

**PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG KELAPA PADA BETON *SELF
COMPACTING CONCRETE* (SCC)**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Sipil



Oleh:

Raden Ardra Catur Fauzan

2007211

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2024**

PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG KELAPA PADA BETON *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

Oleh:

Raden Ardra Catur Fauzan

Sebuah Tugas Akhir yang diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil

© Raden Ardra Catur Fauzan 2024

Universitas Pendidikan Indonesia

Juli 2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Tugas Akhir ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG KELAPA PADA BETON *SELF
COMPACTING CONCRETE* (SCC)**

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing 1



Istiqomah, S.T., M.T.

NIP. 19711215 200312 2 001

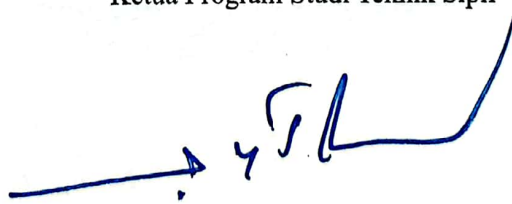
Pembimbing 2



Ben Novarro Batubara, S.T., M.T.

NIP. 19801119 200912 1 003

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. T. Ir. Juang Akbardin, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng

NIP. 19770307 200812 1 001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “**Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Pada Beton *Self Compacting Concrete* (SCC)**” ini beserta seluruh isinya merupakan benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juli 2024

Pembuat pernyataan,

Raden Ardra Catur Fauzan

NIM. 2007211

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul “*Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Pada Beton Self Compacting Concrete (SCC)*” ini dapat tersusun hingga selesai. Shalawat serta salam kami sampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, serta sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas bantuan dari banyak pihak yang telah berkontribusi dengan memberikan sumbangan baik materi maupun pikirannya, terutama kepada:

1. Ibu Istiqomah, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang senantiasa memberi arahan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ben Novarro Batubara, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang senantiasa memberi arahan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Juang Akbardin, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia.
4. Bapak Bambang dan Ibu Epon. Selaku kedua orang tua penulis yang senantiasa memberi dukungan baik moral dan material kepada penulis hingga selesainya penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Saudara Aria, Arel, Bagas, Khalim, Ridwan, dan teman-teman seperjuangan Tugas Akhir lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
6. Saudari Naura selaku rekan yang memberikan warna tersendiri pada saat penulis melakukan penelitian hingga selesai.
7. Semua pihak yang membantu penulis dalam menuntaskan Tugas Akhir ini.

Harapan penulis semoga Tugas Akhir ini dapat menambah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca, untuk kedepannya, dapat memperbaiki bentuk maupun isi agar menjadi lebih baik lagi. Karena keterbatasan pengetahuan maupun

pengalaman, penulis yakin masih banyak kekurangan dalam laporan ini. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Bandung, Juli 2024

Penulis

PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG KELAPA PADA BETON *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

Raden Ardra Catur Fauzan¹, Istiqomah, S.T., M.T.², Ben Novarro Batubara, S.T., M.T.³

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan,
Universitas Pendidikan Indonesia*

Email: ¹radenardra@upi.edu; ²istiqomah@upi.edu; ³bensnovr@upi.edu

Bandung, Indonesia

ABSTRAK

Agregat kasar merupakan bahan penyusun beton yang diperoleh dari pertambangan. Semakin banyaknya permintaan agregat kasar akan menimbulkan semakin besarnya pertambangan di Indonesia. Indonesia merupakan salah satu negara sebagai penghasil kelapa terbesar di dunia. Salah satu limbah pada produksi kelapa yaitu tempurung kelapa. Tempurung kelapa memiliki struktur lapisan keras sehingga diharapkan dapat menjadi alternatif yang digunakan sebagai bahan substitusi agregat kasar pada beton. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penggunaan tempurung kelapa terhadap nilai kuat tekan, nilai uji karakteristik pada beton SCC, serta nilai maksimum penggunaan tempurung kelapa. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode penelitian eksperimen. Pengujian karakteristik beton SCC dilakukan dengan menggunakan metode *Slump Flow* untuk mengetahui nilai *flow ability*, *L-Box Test* untuk mengetahui nilai *passing ability*, dan *V-Funnel Test* untuk mengetahui nilai *filling ability*. Penelitian ini dilakukan dengan substitusi agregat kasar menggunakan tempurung kelapa dengan variasi 0%, 1.5%, 3%, 4.5%, 6%, dan 7.5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak penggunaan tempurung kelapa akan menurunkan nilai *flow ability* pada beton, meningkatkan *passing ability*, serta meningkatkan nilai *filling ability*. Nilai kuat tekan beton SCC dengan substitusi tempurung kelapa dengan umur 28 hari berturut-turut sebesar 35.714 MPa, 38.320 MPa, 38.868 MPa, 37.531 MPa, 36.215 MPa, dan 35.290 MPa. Maka dari itu persentase maksimum penggunaan substitusi tempurung kelapa yaitu sebesar 3% dengan peningkatan nilai uji kuat tekan beton sebesar 8,83%.

Kata Kunci: Beton, *Self Compacting Concrete*, Tempurung Kelapa, Kuat Tekan

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia (radenardra@upi.edu)

² Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia (istiqomah@upi.edu)

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia (bensnovr@upi.edu)

USE OF COCONUT SHELL WASTE IN SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)

Raden Ardra Catur Fauzan¹, Istiqomah, S.T., M.T.², Ben Novarro Batubara, S.T., M.T.³

Civil Engineering Study Program, Faculty of Technology and Vocational Education, Indonesian University of Education

Email: ¹radenardra@upi.edu; ²istiqomah@upi.edu; ³bensnovr@upi.edu

Bandung, Indonesia

ABSTRACT

Coarse aggregate is a material for concrete obtained from the mining. The increasing demand for coarse aggregate will lead to greater mining in Indonesia. Indonesia is one of the largest coconut producing countries in the world. One of the wastes in coconut production is coconut shells. Coconut shells have a hard layer structure, it is hoped that the coconut shells can be an alternative used as a substitute for coarse aggregate in concrete. The aim of this research is to determine the effect of using coconut shells on compressive strength values, characteristic test values for SCC concrete, and the maximum value of using coconut shells. The research method used is the experimental research method. Testing the characteristics of SCC concrete was carried out using the Slump Flow method to determine flow ability value, the L-Box Test to determine passing ability value, and the V-Funnel Test to determine filling ability value. This research was carried out by substituting coarse aggregate using coconut shell with variations of 0%, 1.5%, 3%, 4.5%, 6.% and 7.5%. The research results show that the more coconut shell used will reduce flow ability value of concrete, increase passing ability, and increase filling ability value. The compressive strength values of SCC concrete with coconut shell substitution at 28 days were respectively 35,714 MPa, 38,320 MPa, 38,868 MPa, 37,531 MPa, 36,215 MPa, and 35,290 MPa. Therefore, the maximum percentage of coconut shell substitute use is 3% with an increase in the concrete compressive strength test value of 8.83%.

Keywords: *Concrete, Self Compacting Concrete, Coconut Shell, Compressive Strength*

¹ Student in the Civil Engineering Study Program, Faculty of Technology and Vocational Education, Indonesian University of Education (radenardra@upi.edu)

² Lecturer in the Civil Engineering Study Program, Faculty of Technology and Vocational Education, Indonesian University of Education (istiqomah@upi.edu)

³ Lecturer in the Civil Engineering Study Program, Faculty of Technology and Vocational Education, Indonesian University of Education (bensnovr@upi.edu)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Beton	5
2.2 Beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC).....	7
2.3 Komposisi Beton SCC	8
2.3.1 Air	8
2.3.2 Semen Portland	9
2.3.3 Agregat Halus.....	10
2.3.4 Agregat Kasar.....	11
2.3.5 Bahan Tambah (<i>Admixture</i>).....	12
2.4 Tempurung Kelapa	15
2.5 Uji Material	16
2.5.1 Pemeriksaan Kadar Air	16
2.5.2 Pemeriksaan Berat Isi.....	17
2.5.3 Analisis Saringan	17

2.5.4	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.....	17
2.5.5	Pengujian Keausan	17
2.5.6	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Pada Agregat	18
2.6	Pengujian Beton	18
2.7	Uji Kuat Tekan Beton.....	21
2.8	Penelitian Terdahulu.....	21
BAB III METODOLOGI.....		23
3.1	Metode Penelitian.....	23
3.2	Lokasi Penelitian.....	23
3.3	Sampel Penelitian.....	23
3.4	Material	24
3.5	Prosedur Penelitian.....	26
3.6	Persiapan Alat dan Bahan.....	29
3.7	Pembuatan Benda Uji.....	29
3.8	Pengujian Karakteristik Beton SCC.....	30
3.9	Perawatan (<i>Curing</i>).....	32
3.10	Pengujian Kuat Tekan <i>Trial Mix</i>	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Hasil Penelitian	34
4.1.1	Pengujian Karakteristik Beton Segar	34
4.1.2	Pengujian Berat Jenis Beton	37
4.1.3	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	38
4.2	Pembahasan Hasil Penelitian	40
4.2.1	Pembahasan Uji Karakteristik Beton SCC.....	40
4.2.2	Pembahasan Pengujian Berat Jenis Beton	43
4.2.3	Pembahasan Pengujian Kuat Tekan Beton.....	44
BAB V KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI.....		52
5.1	Kesimpulan	52
5.2	Implikasi.....	52
5.3	Rekomendasi	53
DAFTAR PUSTAKA.....		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Baseplate Slump-Flow	19
Gambar 2. 2. V-funnel.....	19
Gambar 2. 3. Perakitan Umum L-box.....	20
Gambar 2. 4. Dimensi dan Type L-box.....	20
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 3. 2. Alat Uji Slump Flow	30
Gambar 3. 3. Alat Uji V-Funnel	31
Gambar 3. 4. Alat Uji L-Box.....	32
Gambar 4. 1. <i>Slump flow</i>	34
Gambar 4. 2. Uji <i>V-funnel</i>	35
Gambar 4. 3. Uji <i>V-funnel</i>	36
Gambar 4. 4. <i>Slump flow</i>	40
Gambar 4. 5. T-500	41
Gambar 4. 6. <i>L-Box Test</i>	42
Gambar 4. 7. <i>V-funnel Test</i>	43
Gambar 4. 8. Rata-rata Berat Jenis Beton.....	44
Gambar 4. 9. Nilai Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	45
Gambar 4. 10. Nilai Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	46
Gambar 4. 11. Nilai Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari.....	47
Gambar 4. 12. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton.....	48
Gambar 4.13. Rata-rata Nilai Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Jenis Beton Berdasarkan Nilai Kuat Tekan	6
Tabel 2. 2. Klasifikasi Beton Berdasarkan Karakteristik	6
Tabel 3. 1. Jumlah Sampel Penelitian Uji Kuat Tekan	23
Tabel 3. 2. Karakteristik Agregat	24
Tabel 3. 3. Karakteristik Agregat Halus	25
Tabel 3. 4. Karakteristik Tempurung Kelapa	26
Tabel 3. 5. Hasil Perencanaan Campuran.....	29
Tabel 3. 6. Hasil Pengujian <i>Slump Flow</i>	31
Tabel 3. 7. Hasil Pengujian L-Box	32
Tabel 3. 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Uji	33
Tabel 4. 1. Hasil Uji Slump Flow.....	35
Tabel 4. 2. Hasil Pengujian L-Box	36
Tabel 4. 3. Hasil Pengujian V-funnel	37
Tabel 4. 4. Berat Jenis Beton.....	37
Tabel 4. 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	38
Tabel 4. 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	39
Tabel 4. 7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	40
Tabel 4. 8. Peningkatan Nilai Kuat Tekan Beton Berdasarkan Hari	48
Tabel 4. 9. Peningkatan Nilai Kuat Tekan Beton SCC Tempurung Kelapa	49
Tabel 4. 10. Tabel Persentase Kenaikan Nilai Kuat Tekan Beton	50

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, B., Setiyanto, B., & Kurniawan, A. (2022). Pemanfaatan Tempurung Kelapa dan Serbuk Kayu Dalam Inovasi Self Compacting Concrete. *Science And Engineering National Seminat 7 (SENS 7)*. Semarang: Universitas Islam Batik Surakarta.
- Akbar, F., Ariyanto, A., & Edison, B. (2018). Penggunaan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K-100. *Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian*.
- Alif, M., & Pertiwi, D. (2021). Pengaruh Pecahan Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar dan Flyash Sebagai Pengisi Pada Campuran Beton Ditinjau Dari Kuat Tekan Beton. *Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan, dan Infrastruktur II*, (pp. 45-50). Suarabaya.
- Aprilianti, S., & Nadia. (2012). Analisis Pengaruh Beton Dengan Bahan Admixture Naphtalene dan Polycarboxilate Terhadap Kuat Tekan Beton Noemal. *KONSTRUKSIA*, 33-40.
- ASTM-C33. (1986). *Standard Specification for Concrete Aggregates*.
- ASTM-C-494-82. (1989). *Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete*.
- Citrakusuma, J. L. (2012). *Kuat Tekan Self Compacting Concrete Dengan Kadar Superplasticizer Yang Bervariasi*. Jember: Repository Universitas Jember.
- EFNARC. (2005). *The European Guidlines for Self Compacting Concrete, Specification, Production, and Use*.
- Ginting, A., Gunawan, W., & Ismirrozi. (2011). Pengaruh Kadar Air Agregat Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik*, 1, 9-16.
- Hajrin, S., Merdana, I., & Eniarti, M. (2023). Pengaruh Pemanfaatan Abu Tempurung Kelapa (Coconut Shell Ash) Sebagai Bahan Tambah Terhadap

- Kuat Tekan Beton Memadat Sendiri (Self Compacting Concrete).
Universitas Mataram.
- Irawan, D., & Khatulistiani, U. (2021). Substitusi Agregat Kasar Menggunakan Pecahan tempurung Kelapa Pada Campuran Beton Normal. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 61-70.
- Jewell, R., Sharifi, N., Duvallet, T., Oberlink, A., Mahboub, K., Robl, T., & Ladwig, K. (2019). The Utilization Of Sulfite-Rich Spray Dryer Absorber Material In Portland Cement Concrete. *Construction And Building Material*, 213, 306-312.
- Korua, A., Dapas, S., & Handono, B. (2019). Kinerja High Strength Self Compacting Concrete Dengan Penambahan Admixture "Beton Mix" Terhadap Kuat Tarik Belah. *Jurnal Sipil Statik*, 1353-1364.
- Nawati, Tumingan, & Tristro, R. (2019). Pengaruh Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Terhadap Agregat Kasar Dalam Campuran Beton Normal. *Jurnal Teknologi Sipil, III*, 16-20.
- PBI. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia.*
- Pratama, K. (2021). Pengaruh Bahan Tambah Alami Dan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kekuatan Lentur Beton Dengan Metode Self Compacting Concrete (SCC). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil (JIMT)*, 1-13.
- Puspitasari, I., & Uisharmandani, L. (2023). Kajian Eksperimental Beton Menggunakan Admixture Sika Viscocrete 3115N Untuk Meningkatkan Kuat Tekan. *TEDC, 17*, 28-34.
- Rustendi, I. (2014). Pengaruh Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 13-22.
- Satriani. (2019). Pengaruh Kadar Lumpur Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Prosiding SNRT (Seminar Nasional Riset Terapan)* (pp. C53-C57). Banjarmasin: Politeknik Kotabaru.

- Sitanggang, R., Hutabarat, N., & Ginting, R. (2022). Penggunaan Superplasticizer Pada Beton Mutu F'c 25 MPa. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 202-209.
- SNI-03-1974. (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-03-2834. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-03-2847. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-03-4428. (1997). *Metode Pengujian Agregat Halus atau Pasir Yang Mengandung Bahan Plastis Dengan Cara Setara pasir*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-03-4804. (1998). *Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-03-6468. (2000). *Perencanaan Campuran Tinggi Dengan Semen Portland Dengan Abuterbang*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-03-6821. (2002). *Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Batu Cetak Beton Pasangan Dinding*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-1969. (2008). *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-1970. (2008). *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-1971. (2011). *Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-1971-1990. (n.d.). *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-2417. (2008). *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Badan Standarisasi Nasional.

- SNI-2487. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-2493. (2011). *Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-2847. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-7656. (2012). *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat, Dan Beton Ringan*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI-ASTM-C136-2012. (2012). *Metode uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar*.
- Sofiyatin. (2015). *Dampak Penambangan Batu Split Terhadap Masyarakat Sumurkidang Pematang*.
- Sukanli, D., & Saetan, P. (2019). Tinjauan Ulang Mengenai Kadar Maksimum Pipih dan Memanjang Agregat Kasar dalam Campuran Beton Cara SNI. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 107-115.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.
- Vijina, V., Varghese, A., Angitha, N., Aswathy, S., Mohan, K., & Shighil, C. (2015). Study on Self Compacting Concrete by Partial Replacement of Coarse Aggregate with Crushed Coconut Shell. *International Journal of Research in Advent Technology*, 94-101.
- Widodo, S. (2017). Bond Strength Between Hybrid Fiber-Reinforced Lightweight Aggregate Concrete Substrate and Self-Compacting Concrete as Topping Layer. *Advances in Civil Engineering*.