

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PERAWATAN
TERHADAP KARAKTERISTIK *FOAMED CONCRETE*
DENGAN ABU CANGKANG SAWIT**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



KHIKMATUR RASYIDAH

030118281621042

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul "Pengaruh Variasi Temperatur Perawatan terhadap Karakteristik *Foamed Concrete* dengan Abu Cangkang Sawit" yang disusun oleh Khikmatur Rasyidah, 03011281621042 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 22 Desember 2020.

Palembang, Desember 2020

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

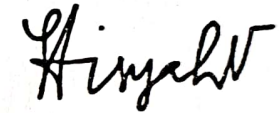
Ketua:

1. Ir. Sutanto Muliawan, M.ENG.
NIP. 195604241990031001
2. Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.
NIP. 197705172008012039

Anggota:

3. Dr. Saloma S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001
4. Dr. Rosidawani, S.T., M.T.
NIP. 197605092000122001
5. Dr. Arie Putra Usman, S.T., M.T.
NIP. 198605192019031007

()

()

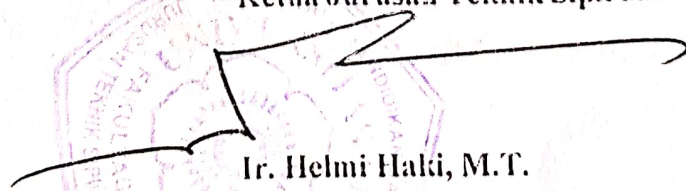
()

()

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan


Ir. Helmi Haki, M.T.

NIP. 196107031991021001

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Khikmatur Rasyidah

NIM : 03011281621042

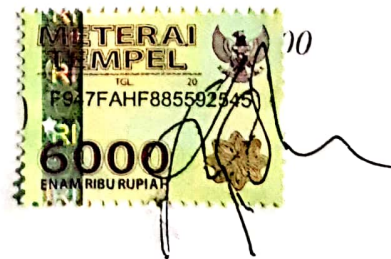
Judul : Pengaruh Variasi Temperatur Perawatan Terhadap Karakteristik
Foamed Concrete dengan Abu Cangkang Sawit

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, Januari 2021



Khikmatur Rasyidah

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Khikmatur Rasyidah

NIM : 03011281621042

Judul : Pengaruh Variasi W/B Terhadap Karakteristik *Foamed Concrete* dengan Abu Cangkang Sawit

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini, saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondasi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Hormat saya,



Khikmatur Rasyidah

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Khikmatur Rasyidah
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Desa Bedilan RT/RW 004/002 Kecamatan Belitang,
Kabupaten Oku Timur, Sumatera Selatan
Nomor telp. : 081367342312
E-mail : khikmaturrasyidah@gmail.com

Riwayat pendidikan :

Institusi Pendidikan	Jurusan	Masa Studi
SDIT Adzkiya 1 Sukabumi	-	2004-2010
SMP Negeri 1 Cisaat	-	2010-2012
SMA Negeri 1 Belitang	IPA	2012-2015
Universitas Sriwijaya	Teknik Sipil dan Perencanaan	2016-2021

RINGKASAN

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PERAWATAN TERHADAP KARAKTERISTIK *FOAMED CONCRETE* DENGAN ABU CANGKANG SAWIT

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 22 Desember 2020

Khikmatur Rasyidah; Dibimbing oleh Ir. Sutanto Muliawan, M.Eng. dan Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xxi + 64 halaman, 51 gambar, 17 tabel, 5 lampiran

Salah satu jenis beton ringan adalah beton busa. Beton busa merupakan hasil dari campuran semen, agregat halus, air dan bahan kimia pembentuk *foam (foaming agent)* yang saling terikat satu sama lain. Penggunaan semen dalam pembuatan *beton* busa menjadi perhatian dalam segi ekonomis dan lingkungan. Salah satu material yang berpotensi sebagai pengganti semen adalah limbah abu cangkang sawit. Abu cangkang sawit sebagai material pozzolan memiliki kadar silika dioksida (SiO_2) yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kuat tekan beton. selain itu, cara untuk mempercepat kekuatan beton adalah dengan meningkatkan temperatur perawatan. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada penggunaan abu cangkang sawit untuk meningkatkan kuat tekan beton dan menentukan temperatur optimum untuk perawatan beton. Abu cangkang sawit yang digunakan pada penelitian ini sebesar 10% dari berat semen. Adapun variasi temperatur perawatan yang diterapkan adalah 60, 70, 80, serta suhu kamar sebagai kontrol. Hasil penelitian penunjukkan bahwa beton dengan substitusi pofa 10% menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi. Perawatan pada suhu 80 menghasilkan beton dengan kuat tekan awal tertinggi sebesar 9,67 MPa, namun kuat tekan jangka panjangnya rendah. Kuat tekan tertinggi saat umur 28 diraih oleh beton dengan perawatan pada suhu 60 yaitu sebesar 11,20 MPa. Dapat disimpulkan bahwa temperatur perawatan optimum adalah pada suhu 60°C karena pada suhu ini kekuatan awal beton cepat tercapai tanpa mengurangi kekuatannya pada umur 28 hari.

Kata kunci: *Foamed Concrete, Abu Cangkang Sawit, Temperatur Perawatan.*

SUMMARY

THE EFFECT OF CURING TEMPERATURE VARIATION ON THE CHARACTERISTICS OF FOAMED CONCRETE WITH PALM OIL FUEL ASH

Scientific papers in the form of Final Projects, 22 December 2020

Khikmatur Rasyidah; Guided by Ir. Sutanto Muliawan, M.Eng. dan Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xxi + 64 halaman, 51 gambar, 17 tabel, 5 lampiran

One type of lightweight concrete is foam concrete. Foam concrete is the result of a mixture of cement, fine aggregates, water and foaming agents which are bound to one another. The use of cement in the manufacture of foam concrete become an economic and environmental concern. One of the potential materials as a substitute for cement is a waste of palm oil fuel ash (POFA). POFA as a pozzolanic material has high levels of silica dioxide (SiO₂) so that it can increase the compressive strength of concrete. In addition, curing with high temperature can accelerate the strength of concrete. Therefore, this study focuses on the use of palm oil fuel ash to increase the compressive strength of concrete and determine the optimum temperature for concrete treatment. Palm oil fuel ash used in this study was 10% by weight of cement. The variations of curing temperature were applied at 60°C, 70°C, 80°C, and room temperature as a control. The results showed that concrete with 10% POFA substitution produced higher compressive strength. Concrete with treatment at a temperature of 80°C produces concrete with the highest initial compressive strength of 9.67 MPa, but the long-term compressive strength is low. The highest compressive strength at the age of 28 is achieved by concrete with treatment at a temperature of 60°C, with a compressive strength of 11.20 MPa. It can be concluded that the optimum treatment temperature is at 60°C because at this temperature the initial strength of concrete is quickly achieved without reducing its strength at the age of 28 days.

Key Words: *Foamed Concrete, POFA, Curing Temperature.*

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PERAWATAN TERHADAP KARAKTERISTIK *FOAMED CONCRETE* DENGAN ABU CANGKANG SAWIT

Khikmatur Rasyidah¹, Sutanto Muliawan², Siti Aisyah Nurjannah³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

³Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

*Korespondensi Penulis: khikmaturrasyidah@gmail.com

Abstrak

Salah satu jenis beton ringan adalah beton busa. Beton busa merupakan hasil dari campuran semen, agregat halus, air dan bahan kimia pembentuk *foam (foaming agent)* yang saling terikat satu sama lain. Penggunaan semen dalam pembuatan beton busa menjadi perhatian dalam segi ekonomis dan lingkungan. Salah satu material yang berpotensi sebagai pengganti semen adalah limbah abu cangkang sawit. Abu cangkang sawit sebagai material pozzolan memiliki kadar silika dioksida (SiO_2) yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kuat tekan beton. Selain itu, cara untuk mempercepat kekuatan beton adalah dengan meningkatkan temperatur perawatan. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada penggunaan abu cangkang sawit untuk meningkatkan kuat tekan beton dan menentukan temperatur optimum untuk perawatan beton. Abu cangkang sawit yang digunakan pada penelitian ini sebesar 10% dari berat semen. Adapun variasi temperatur perawatan yang diterapkan adalah 60°C, 70°C, 80°C, serta suhu kamar sebagai kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan substitusi abu cangkang sawit 10% menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi. Perawatan pada suhu 80°C menghasilkan beton dengan kuat tekan awal tertinggi sebesar 9,67 MPa, namun kuat tekan jangka panjangnya rendah. Kuat tekan tertinggi saat umur 28 diraih oleh beton dengan perawatan pada suhu 60°C yaitu sebesar 11,20 MPa. Dapat disimpulkan bahwa temperatur perawatan optimum adalah pada suhu 60°C karena pada suhu ini kekuatan awal beton cepat tercapai tanpa mengurangi kekuatannya pada umur 28 hari.

Kata kunci: *Foamed Concrete, Abu Cangkang Sawit, Temperatur Perawatan.*

Indralaya, Januari 2021
Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing I,



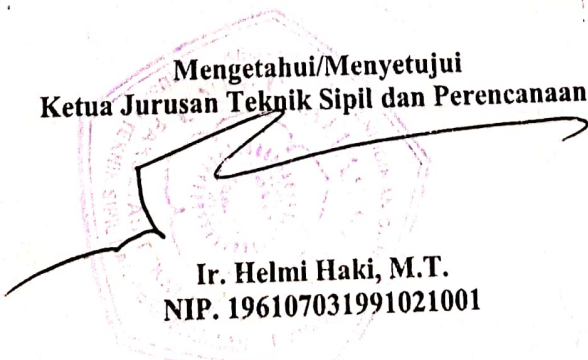
Ir. Sutanto Muliawan, M.Eng.
NIP. 195604241990031001

Dosen Pembimbing II,



Dr. Siti Aisyah N, S.T., M.T.
NIP. 197705172008012039

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



Ir. Helmi Haki, M.T.
NIP. 196107031991021001

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PERAWATAN TERHADAP KARAKTERISTIK *FOAMED CONCRETE* DENGAN ABU CANGKANG SAWIT

Khikmatur Rasyidah¹, Sutanto Muliawan², Siti Aisyah Nurjannah³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

³Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

*Korespondensi Penulis: khikmaturrasyidah@gmail.com


Abstrak

Salah satu jenis beton ringan adalah beton busa. Beton busa merupakan hasil dari campuran semen, agregat halus, air dan bahan kimia pembentuk *foam (foaming agent)* yang saling terikat satu sama lain. Penggunaan semen dalam pembuatan beton busa menjadi perhatian dalam segi ekonomis dan lingkungan. Salah satu material yang berpotensi sebagai pengganti semen adalah limbah abu cangkang sawit. Abu cangkang sawit sebagai material pozzolan memiliki kadar silika dioksida (SiO_2) yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kuat tekan beton. Selain itu, cara untuk mempercepat kekuatan beton adalah dengan meningkatkan temperatur perawatan. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada penggunaan abu cangkang sawit untuk meningkatkan kuat tekan beton dan menentukan temperatur optimum untuk perawatan beton. Abu cangkang sawit yang digunakan pada penelitian ini sebesar 10% dari berat semen. Adapun variasi temperatur perawatan yang diterapkan adalah 60°C, 70°C, 80°C, serta suhu kamar sebagai kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton dengan substitusi abu cangkang sawit 10% menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi. Perawatan pada suhu 80°C menghasilkan beton dengan kuat tekan awal tertinggi sebesar 9,67 MPa, namun kuat tekan jangka panjangnya rendah. Kuat tekan tertinggi saat umur 28 diraih oleh beton dengan perawatan pada suhu 60°C yaitu sebesar 11,20 MPa. Dapat disimpulkan bahwa temperatur perawatan optimum adalah pada suhu 60°C karena pada suhu ini kekuatan awal beton cepat tercapai tanpa mengurangi kekuatannya pada umur 28 hari.


Kata kunci: *Foamed Concrete, Abu Cangkang Sawit, Temperatur Perawatan.*

Indralaya, Januari 2021
Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing I,


Ir. Sutanto Muliawan, M.Eng.
NIP. 195604241990031001

Dosen Pembimbing II,


Dr. Siti Aisyah N, S.T., M.T.
NIP. 197705172008012039

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,


Ir. Helmi Haki, M.T.
NIP. 196107031991021001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal Tugas Akhir ini dengan baik. Penulis merasa sangat terbantu pada saat penyusunan proposal Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan semangat dan doa dalam kelancaran penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Ir. Subryer Nasir, M.S., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Helmi Haki, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Bapak M. Baitullah Al Amin, T.T., M.Eng., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Ir. Sutanto Muliawan, M.Eng., selaku pembimbing utama yang telah memberikan ilmu, saran, masukan, dan motivasi yang bermanfaat kepada penulis.
7. Ibu Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah membantu memberikan masukan, ide, dan wawasan yang bermanfaat dalam kelancaran penulisan laporan tugas akhir ini.
8. Bapak Ahmad Muhtarom, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing akademik.
9. Seluruh Dosen Teknik Sipil atas ilmu yang diberikan.
10. Rekan-rekan satu tim tugas akhir yang menjadi tempat berdiskusi dan selalu menolong serta memberikan semangat motivasi kepada penulis.
11. Teman-teman Teknik Sipil 2016 dan pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang turut andil dalam membantu penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis sangat menyadari bahwa tugas akhir yang telah dibuat ini jauh dari kata sempurna, maka kritik dan saran dari pembaca sangat diperlukan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat menjadi manfaat bagi pembaca.

Indralaya, Januari 2021

Khikmatur Rasyidah

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	5
2.1. Beton Ringan (<i>Lightweight Concrete</i>)	5
2.1.1. <i>Lightweight Aggregate Concrete</i>	5
2.1.2. <i>No-fines Concrete</i>	6
2.1.3. <i>Aerated Concrete</i>	6
2.1.4. <i>Foamed Concrete</i>	7

2.2. Material Penyusun <i>Foamed Concrete</i>	8
2.2.1. Semen	8
2.2.2. Air	9
2.2.3. Agregat Halus	9
2.2.4. <i>Foaming Agent</i>	10
2.2.5. Abu Cangkang Sawit	11
2.3. Karakteristik <i>Foamed Concrete</i>	13
2.3.1. Massa Jenis Beton	13
2.3.2. Kuat Tekan Beton	13
2.4. Faktor yang Mempengaruhi Sifat <i>Foamed Concrete</i>	14
2.4.1. Penggunaan Abu Cangkang Sawit	14
2.4.2. Rasio Air Semen (W/C)	16
2.4.3. Perawatan Beton	18
2.5. Pengujian Beton Segar	20
2.5.1. Pengujian <i>Slump Flow</i>	20
2.5.2. Pengujian <i>Setting Time</i>	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1. Gambaran Umum	22
3.2. Studi Literatur	22
3.3. Alur Penelitian	21
3.4. Material Pembentuk <i>Foamed Concrete</i>	24
3.5. Persiapan Alat	27
3.6. Tahap Pengujian di Laboratorium.....	33
3.6.1. Tahap I	33
3.6.2. Tahap II.....	33
2.6.3. Tahap III.....	34
2.6.4. Tahap IV	35
2.6.5. Tahap V.....	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1. Hasil Pengujian XRF dan XRD Abu Cangkang Sawit	42

4.2. Hasil Pengujian Beton Segar	43
4.2.1. Hasil Pengujian <i>Slump Flow</i>	44
4.2.2. Hasil Pengujian <i>Setting Time</i>	44
4.3. Hasil Pengujian Beton Keras	46
4.3.1. Hasil Pengujian Massa Jenis	46
4.3.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	50
4.4. Hubungan Massa Jenis dan Kuat Tekan	54
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Kuat Tekan <i>Foamed Concrete</i> dengan Variasi Persentase POFA	16
2.2. Pengaruh Rasio W/C terhadap Kuat Tekan <i>Foamed Concrete</i>	17
2.3. Pengaruh Variasi W/B terhadap Berat Jenis <i>Foamed Concrete</i> Pada Umur 28 Hari	17
2.4. Pengaruh Variasi W/B terhadap Kuat Tekan <i>Foamed Concrete</i> Pada Umur 28 Hari	18
2.5. Kuat Tekan <i>Foamed Concrete</i> dengan Abu Sekam Padi 10% dan Variasi Temperatur Perawatan.....	19
2.6. Berat Jenis <i>Foamed Concrete</i> dengan Abu Sekam Padi 10% dan Variasi Temperatur Perawatan.....	20
3.1. Diagram Alir Penelitian	24
3.2. Semen	24
3.3. Air.....	25
3.4. Agregat Halus	25
3.5. Abu Cangkang Sawit	26
3.6. <i>Foaming Agent</i>	26
3.7. <i>Superplasticizer</i>	27
3.8. Gelas Ukur.....	27
3.9. Timbangan	28
3.10. Ayakan	28
3.11. Mesin Penggetar Ayakan	29
3.12. <i>Foam Generator</i>	29

3.13. <i>Mixer</i>	30
3.14. <i>Bekisting</i> Benda Uji	30
3.15. Alat Uji <i>Slump Flow</i>	31
3.16. <i>Oven</i>	31
3.17. <i>Vicat Apparatus</i>	32
3.18. Alat <i>Steam Curing</i>	32
3.19. Alat Uji Kuat Tekan	33
3.20. Proses Pembuatan Mortar	36
3.21. Proses Pencampuran <i>Foam</i>	36
3.22. Proses Pencampuran <i>Superplasticizer</i>	37
3.23. Campuran Homogen.....	37
3.24. Pengukuran <i>Slump Flow</i>	38
3.25. Pengujian <i>Setting Time</i>	39
3.26. Benda Uji	39
3.27. (a) <i>Steam curing</i>	40
3.27. (b) Perawatan karung goni	40
3.28. Pengujian Massa Jenis	40
3.29. Pengujian Kuat Tekan	41
4.1. Hasil Pengujian XRD ACS	43
4.2. Grafik perbandingan hasil <i>setting time</i> berdasarkan <i>mix design</i>	45
4.3. Hubungan antara variasi temperatur perawatan terhadap massa jenis <i>Foamed concrete</i> tanpa ACS	49

4.4. Hubungan antara variasi temperatur perawatan terhadap massa jenis <i>Foamed concrete</i> dengan ACS 10%	49
4.5. Hubungan kuat tekan terhadap umur beton tanpa ACS	53
4.6. Hubungan kuat tekan terhadap umur beton dengan ACS 10%	53
4.7. Hubungan antara kuat tekan dengan temperatur perawatan beton dengan tanpa ACS	54
4.8. Hubungan antara kuat tekan dengan temperatur perawatan beton dengan ACS 10%	54
4.9. Hubungan antara massa jenis dan kuat tekan <i>foamed concrete</i> dengan ACS 10% pada suhu kamar	55
4.10. Hubungan antara massa jenis dan kuat tekan <i>foamed concrete</i> dengan ACS 10% pada suhu 60	55
4.11. Hubungan antara massa jenis dan kuat tekan <i>foamed concrete</i> dengan ACS 10% pada suhu 70	56
4.12. Hubungan antara massa jenis dan kuat tekan <i>foamed concrete</i> dengan ACS 10% pada suhu 80	56
4.13. Hubungan antara massa jenis dan kuat tekan <i>foamed concrete</i> tanpa ACS pada suhu kamar	57
4.14. Hubungan antara massa jenis dan kuat tekan <i>foamed concrete</i> tanpa ACS pada suhu 60	57
4.15. Hubungan antara massa jenis dan kuat tekan <i>foamed concrete</i> tanpa ACS pada suhu 70	58
4.16. Hubungan antara massa jenis dan kuat tekan <i>foamed concrete</i> tanpa ACS pada suhu 80	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Komposisi Kimia Semen Portland	8
2.2. Syarat Proporsi Gradasi Agregat Halus	10
2.3. Sifat Fisik Abu Cangkang Sawit	12
2.4. Komposisi Kimia Abu Cangkang Sawit	12
2.5. Komposisi Kimia OPC dan POFA	15
3.1. <i>Mix Design Foamed Concrete</i>	35
4.1. Hasil Pengujian XRF ACS	41
4.2. Hasil Pengujian <i>Slump Flow</i>	44
4.3. Hasil Pengujian <i>Setting Time</i>	45
4.4. Hasil pengujian massa jenis dengan variasi temperatur perawatan pada umur 7 hari	46
4.5. Hasil pengujian massa jenis dengan variasi temperatur perawatan pada umur 14 hari	47
4.6. Hasil pengujian massa jenis dengan variasi temperatur perawatan pada umur 28 hari	47
4.7. Rekapitulasi massa jenis <i>foamed concrete</i>	48
4.8. Hasil pengujian kuat tekan dengan variasi temperatur perawatan pada umur 7 hari	50
4.9. Hasil pengujian kuat tekan dengan variasi temperatur perawatan pada umur 14 hari	50
4.10. Hasil pengujian kuat tekan dengan variasi temperatur perawatan	

pada umur 28 hari	51
4.11. Nilai kuat tekan <i>foamed concrete</i> terhadap variasi temperatur	
perawatan	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran A	65
Lampiran B	68
Lampiran C	73
Lampiran D	76
Lampiran E	81

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur dan gedung-gedung pencakar langit di Indonesia semakin pesat. Setiap tahun pasti selalu ada proyek infrastruktur yang dikerjakan, baik pembangunan infrastruktur baru atau perbaikan yang sudah ada. Seiring dengan terus berjalannya pembangunan, inovasi terhadapnya pun turut berkembang. Inovasi menjadi bagian penting dalam sebuah pembangunan. Sementara infrastruktur seperti gedung, jembatan, jalan raya, pelabuhan, hingga bandara juga terus dipacu pembangunannya. Semua konstruksi bangunan ini tentunya membutuhkan beton yang berkualitas.

Beton merupakan material konstruksi yang sangat umum digunakan karena kelebihanannya yang mudah dibentuk dan memiliki kuat tekan yang tinggi. Penggunaan beton sebagai bahan konstruksi dituntut dapat menyokong pembangunan infrastruktur yang lebih baik, lebih cepat, dan lebih ekonomis. Dewasa ini, terdapat banyak jenis beton yang telah dikembangkan dan telah diaplikasikan langsung di lapangan, salah satunya adalah beton ringan (*light-weight concrete*).

Beton ringan (*light-weight concrete*) adalah beton yang memiliki massa jenis lebih kecil daripada beton konvensional. Beton ringan dapat dijadikan sebagai alternatif material konstruksi terutama pada bagian non-struktural seperti dinding. Karena memiliki massa jenis yang kecil, maka beton ringan memiliki kelebihan mudah dibentuk, mudah dalam hal pengangkutan dan pemasangan, serta menjadikan beban suatu konstruksi menjadi lebih kecil sehingga dapat meminimalisir dampak kerusakan ketika terjadi bencana. Terdapat berbagai macam jenis beton ringan, salah satunya adalah beton busa (*foamed concrete*). *Foamed concrete* merupakan hasil dari campuran semen, agregat halus, air dan bahan kimia pembentuk *foam* (*foaming agent*) yang saling terikat satu sama lain.

Penggunaan semen dalam pembuatan *foamed concrete* menjadi perhatian dalam segi ekonomis dan lingkungan. Dewasa ini, penelitian mengenai

pemanfaatan limbah sebagai bahan pengganti semen kian populer. Salah satunya adalah abu cangkang sawit. Abu cangkang sawit merupakan limbah sisa hasil pembakaran cangkang sawit dan serat kelapa sawit dalam industri minyak kelapa sawit. Sisa pembakaran inilah yang kurang dimanfaatkan. Abu cangkang sawit memiliki kadar silika dioksida (SiO_2) yang tinggi (Tangchirapat, dkk., 2003) sehingga memiliki potensi sebagai alternatif bahan pengganti semen yang berfungsi sebagai pengikat antar agregat, serta dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Namun bahan tambah mineral seperti abu cangkang sawit cenderung menghasilkan kuat tekan beton yang rendah di umur awal, hal ini disebabkan karena penambahan abu cangkang sawit dapat menunda waktu ikat karena partikel yang lebih banyak menyerap air sehingga menunda proses hidrasi (Thomas, dkk., 2017). Untuk menanggulangi masalah tersebut maka dilakukan perawatan beton dengan metode *steam curing*. Beton yang telah dicor dimasukkan ke dalam alat penguapan (*steam*) kemudian dilakukan perawatan dengan menggunakan temperatur, tekanan uap, dan waktu yang diinginkan (Rommel, Erwin., 2011). Menurut Kurniawan, Septyanto (2016), perawatan uap pada temperatur yang tinggi dapat meningkatkan kuat tekan beton. Perawatan beton dengan sistem penguapan (*steam curing*) memiliki keunggulan seperti proses pengerjaan yang mudah, mempercepat proses reaksi hidrasi beton dan menjaga kadar air beton selama proses hidrasi, serta dapat menghasilkan beton dengan kekuatan awal yang tinggi (Andani, dkk., 2018).

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukanlah penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Temperatur Perawatan terhadap karakteristik *Foamed Concrete* dengan Abu Cangkang Sawit”. Penelitian ini menggunakan semen, air, agregat halus, *foaming agent*, *superplasticizer*, dan abu cangkang sawit sebagai material pembentuk *foamed concrete*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan *foamed concrete* yang ramah lingkungan dan dapat meningkatkan karakteristik *foamed concrete*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka perumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur perawatan terhadap karakteristik *foamed concrete*?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan abu cangkang sawit terhadap karakteristik *foamed concrete*?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian mengenai variasi temperatur perawatan terhadap karakteristik *foamed concrete* dengan abu cangkang sawit adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi temperatur perawatan terhadap karakteristik *foamed concrete*.
2. Menganalisis pengaruh penggunaan abu cangkang sawit terhadap karakteristik *foamed concrete*.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Abu cangkang sawit berasal dari PT Sriwijaya Palm Oil Indonesia.
2. Semen yang digunakan adalah semen Baturaja.
3. *Foaming agent* yang digunakan terbuat dari bahan *syntethic*.
4. Faktor air semen yang digunakan sebesar 0,45.
5. Persentase *foam* yang digunakan yaitu 30%.
6. Abu cangkang sawit yang digunakan sebesar 10%.
7. *Bekisting* silinder ukuran 10 x 20 cm.
8. Metode pembuatan *foamed concrete* menggunakan *pre-foamed concrete*.
9. Pengujian material berdasarkan standar ASTM (*American Standard Testing and Material*) meliputi analisa saringan ASTM C 136, kandungan air ASTM C 566, berat jenis dan penyerapan ASTM C 128, berat volume ASTM C 29, kadar lumpur ASTM D 2419.
10. Standar komposisi menggunakan ACI 523.3R-14.

11. Perawatan yang digunakan yaitu variasi temperatur suhu kamar, 60°C, 70°C, dan 80°C.
12. Uji beton segar yang dilakukan adalah *slump flow* dan *setting time*.
13. Karakteristik beton yang dibahas adalah massa jenis dan kuat tekan beton.
14. Massa jenis dan kuat tekan beton diuji pada umur 7, 14 dan 28 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 523.3R. 2014. *Guide for Celular Concretes Above 50 lb/ft³ (800 kg/m³)*. ACI Committee 523.
- ASTM C 29. 2017. *Standard Test Method of Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate*. Annual Books of ASTM Standard. USA: Association Of Standard Testing Materials.
- ASTM C 33. 2018. *Standard Specification for Concrete Aggregate*. Annual Books of ASTM Standard. USA: Association Of Standard Testing Materials.
- ASTM C 40. 2011. *Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregate for Concrete*. Annual Books of ASTM Standard. USA: Association Of Standard Testing Materials.
- ASTM C 128. 2015. *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate*. Annual Books of ASTM Standard. USA: Association Of Standard Testing Materials.
- ASTM C 136. 2019. *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregate*. Annual Books of ASTM Standard. USA: Association Of Standard Testing Materials.
- ASTM C 191. 2019. *Standard Test Methods for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle*. Annual Books of ASTM Standard. USA: Association Of Standard Testing Materials.
- ASTM C 566. 2019. *Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying*. Annual Books of ASTM Standard. USA: Association Of Standard Testing Materials.
- ASTM C 618. 2012. *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. Annual Books of ASTM Standard. USA: Association Of Standard Testing Materials.
- Andani, dkk., 2018. *Analysis of Microstructure of Foamed Concrete with Variation Curing Temperature and Fly Ash*. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) Volume 9, Issue 9.

- Aini, Kamarul., dkk., 2017. *Applications of Foamed Lightweight Concrete*. Faculty of Engineering Technologi, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.
- Aqel, A. M., 2016. *Steam Cured Self-Consolidating Concrete and The Effects of Limestone Filler*. Civil Engineering Departement, University of Toronto.
- Awal, dkk., 2011. *Properties of Concrete Containing High Volume Palm Oil Fuel Ash: A Short-term Investigation*. Malaysian J Civ Eng 2011;23:54-66.
- Awang, dkk., 2013. *Mechanical and Durability Properties of Fibre Lightweight Foamed Concrete*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7(7): 14-21.
- Azuan, N., 2014. *Mild-Span Hollow Foam Concrete Beam*. University Malaysia Pahang, Faculty of Civil Engineering & Earth Resources, Pahang.
- Bediako, M. dan Amankwah, E.O., 2015. *Analysis of Chemical Composition of Portland Cement in Ghana: A Key to Understand the Behavior of Cement* Hindawi Publishing Corporation Advances in Materials Science and Engineering.
- Chindaprasirt, P., dkk., 2008. *Resistance to Chloride Penetration of Blended Portland Cement Mortar Containing Palm Oil Fuel Ash, Rice Husk Ash and Fly Ash*. Constr Build Mater 2008;22(5):932-8.
- Choudhry, V., dkk., 2009. *Utilization of Coal Gasification Slag: Overview*. Praxis Engineers, Inc, Milpitas.
- Idris, dkk., 2016. *Effect of Palm Oil Fuel Ash as Partial Cement Replacement on Strength of Foamed Palm Oil Clinker Concrete*. The National Conference for Postgraduate Research, Universiti Malaysia Pahang.
- Jaini, Z. M., dkk., 2016. *Effect of Pelletized Coconut Fibre on The Compressive Strength of Foamed Concrete*. MATEC Web Conferences.
- Kurniawan, Septyanto., 2016. *Analisa Beton Cetak Menggunakan Uap*. Jurnal TAPAK Vol.5 No.2.
- Kurweti, dkk., 2017. *Spesification and Quality Control of Light Weight Foam Concrete*. IJEDR, 2017, 5 1932-1938.
- Mydin, M.A.O., dkk., 2012. *Mechanical, Thermal, and Functional Properties of Green Lightweight Foam Concrete*. Concrete Research Letters.

- Nadia., 2010. Pengaruh Kadar Silika (SiO_2) pada Agregat Halus. Jurnal Konstruksia Vol.1 No.1, Jakarta.
- Neville, A. M., 2011. *Properties of Concrete*. Fourth Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Pratiwi, dkk., 2018. *Physical and Mechanical Properties of Foamed Concrete with Curing Temperature Variation and Rice Husk Ash*. International Journal of Civil Engineering and Technology, Volume 9, Issue 8.
- Ramamurthy, K., 2009. *A Classification of Studies on Properties of Foamed Concrete, Cement, and Concrete Composites*.
- Rommel, Erwin., 2011. Pengaruh Pemberian Perawatan *Steam Curing* Terhadap Kekuatan dan Durabilitas Beton dengan Semen Pozzolan. Media Teknik Sipil, Volume 9, No.2.
- Safiuddin, dkk., 2011. *Utilization of Palm Oil Fuel Ash in Concrete: A Review*. Journal of Civil Engineering and Management, 17(2), 234-247.
- Tan, dkk., 2014. *Experimental Studi of Ultralight ($<300 \text{ kg/m}^3$) Foamed Concrete*. Hindawi Publishing Corporation Advances in Materials Science and Engineering.
- Tangchirapat, W., dkk., 2003. *A New Pozzolan Material from Palm Oil Fuel Ash*. KMUTT Res Dev J, 26(4), 459-473. AIP Conference Proceedings 1903, 050011.
- Tangchirapat, W., dkk., 2007. *A Use of Waste Ash from Palm Oil Industry in Concrete*. Waste Manag 2007;27:81-8.
- Thomas, dkk., 2017. *Sustainable Concrete Containing Palm Oil Fuel Ash as A Supplementary Cementitious Material – A Review*. Departement of Civil Engineering, Providence College of Engineering, India.
- Thrakele, M.H., 2014. *Experimental Study on Foam Concrete*. International Journal of Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development Vol. 4.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 2007. Teknologi Beton. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.
- Urmila, dkk., 2017. *The Effect of Water Binder Ratio and Fly Ash on The Properties of Foamed Concrete*. AIP Conference Proceedings.

- Wibowo, A.P., 2013. Beton Non Pasir Sebagai Media Perkerasan Halaman Rumah yang Ramah Lingkungan. Prodi Arsitektur Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Xin, Qin., 2016. *Research Status of Foamed Concrete*. International Journal of Multidisciplinary Research and Development.