



Integral Numerik: Teknik Analitik dan Numerik dalam Analisis Gelombang dan Osilasi

**Erguna Eliandro Junior Tarigan¹, Alfidorino Flapianus bukit², Rizky Iqna Fitria³,
Vauline Christin Octavia Siregar⁴**

¹Universitas Negeri Medan, Indonesia

Email : Ergunatarigan13@gmail.com, Alfidorinoflapianusbukit@gmail.com,
Fitriarizkyiqna@gmail.com, Vaulinesiregar12@gmail.com

Alamat: Jl. Willian Iskandar Ps. V

Korespondensi Penulis : Ergunatarigan13@email.com

Abstract. *Mathematically, in calculating oscillations and waves, it can be used using analytical and numerical techniques. For simple movements, numerical techniques are easier to perform than analytical techniques. Because, apart from the difficulty of using analytical techniques, the calculations carried out are also complex. The actual value of a wave or oscillation can be determined using analytical techniques, while numerical techniques are simply calculations carried out close to the analytical value. The aim of this paper is to analyze analytical and numerical techniques in wave and oscillation analysis. The type of research used in this research is based on qualitative research. The results obtained in determining trigonometric integrals require a calculation that can use analytical and numerical techniques. Numerical techniques are calculations that are almost correct or close to the value. However, to get the actual value correctly, analytical calculations are needed. Analytical calculations are quite difficult to do, but need to be done to serve as a reference. The conclusion drawn is that in trigonometric integrals in wave and oscillation analysis, numerical calculation techniques and analytical techniques can be used. When using numerical techniques, you can use formulas*

$$u(x, t) = \frac{1}{2}(f(x + ct) + f(x - ct)) + \frac{1}{2c} \int_{x-ct}^{x+ct} g(s) ds, \text{ whereas calculations using analytical techniques can use formulas } \frac{u_i^{j-1} + u_i^{j+1} - 2u_i^j}{\Delta t^2} = c^2 \frac{u_{i-1}^j + u_{i+1}^j - 2u_i^j}{\Delta x^2}.$$

Keywords: *analytical, wave, numerical, oscillation*

Abstrak. *Secara matematis, dalam perhitungan osilasi dan juga gelombang dapat digunakan dengan menggunakan teknik analitik maupun numerik. Pada gerakan sederhana teknik numerik lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan teknik analitik. Sebab, selain sulitnya menggunakan teknik analitik, perhitungan yang dilakukan juga bersifat kompleks. Nilai sebenarnya dari sebuah gelombang maupun osilasi dapat dilakukan dengan menggunakan teknik analitik, sedangkan teknik numerik hanyalah perhitungan yang dilakukan mendekati nilai analitik. Tujuan dari penulisan ini adalah menganalisis teknik analitik dan numerik dalam analisis gelombang dan osilasi. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ialah bersumber dari penelitian kualitatif. Hasil yang diperoleh dalam penentuan integral trigonometri, maka diperlukan suatu perhitungan yang dapat menggunakan teknik analitik dan numerik. Teknik numerik merupakan salah satu perhitungan yang hampir benar atau hampir mendekati nilainya. Namun, untuk mendapatkan nilai sesungguhnya dengan benar, maka diperlukan perhitungan analitik. Perhitungan analitik cukup sulit untuk dilakukan, akan tetapi perlu dikerjakan guna dijadikan sebuah acuan. Kesimpulan yang diambil ialah dalam integral trigonometri pada suatu analisis gelombang dan osilasi dapat menggunakan perhitungan teknik numerik dan teknik analitik. Pada penggunaan teknik*

$$u(x, t) = \frac{1}{2}(f(x + ct) + f(x - ct)) + \frac{1}{2c} \int_{x-ct}^{x+ct} g(s) ds, \text{ sedangkan perhitungan dengan menggunakan teknik analitik dapat menggunakan rumus } \frac{u_i^{j-1} + u_i^{j+1} - 2u_i^j}{\Delta t^2} = c^2 \frac{u_{i-1}^j + u_{i+1}^j - 2u_i^j}{\Delta x^2}.$$

Kata Kunci: *analitik, gelombang, numerik, osilasi*

1. LATAR BELAKANG

Fenomena gelombang dan osilasi dapat dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya fenomena gelombang dapat dijumpai pada gerakan pada permukaan air (Suharyo, 2018). Gelombang sendiri dapat diartikan sebagai getaran yang terdapat pada ruang hampa ataupun

getaran yang terdapat di media yang melewati suatu titik ke titik lainnya (Utami, dkk., 2024). Sedangkan fenomena osilasi dapat dijumpai pada yang dijumpai pada gerakan bandul. Selain itu gerakan osilasi juga dapat dijumpai pada gerakan sederhana pegas (Fatimah, dkk., 2022). Dalam bidang fisika gerakan bolak balik yang melewati titik seimbang dapat disebut sebagai gerak harmoni sederhana (Febiawati, dkk., 2023). Selain itu, terdapat pula berbagai macam contoh dari fenomena gelombang maupun osilasi.

Secara matematis, dalam perhitungan osilasi dan juga gelombang dapat digunakan dengan menggunakan teknik analitik maupun numerik. Pada gerakan sederhana teknik numerik lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan teknik analitik (Wibowo, 2018). Sebab, selain sulitnya menggunakan teknik analitik, perhitungan yang dilakukan juga bersifat kompleks. Nilai sebenarnya dari sebuah gelombang maupun osilasi dapat dilakukan dengan menggunakan teknik analitik (Kurniawati, dkk., 2023), sedangkan

teknik numerik hanyalah perhitungan yang dilakukan mendekati nilai analitik (Thahiruddin & Jamhuri, 2023).

Dalam menyelesaikan konsep perhitungan yang dilakukan pada suatu benda dapat menggunakan teknik numerik dalam perhitungannya (Nurullaeli & Astuti, 2018). Namun, individu sendiri juga dapat menggunakan teknik analitik dalam menyelesaikan suatu permasalahan (Bagus, 2018). Nilai kesalahan perhitungan terkecil baik itu pada perhitungan nilai posisi simpangan dan kecepatan yang diperoleh dari perbandingan metode tersebut akan menjadi model gerak harmonik pada pegas bergandeng yang dianggap lebih efektif (Rahmatullah, dkk., 2020).

Penelitian terdahulu oleh Rahmatullah, dkk. (2020) memaparkan osilasi ialah salah satu gerakan yang dialami oleh benda dalam waktu tertentu pada lintasan yang sama. Gerakan yang dihasilkan merupakan gerak bolak balik. Dalam penentuan integral trigonometri, maka diperlukan suatu perhitungan yang dapat menggunakan teknik analitik dan numerik. Teknik numerik merupakan salah satu perhitungan yang hampir benar atau hampir mendekati nilainya. Namun, untuk mendapatkan nilai sesungguhnya dengan benar, maka diperlukan perhitungan analitik. Perhitungan analitik cukup sulit untuk dilakukan, akan tetapi perlu dikerjakan guna dijadikan sebuah acuan. Penggunaan komputer dalam perhitungan metode numerik lebih mudah dilakukan, sehingga akan menefisienkan waktu.

Berdasarkan paparan diatas, penulis mengambil judul “Integral Trigonometri: Teknik Analitik dan Numerik dalam Analisis Gelombang dan Osilasi”. Tujuan dari penulisan ini adalah menganalisis teknik analitik dan numerik dalam analisis gelombang dan osilasi. Batasan

yang digunakan dalam penulisan ini ialah hanya didasarkan pada kajian *library research* melalui beberapa sumber yang kredibel dan valid.

2. KAJIAN TEORITIS

Gelombang dan osilasi merupakan dua fenomena fisika yang sangat penting dalam memahami berbagai aspek alam, mulai dari suara hingga getaran pada struktur fisik. Gelombang didefinisikan sebagai perambatan energi melalui medium akibat adanya getaran, yang dapat terjadi dalam bentuk gelombang transversal maupun longitudinal. Gelombang suara, misalnya, merupakan gelombang longitudinal yang memerlukan medium seperti udara untuk dapat merambat. Sementara itu, osilasi merujuk pada gerakan bolak-balik suatu objek di sekitar posisi keseimbangan, seperti gerakan bandul atau pegas yang bergetar. Dalam konteks ini, osilasi dapat dianggap sebagai jenis gelombang yang terjadi dalam waktu tertentu dan dapat dianalisis menggunakan prinsip-prinsip fisika.

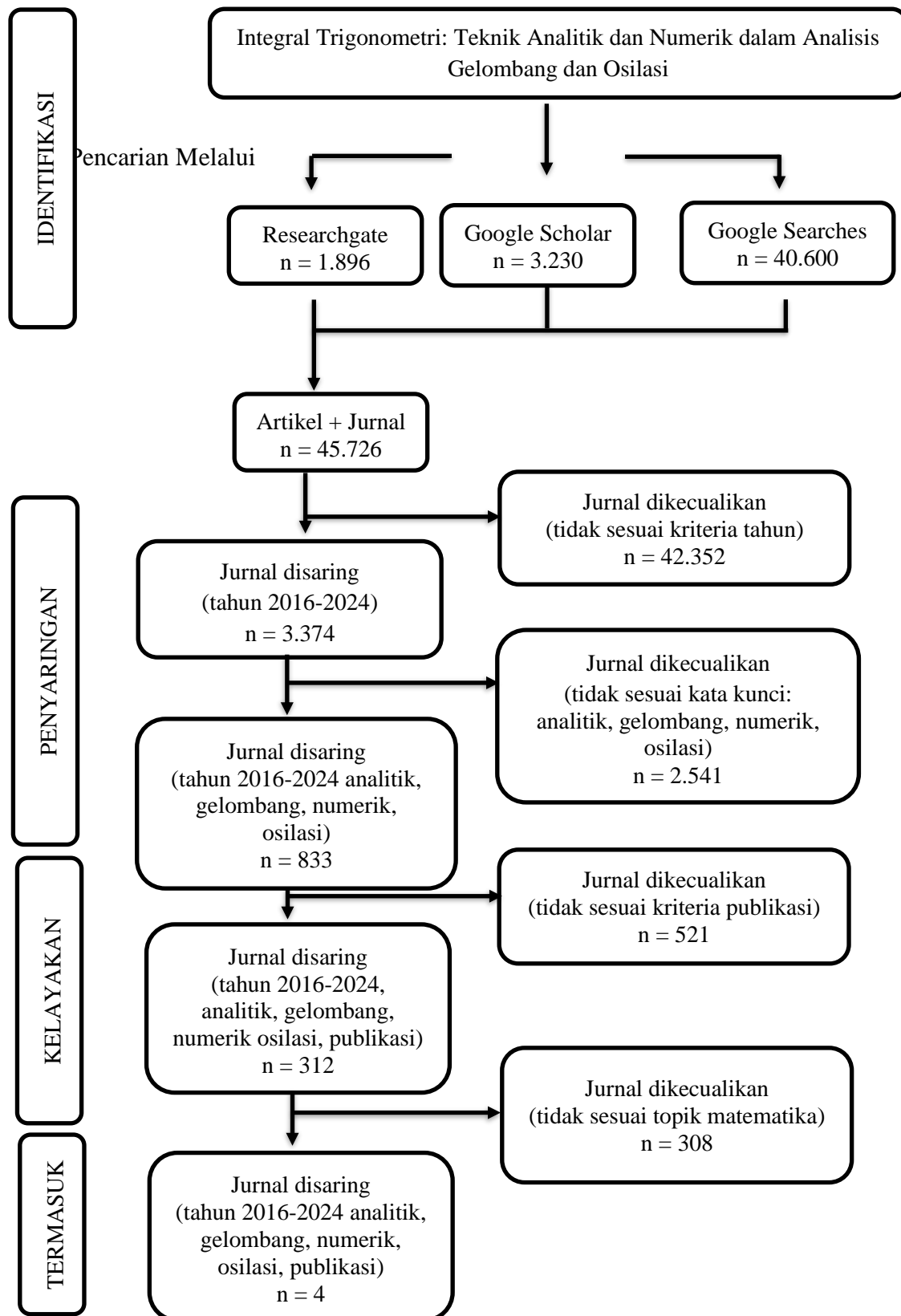
Dalam menganalisis gelombang dan osilasi, terdapat dua pendekatan utama, yaitu teknik analitik dan teknik numerik. Teknik analitik menggunakan metode matematis untuk mendapatkan solusi tepat untuk persamaan yang menggambarkan fenomena tersebut. Misalnya, untuk gelombang satu dimensi, persamaan gelombang dapat diturunkan dari prinsip dasar fisika dan diselesaikan dengan teknik kalkulus. Di sisi lain, teknik numerik lebih fokus pada pendekatan yang lebih praktis dengan menggunakan algoritma dan metode komputasi untuk mendapatkan solusi yang mendekati nilai analitik. Kelebihan dari teknik numerik adalah kemampuannya untuk menangani masalah yang kompleks dan sulit diselesaikan secara analitik, terutama ketika melibatkan banyak variabel dan kondisi yang berubah-ubah. Oleh karena itu, teknik numerik sering digunakan dalam situasi di mana metode analitik tidak dapat diterapkan secara langsung (Seriani & Oliveira, 2020).

Integral trigonometri merupakan salah satu alat penting dalam analisis gelombang dan osilasi. Dalam banyak kasus, integral ini digunakan untuk menghitung nilai-nilai yang diperlukan dalam persamaan gelombang. Misalnya, dalam konteks gelombang, integral trigonometri dapat membantu dalam menentukan amplitudo, frekuensi, dan energi gelombang. Penggunaan integral ini memberikan gambaran yang jelas tentang perilaku gelombang dalam berbagai kondisi, termasuk saat terjadi interferensi dan difraksi. Selain itu, integral juga digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial yang menggambarkan pergerakan gelombang dan osilasi, sehingga memungkinkan peneliti untuk mendapatkan solusi yang lebih akurat (Ghufiroh, 2017).

Kemajuan teknologi informasi dan komputasi juga telah memberi dampak signifikan dalam analisis gelombang dan osilasi. Dengan adanya perangkat lunak seperti MATLAB, peneliti dapat dengan mudah melakukan simulasi dan visualisasi data untuk memahami lebih dalam tentang perilaku gelombang. Metode numerik seperti Runge-Kutta memungkinkan perhitungan yang lebih cepat dan efisien, sehingga peneliti dapat melakukan eksperimen virtual yang sebelumnya sulit dilakukan secara analitik. Penggunaan komputer sebagai alat bantu dalam perhitungan numerik tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga membuka peluang untuk mengeksplorasi berbagai skenario yang kompleks dalam fisika gelombang (Nurullaeli & Astuti, 2018).

3. METODE PENELITIAN

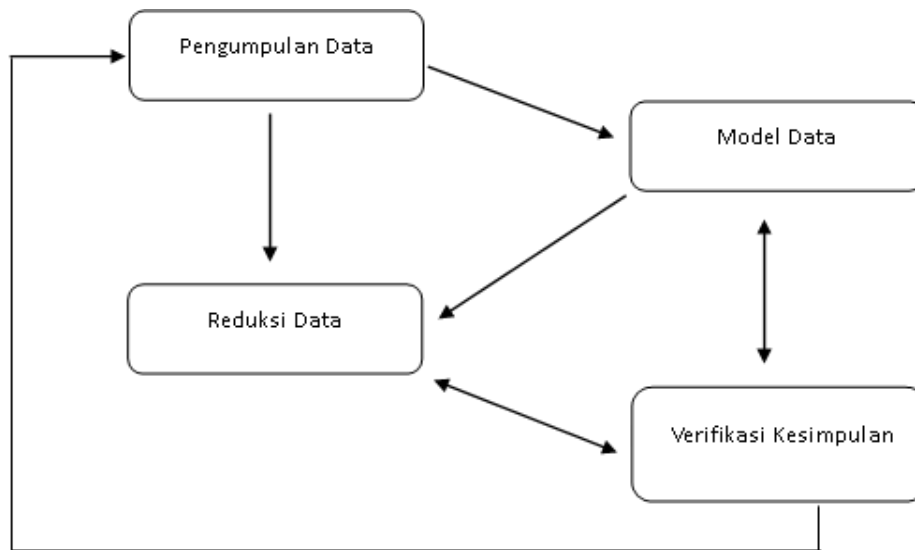
Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini ialah bersumber dari penelitian kualitatif. Penelitian kualitatif merupakan suatu penelitian yang mengandalkan penggunaan kalimat, paragraf, ataupun kata dalam mendeskripsikan hasil dari penelitian yang dilakukan (Sugiyono, 2018). Pendekatan yang digunakan ialah *literature review*. Teknik pengumpulan data diperoleh dari penggunaan data *literature review* dan hasil wawancara, sehingga hasil perolehan data lebih valid. Berikut adalah kegiatan *literature review* yang dilakukan untuk mendukung hasil temuan penelitian yang didapatkan, sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA

Sumber: (Jeremy & Pangalo, 2020)

Teknik analisis data dilakukan saat seluruh data terkumpul, sehingga akan ditemukan terkait hasil penelian. Berikut adalah tahapan dari analisis data yang dilakukan, yaitu:



Gambar 2. Teknik Analisis Data

Sumber: Miles & Huberman (1992) dalam Diyati & Muhyadi (2019)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 dibawah ini memaparkan terkait dengan hasil penelitian melalui kegiatan *literature review*, yaitu:

Tabel 1. Hasil Analisis

No.	Judul	Author	Tujuan	Hasil Analisis
	“Solusi Analitik dan Numerik Suatu Persamaan Gelombang Satu Dimensi”	Noor, dkk., 2020.	Tujuan dari penulisan tersebut adalah memberikan hasil analisis terkait dengan persamaan gelombang satu dimensi melalui penggunaan teknik analitik dan numerik.	Analisis terkait dengan permasalahan gelombang dalam kehidupan sehari-hari dapat terjadi pada beberapa fenomena, misalnya terkait dengan getaran dawai yang diregangkan. Dawai yang mendapatkan perlakuan dari adanya getaran dapat menimbulkan adanya persamaan gelombang. Suatu gelombang tentu memiliki persamaan yang dapat diselesaikan dari menggunakan teknik analitik dan numerik. Persamaan gelombang sendiri dikenal sebagai persamaan diferensial yang dipresentasikan melalui gejala ataupun fenomena yang terdapat di kehidupan keseharian. Hasil penelitian ole Noor dkk. (2020) memaparkan bahwa teknik numerik memiliki hasil yang sama dalam pengerjaan analisis gelombang dengan menggunakan teknik analitik.
	“Simulasi Gerak Osilasi Model Pegas Bergandeng	Rahmatullah, dkk., 2020.	Bertujuan dalam memberikan hasil analisis terkait dengan gerak osilasi	Osilasi ialah salah satu gerakan yang dialami oleh benda dalam waktu tertentu pada lintasan yang sama. Gerakan yang dihasilkan merupakan gerak bolak balik.

	Menggunakan Metode Runge-Kutta”		serta pembentukan gelombang yang terbentuk dengan menggunakan teknik analitik dan teknik numerik.	Dalam penentuan integral trigonometri, maka diperlukan suatu perhitungan yang dapat menggunakan teknik analitik dan numerik. Teknik numerik merupakan salah satu perhitungan yang hampir benar atau hampir mendekati nilainya. Namun, untuk mendapatkan nilai sesungguhnya dengan benar, maka diperlukan perhitungan analitik. Perhitungan analitik cukup sulit untuk dilakukan, akan tetapi perlu dikerjakan guna dijadikan sebuah acuan. Penggunaan komputer dalam perhitungan metode numerik lebih mudah dilakukan, sehingga akan menefisienkan waktu.
	“Analisis Penyelesaian Analitik dan Numerik Persamaan Reaksi-Difusi pada Model Konduksi Jaringan Jantung”	Ghufiroh, 2017.	Bertujuan dalam memberikan hasil analisis terkait dengan perhitungan numerik maupun analitik terkait dengan penerapan dalam kehidupan sehari-hari, seperti konduksi jaringan jantung.	Salah satu penerapan gelombang dalam bidang kesehatan ialah mengetahui konduksi jaringan jantung. Melalui perhitungan analitik pada suatu gelombang tentu membutuhkan persamaan diferensial parsial. Penggunaan teknik analitik merupakan salah satu perthitungan yang dapat disebut valid dan sistematis. Penggunaan <i>d'Alenbert's Solution</i> merupakan salah satu solusi dalam mempraktekkan teknik analitik. Penggunaan dari teknik analitik dapat dikategorikan sebagai perhitungan yang cukup rumit dan sulit, sehingga para ilmuwan umumnya menggunakan teknik numerik dimana nilainya mendekati kebenaran. Selanjutnya pada kajian matematika dapat menggunakan perhitungan numerik sebagai salah satu solusi perhitungan yang mendekati hasil dari penggunaan perhitungan analitik.
	“Numerical Modelling of Mechanical Wave Propagation”	Serlani & Oliveira, 2020.	Bertujuan dalam memberikan hasil analisis terkait dengan pemodelan perbandingan perhitungan numerik ataupun analitik pada perambatan gelombang mekanik.	Gelombang ialah perambatan getaran dari suatu media. Gerak sinusoide merupakan bentuk ideal yang dihasilkan oleh gelombang. Perambatan yang dihasilkan oleh suatu media Perhitungan atau teknik yang dilakukan secara numerik merupakan langkah dasar yang dilakukan dalam mengetahui kebenaran dari perambatan gelombang. Nilai yang dihasilkan oleh gelombang dapat dilakukan perhitungan secara numerik maupun analitik. Hasil dari teknik perhitungan yang dilakukan secara numerik hampir mendekati teknik analitik. Jika ditinjau dari kerumitannya, maka perhitungan yang dilakukan secara analitik lebih mendetail dan rumit jika dibandingkan dengan perthitungan dengan menggunakan teknik numerik.

Osilasi ialah salah satu gerakan yang dialami oleh benda dalam waktu tertentu pada lintasan yang sama. Gerakan yang dihasilkan merupakan gerak bolak balik. Dalam penentuan integral trigonometri, maka diperlukan suatu perhitungan yang dapat menggunakan teknik

analitik dan numerik. Teknik numerik merupakan salah satu perhitungan yang hampir benar atau hampir mendekati nilainya. Namun, untuk mendapatkan nilai sesungguhnya dengan benar, maka diperlukan perhitungan analitik. Perhitungan analitik cukup sulit untuk dilakukan, akan tetapi perlu dikerjakan guna dijadikan sebuah acuan. Penggunaan komputer dalam perhitungan metode numerik lebih mudah dilakukan, sehingga akan menefisienkan waktu (Rahmatullah, dkk., 2020).

Analisis terkait dengan permasalahan gelombang dalam kehidupan sehari-hari dapat terjadi pada beberapa fenomena, misalnya terkait dengan getaran dawai yang diregangkan. Dawai yang mendapatkan perlakuan dari adanya getaran dapat menimbulkan adanya persamaan gelombang. Suatu gelombang tentu memiliki persamaan yang dapat diselesaikan dari menggunakan teknik analitik dan numerik. Persamaan gelombang sendiri dikenal sebagai persamaan diferensial yang dipresentasikan melalui gejala ataupun fenomena yang terdapat di kehidupan keseharian. Hasil penelitian oleh Noor dkk. (2020) memaparkan bahwa teknik numerik memiliki hasil yang sama dalam pengerjaan analisis gelombang dengan menggunakan teknik analitik.

Berikut dipaparkan salah satu analisis gelombang yang dipaparkan dengan menggunakan teknik analitik dan numerik, yaitu:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad -\infty < x < \infty, t > 0$$

Teknik numerik:

$$u(x, t) = \frac{1}{2}(f(x+ct) + f(x-ct)) + \frac{1}{2c} \int_{x-ct}^{x+ct} g(s) ds$$

Pendistribusian:

$$u(x, 0) = \sin(x) = f(x)$$

$$u_t(x, 0) = 0 = g(x)$$

Sehingga, didapatkan:

$$u(x, t) = \frac{1}{2}(\sin(x+ct) + \sin(x-ct)) + \frac{1}{2c} \int_{x-ct}^{x+ct} 0 ds$$

$$u(x, t) = \frac{1}{2}(\sin(x+ct) + \sin(x-ct)) + \frac{1}{2c}(0)$$

$$u(x, t) = \frac{1}{2}(\sin(x+ct) + \sin(x-ct))$$

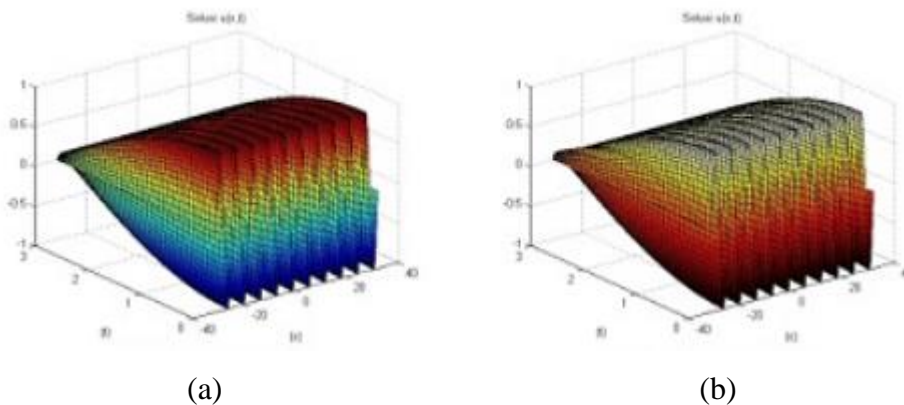
$$u(x, t) = \sin(x) \cos(ct)$$

Teknik analitik:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

$$\frac{u_i^{j-1} + u_i^{j+1} - 2u_i^j}{\Delta t^2} = c^2 \frac{u_{i-1}^j + u_{i+1}^j - 2u_i^j}{\Delta x^2}$$

Gelombang ialah perambatan getaran dari suatu media. Gerak sinusoide merupakan bentuk ideal yang dihasilkan oleh gelombang. Perambatan yang dihasilkan oleh suatu media Perhitungan atau teknik yang dilakukan secara numerik merupakan langkah dasar yang dilakukan dalam mengetahui kebenaran dari perambatan gelombang. Nilai yang dihasilkan oleh gelombang dapat dilakukan perhitungan secara numerik maupun analitik. Hasil dari teknik perhitungan yang dilakukan secara numerik hampir mendekati teknik analitik. Jika ditinjau dari kerumitannya, maka perhitungan yang dilakukan secara analitik lebih mendetail dan rumit jika dibandingkan dengan perhitungan dengan menggunakan teknik numerik (Serlani & Oliveira, 2020).



Gambar 3. (a) Analisis Analitik (b) Analisis Numerik

Sumber: Noor, dkk. 2020.

Berdasarkan Gambar 3 tersebut dapat diketahui bahwa grafik yang dihasilkan melalui analisis numerik memiliki pola yang sama dengan analisis analitik. Namun, jika dilihat lebih teliti lagi dapat dihasilkan bahwa teknik analitik akan selalu dihipotesiskan oleh dengan teknik numerik. Nilai simpangan gelombang u yang merupakan sumbu vertikal dari profil juga terus mengecil seiring dengan membesarnya t .

Salah satu penerapan gelombang dalam bidang kesehatan ialah mengetahui konduksi jaringan jantung. Melalui perhitungan analitik pada suatu gelombang tentu membutuhkan persamaan diferensial parsial. Penggunaan teknik analitik merupakan salah satu perhitungan yang dapat disebut valid dan sistematis. Penggunaan *d'Alenbert's Solution* merupakan salah satu solusi dalam mempraktekkan teknik analitik. Penggunaan dari teknik analitik dapat

dikategorikan sebagai perhitungan yang cukup rumit dan sulit, sehingga para ilmuwan umumnya menggunakan teknik numerik dimana nilainya mendekati kebenaran. Selanjutnya pada kajian matematika dapat menggunakan perhitungan numerik sebagai salah satu solusi perhitungan yang mendekati hasil dari penggunaan perhitungan analitik (Ghufiroh, 2017).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang diambil berdasarkan paparan diatas ialah dalam integral trigonometri pada suatu analisis gelombang dan osilasi dapat menggunakan perhitungan teknik numerik dan teknik analitik. Pada penggunaan teknik numerik dapat menggunakan rumus $u(x, t) = \frac{1}{2}(f(x + ct) + f(x - ct)) + \frac{1}{2c} \int_{x-ct}^{x+ct} g(s) ds$, sedangkan perhitungan dengan menggunakan teknik analitik dapat menggunakan rumus $\frac{u_i^{j-1} + u_i^{j+1} - 2u_i^j}{\Delta t^2} = c^2 \frac{u_{i-1}^j + u_{i+1}^j - 2u_i^j}{\Delta x^2}$.

Saran ditujukan kepada penulis selanjutnya untuk menuliskan data kuantitatif yang didasarkan pada kajian olah data berbasis SPSS. Sebab, penelitian ini memiliki keterbatasan berbasis *literature review*, sehingga hasil penelitian yang didapatkan dapat mengalami keterbaruan. Selain itu, direkomendasikan pula kepada masyarakat dan juga pembaca untuk memperdalam ilmu pengetahuan yang dimilikinya untuk mempelajari teknik numerik dan analitik pada fenomena gelombang dan osilasi.

DAFTAR REFERENSI

- Bagus, C. (2018). Analisis kemampuan representasi matematis siswa dalam menyelesaikan soal lingkaran pada kelas VII-B MTs Assyafi'iyah Gondang. *Suska Journal of Mathematics Education*, 4(2), 115-124.
- Diyati, H., & Muhyadi, M. (2019). Peran Kepemimpinan Kepala Sekolah Dalam Pengembangan Budaya Sekolah Di SDN Kwayuhan, Kecamatan Minggir, Sleman. *Jurnal Akuntabilitas Manajemen Pendidikan*, 2(1), 28-43.
- Fatimah, A., Zain, N. T., Fadilla, R. R. S. A. N., & Sholina, W. (2022). Pembelajaran Fisika Sekolah Menengah Atas pada Materi Osilasi: Studi Literatur. *Mitra Pilar: Jurnal Pendidikan, Inovasi, dan Terapan Teknologi*, 1(2), 65-84.
- Febiawati, N. I., Felisiana, F. R., & Setiaji, B. (2023). Kajian Etnofisika Konsep Gerak Harmonik Sederhana Pada Wahana Kora-Kora. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 8(2), 103-110.

- Ghufiroh, S. J. (2017). *Analisis penyelesaian analitik dan numerik persamaan reaksi-difusi pada model konduksi jaringan jantung* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Jeremy, T., & Pangalo. (2020). Hubungan Dukungan Keluarga Dengan Kepatuhan Minum Obat Pada Pasien Hipertensi: Studi Literatur Sebagai Evidence Based Promosi Kesehatan. *Journal Promosi Kesehatan*, 1(1), 1–6.
- Kurniawati, K., Sitompul, S. S., Hamdani, H., Silitonga, H. T. M., & Habellia, R. C. (2023). Meta Analisis Pengaruh Model Direct Instruction Terhadap Hasil Belajar Fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 8(1b), 886-891.
- Noor, A. A., Putri, A. R., & Syafwan, M. (2019). Solusi analitik dan numerik suatu persamaan gelombang satu dimensi. *Jurnal Matematika UNAND*, 8(4), 1-8.
- Nurullaeli, N., & Astuti, I. A. D. (2018). Pembuatan Graphic User Interface (GUI) untuk analisis ayunan matematis menggunakan Matlab. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 10(2), 48-56.
- Rahmatullah, S., Arman, Y., & Apriansyah, A. (2020). Simulasi Gerak Osilasi Model Pegas Bergandeng Menggunakan Metode Runge-Kutta. *Prisma Fisika*, 8(3), 180-184.
- Seriani, G., & Oliveira, S. P. (2020). Numerical modeling of mechanical wave propagation. *La Rivista del Nuovo Cimento*, 43(9), 459-514.
- Sugiyono. (2018). Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. In *Penerbit Alfabeta*. Alfabeta.
- Suharyo, O. S. (2018). Rancang Bangun Alat Pengukur Gelombang Permukaan Laut Presisi Tinggi (A Prototype Design). *Applied Technology and Computing Science Journal*, 1(1), 18-29.
- Thahiruddin, M., & Jamhuri, M. (2023). Penyelesaian Numerik Model Pemangsa-Mangsa dengan Metode Jaringan Fungsi Radial Basis Menggunakan Trigonometric Shape Parameter. *Jurnal Arjuna: Publikasi Ilmu Pendidikan, Bahasa dan Matematika*, 1(4), 248-263.
- Utami, R. I., Angraini, F. W., Ningsi, S. W., Hanif, D. A., & Kurniawati, W. (2024). Pendalaman Materi Bunyi dan Cahaya: Studi Kasus Penerapan Bunyi dan Cahaya Dalam Kehidupan Sehari-hari. *Konstanta: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(1), 284-295.
- Wibowo, H. A. C. (2018). Rancang bangun simulasi komputer untuk pembelajaran fisika pada topik selektor kecepatan dengan metode numerik euler. *JIPVA (Jurnal Pendidikan IPA Veteran)*, 2(2), 141-148.