



# TELNECT



Journal homepage: <http://ejournal.upi.edu/index.php/TELNECT/>

## Identifikasi Fenomena Aliasing berdasarkan Pengaruh Nilai Frekuensi Sampling terhadap Rekonstruksi Lagu The Wheels On The Bus

ABSTRACTS	ARTICLE INFO
<p>Pemilihan frekuensi sampling yang tepat sangat penting untuk menjaga kualitas dari rekonstruksi sampling sinyal audio, agar tidak mengakibatkan distorsi, salah satunya aliasing. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi fenomena aliasing yang terjadi pada proses rekonstruksi sinyal audio dengan menggunakan beberapa variasi nilai frekuensi sampling. Lagu "Wheels On The Bus" dipilih sebagai sinyal audio masukan untuk di-sampling dengan tiga nilai frekuensi sampling yang berbeda, yakni 8000 Hz, 20000 Hz, dan 44100 Hz. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menganalisis hasil rekonstruksi pada masing-masing frekuensi sampling. Hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi sampling 44100 Hz menghasilkan rekonstruksi sinyal audio yang paling akurat tanpa efek aliasing, sehingga diketahui frekuensi tersebut merupakan frekuensi Nyquist dari lagu Wheels On The Bus, sesuai dengan teori Shannon- Nyquist. Pada penelitian ini menekankan pentingnya pemilihan frekuensi sampling yang tepat, untuk menghindari aliasing dan menjaga kualitas ideal dari rekonstruksi sampling sinyal audio.</p>	<p><b>Article History:</b> <i>Received 30 April 2025</i> <i>Revised 10 Mei 2025</i> <i>Accepted 20 Mei 2025</i> <i>Available online 1 Juni 2025</i></p> <p><b>Keyword:</b> <i>DSP, Frekuensi Sampling, Frekuensi Nyquist, Aliasing.</i></p>

## 1. INTRODUCTION

Teknologi yang terus berkembang saat ini menjadikan dunia di sekitar dipenuhi oleh berbagai jenis informasi yang tersembunyi dalam bentuk sinyal. Sinyal tersebut dapat berupa gelombang suara, gambar, data sensor, dan sebagainya. Untuk dapat memahami, menganalisis, dan memanipulasi informasi agar menjadi berguna, diperlukannya pengolahan sinyal. Pengolahan sinyal berfokus dalam menganalisis, memodifikasi, dan menghasilkan sinyal. Dalam fokusnya, pengolahan sinyal dapat menjadi landasan yang kuat untuk menciptakan suatu inovasi teknologi di masa depan. Pada intinya, pengolahan sinyal melibatkan pemahaman yang mendalam mengenai sinyal itu sendiri.

Sinyal dapat dikategorikan menjadi sinyal analog dan sinyal digital, masing-masing memiliki karakteristiknya sendiri yang harus dipelajari dan dipahami dengan baik. Sinyal analog merupakan sinyal yang memiliki nilai kontinu dalam domain waktu atau domain frekuensi. Sementara sinyal digital merupakan sinyal yang diwakili oleh nilai-nilai diskrit, biasanya dalam bentuk kode biner, yang mewakili sampel-sampel waktu dari sinyal asli. Pada pengolahan sinyal digital atau yang biasa dikenal dengan DSP (Digital Signal Processing) memiliki keunggulan untuk memanipulasi sinyal dengan tingkat akurasi, efisiensi, dan fleksibilitas, lebih unggul dari pengolahan sinyal analog [1]. Dalam prosesnya, DSP memiliki cara kerja yang sedikit berbeda, karena sistem ini hanya dapat beroperasi apabila *input*-nya berupa sinyal digital. Namun, jika *input*-nya dalam versi sinyal analog perlu untuk melakukan proses awal, yaitu digitalisasi menggunakan perangkat ADC (Analog-to-Digital Conversion), yang mana sinyal analog tersebut harus melalui tahapan yang diantaranya yaitu, sampling, quantizing, dan coding. Sama halnya, hasil dari prosesor digital harus melalui konversi DAC (Digital-to-Analog Conversion) agar keluarannya kembali menjadi bentuk analog.

Saat proses sampling, pengolahan sinyal dimulai dengan mengubah sinyal analog dengan bentuk sinyal waktu kontinu menjadi bentuk diskrit, sehingga memungkinkan untuk representasi yang akurat dalam domain digital [2]. Sampling melibatkan pengambilan nilai-nilai sinyal pada interval waktu tertentu. Jumlah sampel yang diambil dipengaruhi oleh durasi waktu pengambilan sampel. Semakin panjang durasi waktu yang digunakan, maka semakin banyak sampel yang akan didapat. Selain itu, frekuensi sampling juga mempengaruhi. Semakin tinggi frekuensi sampling, semakin banyak pula sampel yang akan diambil [3]. Untuk memastikan terambilnya sinyal dapat merepresentasikan sinyal asli dengan akurat, konsep Frekuensi Nyquist menjadi sangat penting. Frekuensi Nyquist merupakan syarat yang menyatakan frekuensi sampling harus minimal dua kali lipat dari frekuensi tertinggi sinyal asli untuk menghindari kehilangan informasi selama proses sampling sinyal asli. Jika frekuensi sampling tidak memenuhi syarat ini atau frekuensi sampling kurang dari dua kali lipat frekuensi tertinggi sinyal, maka akan terjadi aliasing. Teori tersebut dikenal sebagai teorema sampling Nyquist-Shannon [4].

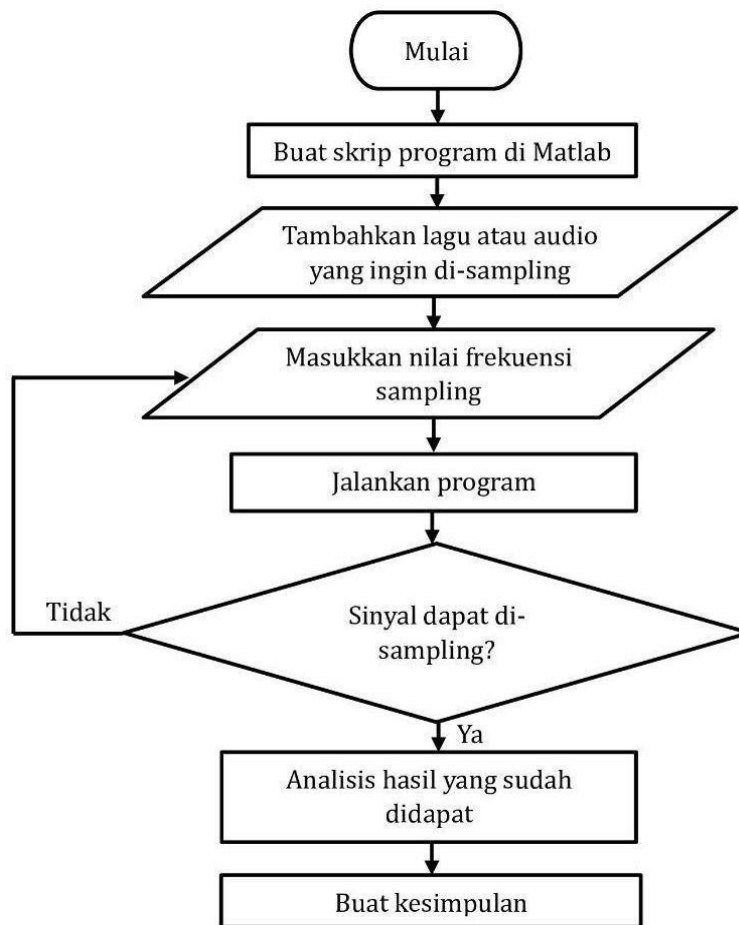
Pemilihan nilai frekuensi sampling atau *sampling rate* sangat mempengaruhi fenomena aliasing audio, jika *sampling rate* yang digunakan terlalu rendah, di sinilah aliasing dapat muncul yang mampu merusak kualitas suara jika tidak diantisipasi. Aliasing ditandai dengan keadaan, ketika pada pengolahan sinyal kontinu dan sinyal digital diambil sampel pada tingkat yang terlalu rendah untuk menangkap isi frekuensi sinyal dengan akurat. Ini terutama terjadi ketika frekuensi *input* lebih tinggi dari setengah frekuensi sampling (Frekuensi Nyquist). Hal ini sangat relevan pada pengolahan audio, dimana aliasing dapat menyebabkan distorsi yang signifikan pada suara yang didengar [5].

Setelah melakukan studi literatur mengenai topik pemrosesan sinyal digital sampling, penulis menemukan beberapa penelitian dengan topik yang berkaitan, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh peneliti [6] membahas pengaruh aliasing terhadap lagu Hati-Hati di Jalan oleh Tulus, peneliti menjadikan lagu tersebut sebagai sinyal audio input yang akan direkonstruksi, percobaan dilakukan dengan menerapkan nilai frekuensi sampling dari yang di bawah hingga atas Frekuensi Nyquist, lalu diamati fenomena aliasing yang terjadi pada percobaan tersebut. Selanjutnya ada pun penelitian yang dilakukan oleh peneliti [7] menjadikan lagu Hurt oleh NewJeans sebagai sinyal audio input untuk di-sampling dengan beberapa nilai frekuensi sampling yang sudah ditentukan, lalu diketahui pengaruh dari percobaan terhadap lagu adalah pada durasi atau tempo lagunya. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, penulis ingin mengisi kekurangan dengan melakukan rekonstruksi sampling sinyal audio dari lagu Wheels On The Bus dengan mengubah nilai frekuensi sampling sebagai percobaan untuk mengamati efek aliasing, tanpa mempengaruhi durasi atau tempo sinyal keluaran, tetapi mempengaruhi amplitudo sinyal keluaran. Hasil yang didapat akan dibandingkan dan dianalisis penulis untuk dapat membuat kesimpulan penelitian.

## 2. MATERIALS AND METHODS

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian eksperimen. Penulis melakukan percobaan nilai frekuensi sampling pada proses sampling sinyal masukan berupa audio lagu, lalu data

yang didapatkan akan dianalisis untuk mengidentifikasi fenomena aliasing. Kemudian dengan berpegangan pada teorema sampling Nyquist-Shannon, penulis akan membuat kesimpulan hasil penelitian untuk dapat membuktikan teori yang sudah ada.



**Gambar 1.** Algoritma Penelitian

**Gambar 1** merupakan alur penelitian yang akan dilakukan penulis, berikut penjelasan dari beberapa alur tersebut.

## 2.1 Penambahan Lagu atau Audio yang Ingin di-Sampling

Langkah awal yang dilakukan penulis ialah memilih lagu anak-anak yang berjudul “Wheels On The Bus”. Lagu ini dipilih karena memiliki ritme dan struktur yang konsisten. Hal ini memberi kemudahan pada penulis untuk dapat mengamati bagaimana efek aliasing mempengaruhi beberapa bagian dari audio lagu.

## 2.2 Penentuan Nilai Frekuensi Sampling

Setelah memilih lagu, selanjutnya penulis akan mengambil data dari lagu tersebut. Penulis akan melakukan rekonstruksi sampling terhadap lagu dengan menggunakan *sampling rate*, yakni 8000 Hz, 20000 Hz, dan 44100 Hz.

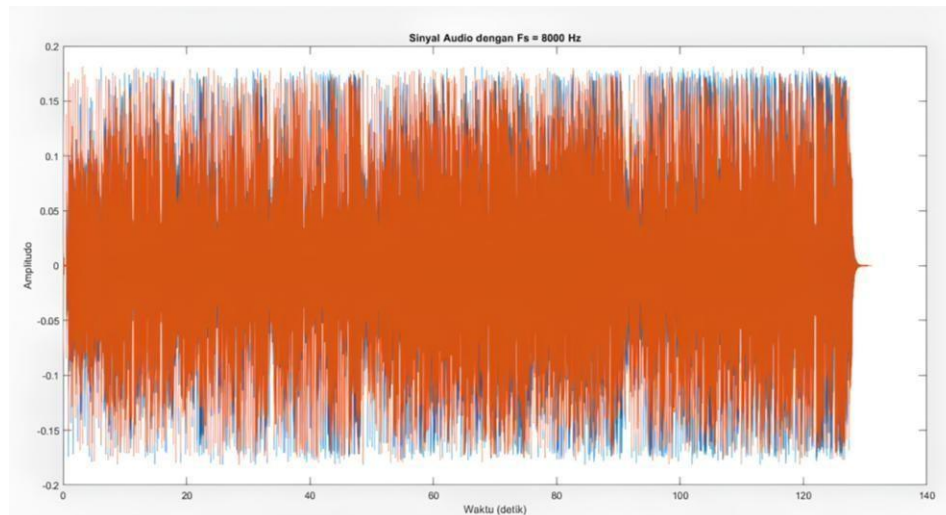
## 2.3 Perbandingan dan Analisis Hasil

Setelah dilakukan pengambilan data hasil percobaan lagu tersebut, selanjutnya penulis melakukan perbandingan hasil analisis frekuensi-frekuensi yang digunakan pada lagu tersebut. Hal ini bertujuan untuk menegaskan dan memvalidasi data yang diperoleh, serta membuktikan landasan teori yang sudah diketahui.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 Frekuensi Sampling 8000 Hz

Hasil dari percobaan didapatkan setelah menjalankan program rekonstruksi sampling lagu Wheels On The Bus di MATLAB. Pada percobaan pertama, sampling lagu Wheels On The Bus sebagai sinyal audio masukan dilakukan dengan menggunakan nilai frekuensi sampling sebesar 8000 Hz. Sinyal keluaran pada percobaan pertama dapat dilihat secara visual pada **Gambar 2**.

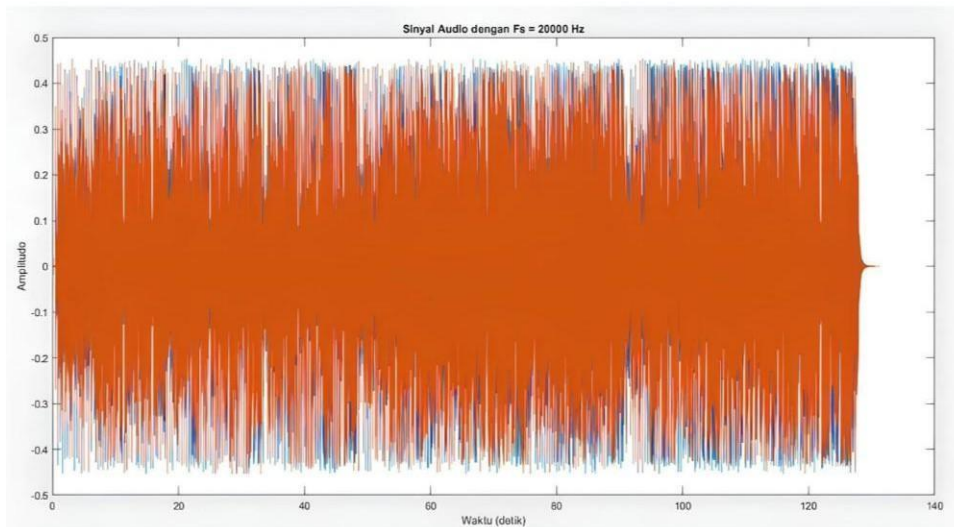


**Gambar 2.** Output audio dengan nilai fs 8000 Hz

Terlihat pada **Gambar 2**, sinyal keluaran memiliki amplitudo maksimum kurang lebih sebesar 0,18. Hal tersebut terjadi karena pada percobaan ini, selain mengubah nilai frekuensi sampling untuk mengamati efek aliasing, penulis juga melakukan pengaturan pada amplitudo sinyal keluaran. Skala amplitudo sinyal keluaran diatur menjadi hasil dari pembagian antara nilai frekuensi sampling ( $f_s$ ) percobaan dengan nilai  $f_s$  sebenarnya dari sinyal masukan lagu Wheels On The Bus. Selain diketahui secara visual, pengaruh nilai  $f_s$  percobaan pada amplitudo ini juga dapat diketahui melalui *output* audio sinyal. Nilai frekuensi yang rendah, menghasilkan amplitudo yang cukup rendah juga, sehingga memberi pengaruh yang cukup jelas, salah satunya terhadap kuat suara atau volume yang menjadi lemah. Dengan nilai frekuensi sampling sebesar 8000 Hz ini penulis mendapatkan kualitas sinyal keluaran yang sangat kurang. Pada bagian tertentu dari lagu, terdengar suara yang berderak, kasar, dan terpecah. Hal tersebut menandakan bahwa telah terjadi aliasing karena spektrum frekuensi pada bagian tersebut tidak bisa ditangkap oleh frekuensi sampling 8000 Hz yang terlalu rendah. Frekuensi sampling dan amplitudo yang rendah pada percobaan pertama ini menurunkan kualitas lagu, menghilangkan kejernihan dan menurunkan ketajaman suara. Pada *output* secara audio, suara yang keluar terdengar tenggelam dalam *noise*, kemudian seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, telah terjadi aliasing sehingga sinyal keluaran tidak lagi merepresentasikan sinyal masukan.

#### 3.2 Frekuensi Sampling 20000 Hz

Percobaan sampling input audio lagu Wheels On The Bus selanjutnya dilakukan pada frekuensi sampling ( $f_s$ ) sebesar 20000 Hz. Sinyal output dari eksperimen kedua dapat dilihat pada **Gambar 3**.

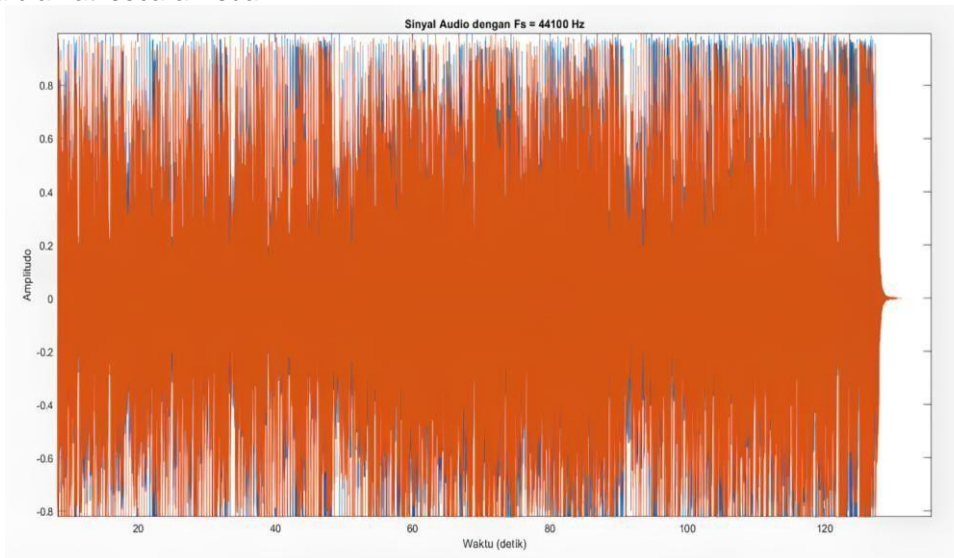


**Gambar 3.** Output audio dengan nilai fs 20000 Hz

Pada **Gambar 3**, terlihat bahwa sinyal keluaran memiliki amplitudo maksimum mendekati 0,5. Hal ini disebabkan oleh perubahan frekuensi sampling yang digunakan serta penyesuaian amplitudo sinyal keluaran. Perubahan ini juga tidak hanya terlihat pada visual saja, namun juga didengar dalam hasil audio. *Output* yang dihasilkan dari proses sampling audio dengan frekuensi 20000 Hz menunjukkan bahwa suara yang dihasilkan hampir menyerupai suara pada lagu *Wheels On The Bus* atau sinyal aslinya. Meskipun tidak sepenuhnya identik, kualitas suara yang dihasilkan cukup baik dan mendekati aslinya. Terdapat sedikit *noise* pada *output* yang dihasilkan, namun tidak terlalu mengganggu kualitas audio secara keseluruhan. Hal ini membuktikan bahwa proses sampling pada frekuensi 20000 Hz berhasil mempertahankan sebagian besar detail audio dengan baik sehingga suara terdengar cukup jernih dan alami. Frekuensi sampling 20000 Hz memberikan pengaruh signifikan terhadap amplitudo yang tinggi membantu untuk mempertahankan kualitas audio dan ketajaman suara yang dihasilkan. Sebagai perbandingan, pada frekuensi sampling sebelumnya yakni 8000 Hz, *output* yang dihasilkan menunjukkan adanya banyak aliasing. Aliasing ini terjadi ketika komponen frekuensi tinggi dalam sinyal asli tercampur dengan frekuensi lebih rendah, menyebabkan distorsi yang cukup signifikan pada *output*. Distorsi ini menyebabkan kualitas audio menurun dan suara menjadi kurang jernih dengan detail yang hilang atau terdengar tidak alami.

### 3.3 Frekuensi Sampling 44100 Hz

Pada percobaan ketiga, sampling input audio lagu *Wheels On The Bus* dilakukan dengan fs bernilai 44100 Hz. **Gambar 4** menampilkan hasil dari sinyal keluaran lagu yang sudah di-sampling untuk bisa diamati secara visual.



**Gambar 4.** Output audio dengan nilai fs 44100 Hz

Hasil sampling sinyal masukan dengan nilai  $f_s$  44100 Hz memiliki amplitudo maksimum bernilai 1. Pada hasil percobaan ini, penulis mendapatkan perubahan signifikan berupa kualitas sinyal keluaran yang sangat bagus. Kuat suara atau volume sudah terdengar sesuai dengan lagu di awal, setiap nada dari musik dan vokal secara keseluruhan juga sudah sangat tepat dengan *input* audio lagu *Wheels On The Bus*. Sinyal keluaran dengan frekuensi sampling 44100 telah merepresentasikan sinyal masukan audio lagu. Tidak seperti hasil pada percobaan sebelumnya, dengan nilai  $f_s$  44100 Hz sinyal masukan secara keseluruhan sudah di-sampling secara detail sehingga menghasilkan suara yang stabil dan jernih tanpa *noise*. Dengan begitu, penulis mengetahui bahwa frekuensi sampling sebenarnya dari lagu *Wheels On The Bus* adalah 44100 Hz. Seperti yang sudah dijelaskan, frekuensi Sampling Nyquist merupakan dua kali frekuensi tertinggi sinyal masukan, jadi diketahui nilai frekuensi tertinggi atau batas Nyquist dari lagu sebesar 22050 Hz, didapat dari 44100 Hz dibagi 2. Oleh karena itu, pada frekuensi 44100 Hz lagu dapat di-sampling secara tepat, sedangkan pada frekuensi kurang dari 44100 Hz masih terjadi distorsi, terlebih di frekuensi 8000 Hz. Efek aliasing sangat terdengar jelas pada frekuensi sampling 8000 Hz karena nilai frekuensi terlalu rendah untuk dapat men-sampling seluruh bagian lagu secara tepat. Batas Nyquist frekuensi sampling 8000 Hz adalah 4000 Hz, jadi dengan nilai  $f_s$  8000 Hz hanya dapat men-sampling frekuensi sinyal masukan hingga 4000 Hz. Maka dari itu, frekuensi di atas 4000 Hz pada lagu akan ter-alias menjadi frekuensi yang lebih rendah dalam spektrum hasil sampel, sehingga menurunkan kualitas dari sinyal keluaran, dan sinyal keluaran bukan merupakan representasi dari sinyal masukan lagi. Hal tersebut menjadi bukti kebenaran dari teorema sampling-Nyquist Shannon. Dengan besar amplitudo yang bernilai 1 juga telah dapat membuktikan nilai  $f_s$  44100 Hz merupakan  $f_s$  yang sebenarnya dari lagu, sebab seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa amplitudo diatur dari hasil pembagian  $f_s$  percobaan dengan  $f_s$  sebenarnya. Dengan demikian, pada percobaan ini proses sampling berhasil dilakukan tanpa menghilangkan informasi sinyal masukan sedikit pun, sudah tidak ada lagi efek aliasing, dan sinyal masukan dapat di-sampling dengan tepat tanpa terjadinya distorsi pada sinyal keluaran.

#### 4. CONCLUSION

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, pemilihan nilai frekuensi sampling memiliki pengaruh yang signifikan terhadap rekonstruksi sinyal audio. Pengamatan pengaruh *sampling rate* untuk mengidentifikasi fenomena aliasing melalui pengaruh nilai frekuensi sampling terhadap rekonstruksi sinyal audio berhasil dicapai. Pada hasil penelitian ini menunjukkan bahwa frekuensi sampling sebesar 44100 Hz dapat menyampaikan representasi sinyal audio paling akurat tanpa efek aliasing, dan menjadi bukti kebenaran dari teori frekuensi Nyquist. Nilai frekuensi sampling yang rendah, seperti 8000 Hz dan 20000 Hz, diketahui dapat menyebabkan aliasing sehingga terjadi distorsi pada sinyal keluaran, mengurangi kualitas audio, serta tidak dapat merepresentasikan sinyal asli dengan akurat.

Hasil tersebut selaras dengan teorema sampling Nyquist-Shannon, bahwa frekuensi sampling harus setidaknya dua kali lipat dari frekuensi maksimum sinyal asli untuk terhindar dari efek aliasing. Jika dijabarkan, penelitian ini berhasil memperlihatkan pada frekuensi sampling 8000 Hz terjadi aliasing yang signifikan, membuat kualitas suara menjadi sangat rendah dan banyak distorsi. Kemudian pada frekuensi sampling 20000 Hz, meskipun efek dari aliasing dapat dikatakan berkurang, masih ada sedikit *noise* yang mempengaruhi kualitas audio. Untuk frekuensi sampling 44100 Hz memberikan hasil rekonstruksi sinyal audio yang terbaik, terdengar jernih dan stabil, tanpa adanya aliasing dan distorsi, sehingga sinyal keluaran sudah merupakan representasi sinyal masukan.

#### 5. REFERENCES

- [1] E. Syam, "Analisa dan Implementasi Transformasi Analog to Digital Converter (ADC) untuk Mengkonversi Suara Kebentuk Teks," *SATIN*, vol. 3, no. 2, pp. 71–77, Jul. 2018, doi: 10.33372/stn.v3i2.369.
- [2] M. Nas and F. Ulfiah, "Pengembangan Modul Praktikum Pengolahan Sinyal Digital Menggunakan Modul TMS320C6713," *Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2022*, vol. 7, pp. 141–146, 2022.
- [3] H. Nabila and Yurdiansyah, "Pengaruh Frekuensi Sampling Terhadap Waktu dan Akurasi Penentuan Lokasi Menggunakan Metode TDOA Multilaterasi," *Journal of Informatics and Communication Technology (JICT)*, vol. 3, no. 2, pp. 74–82, 2021.
- [4] E. Por, M. van Kooten, and V. Sarkovic, "Nyquist–Shannon Sampling Theorem," *Leiden University*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4.
- [5] E. Zamiri, A. Sanchez, M. S. Martínez-García, and A. De Castro, "Analysis of the Aliasing Effect Caused in Hardware-in-the-Loop When Reading PWM Inputs of Power Converters," *International*

*Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 136, p. 107678, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.ijepes.2021.107678.

- [6] Istiqomah, Mutia, "Analisis Pengaruh Aliasing Terhadap Lagu Hati-Hati di Jalan oleh Tulus Menggunakan Matlab," *Telecommunications, Networks, Electronics, and Computer Technologies (TELNECT)*, vol. 3, no. 2, 2023.
- [7] Elfrida, Carissa, C. B. M. Manurung, D. L. Mahendro, M. H. Assidiqi, and E. Setyowati, "Analisis Pengamatan Efek Aliasing pada Audio dalam Lagu Newjeans Berjudul Hurt Menggunakan Matlab," *Telecommunications, Networks, Electronics, and Computer Technologies (TELNECT)*, vol. 3, no. 2, 2023.