

**TUGAS AKHIR**

**KARAKTERISTIK NANO SELULOSA  
MENGGUNAKAN PROSES KERING DENGAN  
VARIASI DURASI PEMANASAN**



**ALLDIAN PRATAMA**

**03011381722151**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**KARAKTERISTIK NANO SELULOSA MENGGUNAKAN**  
**PROSES KERING DENGAN VARIASI DURASI PEMANASAN**  
**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

**Oleh:**

**ALLDIAN PRATAMA**

**03011381722151**

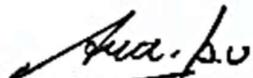
Palembang, September 2021

**Dosen Pembimbing I,**

**Dosen Pembimbing II**



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



**Dr. Arie Putra Usman, S.T.,M.T.**  
NIP. 198605192019031007

**Mengetahui/Menyetujui**

**Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,**



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

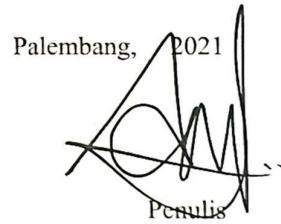
...

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, atas segala rahmat, kasih sayang dan pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Pada proses penyelesaian proposal Tugas Akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih dan permohonan maaf yang besar kepada semua pihak yang terkait, yaitu:

1. Ayah dan Ibu, selaku orang tua yang selalu mendukung saya.
2. Ketiga Kakak saya yang telah membantu saya dalam laporan ini
3. Prof. Dr. Ir. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
4. Dr. Saloma, S.T, M.T dan Dr. Arie Putra Usman, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, nasihat, motivasi, serta saran yang bermanfaat pada proses penyelesaian proposal Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

Penulis berharap semoga pembuatan proposal ini memberikan manfaat dalam ilmu teknik sipil secara umum dan bidang perkerasan jalan secara khusus.



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>viii</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>ix</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>x</b>
<b>PERNYATAAN INTEGRITAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>xii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Perumusan Masalah .....	2
1.3    Tujuan Penelitian .....	2
1.4    Ruang Lingkup.....	3
1.5    Metode Pengumpulan Data.....	3
1.6    Rencana Sistematika Penelitian .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1    Pengertian Nanomaterial.....	5
2.1.1.    Nano Silika.....	6
2.1.2.    Nano Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dan Nano TiO <sub>2</sub> .....	9
2.2    Sintesis Nanomaterial.....	17
2.2.1.    Proses Mekanis .....	17
2.2.2.    Proses Kimia.....	17
2.3    Aspek yang Mempengaruhi Hasil Sintesis <i>Nanomaterial</i> .....	18
2.3.1 Durasi dan Temperatur Pemanasan.....	18
2.3.2.    Penggunaan NaOH berdasarkan Konsentrasi .....	22
2.3.3.    Durasi Perendaman .....	22
2.5    Material yang Digunakan Saat Pelaksanaan Sintesis <i>Nanomaterial</i> .....	23
2.5.1.    Limbah Kertas.....	23

2.5.2.	Natrium Hidroksida (NaOH) .....	24
2.5.3.	Natrium Hipoklorit (NaClO).....	25
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>26</b>	
3.1	Studi Literatur .....	26
3.2	Alur Penelitian .....	26
3.3	Persiapan Bahan .....	27
3.4	Persiapan Alat .....	30
3.5	Tahap Penelitian.....	33
3.5.1	Tahap I .....	34
3.5.2.	Tahap II .....	34
<b>BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>	
4.1	Analisis Sampel Hasil Pengujian XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	41
4.2	Analisis Sampel Hasil Pengujian FTIR ( <i>Fourier-Transform Infrared Spectroscopy</i> ) .....	45
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>48</b>	
5.1	Kesimpulan .....	48
5.2	Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>	
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>	
<b>BERITA ACARA.....</b>	<b>56</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema dari Pendekatan dan Perakitan Sintesis Struktur Nano (Sobolev,2014).....	6
Gambar 2.2 Campuran AEA dan HWRA dengan variasi nano-SiO <sub>2</sub> . (Saifuddin,2013) .....	7
Gambar 2.3 Luas permukaan spesifik dari berbagai bahan penyusun yang digunakan pada beton konvensional (Saifuddin, 2013) .....	8
Gambar 2.4 Grafik kuat tekan beton setelah 28 hari (Oratzkai, 2021) .....	11
Gambar 2.5 Grafik kuat tarik beton setelah 28 hari (Oratzkai, 2021).....	11
Gambar 2.6 Grafik kuat lentur beton setelah 28 hari (Oratzkai, 2021).....	12
Gambar 2.7 Hasil SEM sampel spesimen kontrol (Oratzkai, 2021) .....	13
Gambar 2.8 Hasil SEM sampel dengan campuran nano-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dan nano-TiO <sub>2</sub> (Oratzkai, 2021) .....	14
Gambar 2.9 Hasil XRD (a) Spesimen kontrol ; (b) Sampel dengan campuran nano-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dan nano-TiO <sub>2</sub> (Artiq, 2021).....	16
Gambar 2.10 Hasil uji FTIR (a) dan uji XRD (b) sampel nano: (a) RNP sebagai bahan baku, (b) CMF–NaOH, (c) CMF–NaClO <sub>2</sub> , and (d) NCC hidrolisis kimia (Mohamed, 2015).....	19
Gambar 2.11 Hasil SEM (Scanning Electron Microscope) : (a) dan (b) RNP bahan baku; (c) dan (d) dengan NaOH; (e) and (f) dengan NaClO <sub>2</sub> (Mohammed, 2015) .....	21
Gambar 2.12 Limbah Kertas .....	24
Gambar 2.13 NaOH Butiran (Ahmadi dkk).....	25
Gambar 2.14 Sodium Hipoklorit Cair.....	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Nanokomposit.....	27
Gambar 3.2 Kertas .....	28
Gambar 3.3 <i>Aquades</i> atau Air Murni .....	28
Gambar 3.4 Larutan natrium hipoklorit (NaClO) .....	29
Gambar 3.5 Padatan Natrium Hidroksida (NaOH) .....	29
Gambar 3.6 Neraca digital .....	30
Gambar 3.7 Gelas Ukur.....	30

Gambar 3.8 Blender .....	31
Gambar 3.9 Saringan.....	31
Gambar 3.10 <i>Hot Plate</i> .....	32
Gambar 3.11 <i>Stirrer magnetic</i> .....	32
Gambar 3.12 Kertas lakmus.....	33
Gambar 4.1 Difraktogram XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) (a) sampel 4 jam, (b) sampel 6 jam, dan (c) 8 jam setelah disintesis kimiawi (NaOH dan NaClO). .....	42
Gambar 4.2 Perbandingan difraktogram dari elemen pembanding dan variasi pemanasan.....	44

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Proporsi Campuran Beton.....	10
Tabel 4.1 Perbandingan nilai persentase amorf berdasarkan variasi dan pembanding .....	43

## **RINGKASAN**

KARAKTERISTIK NANO SELULOSA MENGGUNAKAN PROSES KERING DENGAN VARIASI DURASI PEMANASAN

Karya tulis ini berupa Tugas Akhir, 2 Agustus 2021

Alldian Pratama, Dibimbing oleh Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. dan Dr. Arie Putra Usman, S.T., M.T

Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xv +65 halaman, 28 gambar, 2 Tabel, 6 Lampiran

Nanoteknologi sudah dianggap sebagai pengetahuan penting sejak lama, dimana telah banyak peneliti yang mempelajari efek penggunaan nanoteknologi pada campuran beton. Metode eksperimen yang diterapkan dalam penelitian ini adalah pengelolaan sintesis kertas daur ulang yang dilakukan secara mekanis dengan penggilingan, dilanjutkan dengan penyaringan untuk mendapatkan sampel yang lebih halus dan sintesis kimia dengan variasi lama pemanasan 2 jam, 3 jam, dan 4 jam untuk masing-masing bahan kimia. sintesis (menggunakan 10% NaOH dan 2% NaClO pada suhu 1250C). Berdasarkan hasil yang diperoleh dari percobaan, dapat diketahui bahwa durasi yang paling optimal dari ketiga variasi adalah lama pemanasan 4 jam NaOH 10% dan NaClO 2% pada suhu 1250C dengan putaran konstan.

**Kata Kunci:** *Amorphous, X-Ray Diffraction, Fourier Transform Infra Red Spectoscopy*

## SUMMARY

### CHARACTERISTICS OF CELLULOSE NANO USING DRY PROCESS WITH VARIATION OF HEATING DURATION

This paper is in the form of a Final Project, August 2, 2021

Alldian Pratama, Supervised by Dr. Ir. Saloma, ST, MT and Dr. Arie Putra Usman, ST, MT

Civil Engineering and Planning Study Program, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xv +65 pages, 28 pictures, 2 Tables, 6 Appendices

Nanotechnology has been considered as important knowledge for a long time, where many researchers have studied the effects of using nanotechnology on concrete mixtures. The experimental method applied in this research is the management of recycled paper synthesis which is carried out mechanically by milling, followed by filtering to obtain finer samples and chemical synthesis with variations in heating time of 2 hours, 3 hours, and 4 hours for each material. chemical. synthesis (using 10% NaOH and 2% NaClO at 1250C). Based on the results obtained from the experiment, it can be seen that the most optimal duration of the three variations is the heating time of 4 hours of 10% NaOH and 2% NaClO at a temperature of 1250C with constant rotation.

**Keywords :** *Amorphous, X-Ray Diffraction, Fourier Transform Infra Red Spectroscopy*

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alldian Pratama  
NIM : 03011381722151  
Judul Tugas Akhir : Karakteristik Nano Selulosa Menggunakan Proses Kering  
Dengan Variasi Durasi Pemanasan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim 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 yang berlaku.

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



Palembang, September 2021  
  
Alldian Pratama  
NIM 03011381722151

## **HALAMAN PERSETUJUAN**

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul "Karakteristik Nano Selulosa Menggunakan Proses Kering dengan Variasi Durasi Pemanasan" yang disusun oleh Alldian Pratama, NIM 03011381722151 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 2 Agustus 2021.

Palembang, 2 Agustus 2021

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir

Ketua:

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

( *syj* )

2. Dr. Arie Putra Usman, S.T.,M.T.  
NIP. 198605192019031007

( *Arie.pu* )

Anggota:

3. Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.  
NIP. 197705172008012039

( *SitiAisyah* )

**Mengetahui,**

**Ketua JurusanTeknik Sipil**



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

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alldian Pratama  
NIM : 03011381722151  
Judul Tugas Akhir : Karakteristik Nano Selulosa Menggunakan Proses Kering dengan Variasi Durasi Pemanasan

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

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

Palembang, Juli 2021



**Alldian Pratama**

**NIM. 03011381722151**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Alldian Pratama  
TTL : Jakarta, 16 Maret 1999  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Status : Belum Menikah  
Agama : Kristen Protestan  
Warga Negara : Indonesia  
Alamat Rumah : Jl. Dewi Sartika No. 40, RT 006/004, Cawang, Kramat Jati, Jakarta Timur, DKI Jakarta.  
Nama Ayah : Dobson  
Nama Ibu : Ida Harahap  
Email : [alldianpratama16@gmail.com](mailto:alldianpratama16@gmail.com)

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Masa
SDK Pa Van der Steur	-	-	2006 – 2011
SMPN 20 Jakarta	-	-	2011 – 2014
SMA 72 Jakarta	-	Ilmu Pengetahuan Alam	2014 – 2015
SMAN 104 Jakarta	-	Ilmu Pengetahuan Alam	2015-2017
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil dan Perencanaan	2017 – 2021

Demikian Riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,

  
Alldian Pratama

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Keberagaman tantangan yang sering ditemukan di sektor konstruksi industri menuntut produksi beton yang tidak hanya memiliki kuat tekan yang tinggi, tetapi juga disertai sifat ketahanan yang telah disesuaikan dengan kebutuhan, dampak positif terhadap lingkungan, dan nilai ekonomis yang sesuai (Thangapandi dkk, 2020). Nanoteknologi merupakan ilmu yang memungkinkan tuntutan tersebut dapat diatasi. Nanoteknologi ilmu yang penting untuk diketahui sehingga para peneliti mempelajari efek dari penggunaan nanoteknologi terhadap campuran beton (Tawfik dkk, 2018).

Dilihat dari pengaruhnya terhadap campuran, *nanomaterial* mampu memperkuat matriks semen melalui peningkatan yang terjadi pada gel CSH selama reaksi pozzolan dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , sehingga karakteristik campuran dapat ditingkatkan dengan komposisi yang tepat (Sandanu dan Abdul, 2017). Beberapa hasil penelitian dinilai positif terhadap lingkungan. Priya dan Vinutha (2014) meneliti contoh *nanomaterial* pada campuran semen menggunakan nano silika dari abu sekam padi yang membantu pengurangan masalah pembakaran abu sekam padi. Selain mampu untuk mengatasi masalah lingkungan, nano silika mampu mereduksi permeabilitas air beton dan meningkatkan mikrostruktur yang berpengaruh pada beton lebih tahan lama. Penggunaan semen pun dapat dikurangi dengan penambahan material nano tersebut (Sakthivel dan Balasudram, 2016). Alasan memperhitungkan penggunaan *nanomaterial* pada semen yaitu sebagai pengontrol perilaku material, pencapai kinerja mekanik dan daya tahan yang unggul, serta memberikan properti pada beton seperti mampu memadat sendiri atau pengendalian diri dari retakan. Pengaruh *nanomaterial* pada beton segar dan yang mengeras berbeda satu dengan yang lain. Efeknya terjadi pada hidrasi semen, mikrostruktur, struktur pori, sifat mekanik, maupun pada ketahanan beton tersebut. Survei literatur mengungkapkan bahwa kebanyakan bahan nano yang digunakan dalam campuran beton yaitu, nano- $\text{SiO}_2$ , nano- $\text{TiO}_2$ , CNT<sub>s</sub>, dan CNF. Seperti nano- $\text{SiO}_2$  dapat meningkatkan daya tahan beton secara signifikan (Saifuddin dkk, 2014). Oleh karena

itu, bahan nano memiliki prospek bagus di industri konstruksi. Limbah kertas merupakan salah satu material yang memungkinkan untuk digunakan sebagai *nanomaterial*.

Bagi negara berkembang, limbah kertas merupakan salah satu permasalahan utama. Hal ini membuat banyak insinyur sipil tertarik mengolah limbah industri menjadi bahan bangunan dan konstruksi (Ilakkiya dan Dhanalakshmi, 2018). Dalam campuran pada semen, limbah kertas ini sebagai penyusun sebagian. Selulosa itu sendiri merupakan rantai panjang molekul yang dapat menghubungkan molekul yang lebih kecil (Salem dan Salami, 2016). Proses pembuatan kertas bekas menjadi nano selulosa dilakukan secara mekanik dan kimia. Tahapannya diawali dengan perendaman sesuai waktu yang telah direncanakan, penggilingan secara manual, pengolahan dengan penambahan bahan kimia NaOH untuk membuat bahan bersifat lebih reaktif dengan material lain, sehingga dapat digunakan sebagai pengganti parsial dari semen di campuran beton. Dalam penelitian ini, dilakukan studi karakteristik nano selulosa dengan bahan dasar kertas daur ulang.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana metode pembuatan *nanomaterial* dengan bahan baku kertas yang telah di *recycling* secara mekanis dan kimia ?
2. Bagaimana reaksi mikrostruktur pada beton nano komposit setelah dilakukan tes *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Dari permasalahan yang telah dirumuskan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan metode percobaan dengan cara mekanis dan kimia yang efektif pada pembuatan nano selulosa.

2. Menganalisis dan menyimpulkan pengaruh yang terjadi pada mikrostruktur nano selulosa dengan variasi pemanasan 4 jam, 6 jam, dan 8 jam dengan diuji *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR)

#### **1.4 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian mengenai semen berbasis nano komposit adalah sebagai berikut:

1. Kertas yang sudah tidak terpakai sebagai bahan baku yang diproses menjadi nano selulosa.
2. Natrium Hidroksida dengan variasi 10% sebagai kristalisator pada proses pembuatan *nanomaterial* dan Natrium Hipoklorit konsentrasi 2%.
3. Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) sebagai uji reaktifitas material dan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR).
4. Semen yang digunakan adalah *Ordinary Portland Cement* (OPC) yang merupakan semen tipe satu.

#### **1.5 Metode Pengumpulan Data**

Secara umum, penggunaan metode pengumpulan dapat meliputi dua cara, yaitu:

1. Data Primer  
Merupakan data yang diperoleh langsung dari penelitian yang dilakukan di laboratorium yang telah dikonsultasikan dengan dosen pembimbing.
2. Data Sekunder  
Merupakan data yang diperoleh dari hasil penelitian jurnal internasional maupun studi literatur sebagai referensi terkait penelitian.

#### **1.6 Rencana Sistematika Penelitian**

Sistematika penulisan yang digunakan pada skripsi ini terdiri dari lima bahasan yaitu sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini akan meliputi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode pengumpulan data, dan sistematika penulisan.

**BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini terdiri dari studi literatur yang menjelaskan teori terkait penelitian yang dibahas serta penelitian yang lalu.

**BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan bahan dan alat yang digunakan, pelaksanaan penelitian yang terdiri dari persiapan material, sintesis material, pengujian sampel.

**BAB 4 RENCANA JADWAL PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan waktu dan tempat yang ditentukan saat pelaksanaan penelitian.

**BAB 5 RENCANA DAFTAR PUSTAKA**

Bab ini berisi referensi yang digunakan selama pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, M., & Seyedin, S. H. (2019). Investigation of NaOH Properties, Production and Sale Mark in the world.
- Astuti, Astuti. (2012). Pengaruh Waktu Pemanasan Terhadap Sintesis Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.
- Balwaik, S. A., & Raut, S. P. (2011). Utilization of waste paper pulp by partial replacement of cement in concrete. *Int J Eng Res Appl*, 1(2), 300-309.
- Ghosal, M., & Chakraborty, A. K. (2017). Application of nanomaterials on cement mortar and concrete: a study. *IUP Journal of Structural Engineering*, 10(1), 7.
- Jadhav, V. R. (2019). Mathematical treatment to understanding the concentration terms. *International Journal of Research & Review (www.ijrrjournal.com)*, 6(1).
- Mohamed, M. A., Salleh, W. N. W., Jaafar, J., Asri, S. E. A. M., & Ismail, A. F. (2015). Physicochemical properties of “green” nanocrystalline cellulose isolated from recycled newspaper. *Rsc Advances*, 5(38), 29842-29849.
- Orakzai, M. A. (2021). Hybrid effect of nano-alumina and nano-titanium dioxide on Mechanical properties of concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 14, e00483.
- Priya, K. V., & Vinutha, D. (2014). Effect of nano silica in rice husk ash concrete. *India IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 39-43.
- Rattan, A., Sachdeva, P., & Chaudhary, A. (2016). Use of nanomaterials in concrete. *International Journal of Latest Research in Engineering and Technology*, 2(5), 81-84.
- RNair, Sandanu, Rahim, A. (2015). Effects of nanomaterial on concrete. *Of Earth Sciences And Engineering*, 5.
- Safiuddin, M., Gonzalez, M., Cao, J., & Tighe, S. L. (2014). State-of-the-art report on use of nano-materials in concrete. *International Journal of Pavement Engineering*, 15(10), 940-949.

- Sakthivel, R., & Balasundaram, D. N. (2016). Experimental investigation on behaviour of nano concrete. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCET)*, 7(2), 315.
- Salem, R. M., & Al-Salami, A. E. (2016). Preparation of waste paper fibrous cement and studying of some physical properties. *Civil and Environmental Research*, 8(3), 42-54.
- Siddharth, B., Maneeth, P. D., & Shreenivasreddy, S. (2018). Experimental Investigation on Concrete using waste materials as fly ash, GGBS, PET flakes, and fibres". *International Journal of Management, IT & Engineering*.
- Sobolev, K., & Gutiérrez, M. F. (2005). How nanotechnology can change the concrete world. *American Ceramic Society Bulletin*, 84(10), 14.
- Tawfik, T. A., Abd EL-Aziz, M. A., Abd El-Aleem, S., & Serag Faried, A. (2018). Influence of nanoparticles on mechanical and nondestructive properties of high-performance concrete. *Journal of the Chinese Advanced Materials Society*, 6(4), 409-433.
- Thangapandi, K., Anuradha, R., Archana, N., Muthuraman, P., Paul, O. A., & Gobinath, R. (2020). Experimental study on performance of hardened concrete using nano materials. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 24(2), 596-602.