi perlakuan KOH 5%, hasil menunjukkan bahwa diperoleh kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan sampel yang diberi perlakuan

dengan konsentrasi KOH yang lebih tinggi dan ini terjadi karena adanya penghilangan zat pengotor dan lignin selama proses delignifikasi yang membuat ikatan antar serat menjadi kuat (Madung et al., 2022).

F. Pembuatan *Bio-Admixture*

Proses pembuatan *bio-admixture* dilakukan dengan metode proses karbonisasi *hydrothermal* dan air bertindak sebagai medianya. Pada suhu tinggi, air memiliki produk ion yang tinggi, hal tersebut menunjukkan bahwa ia dapat bertindak sebagai katalis asam ataupun basa untuk reaksi seperti hidrolisis (Susanti et al., 2018). Dalam evaluasi ini digunakan basa kuat, yaitu larutan Kalium Hidroksida (KOH). Bahan baku dalam pembuatan *bio-admixture* ini menggunakan serat alam yang berasal dari sabut kelapa. Jika dibandingkan dengan pirolisis, karbonisasi *hydrothermal* ini menggunakan suhu yang lebih rendah, yaitu $<300^{\circ}\text{C}$ dan mampu menghasilkan arang hidro (Susanti et al., 2018).

G. Percobaan *Bio-Admixture*

Bio-admixture dalam bentuk bubuk akan di uji dengan dua pengujian, yaitu pengujian kadar abu dan pengujian kadar air.

1. Pengujian Kadar Abu

Kadar abu merupakan persentase sisa pengabuan dari proses karbonisasi *hydrothermal* yang belum menguap. Kadar abu ditentukan dengan menggunakan 1 g sampel yang dipanaskan dalam oven dengan suhu 105°C hingga berat konstan lalu dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 700°C selama 4 jam. Pengujian kadar abu pada *hydrochar* mengacu

pada ASTM D2866-11 dan SNI 06-3730-1995. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 nilai maksimum kadar abu adalah 10%.

2. Pengujian Kadar Air

Kadar air merupakan persentase kehilangan bobot sampel yang diperhitungkan sebagai air yang terkandung dalam *hydrochar* setelah dilakukannya pemanasan pada oven. Pengujian kadar air dilakukan dengan cara pemanasan oven dengan suhu 105°C selama 3 jam, lalu didinginkan dalam desikator dan ditimbang untuk mencapai bobot yang tetap (BRIN, 2019). Pengujian kadar air pada *hydrochar* mengacu pada ASTM D2867-04 dan SNI 06-3730-1995. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 nilai maksimum pada uji kadar air ini adalah 15%.

H. Percobaan Mortar

Untuk mengetahui mutu pada mortar, perlu dilakukan pengujian mortar. Macam-macam pengujian yang umumnya dilakukan pada mortar ialah pemeriksaan flowabilitas pada adukan mortar, pengujian penyerapan air, pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat lentur pada mortar.

1. Pemeriksaan *Flow Table*

Pemeriksaan *flow table* pada mortar bertujuan untuk mengetahui kemampuan mortar untuk mengalir atau memadat. Pengujian yang umum dilakukan terhadap adukan mortar ialah pengujian flowabilitas. Acuan dalam pemeriksaan *flow table test* ialah ASTM C 1437-07 dan SNI 03-6825-2002.

2. Pengujian Penyerapan Air Pada Mortar

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan sifat penyerapan air dari waktu ke waktu pada mortar yang dihasilkan (ASTM C1403-05). Pengujian ini juga bertujuan untuk mengukur penyerapan air dari mortar semen yang mengeras pada umur tertentu untuk semua campuran (Afroz et al., 2021).

3. Kuat Tekan Mortar

Kuat tekan mortar adalah gaya maksimum yang bekerja ketika benda uji kubus pecah per satuan luas benda uji dengan ukuran dan umur tertentu (ASTM C109/C109M).

Nilai kuat tekan mortar dapat dihitung dengan rumus (ASTM C109/C109M):

$$f_m = \frac{P}{A}$$

.....
.....(2 - 2)

◆

Keterangan:

f_m = Kekuatan tekan mortar (MPa)

P = Total beban maksimum (N)

A = Luas permukaan yang dibebani

4. Kuat Lentur Mortar

Kuat lentur mortar adalah 0,0028 kali beban maksimum ketika benda uji prisma pecah pada umur tertentu (ASTM C348-02)

Nilai kuat lentur mortar dapat dihitung dengan rumus (ASTM C348-02):

$$St = 0,0028$$

$$\diamond\diamond \dots\dots\dots(2 - 3)$$

Keterangan:

St = Kekuatan lentur mortar

(MPa) P = Total beban maksimum (N)

BAB III

BAGIAN EVALUASI

A. Data Evaluasi

Data yang diperlukan pada evaluasi ini ialah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan pengujian laboratorium di iLab Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Data sekunder diperoleh dengan literatur dari buku, jurnal, prosiding nasional, dan prosiding internasional. Studi literatur dilakukan sebelum melakukan evaluasi di laboratorium, hal ini untuk mengetahui perkembangan evaluasi saat ini. Setelah diperoleh data dari hasil laboratorium, kemudian dibandingkan hasilnya dengan evaluasi yang sudah pernah dilakukan.

B. Tahapan Evaluasi

Metode yang digunakan pada evaluasi ini adalah metode pengujian laboratorium yang dilakukan di *iLaB* Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk, Badan Riset dan Inovasi Nasional dan metode studi literatur. Tahapan-tahapan dalam melakukan evaluasi, meliputi:

1. Literatur mengenai *bio-admixture* dan variasi yang digunakan.
2. Persiapan material evaluasi
3. Pengujian material evaluasi
4. Pembuatan *hydrochar*
5. Pengujian kadar air pada *hydrochar*
6. Pengujian kadar abu pada *hydrochar*
7. Perencanaan rancangan campuran/*mix design* mortar
8. Pembuatan benda uji mortar berbentuk kubus dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm dan berbentuk prisma dengan ukuran 40 mm x 40 mm x 200 mm.
9. Pemeriksaan flowabilitas mortar
10. Perawatan benda uji mortar

11. Pengujian penyerapan air mortar umur 28 hari.
12. Pengujian kuat tekan mortar umur 28 hari
13. Pengujian kuat lentur mortar umur 28 hari

C. Material Evaluasi

Material penyusun mortar pada evaluasi ini, meliputi material untuk pembuatan *hydrochar* sebagai *bio-admixture* dan material untuk pembuatan mortar. Material yang digunakan dalam evaluasi ini, antara lain:

1. Material Penyusun Mortar

1. Semen PCC

Semen yang digunakan adalah semen Portland Komposit yang diperoleh dari Toko Bahan Bangunan Mandiri Bogor.



Gambar 3. 1 Semen PCC Gresik

2. Agregat halus (pasir)

Agregat halus yang digunakan adalah pasir Cimangkok yang diperoleh dari toko bahan bangunan Cibinong, Bogor.



Gambar 3. 2 Agregat Halus (Pasir)

3. Air

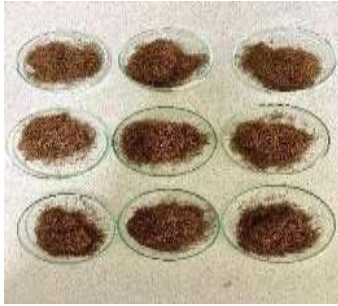
Air yang digunakan berasal dari *iLaB* Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong-Bogor.



Gambar 3. 3 Air

4. *Bio-admixture*

Bio-admixture yang digunakan pada campuran mortar berasal dari sabut kelapa yang direbus terlebih dahulu pada larutan kalium hidroksida (KOH) kemudian dilanjutkan dengan proses karbonisasi secara *hydrothermal*.



Gambar 3. 4 Bio-Admixture

2. Material Penyusun *Bio-admixture*:

a. Sabut kelapa

Sabut kelapa diperoleh dari perkebunan kelapa di Garut, Jawa Barat.



Gambar 3. 5 Sabut kelapa

- b. Larutan Kalium Hidroksida (KOH)
KOH yang digunakan dalam evaluasi ini diperoleh dari Toko Sentral Kimia.



Gambar 3. 6 Kalium Hidroksida

c. Air

Air berguna untuk membuat larutan KOH dengan konsentrasi tertentu.



Gambar 3.7 Air

D. Material

Tahap pertama dalam evaluasi ini meliputi pemilihan material, pemeriksaan material, perhitungan material, dan pengujian material yang akan digunakan. Tujuan dari pengujian material adalah untuk mengetahui karakteristik dari material yang akan digunakan supaya tercapai mutu yang direncanakan. Pengujian material ini meliputi pengujian agregat halus, pengujian semen dan pengujian *bio-admixture*.

1. Pengujian Agregat Halus

Tujuan pengujian agregat halus adalah untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari agregat halus. Tabel 3.1 menunjukkan jenis pengujian dari agregat halus dan standard dalam pengujiannya.

Tabel 3. 1 Jenis Pengujian Agregat Halus dan Standard Pengujian

No.	Jenis Pengujian Agregat	St
1.	Pengujian Kadar Kotor	ASTM C117-13,
2.	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air	ASTM C128-2004,
3.	Pengujian Berat Isi	ASTM C29M-07,
4.	Pengujian Kadar Air	ASTM C 566-97, SNI
5.	Analisa Saringan (<i>Sieve Analysis</i>)	ASTM C136/C136M-06,
6.	Pengujian Kadar Zat Organik	ASTM C40-04, SNI 2816-2014

2. Pengujian Kadar Kotor

Metode pengujian kadar kotor pada agregat halus mengacu pada ASTM C117-13 dan SNI 03-4428-1997. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar kotor bersifat lumpur yang terkandung dalam pasir. Pada pengujian kadar kotor ini dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menimbang (*by weight*) dan dengan menggunakan gelas ukur (*by volume*).

1. Menimbang (*by weight*)
 - a. Alat
 - 1) Timbangan
 - b. Bahan
 - 1) Agregat halus (pasir)
 - c. Metode Pengujian:
 - 1) Ambil agregat halus berupa pasir

- 2) Cuci agregat halus tersebut dengan hati-hati
- 3) Keringkan agregat halus yang telah dicuci
- 4) Setelah agregat halus kering, tentukan persentase kerugian.

d. Perhitungan

2. Menggunakan gelas ukur (*by volume*)

a. Alat

- ❖ Gelas ukuran b

b. Bahan

- ❖ Agregat halus (pasir)
- ❖ Air

c. Metode pengujian

- 1) Ambil gelas ukur dan isi setengah gelas ukur tersebut dengan agregat halus yang ingin di uji.
- 2) Tuang air hingga penuh.
- 3) Kocok pasir dan air tersebut.
- 4) Endapkan campuran tersebut dan diamkan gelas ukur dalam beberapa waktu.
- 5) Amati bagian yang berat akan turun kebawah dan bagian yang ringan akan mengendap di atasnya.
- 6) Dari tebal lapisan, dapat diketahui jumlah kadar kotoran pada agregat halus tersebut.

d. Perhitungan

Berdasarkan hasil pengujian kadar kotor agregat halus (pasir) yang dilakukan (Khasanah, 2022) diperoleh hasil pengujian kadar kotor agregat halus (pasir) berdasarkan

berat (*by weight*) sebesar 2,82% dan berdasarkan volume (*by volume*) sebesar 2,86%. Kedua hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar kotor agregat halus (pasir) lebih kecil dari batas maksimum yang ada dalam ASTM C117-

13 yaitu sebesar 6% dan dalam SNI 03-4428-1997 sebesar 5%, maka dari itu pasir cimangkok ini dapat digunakan sebagai material dalam pembuatan mortar.

3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus mengacu pada ASTM C128-2004 dan SNI 1970-2008. Pengujian ini untuk menentukan berat jenis butir untuk mendapatkan perhitungan volume agregat halus yang akan digunakan pada campuran, berat jenis curah kering permukaan, berat jenis semu, dan penyerapan air.

a. Alat

- ❖ Neraca berkapasitas 1 kg dengan ketelitian 0,01 g.
- ❖ Piknometer berkapasitas 500 g agregat halus atau lebih.
- ❖ Cetakan yang terbuat dari baja berbentuk kerucut terpancung dengan ukuran diameter atas (40 ± 3) mm, diameter bawah (90 ± 3) mm dan tinggi kerucut (75 ± 3) mm dengan tebal 0,8 mm.
- ❖ Batang penumbuk dengan berat (340 ± 15) g dan permukaan batang yang berdiameter (25 ± 3) mm.
- ❖ Oven dengan temperatur sampai (110 ± 5)⁰C.
- ❖ *Thermometer* dengan ketelitian 1⁰C.

b. Bahan

- Agregat halus (pasir)

c. Persiapan Pengujian:

- 1) Siapkan 1 kg sampel agregat halus, lalu keringkan pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- 2) Dinginkan sampel, lalu basahi ataupun rendam hingga (24 ± 4) jam.
- 3) Buang kelebihan air dengan hati-hati untuk menghindari butiran agregat halus yang terbang.
- 4) Sebarkan sampel agregat di atas permukaan datar yang tidak menyerap air dan sering diaduk untuk mempercepat pengeringan.
- 5) Tempatkan sebagian agregat halus yang telah kering ke dalam cetakan.
- 6) Ratakan agregat ke dalam cetakan sebanyak 25 kali pukulan dengan batang penumbuk, lalu angkat cetakan secara tegak lurus dan periksa sampel agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan. Keadaan jenuh kering permukaan tercapai apabila pasir berjatuhan sedikit demi sedikit dari cetakan tersebut, jika masih ada kelembaban pada agregat, maka agregat halus tersebut akan mempertahankan bentuk cetakan.

d. Metode Pengujian:

- 1) Isi piknometer dengan 500 g sampel agregat halus jenuh kering permukaan, tambahkan air 90% dari kapasitasnya.
- 2) Gulingkan, balikan dan goyangkan piknometer secara manual hingga piknometer dapat mengeluarkan gelembung udara.
- 3) Sesuaikan temperatur piknometer, air dan agregat sampai $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$.

- 4) Rendam piknometer dalam air.
- 5) Isi piknometer hingga penuh pada batas pembacaan pengukuran.
- 6) Timbang berat piknometer, air dan agregat dengan ketelitian 0,01 g. (C)
- 7) Keluarkan agregat halus dari piknometer
- 8) Keringkan agregat halus dari piknometer pada temperatur $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ dan dinginkan pada suhu ruang $(1,0\pm 0,5)$ jam.
- 9) Timbang berat sampel agregat halus. (A)
- 10) Timbang berat piknometer yang berisi air penuh hingga suhu $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$. (B)

e. Perhitungan:

1. Berat jenis curah kering
2. Berat jenis curah jenuh kering
3. Berat jenis semu
4. Penyerapan air

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (pasir) yang dilakukan (Khasanah, 2022) diperoleh hasil berat jenis agregat halus (pasir) pada pengujian ini dalam kondisi SSD sebesar 2,5. Dengan demikian hasil ini memenuhi SK SNI T-15-1990-1 dan agregat halus (pasir) ini dapat digunakan.

4. Pengujian Berat Isi

Metode pengujian berat isi pada agregat halus mengacu pada ASTM C29/C29M-07 dan SNI 1973-2008. Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan berat isi dari agregat halus dalam kondisi padat dan kondisi gembur.

a. Alat

- ❖ Timbangan dengan ketelitian 0,01 g.
- ❖ Batang penusuk yang terbuat dari baja dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm.
- ❖ Literan (1 liter atau 2 liter)

b. Bahan

- ❖ Agregat halus

c. Metode Pengujian

Terdapat dua cara pengujian untuk uji berat isi agregat halus, yaitu pengujian dalam kondisi padat dan dalam kondisi gembur.

Dalam kondisi padat:

- 1) Masukkan agregat halus sebanyak $\frac{1}{3}$ bagian dari volume wadah literan dan ratakan permukaannya.
- 2) Rojok agregat halus tersebut sebanyak 25 kali dengan batang penusuk.
- 3) Masukkan agregat halus sebanyak $\frac{1}{3}$ bagian sehingga volume pada wadah literan menjadi $\frac{2}{3}$ bagian.
- 4) Rojok lagi agregat halus tersebut dengan batang penusuk sebanyak 25 kali.
- 5) Masukkan kembali agregat halus hingga meluap, kemudian ratakan permukaannya.
- 6) Rojok kembali agregat halus tersebut dengan batang penusuk sampai 25 kali.
- 7) Timbang berat wadah literan dengan agregat halus dan tanpa agregat halus.
- 8) Lakukan sebanyak 3 kali percobaan dan ambil berat rata-ratanya.

Dalam kondisi gembur:

- 1) Masukkan agregat halus dalam literan (1 liter) dan ratakan permukaan.
- 2) Timbang agregat halus dalam wadah literan tersebut.
- 3) Lakukan sebanyak 3 kali percobaan dan ambil berat rata-ratanya.

Berdasarkan hasil pengujian berat isi agregat halus (pasir) yang dilakukan (Khasanah, 2022) diperoleh hasil berat isi agregat halus (pasir) pada pengujian ini sebesar 1634,02 g/L. Dengan demikian hasil ini memenuhi SNI 1973-2008 yaitu $0,4-1,9 \text{ kg/m}^3$ dan agregat halus (pasir) ini dapat digunakan.

5. Pengujian Kadar Air

Metode pengujian kadar air pada agregat halus mengacu pada ASTM C 566-97 dan SNI 03-1971-1990. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kadar air yang terkandung dalam agregat halus.

a. Alat

- ❖ Timbangan dengan ketelitian 0,01 g dari berat contoh.
- ❖ Oven dengan temperatur hingga $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- ❖ Wadah sampel
- ❖ Pengaduk

b. Bahan

- ❖ Agregat halus

c. Metode Pengujian:

- 1) Timbang dan catat berat wadah sampel (W_1).

- 2) Masukkan sampel agregat halus ke dalam wadah kemudian timbang wadah yang berisi agregat halus tersebut (W2).
- 3) Timbang berat sampel agregat halus (W3 = W2 - W1).
- 4) Masukkan sampel agregat halus agar kering ke dalam oven dengan suhu (110±5)⁰C.
- 5) Ketika sudah kering, catat berat sampel agregat halus tersebut dan juga talam (W4).
- 6) Hitung berat sampel agregat halus setelah kering (W5 = W4 - W1).

d. Perhitungan:

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{(W_3 - W_5)}{W_5} \times 100\% \dots\dots\dots (3 - 7)$$

Keterangan:

W3 = Berat sampel agregat halus semula (g)

W5 = Berat sampel agregat halus dalam keadaan kering (g)

Berdasarkan hasil pengujian kadar air agregat halus (pasir) yang dilakukan (Khasanah, 2022) diperoleh hasil pengujian kadar air pada agregat halus (pasir) sebesar 2,97%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus (pasir) memenuhi persyaratan sesuai dengan ASTM C 566-97, yaitu 3-5%

6. Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)

Metode pengujian Analisa saringan (*sieve analysis*) pada agregat halus mengacu pada ASTM C136/C136M-06 dan SNI 03-1968-1990. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan gradasi agregat halus yang memenuhi syarat untuk digunakan dalam evaluasi dengan menggunakan saringan.

a. Alat

- ❖ Timbangan dengan ketelitian 0,01 g dari berat sampel agregat halus.
- ❖ Satu set saringan dengan variasi ukuran 3,75 mm (3"), 63,5 mm (2½"), 50,8 mm (2"), 37,5 mm (1½"), 25 mm (1"), 19,1 mm (¾"), 9,5 mm (¾"), No. 4 (4,75 mm), No. 8 (2,36 mm), No. 16 (1,18 mm), No. 30 (0,600 mm), No. 50 (0,300 mm), No.100 (0,150 mm), No. 200 (0,075 mm).
- ❖ Oven dengan temperatur hingga $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- ❖ Mesin penggetar saringan.
- ❖ Talam yang terbuat dari logam baja.

b. Bahan

- ❖ Agregat halus

c. Metode Pengujian:

- 1) Susun saringan dari bawah dimulai dari ukuran saringan yang paling kecil sampai ke atas, ukuran saringan yang paling besar.
- 2) Keringkan sampel agregat halus dalam oven dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- 3) Ambil sampel agregat halus yang sudah kering 1 atau 2 kg dan dimasukkan ke dalam saringan paling atas.
- 4) Guncangkan saringan selama 15 menit.

- 5) Setelah diguncangkan, terdapat sisa-sisa sampe agregat halus yang tertinggal dalam saringan tersebut dan timbang sisa-sisa agregat halus yang tertinggal.

7. Pengujian Kadar Zat Organik

Metode pengujian kadar zat organik pada agregat halus mengacu pada ASTM C40-04 dan SNI 2816-2014. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan adanya kadar zat organik yang terkandung dalam agregat halus yang nantinya akan digunakan sebagai campuran untuk mortar.

a. Alat

- ❖ Botol kaca lengkap dengan tutup yang kedap air

b. Bahan

- ❖ Agregat halus
- ❖ Larutan NaOH 3%.

c. Metode Pengujian:

- 1) Masukkan sampel agregat halus ke dalam botol kaca hingga kira-kira 130 mL.
- 2) Masukkan larutan NaOH ke dalam botol kaca yang sudah berisi sampel agregat halus dan larutkan campuran tersebut sampai volume agregat halus dan cairan kira-kira 200 mL.
- 3) Tutup botol tersebut, lalu kocok-kocok dan diamkan selama 24 jam.
- 4) Setelah di diamkan selama 24 jam, lihat warna cairannya.
- 5) Semakin jernih warna cairannya, maka semakin bersih campurannya dan kandungan kotoran zat organik semakin sedikit sehingga pasir dapat digunakan.
- 6) Bila sampel menghasilkan warna yang lebih gelap dari warna standar (Pelat Organik No. 3

dengan Standar Warna Gardener No. 11), maka agregat halus dianggap mengandung zat organik yang merugikan.

Tabel 3. 2 Standar Warna Larutan

<i>Gardner Color Standard No.</i>	<i>Organik Plate No.</i>
5	1
8	2
11	3 (standard)
14	4
16	5

Sumber: (ASTM D1544-98)

Berdasarkan hasil pengujian kadar zat organik agregat halus (pasir) yang dilakukan (Khasanah, 2022) diperoleh hasil pengujian kadar zat organik pada agregat halus (pasir) cairan NaOH berwarna kuning kecoklatan dengan notasi warna pelat No. 2. Sesuai dengan ASTM D1544-98 warna pelat tidak lebih gelap dari warna peat No. 3 yang berarti kadar lumpur pada agregat halus ini masih rendah. Dengan demikian, agregat halus (pasir) jenis ini dapat digunakan dalam pembuatan mortar.

8. Pengujian Semen

Pengujian semen dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik dari semen. Hal ini diperlukan karena semen digunakan sebagai bahan pengikat dalam pembuatan mortar. Semen yang digunakan pada evaluasi ini ialah semen portland

komposit (PCC). Tabel 3.3 menunjukkan beberapa jenis pengujian semen dan standard dalam pengujiannya.

Tabel 3. 3 Jenis Pengujian Semen dan Standard Pengujian

No.	Jenis Pengujian Agregat	Standard
1.	Pengujian Berat Jenis Semen	ASTM C188-95
2.	Pengujian Berat Isi Semen	ASTM C29/C29M-07,

a. Pengujian Berat Jenis Semen

Pengujian berat jenis semen mengacu pada ASTM C 188-95. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis semen dengan menggunakan metode *Le Chatelier*.

1) Alat

- ❖ Botol *Le Chatelier*
- ❖ Timbangan
- ❖ Thermometer

2) Bahan

- ❖ Semen
- ❖ Air
- ❖ Es
- ❖ Kerosin (minyak tanah yang sudah dibersihkan)

3) Metode pengujian:

- ❖ Masukkan kerosin (minyak tanah) ke dalam botol *Le Chatelier* sampai mencapai 1 ml pada leher botol *Le Chatelier*.
- ❖ Ukur lalu catat temperaturnya.
- ❖ Celupkan bolot *Le Chatelier* ke dalam air dan es sampai temperaturmencapai 4⁰C.

- ❖ Jika temperatur sudah mencapai 4⁰C, angkat botol *Le Chatelier* dan catat pembacaan terhadap kerosin dalam botol tersebut.
- ❖ Lakukan sebanyak 3 kali.
- ❖ Masukkan sebanyak ±64 g semen PCC ke dalam botol *Le Chatelier* dan jangan sampai semen menempel pada dinding botol.
- ❖ Jika semen tersebut sudah semuanya dimasukan, tutup botol, lalu gelindingkan dalam posisi miring atau diputar pelan agar semen bebas dari udara sehingga tidak ada gelembung udara yang naik ke permukaan cairan. Tinggi cairan berada pada garis pembagi di paling atas.
- ❖ Masukkan botol *Le Chatelier* ke dalam air dan es sampai temperature mencapai 4⁰C.
- ❖ Baca dan catat terhadap cairan kerosin.
- ❖ Lakukan percobaan ini sebanyak 3 kali.

4) Perhitungan:

$$Density\ Semen = \frac{a \quad b \quad c \quad d \quad e \quad f \quad g \quad (h)}{\times 100\% \dots \dots \dots (3 - 8)}$$

$$2 \quad 2 \quad 2 \quad 2 \quad 2 \quad 2 \quad 2 \quad 2 \quad 4^0 \quad (2 \quad 2)$$

$$Sp.\ Gr. = \frac{i \quad j \quad k \quad l \quad m \quad n \quad o \quad p}{100\% \dots \dots \dots (3 - 9)}$$

$$2 \quad 2 \quad 2 \quad 2 \quad 2 \quad 2 \quad 2 \quad 2 \quad 4^0 \quad (2 \quad 2)$$

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis semen yang dilakukan (Khasanah,

2022) diperoleh hasil berat jenis semen sebesar 3,20 g/mL. Hal ini menunjukkan bahwa semen ini

memenuhi persyaratan sesuai dengan ASTM C 188-95, yaitu 3,0-3,2 g/mL.

b. Pengujian Berat Isi Semen

Pengujian berat isi semen mengacu pada ASTM C29/C29M-07 dan SNI 1973-2008. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat isi semen pada kondisi padat dan kondisi gembur.

a. Alat

- ❖ Batang penusuk yang terbuat dari baja
- ❖ Literan
- ❖ Timbangan dengan ketelitian 0,01 g

b. Bahan

- ❖ Semen

c. Metode Pengujian:

Ada dua jenis metode pengujian berat isi semen, yaitu pada kondisi padat dan kondisi gembur
Kondisi padat:

- 1) Masukkan semen sebanyak 1/3 bagian dari volume literan, lalu ratakan.
- 2) Rojok dengan batang penusuk sebanyak 25 kali, lalu ratakan.
- 3) Masukkan semen 1/3 bagian lagi sampai volume semen di tempat literan menjadi 2/3 bagian.
- 4) Rojok lagi dengan batang penusuk sebanyak 25 kali, lalu ratakan
- 5) Masukkan lagi semen sebanyak 1/3 bagian sampai volume literan penuh.
- 6) Timbang berat literan dengan atau tanpa semen.
- 7) Lakukan sebanyak 3 kali percobaan lalu hitung rata-ratanya. Kondisi gembur:

- a) Masukkan semen sebanyak 1 L ke dalam literan, lalu ratakan
- b) Timbang semen dalam literan tersebut.
- c) Lakukan sebanyak 3 kali percobaan lalu hitung rata-ratanya.

Berdasarkan hasil pengujian berat isi semen yang dilakukan (Khasanah, 2022) diperoleh hasil sebesar 1172,68 g/L.

E. Pembuatan *Bio Admixture*

Pada proses pembuatan *bio-admixture* dari sabut kelapa dilakukan dengan dua tahapan. Tahapan pertama yaitu dengan *pre-treatment* pada sabut kelapa dan tahapan kedua yaitu dengan proses karbonisasi *hydrothermal* sabut kelapa dengan menggunakan metode *hydrothermal* pada suhu 160⁰C selama 1, jam 2 jam dan 3 jam. Tahapan pertama dilakukan dengan *pre-treatment* menggunakan larutan KOH 5% pada sabut kelapa. Dalam pembuatan larutan KOH 5% ini dilakukan dengan perbandingan antara KOH dengan air, yaitu 50 g KOH dengan 950 mL air. Langkah awal ialah memotong sabut kelapa sekitar 1-5 cm. Kemudian serat tersebut ditimbang sesuai kebutuhan. Untuk sekali perebusan sabut kelapa membutuhkan larutan KOH 5% sebanyak 7 L dengan jumlah sabut kelapa 300 g. Lalu, panaskan larutan KOH 5% tersebut sampai suhunya mencapai 80⁰C.

Jika suhu sudah mencapai 80⁰C, sabut kelapa dimasukkan ke dalam larutan tersebut selama 30 menit dan lakukan pengecekan suhu agar tidak melampaui batas. Jika telah dilakukan *pre-treatment* dengan KOH 5%, sabut kelapa tersebut didiamkan hingga tidak terlalu panas untuk kemudian dicuci menggunakan air bersih sampai

larutan KOH yang ada pada sabut kelapa hilang. Sabut kelapa yang telah dicuci tersebut dipindahkan dalam wadah untuk dianginkan pada suhu ruang sebelum dimasukkan ke dalam oven. Sabut kelapa yang telah dianginkan, dimasukan dalam oven dengan suhu 105⁰C selama 24 jam.

Tahapan selanjutnya adalah proses karbonisasi dengan metode *hydrothermal* selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam pada suhu 160⁰C. Sabut kelapa yang telah diberi *pre- treatment* KOH 5% tersebut ditimbang untuk kemudian dimasukkan ke dalam *rotary digester*. Dalam proses karbonisasi *hydrothermal* ini, perbandingan antara air dengan serat ialah 500 g sabut kelapa dan 5 L air untuk sekali proses karbonisasi dalam digester. Pada awal mesin *rotary digester* dinyalakan, suhu belum mencapai 160⁰C dan untuk mencapai suhu 160⁰C membutuhkan waktu ±2 jam. Jika suhu sudah tercapai 160⁰C, proses perhitungan lamanya karbonisasi *hydrothermal* baru boleh dilakukan. Setelah selesai proses karbonisasi *hydrothermal*, alat dimatikan dalam keadaan mesin *rotary digester* berdiri tegak lurus dan sabut kelapa boleh dikeluarkan keesokan harinya.

Produk hasil dari proses karbonisasi *hydrothermal* ini berupa *hydrochar*. *Hydrochar* yang sudah dikeluarkan dari *rotary digester* tersebut ditiriskan dan dianginkan sebelum dimasukkan ke dalam oven. Pengeringan dalam oven dilakukan selama 24 jam pada suhu 105⁰C. Setelah *hydrochar* benar-benar kering, *hydrochar* digiling menggunakan alat *disk mill*. Setelah dilakukan penggilingan *hydrochar*, *hydrochar* diayak dengan menggunakan ayakan 40 mesh dan 100 mesh. *Hydrochar* yang digunakan adalah *hydrochar* dengan ukuran lolos 40 mesh dan tertahan 100 mesh. Produk *hydrochar* inilah

yang akan digunakan sebagai *bio-admixture* dalam pembuatan campuran mortar.

Berikut merupakan alat, bahan dan tahapan dalam pembuatan *bio-admixture*:

a. Alat

❖ Alat *Rotary Digester*



Gambar 3. 8 Rotary Digester

❖ Oven Memmert UF 450, 400 V, 8.4 A, 5800 watt



Gambar 3. 9 Oven Memmert UF 450, 400 V, 8.4 A,
5800 watt

- ❖ Sieve mesh 40
- ❖ Sieve mesh 60
- ❖ Sieve mesh 80
- ❖ Sieve mesh 100



Gambar 3. 10 Sieve mesh 100

b. Bahan

- ❖ Kalium Hidroksida (KOH)
- ❖ Sabut kelapa



Gambar 3.11. Sabut kelapa

❖ Air



Gambar 3. 12 air

c. Prosedur Pengujian:

- ❖ Siapkan alat dan bahan
- ❖ Potong sabut sekitar 1-5 cm menggunakan alat pemotong, yaitu golok Masukkan sabut kelapa ke dalam alat *Ring Flakker* agar lebih kecil lagi ukurannya guna mempermudah pengerjaan.



Gambar 3. 13 Menggiling serabut dengan ring flakker

- ❖ Untuk *bio-admixture* dengan perlakuan KOH, maka sabut kelapa tersebut dimasukkan kedalam larutan KOH 5% yang dipanaskan pada suhu

$80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit sebelum dimasukkan ke dalam alat *rotary digester*.



Gambar 3. 14 Serat dimasukkan dalam larutan KOH 5% yang dipanaskan

- ❖ Kemudian sabut kelapa ditiriskan, lalu sabut kelapa dicuci dengan menggunakan air mengalir sampai sabut kelapa bersih dari larutan KOH.



Gambar 3. 15 Pencucian sabut kelapa

- ❖ Sabut kelapa yang sudah dicuci, kemudian ditiriskan sampai kering dan kemudian dimasukkan dalam oven selama ± 24 jam.



Gambar 3. 16 Meniriskan sabut kelapa

- ❖ Setelah itu sabut kelapa dimasukkan ke dalam *digester* pada suhu 160°C selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam dengan menggunakan air.



Gambar 3. 17 Proses Karbonisasi Hydrothermal selama 1, 2 dan 3 jam pada suhu 160°C

- ❖ Sabut kelapa dibiarkan dalam *rotary digester* dan dikeluarkan dari digester pada keesokan harinya untuk ditiriskan dan dikeringkan sebelum dimasukkan ke dalam oven.



Gambar 3. 18 Sabut kelapa dianginkan untuk dikeringkan

- ❖ Sabut kelapa yang sudah ditiriskan dan dikeringkan, kemudian dimasukkan ke dalam oven untuk dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam.



Gambar 3. 19 Pengeringan dengan oven

- ❖ Setelah dioven, *hydrochar* digiling menggunakan alat *disk mill* sampai ukurannya antara 40 mesh sampai 100 mesh.



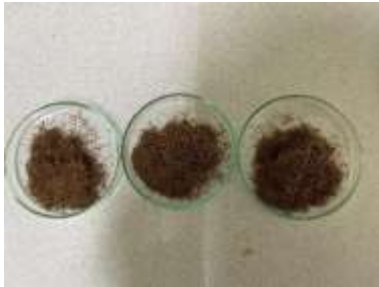
Gambar 3. 20 Menggiling *hydrochar* dengan *disk mill*

- ❖ Diayak lagi menggunakan ayakan lolos 40 mesh dan tertahan 100 mesh.



Gambar 3. 21 Mengayak *hydrochar* lolos 40 mesh dan tertahan 100 mesh

❖ Dihasilkan produk padat berupa *hydrochar*.



Gambar 3. 22 Hydrochar

F. *Bio-Admixture*

Pengujian *Bio-Admixture* yang dilakukan pada evaluasi ini meliputi pengujian kadar air dan pengujian kadar abu. Tabel 3.4 merupakan uraian dalam pengujian pada *bio-admixture*:

Tabel 3. 4 Jenis Pengujian *Bio-Admixture* dan Standard Pengujian

No.	Jenis Pengujian <i>Hydrochar</i>	Standard
1.	Pengujian Kadar Air	ASTM D2867-04,
2.	Pengujian Kadar Abu	ASTM D2866-11 SNI 06-3730-1995

1. Pengujian Kadar Air

Pada pengujian kadar air untuk *hydrochar* ini mengacu pada ASTM D2867- 04 dan SNI 06-3730-1995. Pengujian ini bertujuan untuk menghitung persentase kadar air yang terdapat pada *hydrochar* setelah dilakukannya proses karbonisasi *hydrothermal*. Berikut ini merupakan prosedur pengujian dalam menentukan kadar air pada *hydrochar*.

a. Alat

- ❖ Cawanpetri



Gambar 3. 23 Cawan petri

- ❖ Neraca analitis dengan kapasitas maksimal 220 g dan ketelitian 0,0001 g.



Gambar 3. 24 Neraca analitis uji kadar air

- ❖ Oven Memmert Kadar Air



Gambar 3. 25 Oven Memmert Kadar Air

❖ Desikator



Gambar 3. 26 Desikator

❖ Penjepit cawan



Gambar 3.27 Penjepit Cawan

b. Prosedur Pengujian:

- ❖ Oven cawan petri untuk menghilangkan sisa-sisa air atau kotoran yang masih menempel pada cawan petri.



Gambar 3. 28 Pengovenan cawan petri untuk uji kadar air

- ❖ Masukkan cawan petri yang sudah dioven ke dalam desikator.
- ❖ Timbang berat cawan petri dengan neraca analitis.



Gambar 3. 29 Penimbangan berat cawan petri

- ❖ Timbang *hydrochar* dalam cawan petri yang sudah diketahui beratnya.



Gambar 3. 30 Hydrochar dalam cawan petri yang akan ditimbang

- ❖ Masukkan ke dalam oven dengan suhu 105° selama 3 jam untuk dilakukan pengujian kadar air.
- ❖ Setelah dilakukan pengovenan, dinginkan *hydrochar* di dalam desikator.



Gambar 3. 31 Hydrochar didinginkan dalam desikator

- ❖ Timbang berat akhir sampel *hydrochar* pada neraca



Gambar 3. 32 Penimbangan berat akhir

c. Perhitungan

2. Pengujian Kadar Abu

Pada pengujian kadar abu untuk *hydrochar* ini mengacu pada ASTM D2866-11 dan SNI 06-3730-1995. Pengujian ini bertujuan untuk menghitung persentase kandungan mineral pada *hydrochar* yang tidak menguap sebagai hasil dari proses karbonisasi *hydrothermal*. Berikut ini merupakan prosedur pengujian dalam menentukan kadar abu pada *hydrochar*:

a. Alat

- ❖ Krusibel



Gambar 3. 33 Krusibel

- ❖ Neraca analitis dengan kapasitas maksimal 220 g dan ketelitian 0,0001 g.



Gambar 3. 34 Neraca Analitis Uji Kadar Abu

❖ Oven



Gambar 3. 35 Oven Memmert Kadar Abu

❖ Desikator



Gambar 3.36 Desikator

❖ Tanur



Gambar 3. 37 Tanur

❖ Gegep



Gambar 3.38 Penjepit Krusibel

b. Prosedur Pengujian:

- ❖ Masukan krusibel ke dalam oven untuk menghilangkan air atau kotoran dalam krusibel tersebut.



Gambar 3. 39 Pengovenan krusibel untuk uji kadar abu

- ❖ Dinginkan krusibel yang sudah dioven ke dalam desikator.



Gambar 3. 40 Krusibel dalam desikator untuk didinginkan

- ❖ Timbang berat krusibel menggunakan neraca analitis dengan ketelitian 0,0001 g.



Gambar 3. 41 Penimbangan berat krusibel

- ❖ Timbang 0,5 g arang aktif dalam cawan porselen yang sudah diketahui beratnya.



Gambar 3. 42 Hydrochar dalam krusibel yang akan ditimbang

- ❖ Masukkan ke dalam tanur dengan suhu 700°C selama 4 jam untuk dipanaskan.



Gambar 3. 43 Arang dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 700°C

- ❖ Setelah dilakukan pemanasan, dinginkan arang aktif di dalam desikator.



Gambar 3. 44 Abu didinginkan pada desikator

- ❖ Timbang arang aktif pada neraca.



Gambar 3. 45 Abu setelah proses pengujian kadar abu



Gambar 3. 46 Penimbangan berat akhir kadar abu

c. Perhitungan

G. Perencanaan Rancangan Campuran (*Mix design*) Mortar

Pada evaluasi ini, rancangan campuran dalam pembuatan mortar mengacu pada ASTM C109/C109M-2002. Perbandingan antara semen dan pasir yang digunakan adalah 1:2,75 dengan faktor air semen sebesar 0,485. Penambahan *bio- admixture* pada evaluasi ini adalah 1%, 1,5% dan 2% dari berat semen. Semen yang digunakan pada evaluasi ini adalah semen Portland komposit (PCC) dan pasir yang digunakan adalah pasir cimangkok dalam keadaan SSD atau jenuh kering permukaan. Komposisi mortar sesuai dengan ASTM C109M-2002 ditunjukkan pada tabel 3.5:

Tabel 3. 5 Proporsi Komposisi Mortar sesuai dengan Jumlah Benda Uji 6 buah atau 9 buah

	Jumlah Benda Uji	
	6	9
Semen (g)	500	740
Pasir (g)	1375	2035
Air (mL)		
w/c ratio (0,485)	242	359
w/c ratio (0,460)	230	340

Sumber: (ASTM C109M - 2002)

Satu variasi pada mortar ini terdiri dari 3 benda uji kuat tekan, 3 benda uji kuat lentur dan 3 benda uji penyerapan air. Tabel 3.6 merupakan rancangan kebutuhan bahan campuran adukan mortar untuk setiap variasi.

*Tabel 3. 6 Kebutuhan Bahan Campuran untuk
Pembuatan Mortar Tiap Jenis Variasi*

Perkiraan Kebutuhan Bahan untuk Pembuatan Adukan Mortar Tiap Jenis Variasi (g)				
Variasi	Semen	Pasir	Air	Hydrochar
M	500	1375	242	0
M1-1A	500	1375	242	5
M1-2A	500	1375	242	5
M1-3A	500	1375	242	5
M1,5-1A	500	1375	242	7,5
M1,5-2A	500	1375	242	7,5
M1,5-3A	500	1375	242	7,5
M2-1A	500	1375	242	10
M2-2A	500	1375	242	10
M2-3A	500	1375	242	10

Berdasarkan acuan pada ASTM C109 / C109M - 2002 untuk sekali adukan pada *mixer* cukup untuk membuat 6 benda uji kuat tekan dan 3 benda uji kuat lentur dan penyerapan air. Pasir yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji ini harus dalam kondisi SSD

atau jenuh kering permukaan dengan perbandingan pasir dan air yang digunakan untuk mencapai kondisi SSD tersebut tertera pada tabel 3.7 berikut.

Tabel 3. 7 Perbandingan Pasir dan Air Kondisi SSD

Pasir (g)	Air (mL)
2000	100

H. Benda Uji Evaluasi

Benda uji yang akan dibuat dalam evaluasi ini meliputi benda uji untuk pengujian mortar dan benda uji untuk pengujian *hydrochar*. Sampel benda uji untuk penyerapan air digunakan kubus berukuran 40 mm x 40 mm x 40 mm sebanyak 30 sampel benda uji, kuat tekan mortar digunakan benda uji berbentuk kubus berukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm sebanyak 30 sampel benda uji, dan untuk pengujian kuat lentur mortar digunakan benda uji berbentuk prisma berukuran 40 mm x 40 mm x 160 mm sebanyak 30 sampel benda uji dan sampel benda uji pengujian *bio-admixture* sebanyak 18 buah.

Tabel 3. 8 Data Sampel Pemeriksaan Flowabilitas

No.	Pengujian Mortar	Variasi Mortar	Banyaknya Sampel Umur
		M	5
		M1-1A	5
		M1-2A	5

1.	Flowabilitas Mortar	M1-3A	5
		M1,5-1A	5
		M1,5-2A	5
		M1,5-3A	5
		M2-1A	5
		M2-2A	5
		M2-3A	5

Tabel 3. 9 Data Benda Uji Pengujian Mortar

No.	Pengujian Mortar	Variasi Mortar	Banyaknya Sampel Umur 28 hari
1.	Penyerapan Air	M0	5
		M1-1A	5
		M1-2A	5
		M1-3A	5
		M1,5-1A	5
		M1,5-2A	5
		M1,5-3A	5
		M2-1A	5
		M2-2A	5
		M2-3A	5
		M0	5
		M1-1A	5
		M1-2A	5
		M1-3A	5

2.	Kuat Tekan Mortar	M1,5-1A	5
		M1,5-2A	5
		M1,5-3A	5
		M2-1A	5
		M2-2A	5
		M2-3A	5
3.	Kuat Lentur Mortar	M0	5
		M1-1A	5
		M1-2A	5
		M1-3A	5
		M1,5-1A	5
		M1,5-2A	5
		M1,5-3A	5
		M2-1A	5
		M2-2A	5
M2-3A	5		
Total Sampel Benda Uji			1

Tabel 3. 10 Data Benda Uji Pengujian Bio-Admixture

No.	Pengujian Bio-Admixture	Variasi Benda Uji Bio-	Banyaknya Sampel Umur 28
1.	Kadar Air	H	5
		H	5
		H	5
		H	3

2.	Kadar Abu	H	3
		H C	3
Total Sampel Benda Uji			2 4

I. Pembuatan Benda Uji Mortar

Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm ASTM C109/C109M-2002 dan SNI 03-6825-2002 sedangkan benda uji berbentuk prisma dengan ukuran 40 mm x 40 mm x 160 mm mengacu pada ASTM C348-02. Berikut ini merupakan alat, bahan, serta metode pembuatan benda uji mortar:

a. Alat

- ❖ Mesin pengaduk sesuai Standar ASTM C 305, lengkap dengan mangkok pengaduk.



Gambar 3. 47 Mesin Pengaduk.

❖ Cetakan kerucu



Gambar 3.48 Cetakan Kerucut

❖ *Flow Table* sesuai dengan Standar ASTM C-230 dilengkapi dengan bejana terbuat dari baja.



Gambar 3. 49 Flow Table

- ❖ Cetakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm dan berbentuk prisma dengan ukuran 40 mm x 40 mm x 200 mm terbuat dari baja dan harus kedap air.



Gambar 3. 50 Cetakan Benda Uji Kubus 50 mm x 50 mm x 50 mm



Gambar 3. 51 Cetakan Benda Uji Prisma 40 mm x 40 mm x 200 mm

- ❖ Timbangan dengan ketelitian 0 g



Gambar 3. 52 Timbangan

- ❖ Gelas ukur dengan ketelitian 2 mL.



Gambar 3. 53 Gelas Ukur

❖ Alat Pematik



Gambar 3.54 pematik benda uji

❖ Sekop



Gamabr 3. 55 sekop

❖ Sendok Perata



Gambar 3. 56 Sendok Perata

❖ Jangka sorong



Gambar 3. 57 Jangka Sorong

b. Bahan

❖ Air



Gambar 3. 58 Air

❖ Agregat halus



Gambar 3. 59 Agregat halus (pasir)

❖ **Semen**



Gambar 3. 60 semen

❖ *Bio-admixture*



Gambar 3. 61 *Bio-admixture*

c. Cara Pembuatan

- 1) Timbang semua bahan sesuai dengan rancangan campuran mortar.



Gambar 3. 62 Menimbang material sesuai porsinya

- 2) Masukkan 242 mL air dan 500 g semen kedalam mangkok pengaduk dan jalankan mixer dengan kecepatan 140 rpm selama 30 detik.



Gambar 3. 63 Semen dan air dimasukkan dalam mixer

- 3) Masukkan *hydrochar* sesuai dengan kadarnya masing-masing ke dalam mixer yang sudah berisi campuran air dan semen sambil diaduk dengan kecepatan 140 rpm selama 30 detik.
- 4) Masukkan 1376 g pasir ke dalam mixer yang sudah berisi campuran air dan semen sambil diaduk dengan kecepatan 140 rpm selama 30 detik.



Gambar 3. 64 Bahan dimasukkan dalam mixer



Gambar 3. 65 Kecepatan mixer 140 rpm selama 30 detik

- 5) Naikkan kecepatan mixer sampai 285 rpm selama 30 detik.



Gambar 3. 66 Kecepatan mixer menjadi 285 rpm selama 30 detik

- 6) Hentikan adukan mixer selama 75 detik dan dilanjutkan pengadukan pada kecepatan 285 rpm selama 60 detik.



Gambar 3. 67 Kecepatan mixer menjadi 285 rpm selama 60 detik

- 7) Pengadukan dihentikan dan dilakukan mortar *flow table test*.



Gambar 3. 68 Flow Table Test

- 8) Setelah dilakukan *flow table test*, mortar kembali diaduk dengan mixer dengan kecepatan 285 rpm selama 15 detik.



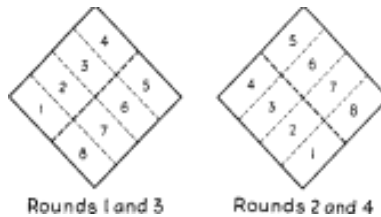
Gambar 3. 69 Kecepatan mixer menjadi 285 rpm selama 15 detik

- 9) Sebelum adukan mortar dalam cetakan, cetakan harus diberi pelumas terlebih dahulu.



Gambar 3. 70 Pemberian minyak pelumas pada cetakan benda uji

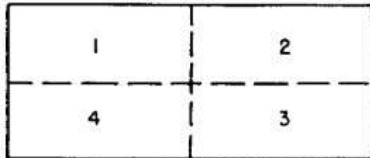
- 10) Pengisian adukan mortar dilakukan dengan 2 lapis dan setiap lapis harus dipadatkan 32 kali dengan 4 kali putaran untuk benda uji kubus 50 mm x 50 mm x 50 mm, seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. 71 Konfigurasi Pemadatan Benda Uji Mortar

Sumber: (ASTM C109 / C109M - 2002)

- 11) Untuk benda uji prisma berukuran 40 mm x 40 mm x 200 mm, pengisian adukan mortar secara merata dengan ketebalan 20 mm di masing-masing cetakan tersebut. Padatkan mortar di setiap cetakan dengan 12 kali pukulan dengan 3 kali putaran.



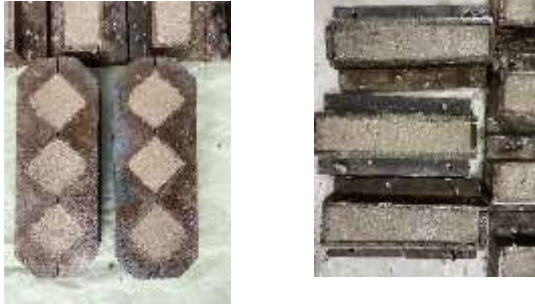
Gambar 3. 72 Konfigurasi Pemadatan Benda Uji Mortar 40 mm x 40 mm x 160 mm

Sumber: ASTM C348-02



Gambar 3. 73 Pengisian adukan mortar ke dalam cetakan

- 12) Ratakan permukaan atas cetakan benda uji dengan sendok serata.



Gambar 3. 74 Meratakan permukaan atas mortar

- 13) Setelah itu tunggu sampai mortar mengeras.



Gambar 3. 75 Mortar yang sudah dicetak dan akan ditunggu sampai mengeras

- 14) Ketika sudah mengeras, keluarkan mortar dari dalam cetakan

J. Perawatan (*Curing*) Benda Uji Mortar

Perawatan benda uji dilakukan ketika benda uji telah mengeras, biasanya minimal setelah 24 jam dari proses pembuatan benda uji. Metode perawatan benda uji ini ialah *water curing*, yaitu dengan cara merendam benda uji yang telah dikeluarkan dari cetakan ke dalam air. Proses ini dilakukan untuk menjaga suhu beton atau mortar sehingga tidak terjadi keretakan dan mencapai mutu yang diinginkan.

Metode pelaksanaan:

1. Setelah mortar berumur 24 jam dari proses pembuatannya, lepaskan cetakan benda uji mortar.
2. Benda uji tersebut direndam dalam air selama 27 hari.
3. Setelah mortar berumur 27 hari, angkat mortar dari rendaman air untuk kemudian di anginkan sampai umur mortar 28 hari.
4. Setelah umur mortar mencapai 28 hari, lakukan pengujian penyerapan air, kuat tekan dan kuat lentur mortar.



Gambar 3. 76 Curring mortar dalam air

K. Mortar

Pengujian mortar yang dilakukan pada evaluasi ini meliputi pemeriksaan flowabilitas, pengujian penyerapan air, pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat lentur. Tabel 3.8 merupakan uraian dalam pengujian pada mortar:

Tabel 3. 11 Jenis Pengujian Mortar dan Standard Pengujian

No.	Jenis Pengujian Mortar	Standard
1.	Pemeriksaan Flowabilitas Mortar	ASTM C 1437-07, SNI 03-6825-
2.	Pengujian Penyerapan Air Pada Mortar	ASTM C1403-05
3.	Pengujian Kuat Tekan Mortar	ASTM C109/C109M
4.	Pengujian Kuat Lentur Mortar	ASTM C348-02

1. Pemeriksaan Flowabilitas Mortar

Pemeriksaan flowabilitas mortar dilakukan dengan cara sebagai berikut:

a. Alat

1) *Flow table*



Gambar 3. 77 Flow table

2) Cetakan kerucut



Gambar 3. 78Cetakan Kerucut

3) Alat pematik



Gambar 3. 79 Alat Pematik Flowabilitas

b. Bahan

- 1) Adukan mortar yang sudah sesuai dengan rancangan

c. Cara Pengujian

- 1) Bersihkan *flow table* dengan hati-hati hingga kering.
- 2) Letakkan cetakan kerucut di tengah di atas meja sebar
- 3) Isi bejana tersebut dengan adukan mortar dengan ketebalan sekitar 25 mm dalam 2 lapis hingga penuh dan padatkan 20 kali dengan alat pematik.



Gambar 3. 80 Pengisian kerucut dalam 2 lapis



Gambar 3. 81 Pemasatan dengan tongkat pematat

- 4) Ratakan permukaan mortar dalam kerucut tersebut dan bersihkan sisa-sisa mortar yang menempel di pinggir kerucut



Gambar 3. 83 Meratakan atas permukaan cetakan kerucut sebelum diangkat

- 5) Angkat kerucut tersebut dalam posisi lurus keatas sampai mortar berbentuk seperti kerucut,



Gambar 3. 84 Kerucut diangkat dan adukan membentuk kerucut

- 6) Jika adukan berguguran, maka perlu diulang.
- 7) Jika adukan sudah berbentuk kerucut, maka meja sebar siap di getarkan.



Gambar 3. 85 Adukan sudah membentuk kerucut

- 8) Getarkan meja sebanyak 25 kali, lakukan dalam 15 detik.



Gambar 3. 86 Penggetaran meja untuk flow table test

- 9) Ukur diameter mortar yang berada di dasar kerucut dengan sisi yang berbeda.



Gambar 3. 87 Pengukuran diameter adukan setelah penggetaran

2. Pengujian Penyerapan Air Pada Mortar

Pengujian penyerapan air pada mortar mengacu pada ASTM C1403-05. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan penyerapan air dari mortar pada waktu tertentu. Adapun metode yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Persiapan Pengujian:
- 1) Keluarkan mortar dari cetakan dan bersihkan dari kotoran yang menempel.
 - 2) Keringkan benda uji dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam.



Gambar 3. 88 Pengeringan benda uji penyerapan air mortar dalam oven

- 3) Keluarkan benda uji dari oven hingga mencapai suhu ruang.
- b. Prosedur Pengujian:
- 1) Tentukan bagian permukaan atas dari benda uji.
 - 2) Hitung luas permukaan tiap benda uji dari panjang dan lebar permukaan atas benda uji, lakukan pengukuran sebanyak 3 bagian.



Gambar 3. 89 Pengukuran dimensi panjang, lebar dan tinggi sebanyak masing-masing 3 kali

- 3) Timbang benda uji dengan ketelitian 0,01 g sebelum pengujian dan catat beratnya (W_0).



Gambar 3. 90 Menimbang berat benda uji penyerapan mula-mula

- 4) Tempatkan wadah pada permukaan datar.



Gambar 3. 91 Menempatkan benda uji pada wadah dan permukaan datar

- 5) Tambahkan air ke dalam wadah tersebut sampai benda uji terendam ($3 \pm 0,5$) mm dan tutup wadah tersebut.



Gambar 3. 92 Menambahkan air sampai benda uji terendam ($3 \pm 0,5$) mm

- 6) Ukur berat benda uji pada $\frac{1}{4}$, 1, 4, dan 24 jam (T) dari masing-masing benda uji dan catat beratnya (WT).



Gambar 3. 93 Pengukuran berat akhir benda uji

3. Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan untuk mortar mengacu pada ASTM C109/C109M. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tekan pada mortar.

a. Alat:

❖ UTM 1000 kN



Gambar 3. 94 Universal Testing Machine (UTM)
1000 kN

Adapun metode yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Angkat benda uji dari tempat perendaman.



Gambar 3. 96 Pengangkatan benda uji dari curing

- 2) Keringkan permukaan benda uji menggunakan lap kering, bersihkan butiran pasir yang terdapat pada benda uji dan biarkan selama ± 15 menit.



Gambar 3. 97 Pengeringan benda uji tekan dari tempat perendaman

- 3) Timbang benda uji tersebut dan catat beratnya.



Gambar 3. 98 Penimbangan berat benda uji kuat tekan mortar

- 4) Pilih atas permukaan benda uji yang rata, letakkan benda uji pada di mesin penekan dengan posisi di bawah tengah dari bantalan atas.
- 5) Pastikan angka beban pada mesin uji kuat tekan menunjukkan angka nol.



Gambar 3. 99 Memastikan angka pada mesin uji nol

- 6) Pembebanan dimulai sampai benda uji pecah.



Gambar 3. 100 Ketika benda uji tekan retak

- 7) Pada saat sampel benda uji tersebut pecah, catat besar gaya maksimum yang terjadi.



Gambar 3. 101 Catat beban maksimum pada mesin uji

- 8) Hitung kuat tekan benda uji sesuai dengan rumus.

4. Pengujian Kuat Lentur Mortar

Pengujian kuat lentur untuk mortar mengacu pada ASTM C348-02. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kekuatan lentur mortar. Adapun metode yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Alat:

- ❖ *Universal Testing Machine (UTM) 50 kN*



Gambar 3. 102 Universal Testing Machine (UTM) 50 kN

- a) Keluarkan benda uji dari tempat perendaman

- b) Keringkan semua benda uji menggunakan lap dan singkirkan pasir atau butiran yang bersentuhan dengan permukaan benda uji.



Gambar 3. 103 Pengeringan benda uji lentur dari tempat perendaman

- c) Timbang benda uji tersebut dan catat beratnya



Gambar 3. 104 Penimbangan berat benda uji kuat lentur mortar

- d) Masukkan data tebal dan lebar benda uji untuk di input ke dalam mesin uji kuat lentur.



Gambar 3. 105 Pengukuran lebar dan tebal benda uji lentur

- e) Tempatkan benda uji pada mesin uji kuat lentur dengan posisi yang akurat.
f) Letakkan benda uji pada mesin uji kompresi, catat total beban yang ditunjukkan oleh mesin uji kompresi dan kemudian hitung kuat lenturnya.



Gambar 3. 106 Pengujian Kuat Lentur Mortar



Gambar 3. 107 Pola retak benda uji lentur

BAB IV

BIO-ADMIXTURE

A. Umum

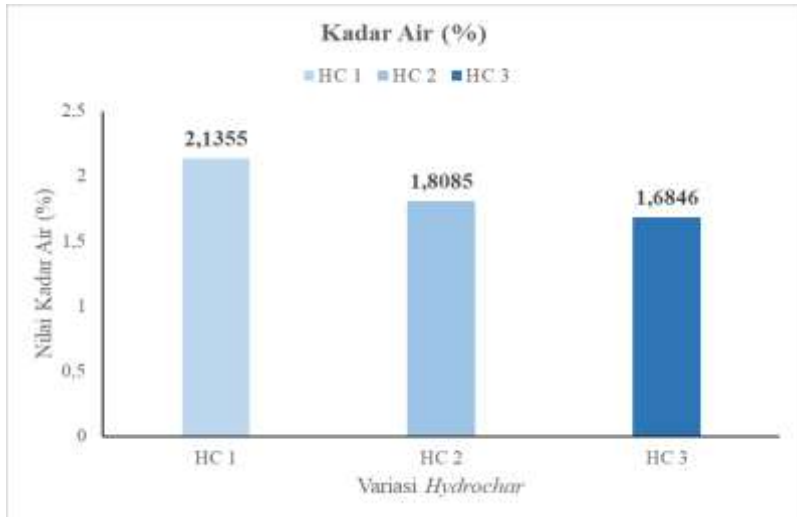
Pada Bab IV ini memuat hasil evaluasi, analisis data dari evaluasi, serta pembahasan dari hasil yang diperoleh. Evaluasi dan pengujian ini dilakukan di iLAB Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk, Badan Riset dan Inovasi Nasional.

B. *Bio-Admixture*

Pada pembuatan *bio-admixture* sebagai bahan campuran dalam pembuatan mortar dilakukan dua pengujian, yaitu pengujian kadar air dan pengujian kadar abu.

1. Hasil Pengujian Kadar Air

Hasil pengujian kadar air *bio-admixture* untuk variasi HC 1, HC 2 dan HC 3 tertera pada **gambar 4.1**. Berikut ini merupakan grafik hasil pengujian kadar air *bio-admixture* dengan proses karbonisasi *hydrothermal* selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam.

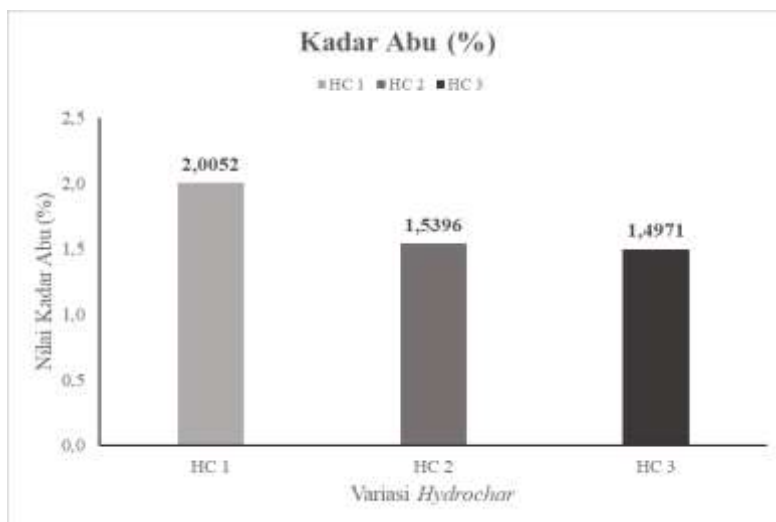


Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian Kadar Air Bio-Admixture

Hasil pengujian kadar air menunjukkan bahwa kadar air tertinggi ada pada *bio-admixture* dengan proses karbonisasi *hydrothermal* selama 1 jam, yaitu sebesar 2,1355% dan kadar air terendah ada pada *bio-admixture* dengan proses karbonisasi *hydrothermal* selama 3 jam, yaitu sebesar 1,6846%. Nilai kadar air ini berkisar 83 antara 1,6846%-2,1355% dan nilai kadar air ini tidak jauh berbeda dengan evaluasi (Budiman et al., 2019) dimana nilai kadar air dari tempurung kelapa sawit yang diberi perlakuan KOH 5% dan dilakukan proses karbonisasi *hydrothermal* menghasilkan kadar air dengan rentang 1,93%-5,26%. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 untuk arang aktif memiliki kadar air maksimum 15% dan dengan hasil kadar air *bio-admixture* yang diperoleh, maka kadar air *bio-admixture* tidak melebihi batas maksimum kadar air yang dipersyaratkan tersebut.

2. Hasil Pengujian Kadar Abu

Hasil pengujian kadar abu *bio-admixture* untuk variasi HC 1, HC 2 dan HC 3 tertera pada **gambar 4.2**. Berikut ini merupakan grafik hasil pengujian kadar abu *bio-admixture* dengan proses karbonisasi *hydrothermal* selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam.



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian Kadar Abu Bio-Admixture

Hasil pengujian kadar abu menunjukkan bahwa semakin lama proses karbonisasi *hydrothermal*, maka kadar abu semakin rendah. Kadar abu tertinggi ada pada *bio-admixture* dengan proses karbonisasi *hydrothermal* selama 1 jam, yaitu sebesar 2,0052% dan kadar abu terendah ada pada *bio-admixture* dengan proses karbonisasi *hydrothermal* selama 3 jam, yaitu sebesar 1,4971%. Berdasarkan SNI 06-3730-1995 untuk

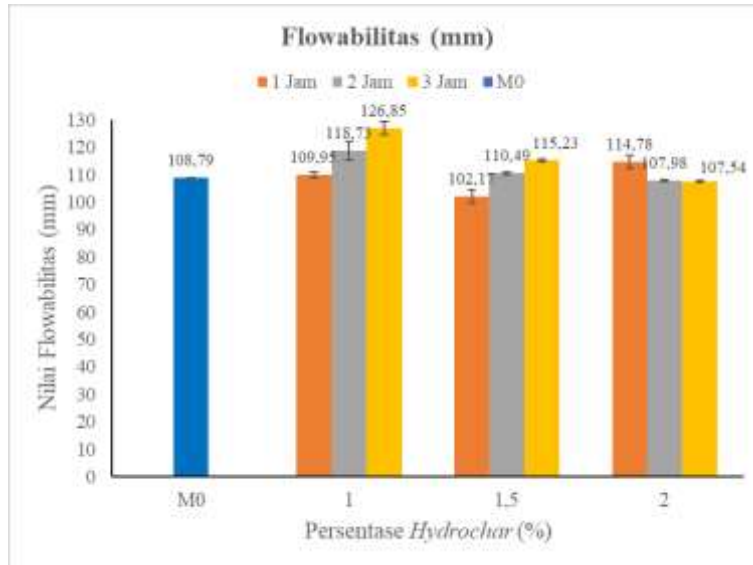
arang kayu memiliki kadar abu maksimum 10% dan dengan hasil kadar abu *bio-admixture* yang diperoleh, maka kadar abu *bio-admixture* tidak melebihi batas maksimum kadar abu yang dipersyaratkan tersebut.

C. Mortar

Parameter pengujian mortar yang dilakukan meliputi pemeriksaan flowabilitas, pengujian kuat tekan, pengujian kuat lentur, dan pengujian penyerapan air pada mortar.

1. Hasil Pemeriksaan Flowabilitas Mortar

Pemeriksaan nilai flowabilitas mortar dilakukan sebanyak 10 variasi mortar. Pengujian flowabilitas ini mengacu pada ASTM C1437-07. **Gambar 4.3** merupakan hasil dari nilai flowabilitas mortar.



Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pemeriksaan Flowabilitas Mortar

Nilai flowabilitas pada mortar diukur dari diameter bawah adukan mortar setelah dilakukannya penggetaran flow table. Berdasarkan ASTM C230/C230M-

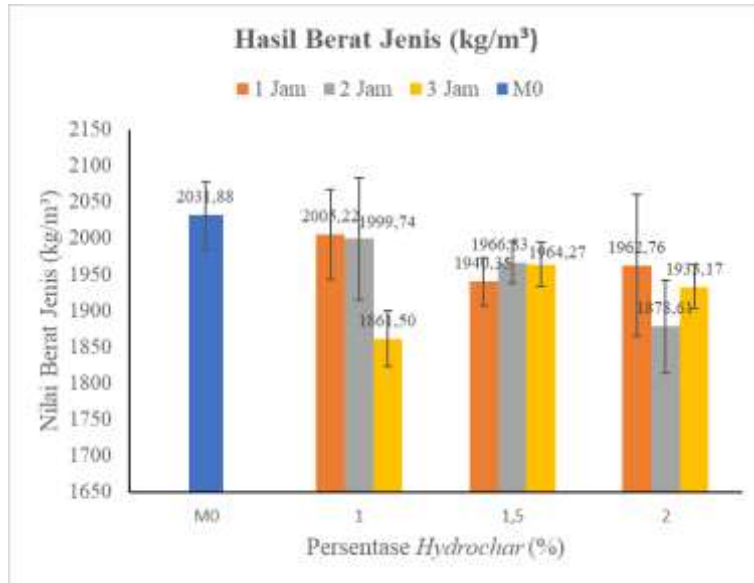
20 dimensi kerucut ialah diameter atas berukuran 70 mm dan diameter bawah berukuran 100 mm dengan tinggi 50 mm. Dari grafik diatas diperoleh nilai flowabilitas pada proses karbonisasi *hydrothermal* 1 jam, 2 jam dan 3 jam cenderung menurun seiring dengan bertambahnya persentase *hydrochar* yang digunakan. Nilai flowabilitas yang makin kecil akan membuat adukan semakin kental, hal ini membuat tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) akan semakin sulit.

Pada penambahan 1% *hydrochar* dalam campuran adukan mortar juga memengaruhi nilai flowabilitasnya dimana nilai flowabilitas semakin tinggi seiring dengan lamanya proses karbonisasi *hydrothermal*. Dimana pada M1-2A nilai flowabilitasnya meningkat 7,40% dari M1-1A dan M1-3A meningkat sebesar 6,40% dari M1-2A. Pada penambahan 1,5% juga dapat meningkatkan nilai flowabilitas seiring dengan lamanya durasi proses karbonisasi *hydrothermal*, dimana nilai flowabilitas M1,5-2A meningkat sebesar 7,53% dari M1,5-1A dan M1,5-3A meningkat sebesar 4,12% dari M1,5-2A. Nilai flowabilitas yang tinggi ini membuat adukan semakin encer sehingga memberikan tingkat kemudahan dalam pengerjaannya. Sedangkan pada penambahan 2% *hydrochar* dalam campuran adukan mortar membuat nilai flowabilitas semakin rendah seiring dengan lamanya proses karbonisasi *hydrothermal*. Hal ini membuat adukan akan semakin kental karena lebih banyak kadar *hydrochar* yang digunakan, Sesuai dengan rancangan campuran adukan mortar yang digunakan dalam evaluasi ini dan mengacu pada

ASTM C109/C109M-2002, dimana nilai flowabilitasnya adalah (110 ± 5) mm dan diperoleh nilai flowabilitas M0 sebesar 108,79 mm. Nilai flowabilitas pada M0 yang diperoleh memenuhi standar yang digunakan. Dari gambar 4.3 terlihat bahwa nilai flowabilitas tertinggi ada pada adukan mortar M1-3A dengan nilai flowabilitas sebesar 126,85 mm. Nilai flowabilitas M1-3A meningkat 14,24% dari M0. Nilai flowabilitas pada M1-1A, M1-2A, M1,5-2A, M1,5-3A, dan M2-1A juga meningkat dari M0. Dengan demikian nilai flowabilitas mortar yang semakin besar akan mempermudah dalam pengadukannya.

2. Berat Jenis Mortar

Berat jenis beton diperoleh dengan cara menimbang berat mortar sebelum dilakukan pengujian untuk kemudian dibagi dengan volume mortar tersebut.



Gambar 4. 4 Grafik Hasil Berat Jenis Mortar

Gambar 4.4 menunjukkan hasil antara berat jenis mortar kontrol dengan mortar yang menggunakan penambahan *hydrochar*. Pada proses karbonisasi hidrotermal dengan durasi 1 jam menghasilkan berat jenis tertinggi pada mortar dengan penambahan 1% *hydrochar* dengan nilai berat jenis sebesar 2005,22 kg/m³, sedangkan berat jenis terendah ada pada mortar dengan penambahan 1,5% *hydrochar* sebesar 1940,35 kg/m³. Pada proses karbonisasi hidrotermal dengan durasi 2 jam menghasilkan berat jenis tertinggi ada pada mortar dengan penambahan 1% *hydrochar* dengan nilai berat jenis sebesar 1999,74 kg/m³, sedangkan berat jenis terendah ada pada mortar dengan penambahan 2% *hydrochar* sebesar 1878,61 kg/m³. Sedangkan pada proses karbonisasi hidrotermal dengan durasi 3 jam menghasilkan berat jenis tertinggi ada pada mortar dengan penambahan 1,5% *hydrochar* menghasilkan berat jenis sebesar 1964,27 kg/m³, sedangkan berat jenis terendah ada pada mortar dengan penambahan *hydrochar* sebesar 1% yaitu sebesar 1861,50 kg/m³.

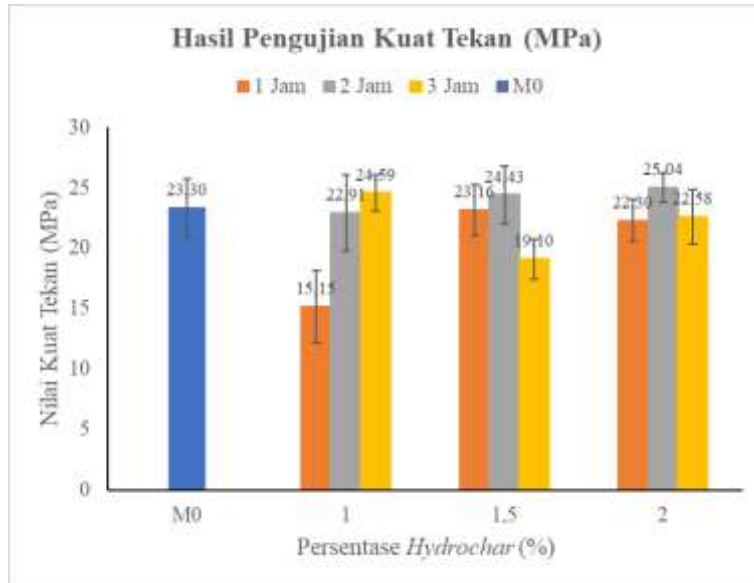
Penambahan *hydrochar* sebesar 1% dengan durasi proses karbonisasi hidrotermal selama 1, 2 dan 3 jam menghasilkan berat jenis terendah pada durasi 3 jam sebesar 1861,50 kg/m³, sedangkan berat jenis tertinggi ada pada durasi 1 jam yaitu sebesar 2005,22 kg/m³. penambahan *hydrochar* sebesar 1,5% dengan durasi 1, 2 dan 3 jam menghasilkan berat jenis terendah pada durasi 1 jam sebesar 1940,35 kg/m³, sedangkan berat jenis tertinggi ada pada durasi 2 jam dengan berat jenis sebesar 1966,83 kg/m³. Penambahan *hydrochar* sebesar 2% menghasilkan

berat jenis terendah pada durasi karbonisasi hidrotermal selama 2 jam yaitu sebesar 1878,61 kg/m³, sedangkan berat jenis tertinggi ada pada durasi karbonisasi hidrotermal selama 1 jam yaitu 1962,76 kg/m³.

Terlihat pada **gambar 4.4** berat jenis mortar dengan penambahan *hydrochar* lebih rendah daripada berat jenis mortar kontrol yang artinya mortar dengan penambahan *hydrochar* lebih ringan daripada mortar kontrol. Berat jenis pada penambahan *hydrochar* sebesar 1% dengan durasi karbonisasi hidrotermal selama 3 jam menghasilkan berat jenis terendah yaitu sebesar 1861,50 kg/m³. Berat jenis pada mortar dengan penambahan *hydrochar* berada pada rentang 1861,50-2005,22 kg/m³, menurut Tjokrodinuljo (2007) berat jenis beton ringan berada pada rentang 1000-2000 kg/m³. Hal ini berarti pada mortar kontrol dan mortar dengan penambahan 1% *hydrochar* dengan durasi proses karbonisasi hidrotermal selama 1 jam bukan termasuk ke dalam klasifikasi beton ringan.

3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada saat mortar berumur 28 hari. Pengujian ini menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) 1000 kN. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan sebanyak 10 variasi mortar pada umur 28 hari. Pengujian kuat tekan ini mengacu pada ASTM C109/C109M-2002. **Gambar 4.5** merupakan hasil dari antara nilai kuat tekan mortar kontrol dan mortar dengan adanya penambahan *hydrochar*.



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Umur 28 Hari

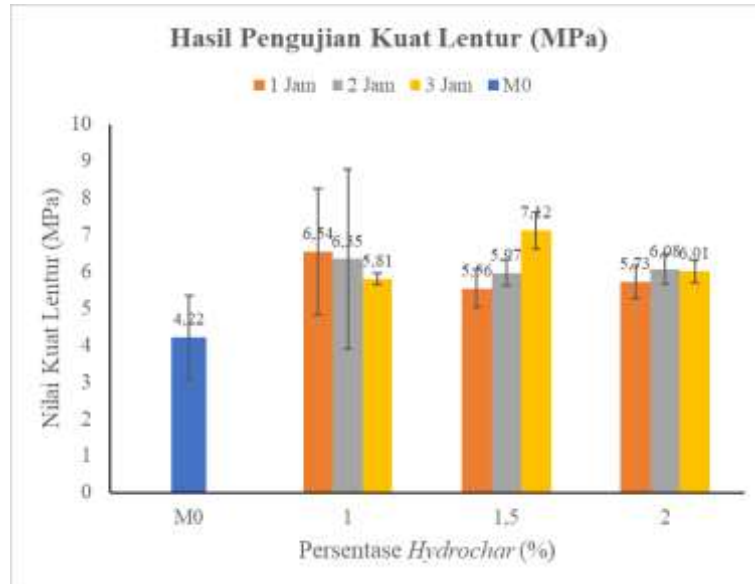
Terlihat pada **gambar 4.5** bahwa pada proses karbonisasi hidrotermal 1 jam kuat tekan tertinggi ada mortar pada penambahan *hydrochar* 1,5% sebesar 23,16 MPa, sedangkan kuat tekan terendah ada pada mortar dengan penambahan *hydrochar* 1% sebesar 15,15 MPa. Pada proses karbonisasi hidrotermal 2 jam kuat tekan tertinggi ada pada mortar dengan penambahan *hydrochar* 2% sebesar 25,04 MPa, sedangkan kuat tekan terendah ada ada pada mortar dengan penambahan *hydrochar* 1% sebesar 22,91 MPa. Sedangkan pada proses karbonisasi hidrotermal 3 jam kuat tekan tertinggi ada pada mortar dengan penambahan *hydrochar* 1% sebesar 24,59 MPa, sedangkan kuat tekan terendah ada pada penambahan *hydrochar* 1,5% sebesar 19,10 MPa.

Pada penambahan 1% *hydrochar* dengan durasi proses karbonisasi hidrotermal selama 1, 2 dan 3 jam menghasilkan kuat tekan tertinggi pada proses karbonisasi hidrotermal selama 3 jam yaitu sebesar 24,59 MPa, sedangkan kuat tekan terendah terdapat pada durasi 1 jam, yaitu sebesar 15,15 MPa. Sedangkan pada penambahan 1,5% *hydrochar* dengan durasi proses karbonisasi hidrotermal selama 1, 2 dan 3 jam menghasilkan kuat tekan tertinggi pada durasi 2 jam dengan nilai kuat tekan sebesar 24,43 MPa, sedangkan kuat tekan terendah ada pada durasi 3 jam yaitu sebesar 19,10 MPa. Penambahan 2% *hydrochar* dengan durasi proses karbonisasi hidrotermal selama 1, 2 dan 3 jam menghasilkan kuat tekan tertinggi ada durasi 2 jam dengan nilai kuat tekan sebesar 25,04 MPa, sedangkan kuat tekan terendah ada pada durasi 1 jam yaitu 22,30 MPa.

Diperoleh nilai kuat tekan pada penambahan 1% *hydrochar* pada durasi 3 jam, 1,5% *hydrochar* pada durasi 2 jam dan 2% *hydrochar* pada durasi 2 jam naik, tetapi tidak signifikan dari kuat tekan M0. Kuat tekan tertinggi sebesar 25,04 MPa, yaitu mortar dengan penambahan 2% *hydrochar* dengan proses karbonisasi *hydrothermal* selama 2 jam dan berdasarkan (Puslitbang Prasarana Transportasi, 2011) pada tabel mutu beton dan penggunaannya, mortar ini termasuk ke dalam jenis beton mutu sedang.

4. Hasil Pengujian Kuat Lentur Mortar

Pengujian kuat lentur mortar dilakukan pada saat mortar berumur 28 hari. Pengujian ini menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) 50 kN. Pengujian kuat tekan ini mengacu pada ASTM C348-02. **Gambar 4.6** merupakan hasil dari nilai kuat tekan mortar.



Gambar 4. 6 Grafik Hasil Pengujian Kuat Lentur Mortar Umur 28 Hari

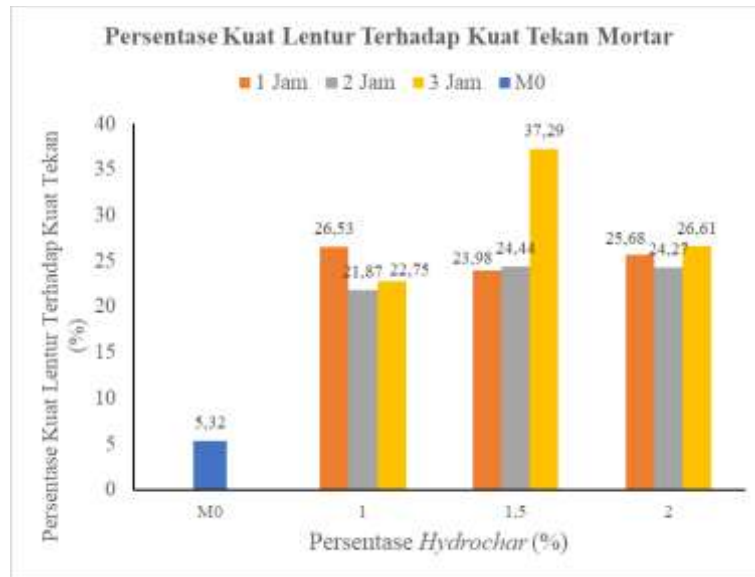
Gambar 4.6 menunjukkan grafik hasil pengujian kuat tekan mortar. Pada penambahan 1% *hydrochar* dengan durasi karbonisasi hidrotermal selama 1, 2 dan 3 jam kuat lentur tertinggi ada pada durasi 1 jam dengan nilai kuat lentur sebesar 6,54 MPa, sedangkan kuat lentur terendah ada pada durasi 3 jam yaitu sebesar 5,81 MPa. Sedangkan pada penambahan 1,5% *hydrochar* dengan durasi proses karbonisasi selama 1, 2 dan 3 jam menghasilkan kuat lentur tertinggi pada durasi 3 jam dengan kuat lentur sebesar 7,12 MPa, sedangkan kuat lentur terendahnya ada pada durasi 1 jam, yaitu sebesar 5,56 MPa. Penambahan 2% *hydrochar* dengan durasi karbonisasi hidrotermal selama 1, 2 dan 3 jam menghasilkan kuat lentur tertinggi pada durasi 2 jam dengan kuat lentur sebesar 6,08 MPa, sedangkan kuat lentur terendah ada pada durasi 1 jam, yaitu sebesar 5,73 MPa.

Proses karbonisasi hidrotermal 1 jam menghasilkan kuat lentur tertinggi pada penambahan 1% *hydrochar* dengan nilai kuat lentur sebesar 6,54 MPa, sedangkan kuat lentur terendah ada pada mortar dengan penambahan 1,5% *hydrochar* yaitu sebesar 5,56 MPa. Pada proses karbonisasi hidrotermal 2 jam juga menghasilkan kuat lentur tertinggi pada penambahan 1% *hydrochar* dengan nilai kuat lentur sebesar 6,35 MPa, sedangkan kuat lentur terendah ada pada mortar dengan penambahan 1,5% *hydrochar* yaitu sebesar 5,97 MPa. Sedangkan pada proses karbonisasi hidrotermal selama 3 jam menghasilkan kuat lentur tertinggi pada mortar dengan penambahan 1,5% *hydrochar* dengan nilai kuat lentur sebesar 7,12 MPa, sedangkan kuat lentur

terendah ada pada mortar dengan penambahan 1% *hydrochar* yaitu sebesar 5,81 MPa.

Dengan adanya penambahan *hydrochar* sebesar 1%, 1,5% dan 2% dapat meningkatkan kekuatan lentur mortar sesuai dengan evaluasi yang dilakukan oleh Praneeth et al., 2021. Kekuatan lentur tertinggi ada pada mortar dengan penambahan 1,5% *hydrochar* dengan durasi karbonisasi hidrotermal selama 3 jam dimana diperoleh kuat lentur sebesar 7,12 MPa sedangkan kuat lentur mortar kontrol sebesar 4,22 MPa. Dengan demikian kuat lentur pada M1,5-3A mengalami peningkatan sebesar 68,93% dari kuat lentur mortar kontrol sebagaimana evaluasi yang dilakukan oleh Awoyera et al., 2022.

5. Persentase Kuat Lentur Terhadap Kuat Tekan Mortar



Gambar 4. 7 Persentase Kuat Lentur Terhadap Kuat Tekan

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa penambahan 1% *hydrochar* dengan proses karbonisasi hidrotermal selama 1, 2 dan 3 jam menghasilkan persentase kuat lentur terhadap kuat tekan tertinggi ada pada durasi 1 jam dengan nilai kuat lentur sebesar 26,53% dari kuat tekan, sedangkan persentase terendah ada pada durasi 2 jam yaitu sebesar 21,87% dari kuat tekan. Penambahan 1,5% *hydrochar* dengan proses karbonisasi hidrotermal selama 1, 2 dan 3 jam menghasilkan persentase kuat lentur terhadap kuat tekan tertinggi ada pada durasi 3 jam dengan nilai kuat lentur sebesar 37,29% dari kuat tekan, sedangkan persentase terendah ada pada durasi 1 jam yaitu sebesar 23,98% dari kuat tekan. Penambahan 2% *hydrochar* dengan proses karbonisasi hidrotermal selama 1, 2 dan 3 jam menghasilkan persentase kuat lentur terhadap kuat tekan tertinggi ada pada durasi 3 jam dengan nilai kuat lentur sebesar 26,61% dari kuat tekan, sedangkan persentase terendah ada pada durasi 1 jam yaitu sebesar 24,27% dari kuat tekan.

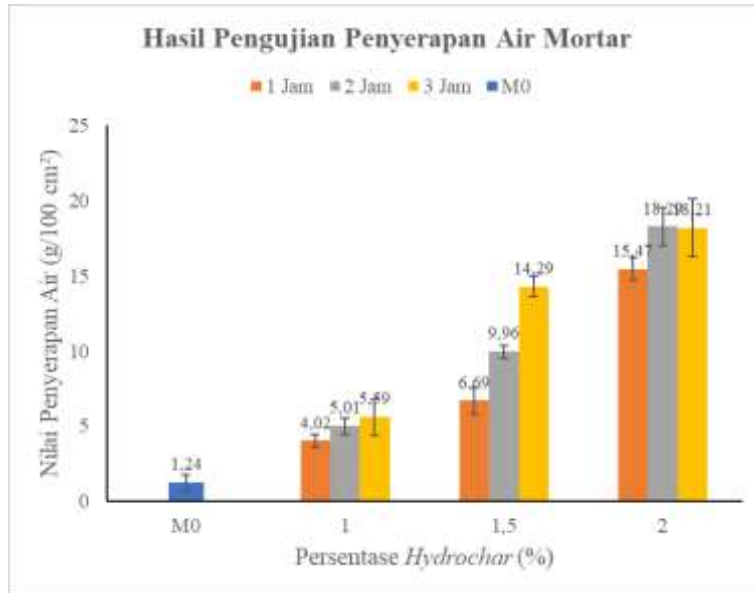
Proses karbonisasi hidrotermal selama 1 jam menghasilkan persentase kuat lentur terhadap kuat tekan tertinggi ada pada penambahan 1% *hydrochar* dengan nilai kuat lentur sebesar 26,53% dari kuat tekan, sedangkan persentase terendah ada pada penambahan 1,5% *hydrochar* yaitu sebesar 23,98% dari kuat tekan. Proses karbonisasi hidrotermal selama 2 jam menghasilkan persentase kuat lentur terhadap kuat tekan tertinggi ada pada penambahan 1,5% *hydrochar* dengan nilai kuat lentur sebesar 24,44% dari kuat tekan, sedangkan persentase terendah ada pada penambahan 1% *hydrochar* yaitu sebesar 21,87% dari kuat tekan. Proses karbonisasi hidrotermal selama 3

jam menghasilkan persentase kuat lentur terhadap kuat tekan tertinggi ada pada penambahan 1,5% *hydrochar* dengan nilai kuat lentur sebesar 37,29% dari kuat tekan, sedangkan persentase terendah ada pada penambahan 1% *hydrochar* yaitu sebesar 22,75% dari kuat tekan.

Pada evaluasi yang dilakukan oleh SUMARNO & PRASETYO (2022) bahwa nilai kuat lentur adalah 10% dari nilai kuat tekan. Persentase kekuatan lentur tertinggi ada pada mortar dengan penambahan 1,5% *hydrochar* dengan durasi karbonisasi selama 3 jam adalah 37,29% dari kuat tekannya. Nilai persentase kuat lentur terhadap kuat tekan mortar dengan adanya penambahan *hydrochar* 1%, 1,5% dan 2% meningkat dari mortar kontrolnya. Hal ini menunjukkan bahwa mortar dengan penambahan *hydrochar* memiliki kekuatan lentur yang tinggi.

6. Hasil Pengujian Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air pada mortar berdasarkan ASTM C1403-05 dimana pada saat mortar berumur 28 hari. Pengujian ini dilakukan dengan cara merendam benda uji sampai $(3\pm 0,5)$ mm bagian mortar dengan wadah tertutup lalu dihitung beratnya per satuan waktu.



Gambar 4. 8 Grafik Hasil Pengujian Penyerapan Air Mortar Umur 28 Hari

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa pada penambahan 1% *hydrochar* dengan proses karbonisasi hidrotermal 1, 2 dan 3 jam menghasilkan penyerapan air tertinggi ada pada durasi 3 jam dengan nilai penyerapan air sebesar 5,59 g/100 cm², sedangkan nilai penyerapan air terendah ada pada durasi karbonisasi hidrotermal 1 jam yaitu sebesar 4,02 g/100 cm². Pada penambahan 1,5% *hydrochar* dengan proses karbonisasi hidrotermal 1, 2 dan 3 jam menghasilkan penyerapan air tertinggi ada pada durasi 3 jam dengan nilai penyerapan air sebesar 14,29 g/100 cm², sedangkan penyerapan air terendah ada pada durasi 1 jam yaitu sebesar 6,69 g/100 cm². Pada penambahan 2% *hydrochar* dengan proses karbonisasi hidrotermal 1, 2 dan 3 jam menghasilkan penyerapan air tertinggi pada durasi 2 jam dengan nilai penyerapan air sebesar 18,29 g/100 cm², sedangkan penyerapan air terendah ada pada durasi karbonisasi hidrotermal 1 jam yaitu sebesar 15,47 g/100 cm².

Proses karbonisasi hidrotermal 1 jam menghasilkan nilai penyerapan air tertinggi pada mortar dengan penambahan 2% *hydrochar* dengan nilai penyerapan air sebesar 15,47 g/100 cm², sedangkan nilai penyerapan air terendah ada pada penambahan 1% *hydrochar* yaitu sebesar 4,02 g/100 cm². Proses karbonisasi hidrotermal selama 2 jam menghasilkan nilai penyerapan air tertinggi pada mortar dengan penambahan 2% *hydrochar* dengan nilai penyerapan air sebesar 18,29 g/100 cm², sedangkan penyerapan air terendah ada pada mortar dengan penambahan 1% *hydrochar* yaitu sebesar 5,01 g/100 cm². Proses karbonisasi hidrotermal 3 jam menghasilkan nilai penyerapan air tertinggi pada

mortar dengan penambahan 2% *hydrochar* dengan nilai penyerapan air sebesar 18,21 g/100 cm², sedangkan nilai penyerapan air terendah ada pada mortar dengan penambahan 1% *hydrochar* yaitu sebesar 5,59 g/100 cm².

Nilai penyerapan air pada mortar cenderung meningkat. Penambahan 1%, 1,5% dan 2% dengan durasi proses karbonisasi hidrotermal 1, 2 dan 3 jam secara signifikan menambah penyerapan mortar dibandingkan dengan kontrol. Sesuai pada evaluasi yang dilakukan oleh Ferawati & Susanti (2021) semakin banyak *hydrochar* yang digunakan maka tingkat penyerapan air semakin meningkat. Sebagaimana evaluasi yang dilakukan oleh Siruru et al (2020) bahwa lamanya proses karbonisasi juga mempengaruhi terbentuknya pori-pori yang lebih banyak sehingga meningkatkan luas permukaan pori dan hal ini dapat membuat tingkat penyerapan air menjadi semakin besar.

BAB V

KESIMPULAN

KESIMPULAN

Dari hasil analisis data pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pengaruh dari durasi karbonisasi *hydrothermal* terhadap pengujian kadar air dan kadar abu yang dilakukan menunjukkan bahwa:
 - a. Hasil pengujian kadar air pada *bio-admixture* menunjukkan bahwa semakin lama proses karbonisasi *hydrothermal*, maka kadar air pada *bio-admixtrue* semakin menurun. Namun, hasil pengujian ini masih masuk ke dalam nilai yang dipersyaratkan sesuai dengan SNI 06-3730-1995 yaitu maksimum sebesar 15%.
 - b. Hasil pengujian kadar abu pada *bio-admixture* menunjukkan bahwa semakin lama proses karbonisasi *hydrothermal*, maka kadar abu pada *bio- admixture* semakin menurun. Namun, hasil pengujian ini masih masuk ke dalam nilai yang dipersyaratkan sesuai dengan SNI 06-3730-1995 yaitu maksimum sebesar 10%.
2. Hasil pemeriksaan flowabilitas menunjukkan bahwa nilai flowabilitas tertinggi diperoleh pada campuran mortar M1-3A dengan nilai sebesar 126,85 mm. Hal ini menunjukkan bahwa pada campuran tersebut dapat meningkatkan *workability* dalam pengerjaan.
3. Dengan adanya penambahan *hydrochar* sebagai bahan *bio-admixture* pada adukan mortar dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik mortar, diantaranya: a. Nilai kuat tekan tertinggi ada pada M2-2A, yaitu mortar dengan penambahan 2% *bio-admixture* dengan proses karbonisasi

hydrothermal selama 2 jam nilai sebesar 25,04 MPa. Nilai kuat tekan ini meningkat sebesar 7,48% dari mortar kontrolnya.

Dapat disimpulkan bahwa penambahan *bio-admixture* paling optimum ada pada M2-2A.

- a. Nilai kuat lentur mortar dengan penambahan *bio-admixture* sebanyak 1%, 1,5% dan 2% meningkat. Nilai kuat lentur tertinggi ada pada mortar dengan penambahan 1,5% *bio-admixture* dengan durasi karbonisasi *hydrothermal* selama 3 jam, yaitu sebesar 7,12 MPa.
- b. Hasil pengujian penyerapan air menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan *bio-admixture* dapat meningkatkan penyerapan air pada mortar dan ukuran partikel *hydrochar* yang digunakan juga memengaruhi tingkat penyerapan air mortar.

DAFTAR PUSTAKA

- Afroz, S., Manzur, T., & Anwar Hossain, K. M. (2020). Arrowroot as bio- admixture for performance enhancement of concrete. *Journal of Building Engineering*, 30(November 2019), 101313. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101313>
- Afroz, S., Manzur, T., Borno, I. B., Hasanuzzaman, M., & Hossain, K. M. A. (2021). Potential of Starch as Organic Admixture in Cementitious Composites. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 33(2), 1-10. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0003602](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0003602)
- Akindahunsi, A. A., & Uzoegbo, H. C. (2015). Strength and Durability Properties of Concrete with Starch Admixture. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 9(3), 323-335. <https://doi.org/10.1007/s40069-015-0103-x>
- ASTM C 188-95. (2003). Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement. *ASTM International*, 95(Reapproved 2003), 1-2.
- ASTM C 566-97. (2004). Astm C 566-97. *Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying, i*(Reapproved), 3.

ASTM C109 / C109M - 2002. (2002). ASTM C109 / C109M - 2002. Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50 mm] Cube Specimens). *Annual Book of ASTM Standards, 04*, 9.

ASTM C128. (2004). Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. *Annual Book of ASTM Standards*, 1-5.

ASTM C136/C136M. (2019). ASTM C136/C136M Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. *ASTM Standard Book*, 3-7.

ASTM C1403-05. (2002). Standard Test Method for Rate of Absorption of Water by Bibulous Papers 1. *Water, 94*(Reapproved), 6-8.

ASTM C1437. (2007). Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar. *ASTM International*, 6-7.

ASTM C230. (2010). Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement 1. *Annual Book of ASTM Standards*, 4-9.
<https://doi.org/10.1520/C0230>

ASTM C29/C29M-07. (2009). ASTM C29 / C29M-07, Standard Test Method for

Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate, ASTM International.
Annual Book of ASTM Standards, 3-6.

ASTM C348-02. (2002). Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic- Cement Mortars. *ASTM International*, 04, 1-6.

ASTM C494/C 494M. (2013). ASTM C 494/C 494M - 99ae1: Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. *Annual Book of ASTM Standards*, 4, 1-9.

ASTM D1544-98. (2010). Standard Test Method for Color of Transparent Liquids (Gardner Color Scale) 1. *Annual Book of ASTM Standards*, 04(Reapproved), 4-5.

ASTMC117-13. (2012). Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No . 200) Sieve in Mineral. *ASTM Standard Guide*, 04(200), 4-7.
<https://doi.org/10.1520/C0117-13.2>

ASTMC40-04. (2009). *Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete.* 6-7.
<https://doi.org/10.1520/C0040>

ASTMD2866-11. (2004). Standard Test Method for Total Ash Content of Activated Carbon. *ASTM Standards*, 15(1), 1-2.
<https://doi.org/10.1520/D2866-11.2>

ASTMD2867-04. (2004). Standard Test Methods for Moisture in Activated Carbon. *ASTM Standards*, 15(1), 1-6.

Awoyera, P. O., Odutuga, O. L., Effiong, J. U., Sarmiento, A. D. J. S., Mortazavi, S. J., & Hu, J. W. (2022). Development of Fibre-Reinforced Cementitious Mortar with Mineral Wool and Coconut Fibre. *Materials*, 15(13), 2-3. <https://doi.org/10.3390/ma15134520>

Badan Standardisasi Nasional. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. *Bandung: Badan Standardisasi Nasional*, 251.

Budiman, I., Hermawan, D., Febrianto, F., & Pari, G. (2019). Optimasi aktivasi arang aktif dari arang hidro tempurung buah kelapa sawit menggunakan metodologi permukaan respon. *J. Ilmu Teknol. Kayu Tropis*, 17(1), 2019.

Choi, W. C., Yun, H. Do, & Lee, J. Y. (2012). Mechanical Properties of Mortar Containing Bio-Char From Pyrolysis. *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 16(3), 67-74. <https://doi.org/10.11112/jksmi.2012.16.3.067>

Eriska, H., Dewi, K., Darmawan Pasek, A., & Damanhuri, E. (2017). Hydrothermal Carbonization of Biomass Waste By Using a

Stirred Reactor: an Initial Experimental Results. *Reaktor*, 16(4), 212.

<https://doi.org/10.14710/reaktor.16.4.212-217>

Faqe, H., DABAGHH, H., & MOHAMMED, A. (2020). Natural Admixture As An Alternative for Chemical Admixture in Concrete Technology: A Review. *The Journal of the University of Duhok*, 2, 301-308.

<https://doi.org/10.26682/csjuod.2020.23.2.24>

Ferawati, Y. F., & Susanti, R. F. (2021). Peran N-Doping Terhadap Karakteristik Pori Karbon Aktif yang Dihasilkan dari Limbah Destilasi Akar Wangi. *Metalurgi*, 2(1), 59-68.

Gupta, S., Kua, H. W., & Koh, H. J. (2018). Application of biochar from food and wood waste as green admixture for cement mortar. *Science of the Total Environment*, 619-620, 419-435.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.044>

Gupta, S., Kua, H. W., & Pang, S. D. (2020). Effect of biochar on mechanical and permeability properties of concrete exposed to elevated temperature. *Construction and Building Materials*, 234, 117338.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117338>

Hazarikai, Amrita; Hazarika, I., & Nabajyoti, S. (2016). The effect of a plant based polymeric material on

the fresh and hardened states properties of cement mortar. *1st International Conference on Civil Engineering for Sustainable Development- Opportunities and Challenges*, 1(November).

Kambo, H. S., & Dutta, A. (2015). A comparative review of biochar and hydrochar in terms of production, physico-chemical properties and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45(March 2019), 359-378. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.050>

Karimi, A., Nazari, S., Ghasemi, I., Tajvidi, M., & Ebrahimi, G. (2006). Effect of the delignification of wood fibers on the mechanical properties of wood fiber- polypropylene composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 102(5), 4759-4763. <https://doi.org/10.1002/app.23967>

Khasanah, W. F. (2022). *OPTIMASI BIO - ADMIXTURE DARI SERAT SERABUT KELAPA TERHADAP BETON MUTU TINGGI LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR OPTIMASI BIO - ADMIXTURE DARI SERAT SERABUT.*

Universitas Trisakti. Khushnood, R. A., Ahmad, S., Restuccia, L., Spoto, C., Jagdale, P., Tulliani, J. M., & Ferro, G. A. (2016). Carbonized nano/microparticles for enhanced mechanical properties and electromagnetic interference

shielding of cementitious materials. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 10(2), 209-213. <https://doi.org/10.1007/s11709-016-0330-5>

Kim, D., Lee, K., & Park, K. Y. (2014). Hydrothermal carbonization of anaerobically digested sludge for solid fuel production and energy recovery. *Fuel*, 130, 120125. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.04.030>

Madung, Z., Soloi, S., Majid, M. H. A., & Sarjadi, M. S. (2022). Production and characterization of *Imperata cylindrica* paper using potassium hydroxide as pulping agent. *Biodiversitas*, 23(3), 1490-1494. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230337>

Nascimento, D. M. d., Almeida, J. S., Vale, M. do S., Leitão, R. C., Muniz, C. R., Figueirêdo, M. C. B. d., Morais, J. P. S., & Rosa, M. de F. (2016). A comprehensive approach for obtaining cellulose nanocrystal from coconut fiber. Part I: Proposition of technological pathways. *Industrial Crops and Products*, 93, 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.078>

O, A. A., Funmi, F., & Williams, O. (2022). *Feasibility of using Coconut Fibre to Improve Concrete Strength*. August, 2-8.

Patel, V., & Shah, N. (2013). A Survey of High Performance Concrete

Developments in Civil Engineering Field. *Open Journal of Civil Engineering*, 03(02), 69–79.
<https://doi.org/10.4236/ojce.2013.32007>

Praneeth, S., Saavedra, L., Zeng, M., Dubey, B. K., & Sarmah, A. K. (2021).

Biochar admixed lightweight, porous and tougher cement mortars: Mechanical, durability and micro computed tomography analysis. *Science of the Total Environment*, 750, 142327.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142327>

Puslitbang Prasarana Transportasi. (2011). *Puslitbang Prasarana Transportasi*. Sathya. (2014). Influence of water hyacinth as a retarder.pdf. In *Assian Journal of Applied Sciences*.

Siruru, H., Syafii, W., Wistara, N. J., Pari, G., Kehutanan, J., Pertanian, F., Bogor, I. P., Ipb, K., & Bogor, D. (2020). *Sifat-Sifat Arang Aktif Kulit Batang Sagu Hasil Karbonisasi Hidrotermal (The Properties of Hydrothermal Sago Bark Activated Charcoal)*. 18(1).

SNI 03-1968-1990. (1990). Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 1–5.

SNI 03-1971-1990. (1990). Metode Pengujian Kadar Air Agregat. *Badan Standarisasi Nasional*, 27(5), 6889.

- SNI 03-4428-1997. (1997). Metode Pengujian Agregat Halus atau Pasir yang Mengandung Bahan Plastik dengan Cara Setara Pasir SNI 03-4428:1997. *Pusjatan-Balitbang PU*, 1-10.
- SNI 03-6468-2000. (2000). *Tata cara perencanaan campuran tinggi dengan semen portland dengan abu terbang*. 18.
- SNI 03-6825-2002. (2002). Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen Portland untuk pekerjaan sipil. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 1- 9.
- SNI 06-3730-1995. (1995). *Standar Nasional Indonesia untuk Arang Aktif Teknis*. 20.
- SNI 1970-2008. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 7-18.
<http://sni.litbang.pu.go.id/index.php?r=/sni/new/sni/detail/id/195>
- SNI 1973-2008. (2016). Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 1, 6684.
- SNI 2816:2014. (2014). Metode Uji Bahan Organik dalam Agregat Halus untuk Beton. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 10.

Sudarmanto, Juwono, A. L., Subyakto, Budiman, I., Lubis, M. A. R., Kusumah, S.

S., Kusumaningrum, W. B., & Adi, D. S. (2021). Effect of cold-water treatment and hydrothermal carbonization of oil-palm-trunk fibers on compatibility with cement for the preparation of cement-bonded particleboard. *Wood Material Science and Engineering*, 2006. <https://doi.org/10.1080/17480272.2021.1983871>

SUMARNO, A., & PRASETYO, A. M. (2022). Pemanfaatan Limbah Spent Bleaching Earth (SBE) untuk Beton Ringan sebagai Material Konstruksi yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(1), 071-076. <https://doi.org/10.29122/jtl.v23i1.4766>

Susanti, R. F., Kevin, G., Erico, M., Kevien, Andreas, A., Kristianto, H., & Handoko, T. (2018). Delignification, Carbonization Temperature and Carbonization Time Effects on the Hydrothermal Conversion of Salacca Peel. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 18(10), 7263. <https://doi.org/10.1166/jnn.2018.15724>

Tjokrodimuljo. (2007). *Teknologi Beton*. Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada.

Woldemariam, A. M., Oyawa, W. O., & Abuodha, S. O. (2015). The Use of Plant Extract as Shrinkage Reducing Admixture (SRA) to Reduce Early Age Shrinkage and Cracking on Cement Mortar.

International Journal of Innovation and Scientific Research, 13(1), 136.

Zhao, P., Shen, Y., Ge, S., Chen, Z., & Yoshikawa, K. (2014). Clean solid biofuel production from high moisture content waste biomass employing hydrothermal treatment. *Applied Energy*, 131, 345–367.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.06.038>

SABUT KELAPA

DENGAN PERLAKUAN KALIUM HIDROKSIDA (KOH)
SEBAGAI BAHAN BIO-ADMIXTURE

Serat alam mengandung komponen utama antara lain lignin, selulosa, hemiselulosa dan zat ekstraktif. Kehadiran lignin membuat sulit untuk menggabungkan udara dengan serat karena sifat hidrofobik serat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui manfaat penggunaan bioadmixture pada mortar dan untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanik mortar. Bioadmixture yang digunakan dalam penelitian ini adalah sabut kelapa yang diolah dipanaskan pada suhu 80°C selama 30 menit dalam larutan KOH 5% kemudian dilakukan proses karbonisasi hidrotermal pada suhu 160°C selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam dengan media air. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa penambahan 1% bioadmixture pada proses karbonisasi selama 3 jam ke dalam mortar dapat meningkatkan workability sebesar 16,60%. Peningkatan kuat tekan paling optimum juga terdapat pada penambahan bioadmixture 2% dengan durasi karbonisasi hidrotermal 2 jam. Penambahan 1%-2% bio-admixture juga dapat meningkatkan kelenturan mortar yang kuat, dan penambahan bio-admixture pada campuran mortar dapat meningkatkan daya serap air.

TEKNIK

ISBN 978-623-8323-86-9

