

**ANALISIS DEFORMASI LAPISAN TANAH DI JALAN BURANGRANG
UTARA IV BERDASARKAN NILAI PARAMETER V_S DAN V_P/V_S
METODE MIKROTREMOR *SPATIAL AUTOCORRELATION*
(SPAC)**

SKRIPSI

Untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat pendidikan Strata Satu (S-1)
Sebagai Sarjana Sains pada Departemen Fisika



Disusun Oleh:

**Tanbihurrobbi Chikmatun
24040122120013**

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
Juni, 2026**

PERSETUJUAN UJIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Pembimbing dari:

Mahasiswa : Tanbihurrobbi Chikmatun
NIM : 24040122120013
Jurusan/Fakultas : Fisika/FSM
Judul Skripsi : Analisis Deformasi Lapisan Tanah di Jalan
Burangrang Utara IV Berdasarkan Nilai Parameter
 V_S dan V_P / V_S Metode Mikrotremor *Spatial*
Autocorrelation (SPAC)

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah melaksanakan Ujian Seminar Hasil Skripsi sehingga menyetujui dan layak untuk melaksanakan Ujian Tugas Akhir.

Semarang, 25 Mei 2026

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

(Prof. Dr. Gatot Yuliyanto, S.Si., M.Si.)
NIP. 197207121997021001

(Dr. Eng. Udi Harmoko, S.Si., M.Si.)
NIP. 197108101999031001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademis di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 11 Juni 2026

Materai 10.000

Tanbihurrobby Chikmatun
NIM. 24040122120013

**HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI**

**Analisis Deformasi Lapisan Tanah di Jalan Burangrang Utara IV
Berdasarkan Nilai Parameter V_S dan V_P/V_S Metode
Mikrotremor *Spatial Autocorrelation* (SPAC)**

**Disusun Oleh:
Tanbihurrobby Chikmatun
24040122120013**

**Telah diuji dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji
Pada tanggal 11 Juni 2026**

Dosen Pembimbing I, Tim penguji, Dosen Pembimbing II,

**(Prof. Dr. Gatot Yuliyanto, S.Si., M.Si.)
NIP. 197207121997021001**

**(Dr. Eng Udi Harmoko, S.Si. M.Si.)
NIP. 197108101999031001**

Penguji I,

Penguji II,

**(Dr. Rina Dwi Indriana, S.Si., M.Si.)
NIP. 197201021998032001**

**(Muhammad Fahmi, S.Si., M.Si.)
NIP. 197308251999031002**

Penguji III,

**(Drs. Isnain Gunadi, M.Si.)
NIP. 196408291991021001**

**Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Tanggal, Juni 2026
Ketua Departemen Fisika,**

**Dr. Eng. Ali Khumaeni, S.Si., M.Eng.
NIP. 198308072014041001**

**PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Mahasiswa : Tanbihurrobbi Chikmatun
NIM : 24040122120013
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Matematika
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS DEFORMASI LAPISAN TANAH DI JALAN BURANGRANG
UTARA IV BERDASARKAN NILAI PARAMETER V_S DAN V_P/V_S
METODE MIKROTREMOR *SPATIAL AUTOCORRELATION* (SPAC)**

Beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/ formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan (database) merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 11 Juni 2026

Yang menyatakan

Meterai 10.000

Tanbihurrobbi Chikmatun
24040122120013

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Deformasi Lapisan Tanah di Jalan Burangrang Utara IV Berdasarkan Nilai Parameter V_S dan V_P/V_S Metode Mikrotremor SPAC” dengan baik dan lancar.

Dalam penulisan skripsi ini, banyak pihak-pihak yang telah membantu hingga karya tulis ini dapat penulis selesaikan. Oleh karena itu, penulis berterima kasih kepada :

1. Prof. Gatot Yuliyanto, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah mengarahkan dalam proses pembuatan Tugas Akhir.
2. Dr. Eng. Udi Harmoko, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah mengarahkan dalam proses pembuatan Tugas Akhir.
3. Kedua orang tua dan segenap keluarga yang selalu memberi motivasi, dukungan, dan doa demi kelancaran proses pengerjaan tugas akhir ini.
4. Adinda Nila Puspita Sari, selaku teman dekat selama masa perkuliahan hingga tugas akhir.
5. Eka Salsabila Rahmadhani, Qurrata Ayun Azizah, Hannifah Nur Amalia R., Claudia, Vania Kamila A., Salsabila Khoirun Nadifa, selaku teman-teman penulis.
6. Teman-teman KKN IDBU-76 2025 Desa Kebonagung, Kabupaten Grobogan yang selalu menjadi motivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman fisika angkatan 2022 yang telah memberikan masukan, ide, maupun kritikan terhadap tugas akhir yang saya buat.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat, baik sebagai sumber informasi maupun sumber inspirasi bagi para pembaca.

Semarang, 11 Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Persetujuan Ujian Tugas Akhir	ii
Pernyataan Orisinalitas	iii
Halaman Pengesahan Skripsi	iv
Pernyataan Persetujuan Publikasi Skripsi Untuk Kepentingan Akademis	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
Daftar Lampiran	x
Arti Lambang Dan Singkatan	xi
Abstrak	xii
<i>Abstract</i>	xiii
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	5
1.3 Manfaat Penelitian	5
Bab II Dasar Teori	6
2.1 Karakteristik Geologi Daerah Penelitian	6
2.2 Deformasi	7
2.3 Mikrotremor	8
2.4 Metode <i>Spatial Autocorrelation</i>	9
2.5 Inversi Kurva Dispersi Gelombang <i>Rayleigh</i>	10
2.6 Litologi	11
Bab III Metode Penelitian	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Data Penelitian	14
3.3 Alat Penelitian	15
3.3.1 Perangkat lunak	15
3.3.2 Perangkat keras	15
3.4 Prosedur Penelitian	15
Bab IV Hasil dan Pembahasan	18
4.1 Hasil Penelitian	18
4.2 Analisis Kurva Dispersi	18
4.3 Analisis V_S dan V_P/V_S	20
4.3.1 Lintasan C	20
4.3.2 Lintasan D	23
Bab V Kesimpulan	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran	27
Daftar Pustaka	28
Lampiran	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelas batuan berdasarkan nilai V_S (SNI 1726, 2019)	12
Tabel 2.2 Kelas batuan berdasarkan nilai perbandingan V_P/V_S	13
Tabel 3.1 Koordinat daerah penelitian	14
Tabel 4.1 Nilai – nilai periode dan kecepatan berdasarkan kurva dispersi ..	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi Jalan Burangrang Utara IV a) kondisi jalan pada Juli, 2023 (Babel, 2023) b) kondisi jalan pada Juli, 2024 (Babel, 2024) c) kondisi jalan di <i>Google Earth</i> 2024 d) kondisi jalan pada Desember, 2025 e) kondisi jalan pada Mei, 2026	2
Gambar 2.1 Peta geologi penelitian modifikasi dari Thanden dkk. (1996).	6
Gambar 3.1 Titik akuisisi daerah penelitian	15
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian	18
Gambar 4.1 Kurva dispersi daerah penelitian pada titik C2	19
Gambar 4.2 Sayatan lintasan C	20
Gambar 4.3 Model 2D V_S dan V_P/V_S pada lintasan C	21
Gambar 4.4 Kondisi lokasi a) pada tahun 2024 dari <i>Google Earth</i> b) 2026	22
Gambar 4.5 Sayatan lintasan D	23
Gambar 4.6 Model 2D V_S dan V_P/V_S pada lintasan D	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Kurva Dispersi	29
Lampiran B Nilai-nilai koordinat, <i>ground profile</i> , dan <i>minimal misfit</i>	31

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

1. V_S : Kecepatan Gelombang S (m/s)
2. V_P : Kecepatan Gelombang P (m/s)
3. μ : Modulus geser
4. ρ : Densitas massa tanah (kg/m^3)
5. ω : Frekuensi sudut (rad/s)
6. J_0 : Fungsi Bessel orde nol jenis pertama
7. $c(\omega)$: Kecepatan fase gelombang (m/s)
8. SPAC : *Spatial Autocorrelation*
9. HVSF : *Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio*
10. $\rho(r, \omega)$: Koefisien autokorelasi spasial

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur lapisan bawah permukaan pada ruas Jalan Burangrang Utara IV, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang, berdasarkan parameter kecepatan gelombang geser (V_S) dan rasio V_P/V_S menggunakan metode mikrotremor dengan pendekatan *Spatial Autocorrelation* (SPAC). Metode SPAC bekerja dengan memanfaatkan korelasi statistik antarstasiun pengukuran dari rekaman mikrotremor untuk mengekstraksi kurva disperse yang merepresentasikan kondisi lapisan bawah permukaan terhadap kedalaman. Kurva dispersi selanjutnya dilakukan proses inversi untuk mendapatkan profil kecepatan gelombang terhadap kedalaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai V_S pada daerah penelitian berada pada kisaran 503 – 1173 m/s, sedangkan nilai V_P/V_S berkisar antara 1,63 – 5,44. Distribusi nilai tersebut menunjukkan adanya variasi kondisi bawah permukaan baik secara vertikal maupun lateral. Pada lintasan C3 ditemukan zona dengan nilai V_S rendah yaitu 503 m/s dan V_P/V_S yang tinggi yaitu 5,44 pada kedalaman 50 m yang mengindikasikan material lunak dan jenuh air, sehingga berpotensi menjadi zona lemah penyebab kerusakan jalan. Sementara itu, lintasan D menunjukkan kondisi yang lebih kompak dan stabil. Secara keseluruhan, struktur bawah permukaan terdiri atas lapisan dangkal yang relatif lunak dan lapisan dalam yang padat. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar dalam upaya mitigasi dan perencanaan perbaikan jalan yang lebih berkelanjutan.

Kata Kunci : mikrotremor, SPAC, V_S , V_P/V_S , struktur bawah permukaan.

ABSTRACT

This study aims to identify the subsurface layer structure along Burangrang Utara IV Road, Tembalang District, Semarang City, based on shear wave velocity (V_S) and V_P/V_S ratio using the microtremor method with the Spatial Autocorrelation (SPAC) approach. The SPAC method works by utilizing statistical correlations between measurement station from microtremor recording to extract dispersion curves that represent the subsurface layer conditions with depth. The dispersion curve are then subjected to an inversion process to obtain the wave velocity profile with depth. The results of the study show that V_S value in the study show area range from 503 – 1173 m/s, while the V_P/V_S value range from 1,63 – 5,44. The distributions of these values indicates variations in subsurface conditions both vertically and laterally. On the C3 profile, a zone with low V_S of 503 m/s and high V_P/V_S of 5,44 was identified at a depth of 50 meters, indicating soft and water saturated material that potentially acts as a weak zone contributing to road damage. Meanwhile, transects D indicate more compact and stable subsurface conditions. Overall, the subsurface structure consists of a relatively soft shallow layer and a dense deeper layer. The results of this study can be used as a basic for mitigation efforts and more sustainable road improvements planning.

Keywords : *microtremor, SPAC, V_S , V_P/V_S , subsurface structure.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi lapisan tanah di bawah permukaan jalan memegang peranan penting dalam menentukan ketahanan infrastruktur suatu jalan. Apabila kondisi tanah dasar tidak teridentifikasi dengan baik sebelum konstruksi maupun pada masa pemeliharaan, kerusakan berulang seperti amblesan, retakan, dan penurunan permukaan jalan sangat mungkin terjadi dalam waktu singkat. Situasi ini relevan pada ruas Jalan Burangrang Utara IV yang menunjukkan gejala kerusakan berulang meski telah dilakukan perbaikan. Jalan tersebut merupakan jalur alternatif yang menghubungkan daerah Jangli dengan area Kampus Universitas Diponegoro, sehingga memiliki peran penting dalam mendukung mobilitas masyarakat serta aktivitas transportasi di sekitarnya. Tanpa pemahaman geoteknik yang memadai mengenai kondisi di bawah lapisan tanah, penanganan yang dilakukan hanya bersifat sementara dan tidak menyentuh akar permasalahannya, sehingga risiko terhadap keselamatan pengguna jalan tetap ada.

Berdasarkan hasil dokumentasi lapangan dan juga artikel oleh Babel (2023) pada beberapa periode pengamatan seperti yang ditunjukkan Gambar 1.1, kerusakan jalan masih ditemukan dari waktu ke waktu (2023 hingga 2026) meskipun telah dilakukan penanganan pada area tersebut. Retakan pada permukaan jalan serta deformasi yang muncul kembali mengindikasikan bahwa upaya perbaikan yang dilakukan kemungkinan belum sepenuhnya mengatasi penyebab utama kerusakan. Hal ini menunjukkan bahwa permasalahan yang terjadi tidak hanya berkaitan dengan kondisi lapisan tanah, tetapi diduga juga dipengaruhi oleh kesalahan perencanaan infrastruktur jalan.