

**SKRIPSI**

**ANALISIS KEKUATAN MEKANIK DAN KARAKTERISTIK BETON  
DENGAN TAMBAHAN *CARBON NANOTUBES* DARI SERBUK GERGAJI  
KAYU SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI POTENSIAL**



Disusun oleh :

**SILMI MACHMUDAH  
M0217070**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
APRIL 2021**

**HALAMAN PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**Analisis Kekuatan Mekanik dan Karakteristik Beton  
dengan Tambahan *Carbon Nanotubes* dari Serbuk Gergaji Kayu  
sebagai Bahan Konstruksi Potensial**



Oleh:  
**SILMI MACHMUDAH**  
M0217070

Telah Disetujui Oleh

**Pembimbing I**

**Dr. Eng. Kusumandari, S.Si., M.Si.**  
NIP. 19810518 200501 2 002

Tanggal : 15/6/2021

**Pembimbing II**

**Prof. Dra. Suparmi, M.A., Ph.D.**  
NIP. 19520915 197603 2 001

Tanggal : 15/6/2021

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul : Analisis Kekuatan Mekanik dan Karakteristik Beton dengan  
Tambahan *Carbon Nanotubes* dari Serbuk Gergaji Kayu  
sebagai Bahan Konstruksi Potensial

Yang ditulis oleh:

Nama : Silmi Machmudah

NIM : M0217070

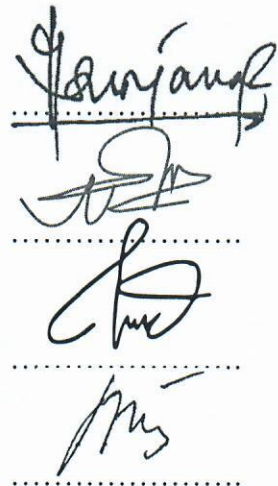
Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh dewan penguji

Hari : Rabu

Tanggal : 21 April 2021

Dewan Penguji :

1. Ketua Penguji  
Dr. Eng. Risa Suryana, S.Si., M.Si.  
NIP. 19710831 200003 1 005
2. Sekretaris Penguji  
Nuryani, S.Si., M.Si., Ph.D.  
NIP. 19690303 200003 1 001
3. Anggota Penguji I  
Dr. Eng. Kusumandari, S.Si., M.Si.  
NIP. 19810518 200501 2 002
4. Anggota Penguji II  
Prof. Dra. Suparmi, M.A., Ph.D.  
NIP. 19520915 197603 2 001



Disahkan pada tanggal .....16 JUN 2021

Oleh Kepala Program Studi Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sebelas Maret Surakarta



Dr. Agus Supriyanto, S.Si., M.Si.

NIP. 19690826 199903 1 001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi intelektual skripsi saya yang berjudul “ANALISIS KEKUATAN MEKANIK DAN KARAKTERISTIK BETON DENGAN TAMBAHAN *CARBON NANOTUBES* DARI SERBUK GERGAJI KAYU SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI POTENSIAL” adalah hasil kerja saya dan sepengetahuan saya hingga saat ini. Isi skripsi tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau materi yang telah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Universitas Sebelas Maret atau di perguruan tinggi lainnya kecuali telah dituliskan di daftar pustaka. Skripsi ini terselesaikan atas segala bentuk bantuan dari semua pihak yang telah ditulis di bagian ucapan terima kasih.

Trenggalek, 29 April 2021



SILMI MACHMUDAH

## MOTTO

“Ingatlah, hanya dengan mengingat Allah, hati menjadi tenteram”

(QS. al Ra’du: 28)

Di antara kebaikan Islam seseorang adalah meninggalkan hal yang tidak bermanfaat.”

(HR. Tirmidzi No. 2317)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu.”

Umar bin Khattab

“Yakinlah ada sesuatu yang menantimu setelah banyak kesabaran (yang kau jalani), yang akan membuatmu terpana hingga kau lupa betapa pedihnya rasa sakit.”

Ali bin Abi Thalib

“Allah tidak akan pernah membiarkanmu kosong. Dia akan mengganti semua yang telah hilang. Jika Dia memintamu untuk meletakkan sesuatu, itu karena Dia ingin supaya kamu meraih sesuatu yang lebih besar.”

Dr. Bilal Philips

## PERSEMBAHAN

Buah karya ini saya persembahkan untuk :

1. Orang tua tercinta dan keluarga besar
2. Teman-teman seperjuangan dan seorganisasi
3. Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sebelas Maret



## **Analisis Kekuatan Mekanik dan Karakteristik Beton dengan Tambahkan *Carbon Nanotubes* dari Serbuk Gergaji Kayu sebagai Bahan Konstruksi Potensial**

SILMI MACHMUDAH

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Sebelas Maret

### **ABSTRAK**

Penelitian ini adalah *review paper* yang bertujuan untuk mengetahui potensi aplikasi *Carbon Nanotubes* (CNT) pada material konstruksi, yakni beton, dengan menganalisis kekuatan mekanik dan keunggulan dari karakteristik yang dimilikinya. CNT disintesis dari limbah serbuk gergaji kayu dengan metode *Chemical Vapour Deposition* (CVD), lalu dicampur dengan bahan beton, dan dilakukan analisis pengujian kekuatan mekanik beton. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan 0,1% CNT pada beton dapat meningkatkan kuat tekan sebesar 5%, kuat lentur 50% dan modulus elastisitas 55% dibandingkan beton. Keunggulan dari karakteristik beton CNT yaitu kekuatan mekaniknya besar, densitas dan daya absorpsi rendah, daya insulasi dan peredaman suara tinggi, lebih tahan lama, biaya produksi lebih rendah karena menggunakan bahan organik alam yang disintesis sendiri serta membantu mengurangi adanya limbah. Dari sifat-sifat yang dimilikinya ini, beton CNT berpotensi menjadi material bahan konstruksi yang aman dan ramah lingkungan.

Kata Kunci : Beton, *Carbon Nanotubes*, CVD, serbuk gergaji kayu.

## **Analysis of Mechanical Strength and Concrete Characteristics with Additional Carbon Nanotubes from Sawdust as Potential Construction Materials**

SILMI MACHMUDAH

Physics Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,  
Sebelas Maret University

### **ABSTRACT**

This study is a review paper that aims to determine the potential application of Carbon Nanotubes (CNT) in construction materials, i.e. concrete, by analyzing mechanical strength and advantages of its characteristics. CNT were synthesized from sawdust waste by Chemical Vapour Deposition (CVD) method, then mixed with concrete materials and the mechanical strength of the samples with and without CNT were investigated. Result showed that additional 0,1% CNT led to an increase in the compressive strength of 5%, flexural strength of 50%, and modulus of elasticity of 55% of specimens compared to those of the control specimen. The advantages of characteristics of CNT concrete are high mechanical strength, low density and water absorption, high thermal insulation capability and acoustic damping power, good durability, lower production cost due to the use of synthesized natural materials, and reduce waste. It is considered that CNT concrete can be safe and environmentally friendly construction material.

Keyword : *Carbon Nanotubes*, concrete, CVD, sawdust.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Sholawat dan salam senantiasa penulis haturkan kepada Rasulullah SAW sebagai pembimbing seluruh umat manusia. Skripsi yang penulis susun sebagai bagian dari syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains ini penulis beri judul “ANALISIS KEKUATAN MEKANIK DAN KARAKTERISTIK BETON DENGAN TAMBAHAN *CARBON NANOTUBES* DARI SERBUK GERGAJI KAYU SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI POTENSIAL”. terselesaikannya skripsi ini dengan seizin-Nya adalah suatu kebahagiaan bagi saya dan orang tua. Kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini penulis ucapkan terima kasih. Atas bantuannya yang sangat besar selama proses pengerjaan skripsi ini, ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Orang tua tercinta, Abi Machmudi dan Umi Aniek Mariana sebagai support system terbesar yang telah memberikan doa, dukungan dan pengorbanan penuh, baik moril maupun materiil.
2. Kepala Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Dr. Agus Supriyanto, S.Si., M.Si.
3. Ibu Dr. Eng. Kusumandari, S.Si., M.Si. selaku pembimbing I yang telah membimbing saya mulai dari awal hingga akhir penulisan skripsi.
4. Ibu Prof. Dra. Suparmi, M.A., Ph.D. selaku pembimbing II yang telah membimbing dari awal perjalanan di fisika hingga akhir pengerjaan skripsi.
5. Bapak Dr. Eng. Risa Suryana, S.Si., M.Si. dan Bapak Nuryani, S.Si., M.Si., Ph.D. sebagai ketua dan sekretaris penguji yang telah memberikan banyak arahan dan masukan untuk skripsi.
6. Bapak Artono Dwijo Sutomo selaku pembimbing akademik yang telah membimbing saya dalam hal akademik.

7. Saudara-saudara kandung saya, Mbak Ainnur, Dek Hanin, Dek Zaidan yang memberikan motivasi secara tidak langsung
8. Teman Pengurus Ilmu Al-Qur'an UNS 2019, terutama PHT yang menemani dan memberikan dukungan.
9. Ibu Nanik yang telah memberikan tempat tinggal di Solo lengkap dengan segala fasilitasnya, beserta teman-teman Griya Qur'an Nuur Hayat
10. Teman-teman seperjuangan Fisika FMIPA UNS 2017

Semoga Allah SWT membalas jerih payah dan pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan yang lebih baik. Amiin. Penulis menyadari akan banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Namun demikian, penulis berharap semoga karya kecil ini bermanfaat.

Trenggalek, 29 April 2021



Penulis

## HALAMAN PUBLIKASI

Sebagian skripsi saya yang berjudul “Analisis Kekuatan Mekanik dan Karakteristik Beton dengan Tambah *Carbon Nanotubes* dari Serbuk Gergaji Kayu sebagai Bahan Konstruksi Potensial” akan dipublikasikan bersama pembimbing.



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>MOTTO</b> .....	v
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>PUBLIKASI</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Batasan Masalah .....	5
1.3. Perumusan Masalah .....	5
1.4. Tujuan Penelitian .....	5
1.5. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. <i>Carbon Nanotubes</i> .....	7
2.1.1. Pengertian <i>Carbon Nanotubes</i> .....	8
2.1.2. Jenis <i>Carbon Nanotubes</i> .....	9
2.1.3. Sifat <i>Carbon Nanotubes</i> .....	11
2.1.4. Metode Sintesis <i>Carbon Nanotubes</i> .....	13
2.1.5. Karakterisasi <i>Carbon Nanotubes</i> .....	17
2.2. Serbuk Gergaji Kayu.....	21
2.3. Karbon Aktif .....	23
2.4. Beton .....	24
2.4.1. Pengertian Beton.....	24
2.4.2. Klasifikasi Beton .....	25
2.4.3. Komponen Beton.....	27
2.4.4. Pengujian Kekuatan Mekanik Beton .....	29
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Jenis Penelitian.....	33
3.2. Sumber Data.....	33
3.3. Teknik Pengumpulan Data.....	33

3.4. Analisis Data .....	33
3.5. Tahap Penulisan .....	34
3.6. Diagram Alir .....	35
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Sintesis <i>Carbon Nanotubes</i> dengan Metode CVD.....	36
4.1.1. Pembuatan Karbon Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu.....	36
4.1.2. Pembentukan <i>Carbon Nanotubes</i> .....	36
4.2. Analisis Hasil Karakterisasi <i>Carbon Nanotubes</i> .....	38
4.2.1. Karakterisasi FTIR .....	39
4.2.2. Karakterisasi XRD .....	40
4.2.3. Karakterisasi SEM .....	42
4.3. Pembuatan Beton <i>Carbon Nanotubes</i> .....	44
4.4. Pengujian Kekuatan Mekanik Beton <i>Carbon Nanotubes</i> .....	44
4.4.1. Pengujian Kuat Tekan .....	44
4.4.2. Pengujian Kuat Lentur .....	45
4.4.3. Pengujian Modulus Elastisitas .....	46
4.5. Analisis Hasil Pengujian Beton <i>Carbon Nanotubes</i> .....	47
4.5.1. Hasil Uji Kuat Tekan.....	47
4.5.2. Hasil Uji Kuat Lentur.....	49
4.5.3. Hasil Uji Modulus Elastisitas.....	51
4.5.4. Perbandingan Kekuatan Mekanik Beton <i>Carbon Nanotubes</i> dengan Beton Jenis Lain .....	53
4.6. Keunggulan Beton <i>Carbon Nanotubes</i> .....	54
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1. Kesimpulan .....	56
5.2. Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	57

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1. Perbandingan antara SWCNT dan MWCNT.....	11
Tabel 2.2. Analisis Mutu Karbon Aktif .....	24
Tabel 2.3. Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya .....	30
Tabel 4.1. Perbandingan Kekuatan Mekanik Beton CNT dengan Beton Jenis Lain..	53



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Berbagai Bentuk Karbon Nanostruktur.....	7
Gambar 2.2. Struktur <i>Carbon Nanotubes</i> jenis SWCNT dan MWCNT.....	10
Gambar 2.3. Skema Metode <i>Arc Discharge</i> untuk Sintesis MWCNT dan SWCNT	13
Gambar 2.4. Skema Proses Pembentukan CNT dengan Metode <i>Laser Ablation</i> .....	15
Gambar 2.5. Skema Proses <i>Chemical Vapor Deposition</i> (CVD).....	16
Gambar 2.6. Skema Komponen FTIR.....	18
Gambar 2.7. Difraksi Sinar-X pada Bidang Atom.....	19
Gambar 2.8. Skema Diagram SEM.....	20
Gambar 2.9. Serbuk Gergaji Kayu.....	22
Gambar 2.10. Karbon Aktif Berbentuk Serbuk .....	23
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian .....	35
Gambar 4.1. Rangkaian Alat Percobaan CVD.....	37
Gambar 4.2. Sampel <i>Carbon Nanotubes</i> .....	38
Gambar 4.3. Grafik Pengujian FTIR.....	39
Gambar 4.4. Hasil Pengujian FTIR CNT.....	40
Gambar 4.5. Grafik Pola Difraksi CNT .....	40
Gambar 4.6. Pola Difraksi CNT.....	41
Gambar 4.7. Morfologi SEM CNT .....	42
Gambar 4.8. Hasil Morfologi SEM CNT dengan Perbesaran 20.000x.....	43
Gambar 4.9. Hasil Morfologi SEM CNT dengan Perbesaran 40.000x.....	43
Gambar 4.10. Spesimen Beton CNT.....	44
Gambar 4.11. Skema Pengujian Kuat Tekan Beton.....	45
Gambar 4.12. Skema Pengujian Kuat Lentur Beton.....	46
Gambar 4.13. Skema Pengujian Modulus Elastisitas Beton.....	47
Gambar 4.14. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton .....	47
Gambar 4.15. Diagram Hubungan Kuat Tekan dengan Persentase Massa CNT.....	48
Gambar 4.16. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton .....	49
Gambar 4.17. Diagram Hubungan Kuat Lentur dengan Persentase Massa CNT .....	50
Gambar 4.18. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton .....	51
Gambar 4.19. Diagram Nilai Modulus Elastisitas pada Pasta Semen dan Mortar dengan Tambahan CNT .....	52