

LAPORAN TUGAS AKHIR
ANALISIS TEMPERATUR PADA *GREEN CONCRETE*
SELAMA PANAS HIDRASI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Pada Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



MUHAMMAD RIVANTO PUTRA
03011381823098

JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS TEMPERATUR PADA *GREEN CONCRETE* SELAMA PANAS HIDRASI

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Oleh :

MUHAMMAD RIVANTO PUTRA
03011381823098

Palembang, 20 Oktober 2022

**Diperiksa dan disetujui oleh
Dosen Pembimbing,**


Citra Indriyani, S.T., M.T.
NIP. 198101142009032004

**Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Dan Perencanaan**


Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini saya buat dengan tujuan sebagai laporan dari penelitian dalam mata kuliah Tugas Akhir saya di Universitas Sriwijaya ini. Saya mengucapkan terima kasih bagi semua pihak yang telah membantu jalannya usulan Tugas Akhir ini, mulai dari awal penelitian ini hingga selesainya Laporan Tugas Akhir ini. Saya ucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya
2. Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliasnyah, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Saloma S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Citra Indriyati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa membimbing, memotivasi dan memberikan masukan yang bermanfaat dalam penyelesaian laporan ini.
6. Segenap jajaran Dosen dan Staf Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.

Saya berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat untuk diri saya sendiri dan juga rekan-rekan lain terutama seluruh *civitas* Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.

Palembang, 20 Oktober 2022



Muhammad Rivanto Putra

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan sebagai bukti semangat dan usaha saya untuk orang-orang berharga selama empat setengah tahun perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.

Karya ini, saya persembahkan untuk:

Mama dan Papa (Alm) tercinta yang sudah membesarkan dan mendidik saya dengan penuh kasih sayang dan kesabaran sampai dengan saat ini. serta doa dan dukungan selama menjalani perkuliahan di sini. Semoga mereka bangga dengan apa yang saya peroleh sampai dengan hari ini.

Kakak-kakak tersayang, Tya, Mita, dan Tami yang selalu memberikan dukungan, kritik, saran dan yang terpenting menanggung biaya selama menjalani perkuliahan sampai dapat menyelesaikan skripsi ini.

Ibu Citra Indriyati, S.T., M.T. sebagai satu-satunya dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan selama penelitian ini dan membuka pikiran saya tentang banyaknya ilmu di dunia ini yang bisa kita dapatkan sebagai mahasiswa.

Kawan-kawan yang saya temui di Universitas Sriwijaya, terutama saya ucapkan terimakasih pada kawan-kawan terdekat saya di IMMS Arsyah, Dimas, Fadil, Rafli, Kykur dan Steven yang selama 4,5 tahun sudah menemani dalam suka duka perkuliahan baik itu saat dalam kelas atau di *Planting Site A Map Ascent*. Manusia penghuni BEM FT UNSRI Widi, Julieta, Tia, Devi, Deva yang merupakan partner-partner terbaik selama berada di sana. Juga Guluh, Vio, Arista dan seluruh orang-orang baik yang sudah menemani hari-hari saya di kota Palembang.

“Last but not least, I want to thank me. I want to thank me for believing in me, I want to thank me for doing all this hardwork, I want to thank me for having no days off, I want to thank me for never quitting, I want to thank me for always being a giver and trying to give more than I receive but just can’t do yet. I want to thank me for trying to do more right than wrong, and finally i want to thank me for just being me at all the time.”

“I trust my crazy ideas and I’d love to just do it”

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR PUSTAKA	vii
LAMPIRAN.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
RINGKASAN	xii
SUMMARY	xiii
PERNYATAAN INTEGRITAS	xiv
HALAMAN PERSETUJUAN.....	xv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xvi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. <i>Green Concrete</i>	5
2.2. Beton.....	6
2.3. Semen Portland.....	7
2.4. Proses Pembuatan Semen	9
2.5. <i>Fly Ash</i>	10
2.6. <i>Waste Glass Powder</i>	11
2.7. <i>Brick and Concrete Debris</i>	12
2.8. Panas Hidrasi Beton.....	13

2.9. <i>Thermocouple</i>	15
2.10. Keretakan Thermal	16
2.11. Penelitian Terdahulu	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	22
3.1. Tahapan penelitian.....	22
3.2. Material Penyusun <i>Green Concrete</i>	25
3.3. Peralatan Pengujian	28
3.4. Pengujian Laboratorium	31
3.4.1. Tahapan Persiapan.....	31
3.4.2. Pengujian Properti Material	32
3.4.3. Perencanaan Campuran Beton	33
3.4.4. Pembuatan <i>Trial Mix</i> Awal	33
3.4.5. Pembuatan Benda Uji.....	33
3.4.6. Pengujian Karakteristik beton segar.....	34
3.4.7. Pemeriksaan Temperatur Hidrasi	34
3.4.8. Pemeriksaan Retak Termal.....	37
3.4.9. Pengujian Kuat Tekan	37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar.....	39
4.1.1. Kadar Air.....	39
4.1.2. Modulus Kehalusan.....	39
4.1.3. Berat Jenis dan Penyerapan.....	40
4.1.4. Berat Volume	41
4.2. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus.....	41
4.2.1. Kadar Air.....	41
4.2.2. Modulus Kehalusan.....	41
4.2.3. Berat Jenis dan Penyerapan.....	42
4.2.4. Berat Volume	43
4.2.5. Kadar Organik	43
4.2.6. Kadar Lumpur	43
4.3. Hasil Pengujian Karakteristik <i>Brick & Concrete Debris</i>	43
4.3.1. Kadar Air.....	44

4.3.2. Modulus Kehalusan.....	44
4.3.3. Berat Jenis dan Penyerapan.....	45
4.3.4. Berat Volume	46
4.3.5. Kadar Organik.....	46
4.3.6. Kadar Lumpur	46
4.4. Hasil Pemeriksaan X-Ray fluorescence (XRF)	46
4.5. Pembuatan Benda Uji	48
4.6. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Beton Segar	49
4.7. Pengukuran Temperatur Selama Hidrasi Beton	49
4.8. Pengukuran Temperatur Selama Hidrasi Beton	73
4.9. Pengujian Kuat Tekan.....	77
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	80
5.1. Kesimpulan.....	80
5.2. Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Proses pembuatan semen Portland	9
2.2. Hasil kuat tekan beton normal dan beton hijau	18
2.3. Hasil kuat tekan beton campuran puing bata	19
2.4. Hasil kuat tekan beton campuran <i>recycled glass sand</i>	20
2.5. Hasil pengukuran temperatur <i>thermocouple</i> 1	21
3.1. <i>Flow chart</i> penelitian	24
3.2. Agregat halus	25
3.3. Air	26
3. 4. <i>Fly ash</i>	26
3.5. <i>Brick debris</i>	27
3.6. Waste glass powder.....	27
3.7. Timbangan digital	28
3.8. Saringan agregat dan <i>sieve shaker</i>	29
3. 9. Gelas ukur	29
3.10. <i>Concrete mixer</i>	30
3. 11. Bekisting kubus.....	30
3.12. <i>Slump cone</i>	31
3. 13. Ilustrasi penempatan <i>thermocouple</i> saat monitoring suhu	36
4.1. Kurva gradasi pengujian analisa saringan agregat kasar.....	40
4.2. Kurva gradasi pengujian analisa saringan agregat halus.....	42
4.3. Kurva gradasi pengujian analisa untuk <i>brick debris</i>	45
4.4. Pengambilan temperatur selama hidrasi beton.....	50
4.5. Temperatur beton normal pada hari pertama	50
4.6. Temperatur beton normal pada hari kedua dan ketiga	52
4.7. Temperatur beton normal pada hari keempat sampai ketujuh	53
4.8. Temperatur GC FWB 1 pada hari pertama	54
4.9. Temperatur GC FWB 1 pada hari kedua dan ketiga	55
4.10. Temperatur GC FWB 1 pada hari keempat sampai ketujuh	56

4.11. Temperatur GC FWB 2 pada hari pertama	57
4.12. Temperatur GC FWB 2 pada hari kedua dan ketiga	58
4.13. Temperatur GC FWB 2 pada hari keempat sampai ketujuh	59
4.14. Temperatur GC FWB 3 pada hari pertama	60
4.15. Temperatur GC FWB 3 pada hari kedua dan ketiga	61
4.16. Temperatur GC FWB 3 pada hari keempat sampai ketujuh	62
4.17. Temperatur GC FWB 4 pada hari pertama	63
4.18. Temperatur GC FWB 4 pada hari kedua dan ketiga	64
4.19. Temperatur GC FWB 4 pada hari keempat sampai ketujuh	65
4.20. Temperatur lapisan atas pada hari pertama	66
4.21. Temperatur lapisan atas pada hari kedua dan ketiga	67
4.22. Temperatur lapisan atas pada hari keempat sampai ketujuh	67
4.23. Temperatur lapisan tengah pada hari pertama	68
4.24. Temperatur lapisan tengah pada hari kedua dan ketiga	69
4.25. Temperatur lapisan tengah pada hari keempat sampai ketujuh	69
4.26. Temperatur lapisan bawah pada hari pertama	70
4.27. Temperatur lapisan bawah pada hari kedua dan ketiga	71
4.28. Temperatur lapisan bawah pada hari keempat sampai ketujuh	71
4. 29. Benda uji beton normal umur 28 hari	74
4.30. Benda uji FWB 1 umur 28 hari	74
4.31. Benda uji FWB 2 umur 28 hari	75
4.32. Benda uji FWB 3 umur 28 hari	76
4.33. Benda uji FWB 4 umur 28 hari	76
4. 34. Perbandingan kuat tekan beton	78

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Bahan pembuat 1 ton semen Portland.....	8
2. 2. Jenis-jenis <i>Thermocouple</i>	16
3.1. Jenis pengujian dan referensi dalam pengujian agregat halus	32
3.2. Jenis pengujian dan referensi dalam pengujian agregat kasar	32
3. 3. Jenis pengujian dan referensi dalam pengujian material <i>binder</i>	32
3. 4. Proporsi perencanaan campuran beton (kg/m^3)	33
4. 1. Hasil Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	40
4. 2. Hasil Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus	42
4. 3. Hasil Pengujian berat jenis dan penyerapan <i>brick debris</i>	45
4. 4. Kandungan senyawa penyusun benda uji <i>fly ash</i>	47
4.5. Kandungan senyawa penyusun benda uji <i>waste glass powder</i>	47
4. 6. Variasi komposisi <i>binder</i>	48
4.7. Hasil pengujian slump.....	49
4. 8. Hasil uji kuat tekan.....	77
4. 9. Syarat fisik dan mekanik bata beton pejal.....	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Prosedur perhitungan komposisi campuran beton normal	85
2. Prosedur perhitungan komposisi campuran <i>green concrete</i> variasi FWB 1	88
3. Prosedur perhitungan komposisi campuran <i>green concrete</i> variasi FWB 2	92
4. Prosedur perhitungan komposisi campuran <i>green concrete</i> variasi FWB 3	96
5. Prosedur perhitungan komposisi campuran <i>green concrete</i> variasi FWB 4 ...	100
6. Pengujian material agregat	104
7. Pengujian XRF <i>fly ash</i> , <i>waste glass powder</i> , dan <i>brick debris</i>	121
8. Hasil Pemeriksaan temperatur hidrasi.....	123
9. Hasil pengujian kuat tekan	138
10. Lembar asistensi	143
11. Surat selesai Tugas Akhir.....	145
12. Surat selesai revisi Tugas Akhir	146
13. Berita acara	147

RINGKASAN

ANALISIS TEMPERATUR PADA *GREEN CONCRETE* SELAMA PANAS HIDRASI

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 20 Oktober, 2022

Muhammad Rivanto Putra; dibimbing oleh Citra Indriyati S.T., M.T.

Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xvi + 84 halaman + 52 gambar + 15 tabel + 9 lampiran

Panas hidrasi merupakan permasalahan yang sering terjadi pada konstruksi beton terutama pada pekerjaan beton dengan kuantitas yang besar. Panas hidrasi yang tinggi pada beton dan pergantian temperatur di sekelilingnya menjadi alasan umum terjadinya keretakan termal. Salah satu cara mengurangi panas hidrasi adalah dengan mengganti material semen menjadi material dengan tingkat pelepasan panas hidrasi yang rendah dimana hal ini sejalan dengan konsep *green concrete*. Dengan mengurangi jumlah semen pada beton maka akan dapat mengurangi dampak emisi CO₂ yang berasal dari proses manufaktur semen. Pada penelitian ini diambil studi kasus pembuatan beton dengan memanfaatkan limbah *fly ash*, dan *waste glass powder* sebagai bahan pengganti 80% dari material semen, serta *brick and concrete debris* sebagai substitusi dari agregat halus dalam pembuatan *green concrete* yang akan dibuat dalam empat variasi dengan komposisi (OPC:FA:WGP) yaitu, FWB 1 (20%:80%:0%), FWB 2 (20%:60%:20%), FWB 3 (20%:40%:40%), dan FWB 4 (20%:20%:60%). Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa keseluruhan *green concrete* memiliki temperatur hidrasi yang lebih rendah dibandingkan pada beton normal yang menggunakan 100% OPC. Temperatur maksimum yang tercatat pada beton normal adalah 42,1°C. Sementara itu, temperatur yang tercatat pada *green concrete* untuk variasi FWB 1 temperatur tertinggi tercatat sebesar 43,7°C, untuk variasi FWB 2 tercatat nilai 34,5°C, FWB 3 dengan nilai 35,1°C dan FWB 4 dengan nilai 32,6°C. Keseluruhan temperatur *green concrete* berada dibawah standar yang ditetapkan ACI yaitu 70°C untuk menghindari kemungkinan terjadinya keretakan termal. Sehingga dengan konsep penggunaan limbah sebagai substitusi semen pada *green concrete* dapat mengurangi panas hidrasi yang menjadi permasalahan pada beton.

Kata Kunci: Panas hidrasi, *green concrete*, *fly ash*, *waste glass powder*, *brick and concrete debris*

SUMMARY

TEMPERATURE ANALYSIS ON GREEN CONCRETE DURING HEAT HYDRATION PROCESS

Scientific papers in the form of Final Projects, *October 20, 2022*

Muhammad Rivanto Putra; *Guided by Citra Indriyati S.T., M.T.*

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xvi + 84 pages + 52 images + 15 tables + 9 attachments

Heat of hydration is a problem that often occurs in concrete construction, especially in large quantities of concrete work. The high temperature of heat hydration in concrete and changes in the surrounding temperature are common reasons for thermal cracks in concrete. One way to reduce the hydration heat is by reducing the quantity of cement usage and using a material with a low rate of heat release which is in line with the concept of green concrete. By reducing some amount of cement in concrete works, it will reduce the amount of CO₂ emissions that released from the cement manufacturing process. A case study was taken in this research of making concrete by utilizing fly ash waste, and waste glass powder as a substitute for 80% of cement material, as well as brick and concrete debris as a substitute for fine aggregate as a material for green concrete which will be made in four variations with the composition (OPC:FA:WGP) namely, FWB 1 (20%:80%:0%), FWB 2 (20%:60%:20%), FWB 3 (20%:40%:40%), and FWB 4 (20%:20%:60%). Based on the results of the research, it was found that the overall green concrete had a lower hydration temperature than normal concrete that used 100% OPC. Maximum temperature recorded in normal concrete is 42.1°C. Meanwhile, the temperature recorded in most of green concrete is lower than that. for the FWB 1 variation the highest temperature is recorded at 43.7°C, for the FWB 2 variation the value is 34.5°C, FWB 3 the value is 35.1°C and the FWB 4 the value is 32.6°C. The overall temperature of green concrete is below the standard set by ACI, which is below 70°C to avoid the possibility of thermal cracking. So with the concept of using waste as a substitute for cement in green concrete, it can reduce the temperature of heat hydration which is a problem in concrete works.

Key Words: *Heat hydration, green concrete, fly ash, waste glass powder, brick and concrete debris*

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD RIVANTO PUTRA

NIM : 03011381823098

Judul : ANALISIS TEMPERATUR PADA *GREEN CONCRETE* SELAMA PANAS HIDRASI

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

Demikian, pernyataan ini dibuat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapa pun.



Palembang, 20 Oktober 2022



Muhammad Rivanto Putra

NIM. 03011381823098

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “ANALISIS TEMPERATUR PADA *GREEN CONCRETE* SELAMA PANAS HIDRASI” yang disusun oleh Muhammad Rivanto Putra, NIM.03011381823098 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 20 Oktober 2022.

Palembang, 20 Oktober 2022.

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Dosen Pembimbing:

1. Citra Indriyati, S.T., M.T.
NIP. 198101142009032004



()

Dosen Penguji:

2. Dr. Ir. Saloma S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001

()

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T. IPU.
NIP. 196706151995121002

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan
Perencanaan



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 197610312002122001

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD RIVANTO PUTRA

NIM : 03011381823120

Judul : ANALISIS TEMPERATUR PADA *GREEN CONCRETE SELAMA PANAS HIDRASI*

memberikan izin kepada Dosen Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Untuk kasus ini saya setuju menempatkan Dosen Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini dibuat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapa pun.

Palembang, 20 Oktober 2022



Muhammad Rivanto Putra

NIM. 03011381823098

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Muhammad Rivanto Putra
Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 30 Mei 2000
Jenis Kelamin : Laki-laki
Status : Belum Menikah
Agama : Islam
Warga Negara : Indonesia
Nomor HP : 087885099490
E-mail : rivantoputra@gmail.com
Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD YADIKA 1 Tegal Alur			SD	2006-2012
SMP Negeri 89 Jakarta			SMP	2012-2015
SMA Negeri 56 Jakarta		MIPA	SMA	2015-2018
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2018-2022

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Muhammad Rivanto Putra
NIM. 03011381823098

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi di bidang keteknikan telah berkembang secara pesat dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang konstruksi. Tetapi, bersamaan dengan adanya perkembangan tersebut, dunia memunculkan satu permasalahan baru yakni pencemaran lingkungan yang ditimbulkan dari emisi karbon dioksida. Bidang konstruksi juga merupakan salah satu sektor penyumbang emisi gas CO₂ yang dihasilkan dari pengolahan material yang digunakan dalam pelaksanaannya. Konsep *green construction* telah mulai mendapat perhatian sebagai terobosan baru dan menjadi salah satu jalan keluar untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dalam dunia konstruksi. Perlu diketahui bahwa sektor konstruksi menyumbang kerusakan alam yang bisa disebabkan oleh pengambilan material, proses pengolahan material, distribusi material dari sumber ke pemakai, proses konstruksi, pengambilan lahan untuk bangunan, dan konsumsi energi saat bangunan dioperasikan. (Ervianto, 2021). Untuk itu *green construction* diperlukan untuk dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan untuk memenuhi kebutuhan tempat tinggal manusia, dalam proses pembangunan untuk memenuhi kebutuhan perumahan seperti saat ini dan di masa mendatang. Salah satu pengaplikasian *green construction* adalah menggunakan *green concrete* (GC) atau beton ramah lingkungan sebagai material konstruksi di mana material yang digunakan pada *green concrete* merupakan material limbah sehingga dapat mengurangi kuantitas limbah yang dapat mencemari lingkungan ketika tidak mendapat pengolahan.

Salah satu permasalahan dalam konstruksi beton yang juga terjadi pada *green concrete* salah satunya adalah panas hidrasi. Pada konstruksi beton, terutama pada beton massa, panas hidrasi yang tinggi pada beton dan pergantian temperatur di sekelilingnya menjadi alasan umum terjadinya keretakan. Dikarenakan perubahan temperatur tersebut, muncul tarikan di dalam beton sehingga menghasilkan retakan. (Schackow et al., 2016). Retakan pada beton ini

mengurangi kekuatan beton sehingga menurunkan kualitas dan juga keamanan penggunaan pada konstruksi nantinya. Untuk mencegah keretakan pada struktur beton ini, beberapa pendekatan perlu dilakukan salah satunya penggunaan material dengan temperatur yang lebih rendah. Hal utama yang sangat mungkin dapat dilakukan untuk mengurangi temperatur panas hidrasi adalah dengan mengurangi kuantitas material yang memiliki senyawa yang reaktif seperti C3A dan C3S (Bourchy et al., 2019). Penelitian yang dilakukan (Alhozaimy et al., 2015) menunjukkan dengan menggunakan *fly ash* sebagai bahan pengganti semen secara sebagian dapat menurunkan temperatur panas hidrasi sampai dengan sebesar 8°C.

Pengaplikasian konsep *green construction* adalah dengan penggunaan *green material* sebagai bahan konstruksi. Indonesia sendiri, terdapat banyak produk limbah yang dapat digunakan dalam konstruksi salah satunya adalah *fly ash* (abu terbang) dan *waste glass powder* (limbah bubuk kaca). Tercatat produksi *fly ash* telah mencapai 6-11 juta ton per tahunnya di Indonesia (Umah, 2021). Berdasarkan jurnal penelitian terdahulu, penggunaan bahan pengganti dalam pembuatan beton sudah sering dilakukan sebagai sebuah inovasi pembuatan beton. Salah satu bahan campuran pengganti semen yang dapat digunakan dalam beton adalah *fly ash* dan *waste glass powder*. *Fly ash* merupakan limbah industri yang ikut diproduksi dari hasil pembakaran batu bara. Sedangkan *waste glass powder* merupakan limbah dari pecahan kaca yang sudah dihaluskan sampai berbentuk bubuk. *Fly ash* dan *waste glass powder* mengandung kandungan yang bersifat mengikat ketika bereaksi ketika mengalami hidrasi. Sifat mengikat yang dimiliki *fly ash* dan *waste glass powder* dapat terbilang sama dengan karakteristik fungsi semen pada beton konvensional dan dalam kandungan senyawanya, *fly ash* dan *waste glass powder* memiliki senyawa *tricalcium aluminate* (C3A) dan *tricalcium silikat* (C3S) yang lebih sedikit dibandingkan pada semen OPC. Hal ini sejalan dengan konsep penurunan panas hidrasi pada beton dan membuat *fly ash* dan *waste glass powder* memungkinkan untuk dapat digunakan sebagai alternatif menggantikan penggunaan semen sebagai material pembuatan beton yang lebih ramah lingkungan dan juga. Selain dengan mengganti penggunaan semen, jurnal penelitian terdahulu juga menjelaskan bahwa memungkinkan untuk menggantikan

penggunaan *filler* pada beton yang umumnya menggunakan pasir, dapat digantikan dengan menggunakan material *brick debris*. *Brick debris* merupakan limbah konstruksi berupa bata yang telah dihancurkan sisa pembongkaran dinding. Dengan menggantikan material pasir dengan *brick debris* dapat membuat penggunaan material yang lebih bersih dan untuk meredam temperatur dari panas hidrasi beton sehingga dapat mengurangi terjadinya keretakan *thermal* pada beton.

Inovasi beton ramah lingkungan (*green concrete*) masih terus diupayakan untuk diteliti lebih lanjut sebagai cara untuk menciptakan konstruksi yang ramah lingkungan. Salah satunya dengan mengganti penggunaan semen ke penggunaan limbah seperti *fly ash* dan *waste glass powder* dalam pembuatan beton untuk konstruksi. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memaksimalkan potensi *green concrete* beserta keunggulan lainnya agar dapat sepenuhnya menggantikan beton konvensional dalam konstruksi beton ramah lingkungan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang, dapat diambil sebuah rumusan masalah mengenai pemanfaatan limbah *fly ash* dan *brick debris* sebagai campuran beton adalah :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah sebagai bahan substitusi binder terhadap temperatur hidrasi beton segar?
2. Bagaimana pengaruh temperatur hidrasi dengan material limbah terhadap retak *thermal* pada *green concrete*?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh penggunaan limbah sebagai bahan substitusi binder terhadap temperatur panas hidrasi beton.
2. Menganalisis pengaruh temperatur hidrasi dengan material limbah terhadap retak *thermal* pada *green concrete*.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan melakukan pengujian benda uji di laboratorium. Adapun pengujian yang dilakukan adalah pengukuran temperatur hidrasi terhadap benda uji berupa beton campuran *fly ash*, *waste glass powder* dan *brick debris* yang di mana temperatur hidrasi dari *green concrete* ini akan dibandingkan dengan temperatur hidrasi pada beton normal dan juga karakteristik yang dihasilkan dari panas hidrasi tersebut. Sehingga dapat ditarik sebuah kesimpulan atas rumusan masalah terkait. Adapun batasan-batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen yang digunakan adalah semen *Ordinary Portland Cement* (OPC) tipe I.
2. Limbah batubara *fly ash* yang digunakan merupakan kelas F.
3. *Waste glass powder* (bohlam, botol kaca, pecahan kaca) yang digunakan adalah yang material lolos saringan no.200.
4. *Mix design* beton normal menggunakan standar SNI 03-2834-2000.
5. *Mix design green concrete* menggunakan acuan standar SNI 03-2834-2000 dan SNI 03-6468-2000 dengan beberapa modifikasi.
6. Pengambilan data temperatur dengan *thermocouple* dilakukan selama tujuh hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhozaimy, A., Fares, G., Alawad, O. A., & Al-Negheimish, A. (2015). Heat of hydration of concrete containing powdered scoria rock as a natural pozzolanic material. *Construction and Building Materials*, *81*, 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.02.011>
- Amshar, Tjaronge, M. W., Djamaluddin, R., & Amiruddin, A. A. (2018). Panas Hidrasi Beton Massa yang Menggunakan Semen Portland Komposit. *Invensi, Inovasi Dan Riset Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Untuk Pembangunan Infrastruktur Berkelanjutan*, 21–30. <https://knpts.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2019/04/28.-PANAS-HIDRASI-BETON-MASSA-YANG-MENGGUNAKAN-SEMEN.pdf>
- Babu, K. M., & Jayaram, M. (2017). Experimental Investigation on Strength and Durability Parameters of Concrete Replacing Cement by Glass Powder in Concrete with Different Dosages for M25 and M30 Concrete. *International Journal of Professional Engineering Studies*, *8*(4), 120–133.
- Bentz, D. P., Garboczi, E. J., Haecker, C. J., & Jensen, O. M. (1999). Effects of cement particle size distribution on performance properties of Portland cement-based materials. *Cement and Concrete Research*, *29*(10), 1663–1671. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(99\)00163-5](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(99)00163-5)
- Bolouri Bazaz, J., & Khayati, M. (2012). Properties and Performance of Concrete Made with Recycled Low-Quality Crushed Brick. *Journal of Materials in Civil Engineering*, *24*(4), 330–338. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0000385](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0000385)
- Bourchy, A., Barnes, L., Bessette, L., Chalencon, F., Joron, A., & Torrenti, J. M. (2019). Optimization of concrete mix design to account for strength and hydration heat in massive concrete structures. *Cement and Concrete Composites*, *103*(April), 233–241. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.05.005>
- Condition, W., Case, I., Ojha, P. N., Sagar, A., Singh, B., Sharma, H., & Singh, P. (2022). *Temperature Control and Monitoring For Mass Concrete in Raft under Hot Temperature Control and Monitoring For Mass Concrete in Raft*

- under Hot Weather Condition – An Indian Case Study. March.*
<https://doi.org/10.26392/SSM.2022.04.02.019>
- Ervianto, W. (2021). *Selamatkan Bumi Melalui Konstruksi Hijau* (S. Suryanto (ed.); 1st ed.). Penerbit Andi.
- Gyawali, T. R. (2022). Re-use of concrete/brick debris emerged from big earthquake in recycled concrete with zero residues. *Cleaner Waste Systems*, 2(December 2021), 100007. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100007>
- Han, F., He, X., Zhang, Z., & Liu, J. (2017). Hydration heat of slag or fly ash in the composite binder at different temperatures. *Thermochimica Acta*, 655(April), 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2017.07.002>
- Ibrahim, S., & Meawad, A. (2022). Towards green concrete: Study the role of waste glass powder on cement/superplasticizer compatibility. *Journal of Building Engineering*, 47(September 2021), 103751. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103751>
- Irmawan, M. (2018). *Temperature Control on Mass*. 9(6), 1649–1659.
- Khan, S., Maheshwari, N., Aglave, G., & Arora, R. (2019). Experimental design of green concrete and assessing its suitability as a sustainable building material. *Materials Today: Proceedings*, 26(xxxx), 1126–1130. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.225>
- Mulla, R., & Dunnill, C. W. (2021). Single material thermocouples from graphite traces: Fabricating extremely simple and low cost thermal sensors. *Carbon Trends*, 4, 100077. <https://doi.org/10.1016/j.cartre.2021.100077>
- Mulyono, T. (2021). *Bahan Bangunan dan Konstruksi* (H. Husain Khadafi (ed.); 1st ed.). Stiletto Indie Book.
- Nugraha, P. (2004). *Teknologi Beton* (S. Suryanto (ed.); 1st ed.). Penerbit Andi.
- Schackow, A., Effting, C., Gomes, I. R., Patrui, I. Z., Vicenzi, F., & Kramel, C. (2016). Temperature variation in concrete samples due to cement hydration. *Applied Thermal Engineering*, 103, 1362–1369. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.05.048>
- Schöler, A., Lothenbach, B., Winnefeld, F., Haha, M. Ben, Zajac, M., & Ludwig, H. M. (2017). Early hydration of SCM-blended Portland cements: A pore solution and isothermal calorimetry study. *Cement and Concrete Research*,

93, 71–82. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2016.11.013>

Tamanna, N., Tuladhar, R., & Sivakugan, N. (2020). Performance of recycled waste glass sand as partial replacement of sand in concrete. *Construction and Building Materials*, 239, 117804.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117804>

Tjokrodimuljo, K. (2007). *Teknologi Beton* (1st ed.). Biro Penerbit Teknik Sipil dan Lingkungan UGM.

Umah, A. (2021, April 21). *Bukan Limbah, Potensi FABA di Indonesia Capai 11 Juta Ton*. CNBC Indonesia.

<https://www.cnbcindonesia.com/market/20210421154337-17-239670/bukan-limbah-potensi-faba-di-indonesia-capai-11-juta-ton>