

RESEARCH ARTICLE

Peningkatan Kualitas Pemetaan Kontur Tanah Melalui Penambahan Jumlah Titik Pengukuran menggunakan Metoda Ultrasonik

Cintya Yusminar Yusuf, Dudi Darmawan* and Rahmat Awaludin Salam

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, 40257, Jawa Barat, Indonesia

*Corresponding author: dudidw@telkomuniversity.ac.id

Received on 18 August 2023; accepted on 20 September 2023

Abstrak

Kebutuhan akan sebuah metode pengujian untuk memperoleh informasi mengenai kualitas suatu produk tanpa mengganggu performanya terjawab dengan adanya metode pengujian tak merusak (*Non-Destructive Testing*). Salah satu jenis dari metode ini adalah *ultrasonic testing*. Penelitian dengan memanfaatkan *ultrasonic testing* telah dilakukan sebelumnya pada sampel tanah di wadah bersegmen dengan 24 titik ukur untuk menentukan kedalaman lapisan subur tanah. Namun, data yang diperoleh masih terlalu terbatas sehingga perlu dilakukan beberapa interpolasi. Penelitian ini akan menentukan ketebalan lapisan tanah pada sampel uji berupa miniatur kontur tanah dengan 225 titik pengukuran. Gelombang ultrasonik akan dibangkitkan oleh T1 *Development Kit* dengan daya sebesar 15 VDC dan dipancarkan oleh transduser ultrasonik AT200 dengan frekuensi sebesar 200 KHz. Karakterisasi sampel uji akan dilakukan terlebih dahulu guna menentukan kecepatan rambat gelombang rata-rata pada tanah. Selanjutnya pengukuran dan pengambilan data akan dilakukan guna menentukan waktu tempuh gelombang merambat, data tersebut akan diolah dengan data kecepatan rambat gelombang rata-rata untuk menentukan ketebalan tanah dari sampel uji untuk selanjutnya digambarkan dalam kontur grafik 3D. Penelitian ini menghasilkan nilai kesalahan rata-rata sebesar 4,259% untuk sampel uji variasi 1 dan 2,097% untuk sampel uji variasi 2.

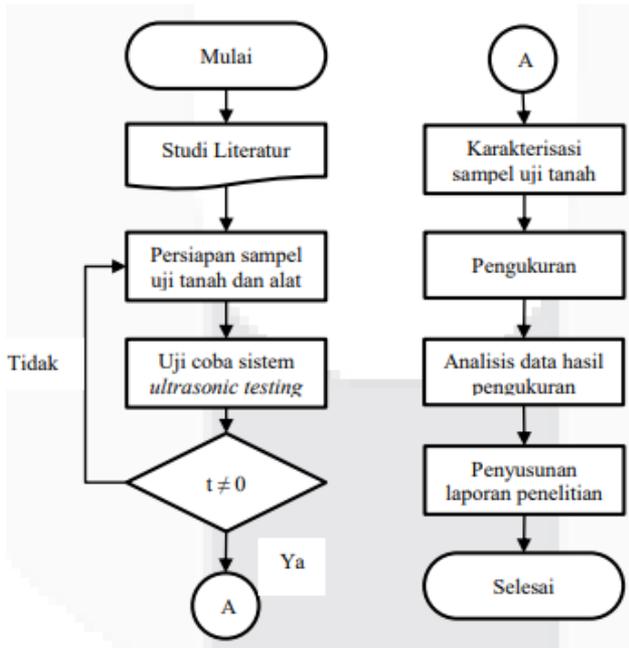
Key words: Ketebalan Tanah, *Non-Destructive Testing*, dan *Ultrasonic Testing*

Pendahuluan

Sebagai negara kepulauan, Bangsa Indonesia memiliki keyakinan bahwa kepulauan yang menyusun negara ini terhubung melalui perairan yang mengelilinginya. Terdapat keberagaman bentuk muka bumi di Indonesia diakibatkan oleh adanya perbedaan ketinggian antara daratan dan lautan yang ada. Secara geologis Indonesia juga berada di wilayah yang terlewati oleh dua jalur pegunungan muda. Menyebabkan terdapat banyaknya gunung api di dataran Indonesia. Keberagaman bentuk muka bumi ini dapat diketahui melalui pemetaan peta umum maupun peta topografi.

Peta topografi (peta kontur) merupakan salah satu jenis peta khusus yang dapat menampilkan keragaman bentuk permukaan bumi melalui beberapa kumpulan data. Secara umum peta ini mencakup beberapa informasi seperti kontur, simbol, bangunan, hingga sungai, yang masing-masing diberikan warna berbeda-beda guna membedakannya. Namun, informasi yang paling penting adalah garis kontur (*contour lines*) yang merupakan garis imajiner yang memberikan informasi tentang titik-titik ketinggian permukaan tanah di atas atau di bawah permukaan laut. Garis kontur harus terhubung antara satu titik ketinggian ke titik ketinggian lainnya, untuk menggambarkan perbedaan ketinggian yang ada [1][2].

Dengan adanya perkembangan teknologi, pemetaan digital menjadi sesuatu yang umum dilakukan dalam kegiatan pengumpulan data untuk membentuk sebuah peta topografi. Keterbatasan jarak pandang dan adanya objek penghalang menjadi salah satu alasan mengapa pemetaan digital umum digunakan untuk menghindari adanya kecelakaan yang tidak diinginkan. Salah satu metode pemetaan digital yang dapat digunakan adalah metode ultrasonik, salah satu metode tidak merusak (*non-destructive test*). Gelombang ultrasonik merupakan salah satu dari jenis gelombang bunyi yang diklasifikasikan berdasarkan dengan rentang frekuensinya. Gelombang ultrasonik memiliki frekuensi di rentang 20 kHz hingga nilai maksimalnya sekitar 1 GHz. Dibutuhkan tiga komponen agar gelombang bunyi dapat terbentuk yaitu sumber getaran, media transmisi, dan penerima. Sumber getaran bertugas sebagai penyedia energi yang akan ditransmisikan. Media transmisi kemudian akan menyerap energi dan mentransmisikannya dari sumber getaran menuju ke penerima. Saat gelombang berhasil ditransmisikan, energi akan ditransferkan kepada penerima dan terjadilah bunyi [3]. Dengan memanfaatkan karakteristik gelombang ultrasonik pada sebuah sensor ultrasonik, akan didapatkan kumpulan data hasil pengukuran atau penginderaan. Kumpulan data yang didapat akan dikompilasikan menjadi sebuah bentuk gambar yang menggambarkan bentuk permukaan bumi seperti perbedaan ketinggian atau kontur [4].



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pada 2021, Thresia Margaretha telah melakukan penelitian pemeataan lapisan subur tanah berbasis ultrasonik. Dengan tanah lembang dan laterit sebagai sampel uji, dilakukan penelitian dengan wadah akrilik enam segmen berukuran 18 × 12 × 50 cm dengan array 6 × 4. Tanah lembang dan laterit disusun dengan ketinggian berbeda di setiap segmen pada wadah, sehingga terbentuk perbedaan ketinggian dalam satu wadah. Penelitian berbasis ultrasonik yang dilakukan adalah dengan mengukur ketinggian atau kedalaman setiap lapisan tanah dengan bantuan data kecepatan dan waktu tempuh rambat gelombang ultrasonik yang dipancarkan [5]. Pengembangan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah pengembangan terhadap sampel uji.

Penulis akan melakukan penelitian pada sampel uji yang dibuat, berupa miniatur kontur tanah dengan jenis tanah lembang yang disusun dalam wadah akrilik tanpa segmen dengan array pengukuran yang diperluas menjadi 15 × 15. Sampel uji tanah akan dikombinasikan dengan objek penghalang guna mendapatkan perbedaan ketebalan tanah atau kontur sehingga dapat diindera oleh sensor ultrasonik. Sensor yang akan digunakan bertipe AT 200 yang telah dirangkai bersama T1 development kit. Hasil penginderaan yang didapatkan akan dikompilasikan sehingga hasil akhir yang diharapkan dari penelitian ini berupa gambaran kontur secara tiga dimensi (3D).

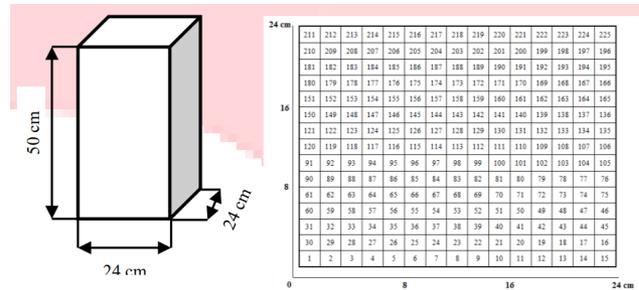
Metodologi Penelitian

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1.

Persiapan Sampel Uji

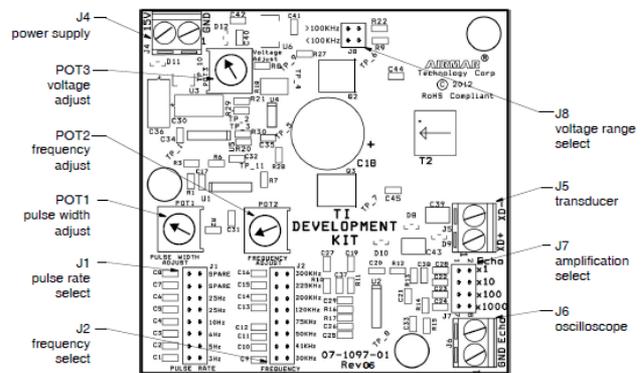
Sampel uji yang akan digunakan berupa tanah lembang yang diayak sebanyak dua tahapan dengan dua jenis ayakan yang besar lubangnya berbeda. Ayakan pertama ditujukan untuk menyaring kotoran kecil seperti kerikil dan memisahkan tanah yang menggumpal. Ayakan kedua ditujukan untuk mendapatkan tanah yang paling halus dan dianggap sudah homogen.



Gambar 2. Wadah akrilik yang digunakan dan ilustrasi titik ukur



Gambar 3. Transduser tunggal AT200

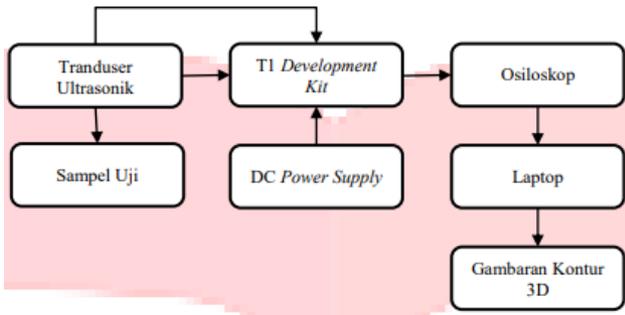


Gambar 4. T1 Development Kit

Sedangkan wadah sampel uji yang akan digunakan berupa wadah akrilik berbentuk kubus tanpa tutup dengan ukuran alas 24 24 cm dan tinggi 50 cm. Wadah ini kemudian akan dibagi menjadi segmen dengan array 15 15 dengan menggunakan bantuan benang kasar yang dibentangkan dan direkatkan pada sisi wadah. Sehingga, penelitian dan pengambilan data akan dilakukan pada 225 titik dalam wadah.

Persiapan Alat Uji dan Diagram Blok Sistem

Persiapan alat uji yang dimaksud adalah proses perangkaian sistem ultrasonic testing yang akan digunakan dalam penelitian ini. Sebuah transduser tunggal dan sebuah development kit akan dirangkai sehingga menjadi sebuah sistem baru. Transduser tunggal yang digunakan bertipe AT 200 dan development kit yang digunakan bertipe T1 Development Kit. Transduser AT 200 memiliki best operating frequency pada frekuensi sebesar 200 kHz. Sedangkan T1 Development Kit butuh pasokan daya sebesar 15 V agar bisa bekerja memancarkan gelombang ultrasonik dengan capaian frekuensi hingga 300 kHz. [6][7]. Namun, besar frekuensi yang akan digunakan dalam penelitian ini hanya di kisaran 200 kHz. Setelah sistem ultrasonic testing terangkai, penggunaan sistem ini dijelaskan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Diagram blok sistem ultrasonic testing

Prosedur Penelitian

Sebagai sebuah gelombang mekanik, gelombang ultrasonik memerlukan media untuk bertransmisi. Partikel dari media transmisi ini tentunya dapat berinteraksi dengan gelombang yang sedang ditransmisikannya. Hal ini memunculkan sifat yang dimiliki oleh gelombang ultrasonik, salah satunya adalah impedansi akustik [3]. Kemampuan sebuah bahan untuk meredam atau menghambat sebuah gelombang ultrasonik yang merambat melewatinya dikenal sebagai impedansi akustik. Dilambangkan dengan Z dan impedansi akustik dituliskan dalam rumus berikut [6]:

$$Z = \rho v \tag{1}$$

Keterangan

- Z Impedansi akustik
- ρ Densitas bahan
- v Kecepatan rambat gelombang ultrasonik pada bahan

$$S = \frac{\Delta t \cdot v}{2} \tag{2}$$

Keterangan

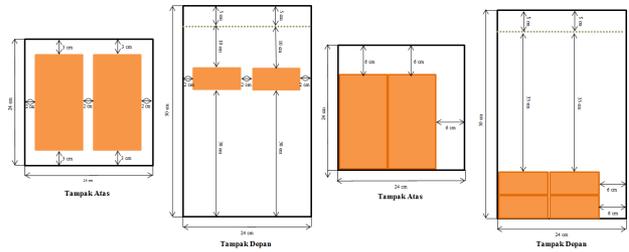
- S Jarak antara sensor ultrasonik dengan objek yang dituju (m)
- Δt Selisih waktu pemancaran gelombang dan penerimaan pantulan gelombang ultrasonik (s)
- v Kecepatan rambat gelombang ultrasonik (m/s)

A. Prosedur Karakterisasi Sampel Uji

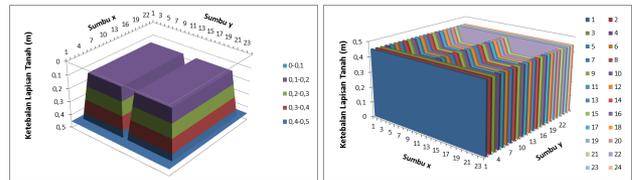
Karakterisasi sampel uji dilakukan guna menentukan nilai kecepatan rambat gelombang ultrasonik pada sampel uji. Proses ini dilakukan dengan memancarkan gelombang ultrasonik ke sampel uji yang sudah disusun pada wadah dengan ketinggian yang telah ditentukan. Kemudian diamati waktu tempuh gelombang merambat (Δt) sebanyak 10 kali dan data tersebut akan diolah sehingga nilai kecepatan rambat untuk setiap nilai Δt diketahui melalui persamaan (2) di atas dan dapat dirata-ratakan.

B. Proses Pengukuran

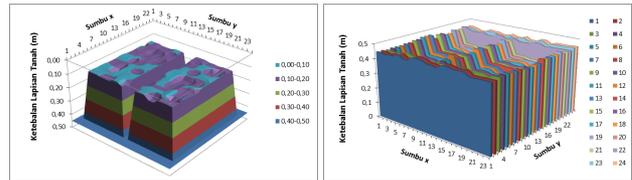
Proses pengukuran dilakukan dengan memancarkan gelombang ultrasonik guna mengamati masing-masing nilai tempuh gelombang merambat (Δt) terhadap dua jenis variasi sampel uji yang dibuat. Setelah didapatkan nilai Δt untuk seluruh titik di masing-masing sampel uji, data akan diolah untuk menentukan nilai ketebalan atau ketinggian lapisan tanah dari permukaan dengan bantuan persamaan (2) di atas. Dua variasi sampel uji ini dibentuk menggunakan bantuan objek penghalang berupa batu bata merah dengan dimensi $18 \times 9 \times 5$ cm yang disusun untuk memberikan perbedaan ketinggian pada sampel uji.



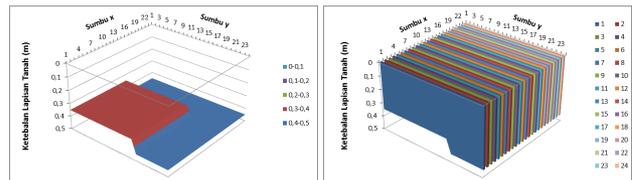
Gambar 6. Sampel uji variasi 1 dan Sampel uji variasi 2



Gambar 7. Grafik kontur ketebalan lapisan tanah sampel uji variasi 1 dengan nilai pengukuran dan Grafik kontur ketebalan lapisan tanah sampel uji variasi 1 dengan nilai pengukuran per layer.



Gambar 8. Grafik kontur ketebalan lapisan tanah sampel uji variasi 1 dengan nilai pengukuran dan Grafik kontur ketebalan lapisan tanah sampel uji variasi 1 dengan nilai pengukuran per layer.



Gambar 9. Grafik kontur ketebalan lapisan tanah sampel uji variasi 2 dengan nilai sebenarnya dan Grafik kontur ketebalan lapisan tanah sampel uji variasi 2 dengan nilai sebenarnya per layer.

Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Sampel Uji

Karakterisasi sampel uji ditampilkan pada tabel 1

Grafik Kontur Ketebalan Lapisan Tanah pada Sampel Uji Variasi 1

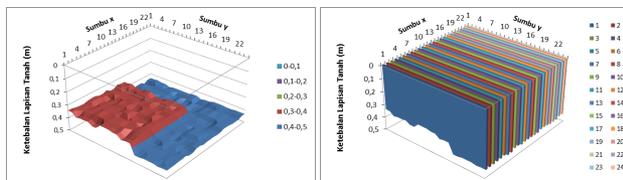
- A Grafik untuk Sampel Uji Variasi 1 dengan Nilai Ketebalan Sebenarnya (Gambar 7)
- B Grafik untuk Sampel Uji Variasi 1 dengan Nilai Ketebalan Hasil Pengukuran (Gambar 8)

Grafik Kontur Ketebalan Lapisan Tanah pada Sampel Uji Variasi 2

- A Grafik untuk Sampel Uji Variasi 2 dengan Nilai Ketebalan Sebenarnya (Gambar 9)
- B Grafik untuk Sampel Uji Variasi 2 dengan Nilai Ketebalan Hasil Pengukuran (Gambar 10)

Table 1. Data Hasil Karakterisasi Sampel Uji

| Pengukuran ke- | $d(m)$ | $\Delta t(s)$ | $V(m/s)$ |
|--------------------------------|--------|---------------|--------------------------------------|
| 1 | 0.45 | 0.000484 | 1859.504 |
| 2 | | 0.000476 | 1890.756 |
| 3 | | 0.000488 | 1844.262 |
| 4 | | 0.000472 | 1906.779 |
| 5 | | 0.000460 | 1956.521 |
| 6 | | 0.000488 | 1844.262 |
| 7 | | 0.000464 | 1939.655 |
| 8 | | 0.000492 | 1829.268 |
| 9 | | 0.000464 | 1939.655 |
| 10 | | 0.000484 | 1859.504 |
| Rata-rata Standar Deviasi (SD) | | | 1887.016 8.00526×10^{-6} |



Gambar 10. Grafik kontur ketebalan lapisan tanah sampel uji variasi 2 dengan nilai pengukuran dan Grafik kontur ketebalan lapisan tanah sampel uji variasi 2 dengan nilai pengukuran per layer.

Kesimpulan

Setelah seluruh proses dalam penelitian ini selesai dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengukuran ketebalan lapisan tanah untuk pemetaan kontur tanah menggunakan metode ultrasonik (*ultrasonic method*) dapat digunakan. Hasil pengukuran menggunakan metode ultrasonik (*ultrasonic method*) menunjukkan nilai yang mendekati nilai ketebalan lapisan tanah sebenarnya diiringi dengan nilai persentase *error*nya masing-masing. Persentase *error* rata-rata untuk sampel uji variasi 1 adalah 4,259%. Sedangkan persentase *error* rata-rata untuk sampel uji variasi 2 adalah 2,097%. Jika penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Thresia Mergareta pada 2021, hasil dalam penelitian ini memiliki nilai persentase *error* yang lebih besar. Namun, diiringi dengan nilai pengukuran lapisan tanah yang lebih beragam.

Daftar Pustaka

- Hahmann T, Usery EL. What is in a Contour Map? What is in a Contour Map? A Region-based Logical Formalization of Contour Semantics; 2015. Doi: 10.1007/978-3-319-23374-1.
- Samet R, Hancer E. A New Approach to The Reconstruction of Contour Lines Extracted From Topographic Maps. *J Vis Commun Image Represent*. 2012;23(4):642–647. Doi: 10.1016/j.jvcir.2012.02.005.
- Zakar M, Dahiru D. A Review Of The Principles And Applications Of Sound Wave. *IOSR J Appl Phys*. 2017;9(6):48–61. Doi: 10.9790/4861-0906044861.
- Santoso RP, Kurniawan W, Setyawan GE. Perancangan Sistem Pemetaan Ruang Secara Dua Dimensi Menggunakan Sensor Ultrasonik. *J Pengemb Teknol Inf dan Ilmu Komput*. 2017;1(January):192–205.
- Margaretha T. Aplikasi Ultrasonik dalam Penentuan Kontur Lapisan Subur Tanah. Telkom University; 2021.
- Raj B, Jayakumar T, Thavasimuthu M. Practical Non-Destructive Testing. 3rd ed. Kalpakam: Narosa Publishing House PVT. LTD.; 2007.
- Corporation AT. AIRDUCER® Ultrasonic Transducer - AT200;. (accessed Jan. 23, 2023). Available from: <https://www.airmar.com/uploads/AirPDF/AT200.pdf>.
- Corporation AT. Operating Instructions T1 Development Kit;. (accessed Jan. 23, 2023). Available from: www.airmar.com/uploads/InstallGuide/17-143.pdf.