

Pengenalan Peran Matematika dalam Seni Musik dan Analisis Frekuensi Lantunan Al-Qur'an di MAS Al-Khairiyah Pipitan

Tegar Aji Sukma Bestari¹, Euis Aprianti², Hirawati Lubis³

^{1,2,3} Universitas Pamulang, Indonesia

Received : 08 September 2026, Revised : 23 September 2026, Published : 01 Oktober 2026

Corresponding Author

Nama Penulis: Tegar Aji Sukma Bestari

E-mail: tegarajisukma@unpam.ac.id

Abstrak

Musik dan matematika sering dipandang sebagai dua bidang yang berbeda, dengan musik identik dengan emosi dan ekspresi estetis, sedangkan matematika menekankan logika, ketepatan, dan struktur. Namun, fenomena musikal pada dasarnya memiliki keterkaitan erat dengan prinsip-prinsip matematika, seperti Transformasi Fourier, teori harmonik, rasio numerik, dan analisis gelombang. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan memperkenalkan keterkaitan tersebut kepada siswa MAS Al-Khairiyah Pipitan, dengan menekankan penerapan matematika dalam memahami pembacaan Al-Qur'an. Kegiatan membahas aspek matematis maqām, kontur melodi, dan pola frekuensi dalam tilawah melalui penyampaian materi, demonstrasi analisis sinyal musik menggunakan Python, serta diskusi interaktif. Kegiatan ini dirancang untuk menunjukkan bagaimana konsep matematika dapat digunakan dalam memahami fenomena budaya dan spiritual yang dekat dengan kehidupan siswa. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan pemahaman siswa mengenai struktur matematis bunyi serta meningkatnya ketertarikan terhadap matematika terapan. Kegiatan ini menunjukkan bahwa integrasi matematika dengan musik dan tilawah dapat menjadi pendekatan pembelajaran yang menarik dalam menghubungkan konsep matematika dengan pengalaman budaya dan spiritual siswa.

Kata kunci - analisis frekuensi, harmonik musik, maqām al-quran, matematika terapan, transformasi fourier

Abstract

Music and mathematics are often perceived as belonging to different realms, with music associated with emotion and aesthetic expression, while mathematics emphasizes logic, precision, and structure. However, musical phenomena are fundamentally connected to mathematical principles, including Fourier transforms, harmonic theory, numerical ratios, and wave analysis. This community engagement program aimed to introduce these connections to students of MAS Al-Khairiyah Pipitan, with particular emphasis on the application of mathematics to Qur'anic recitation. The activities explored mathematical aspects of maqām, melodic contour, and frequency patterns in tilawah through lectures, demonstrations of musical signal analysis using Python, and interactive discussions. The program was designed to demonstrate how mathematical concepts can be used to interpret familiar cultural and spiritual phenomena. Evaluation results indicated an increase in students' understanding of the mathematical structure of sound and greater interest in applied mathematics. The activity demonstrates that integrating mathematics with music and Qur'anic recitation can provide an engaging pedagogical approach, connecting abstract mathematical concepts with students' cultural and spiritual experiences and enhancing their perception of mathematics as relevant to everyday life.

Keywords - applied mathematics, fourier transform, frequency analysis, musical harmonics, qur'anic maqām

How To Cite : Bestari, T. A. S., Aprianti, E., & Lubis, H. (2026). Pengenalan Peran Matematika dalam Seni Musik dan Analisis Frekuensi Lantunan Al-Qur'an di MAS Al-Khairiyah Pipitan. Jurnal Pengabdian Masyarakat Mentari, 3(3), 358 - 368. <https://doi.org/10.59837/jpmm.v3i2.412>

Copyright ©2026 Tegar Aji Sukma Bestari, Euis Aprianti, Hirawati Lubis

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

PENDAHULUAN

Matematika sering dipersepsikan sebagai bidang yang abstrak, penuh simbol, dan relatif jauh dari pengalaman kehidupan sehari-hari siswa. Kondisi tersebut menjadi tantangan dalam pembelajaran karena pemahaman matematika tidak hanya membutuhkan penguasaan prosedur, tetapi juga kemampuan melihat keterkaitan konsep dengan fenomena nyata. Salah satu fenomena yang dekat dengan kehidupan siswa adalah musik. Musik dan matematika memiliki hubungan yang dapat ditemukan melalui pola, rasio, proporsi, ritme, struktur, frekuensi, dan gelombang. Kajian mengenai hubungan matematika dan musik menunjukkan bahwa kedua bidang tersebut memiliki berbagai kemungkinan untuk diintegrasikan dalam pembelajaran, baik melalui penggunaan konsep musikal untuk menjelaskan matematika maupun pemanfaatan matematika untuk menganalisis fenomena musikal (Alves Pereira et al., 2022; Azaryahu et al., 2024; Bestari et al., 2026; Korhonen, 2022; Oliveira, 2023). Hubungan tersebut juga dapat dikembangkan dalam pendekatan pembelajaran interdisipliner yang menghubungkan pengalaman musikal dengan proses matematisasi dan pemahaman konseptual siswa (Rinholm et al., 2023; Viñas et al., 2022).

Berbagai penelitian empiris menunjukkan bahwa integrasi musik dan matematika memiliki potensi dalam mendukung proses pembelajaran. (Lovemore et al., 2021), misalnya, menunjukkan bahwa integrasi nilai-nilai notasi musik dalam pembelajaran pecahan dapat memberikan pengalaman belajar matematika yang lebih bermakna. (Abu Bakar & Samsudin, 2021) juga menunjukkan bahwa penggunaan musik dan gerakan dalam pembelajaran matematika dapat membantu meningkatkan keterlibatan siswa dan mendukung pemahaman matematika awal. Kajian literatur oleh (Nasrifan et al., 2021) juga menunjukkan berbagai bentuk integrasi aktivitas musikal dalam pengajaran matematika. Pada tingkat yang lebih luas, meta-analisis (Wang et al., 2024) terhadap 23 studi dengan 49 ukuran efek menemukan adanya pengaruh positif integrasi musik terhadap pembelajaran matematika. (Akin, 2023) , melalui meta-analisis terhadap 245 studi dengan 77.595 peserta, juga menemukan efek positif intervensi musik terhadap pencapaian matematika dan menunjukkan bahwa intervensi yang secara langsung mengintegrasikan musik dan matematika memiliki efek yang lebih kuat dibandingkan penggunaan musik yang tidak secara langsung terkait dengan materi matematika. Temuan tersebut memperkuat argumentasi bahwa musik dapat ditempatkan bukan sekadar sebagai hiburan dalam pembelajaran, tetapi sebagai konteks untuk membantu siswa memahami struktur dan konsep matematis. Bukti empiris mengenai hubungan musik dan kemampuan matematis juga menunjukkan hasil yang beragam. (Incognito et al., 2021) , melalui program pendidikan musik selama enam bulan pada anak usia dini, menemukan peningkatan pada kesadaran metamusikal dan kemampuan notasi, meskipun tidak menemukan peningkatan yang signifikan pada kemampuan logis-matematis. Temuan tersebut menunjukkan bahwa hubungan musik dan matematika perlu dipahami secara kontekstual dan tidak selalu menghasilkan transfer kemampuan secara otomatis.

Permasalahan tersebut relevan dengan kondisi siswa di MAS Al-Khairiyah Pipitan. Berdasarkan komunikasi awal dengan pihak mitra dan diskusi informal dengan sejumlah siswa, diperoleh gambaran bahwa matematika masih sering dipahami terutama sebagai mata pelajaran yang berkaitan dengan rumus, perhitungan, dan penyelesaian soal. Siswa belum banyak memperoleh pengalaman yang menunjukkan bahwa konsep matematika dapat digunakan untuk memahami fenomena yang dekat dengan kehidupan mereka. Pada saat yang sama, musik dan lantunan Al-Qur'an merupakan bagian yang dekat dengan lingkungan siswa, tetapi hubungan antara bunyi yang mereka dengarkan dengan konsep matematika seperti frekuensi, gelombang, harmonik, dan spektrum belum banyak mereka sadari. Dalam diskusi awal, ketertarikan siswa mulai terlihat ketika diperkenalkan dengan gagasan bahwa tinggi-rendah bunyi, perubahan nada, dan karakter suara dapat divisualisasikan serta dianalisis secara matematis. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara kondisi yang diharapkan, yaitu siswa mampu memandang matematika sebagai ilmu yang aplikatif dan kontekstual, dengan pengalaman belajar yang masih cenderung berorientasi pada konsep dan prosedur. Karena informasi kondisi awal diperoleh melalui komunikasi dan diskusi informal,

kegiatan ini tidak menggeneralisasikan temuan tersebut sebagai kondisi seluruh siswa, tetapi menggunakannya sebagai dasar perancangan program pengabdian.

Pendekatan kontekstual melalui musik memiliki relevansi khusus bagi lingkungan pendidikan karena memungkinkan konsep matematis diperkenalkan melalui pengalaman yang bersifat konkret dan multimodal. (Korhonen, 2022) menunjukkan bahwa konsep seperti pecahan, interval, gelombang bunyi, logaritma, dan eksponen dapat ditemukan dalam hubungan antara matematika dan musik. Sementara itu, kajian (Oliveira, 2023) melalui tinjauan sistematis menunjukkan bahwa integrasi musik dan matematika telah dikembangkan melalui berbagai pendekatan pembelajaran dan tema matematis. (Azaryahu et al., 2024) juga menunjukkan bahwa matematikawan, musisi, dan pendidik melihat matematika dan musik sebagai dua bidang yang memiliki keterkaitan pada struktur, pola, kreativitas, serta peluang pembelajaran lintas disiplin. Dengan demikian, pendekatan berbasis musik dapat menjadi salah satu cara untuk memperlihatkan kepada siswa bahwa matematika tidak berdiri sendiri sebagai kumpulan simbol, tetapi dapat digunakan untuk membaca struktur fenomena di sekitar mereka.

Selain musik secara umum, lantunan Al-Qur'an memiliki potensi khusus sebagai konteks pembelajaran bagi siswa madrasah. Tilawah merupakan bentuk suara yang memiliki karakteristik akustik dan prosodik yang dapat diamati melalui parameter seperti frekuensi, durasi, intensitas, dan karakteristik spektral. Perkembangan teknologi pemrosesan suara menunjukkan bahwa bacaan Al-Qur'an telah menjadi objek penelitian dalam bidang *speech processing*, pengenalan suara, analisis akustik, dan pembelajaran mesin. (Samara et al., 2023), misalnya, menggunakan Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) dan *deep learning* untuk mengenali qari berdasarkan karakteristik suara. (Ghori et al., 2022) mengembangkan *acoustic modelling* berbasis *deep learning* untuk membantu analisis bacaan Al-Qur'an, sedangkan (Saber et al., 2024) menggunakan pendekatan *deep learning* untuk identifikasi qari. (Faizan et al., 2024) melakukan analisis fitur berbasis Mel-frequency terhadap sinyal audio dalam konteks pembacaan Al-Qur'an, dengan memanfaatkan karakteristik seperti MFCC dan Mel-spectrum. Penelitian lain oleh (Alfadhli et al., 2024) mengembangkan model pengenalan bacaan Al-Qur'an berbasis arsitektur *Bidirectional LSTM* dan pendekatan CTC/attention. Pendekatan lintas disiplin juga sejalan dengan pengembangan pembelajaran berbasis STEAM yang menempatkan matematika dalam hubungan dengan bidang lain. Kajian terhadap implementasi STEAM berbasis proyek menunjukkan bahwa pendekatan lintas disiplin dapat menciptakan lingkungan belajar yang mendorong diskusi, pemecahan masalah, dan persepsi positif terhadap matematika, meskipun integrasi tersebut tetap membutuhkan perhatian agar konsep matematis tidak kehilangan kedalaman konseptual (Piñero et al., 2021). Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa informasi yang terkandung dalam suara tilawah dapat direpresentasikan dan dianalisis secara kuantitatif melalui teknologi komputasi.

Kajian mengenai tilawah juga menunjukkan bahwa aspek akustik dapat digunakan untuk memahami karakteristik bacaan secara lebih terukur. (Meliyani et al., 2024) melakukan analisis akustik terhadap tekanan pada partikel ما /ma:/ dalam pembacaan Al-Qur'an oleh penutur non-Arab dan menunjukkan bahwa karakteristik prosodik dapat dianalisis melalui parameter akustik. Selain itu, (Osman et al., 2024) mengembangkan pendekatan *deep learning* untuk mengenali aturan tertentu dalam tajwid, sedangkan (Ghori et al., 2022) menunjukkan pemanfaatan pemodelan akustik dalam pengembangan sistem bantuan pembelajaran bacaan Al-Qur'an. Penelitian-penelitian tersebut memberikan landasan bahwa suara tilawah tidak hanya dapat dipahami dari sisi linguistik dan keagamaan, tetapi juga dapat diamati sebagai sinyal suara yang memiliki struktur temporal dan frekuensi. Bahkan, Analisis terhadap karakteristik suara bacaan Al-Qur'an juga telah dilakukan melalui pendekatan akustik dan spektral. (Ismail et al., 2021), misalnya, menggunakan analisis spektrogram untuk mengamati karakteristik suara Surah Al-Fatihah dan menemukan pola ritmis serta distribusi energi yang dapat diamati secara visual. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa karakteristik bunyi

dalam tilawah dapat direpresentasikan dalam bentuk sinyal dan spektrum, sehingga berpotensi digunakan sebagai konteks untuk memperkenalkan konsep frekuensi dan analisis bunyi kepada siswa.

Meskipun penelitian mengenai hubungan matematika dan musik serta penelitian mengenai analisis akustik bacaan Al-Qur'an telah berkembang, kedua pendekatan tersebut umumnya dikaji dalam konteks yang berbeda. Kajian matematika dan musik terutama berfokus pada integrasi musik sebagai konteks pembelajaran matematika, pengembangan pembelajaran interdisipliner, atau penggunaan struktur matematika untuk memahami musik (Alves Pereira et al., 2022; Lovemore et al., 2021; Oliveira, 2023; Wang et al., 2024). Sebaliknya, penelitian mengenai suara Al-Qur'an lebih banyak diarahkan pada pengenalan qari, pengenalan bacaan, deteksi kesalahan tajwid, dan pengembangan sistem pemrosesan suara berbasis kecerdasan buatan (Alfadhli et al., 2024; Ghorri et al., 2022; Saber et al., 2024; Samara et al., 2023). Dengan demikian, masih terdapat ruang untuk mengembangkan pendekatan pengabdian yang menjadikan analisis matematis terhadap bunyi sebagai jembatan antara pembelajaran matematika, musik, teknologi komputasi, dan konteks spiritual siswa.

Kebaruan kegiatan pengabdian ini terletak pada integrasi matematika, musik, analisis sinyal suara, dan lantunan Al-Qur'an dalam satu pengalaman pembelajaran kontekstual bagi siswa madrasah. Konsep frekuensi, gelombang, harmonik, dan spektrum tidak hanya disampaikan melalui definisi dan persamaan, tetapi juga diperlihatkan melalui visualisasi sinyal menggunakan Python sehingga siswa dapat menghubungkan fenomena bunyi yang mereka kenal dengan representasi matematis dan komputasional. Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan ini bertujuan memperkenalkan keterkaitan matematika, musik, dan lantunan Al-Qur'an serta memberikan pemahaman awal mengenai struktur matematis bunyi. Solusi yang diberikan meliputi pengenalan konsep dasar bunyi dan frekuensi, demonstrasi sinyal pada domain waktu dan frekuensi menggunakan Python, serta diskusi mengenai frekuensi, harmonik, kontur melodi, dan karakteristik suara dalam tilawah. Kegiatan diharapkan memberikan pengalaman belajar matematika yang lebih aplikatif, meningkatkan ketertarikan siswa terhadap matematika terapan dan teknologi komputasi, serta menghubungkan aspek ilmiah dengan konteks budaya dan spiritual. Luaran kegiatan berupa pemahaman awal peserta yang dievaluasi secara deskriptif melalui observasi dan pertanyaan lisan, tersedianya materi edukasi matematika berbasis musik dan tilawah, serta dokumentasi kegiatan sebagai bahan diseminasi praktik pembelajaran matematika kontekstual.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan pada 10 Oktober 2024 di MAS Al-Khairiyah Pipitan, Kota Serang, Banten, dengan sasaran 43 siswa kelas XI dan XII. Kegiatan bertujuan memperkenalkan keterkaitan matematika, musik, dan karakteristik bunyi pada lantunan Al-Qur'an melalui pendekatan kontekstual, demonstratif, dan partisipatif. Tim dosen Universitas Pamulang berperan sebagai pelaksana dan fasilitator, sedangkan pihak sekolah mendukung koordinasi peserta, penyediaan tempat dan fasilitas, serta kelancaran teknis kegiatan.

Identifikasi permasalahan dilakukan melalui komunikasi awal dengan pihak mitra dan diskusi informal dengan sejumlah siswa. Diperoleh gambaran bahwa matematika masih cenderung dipahami sebagai materi yang berkaitan dengan rumus dan perhitungan, sementara penerapannya pada fenomena yang dekat dengan kehidupan siswa, seperti musik dan bunyi, belum banyak diperkenalkan. Berdasarkan kondisi tersebut, intervensi diberikan dalam bentuk edukasi dan demonstrasi penerapan konsep matematika pada analisis bunyi. Materi mencakup gelombang, frekuensi, amplitudo, fase, harmonik, hubungan frekuensi dengan tinggi nada, dan pengantar Transformasi Fourier. Materi kemudian dikaitkan dengan karakteristik suara manusia dan lantunan Al-Qur'an, termasuk pengenalan maqām Bayyati, Hijaz, dan Rast pada tingkat konseptual. Pembahasan maqām tidak diarahkan untuk melakukan klasifikasi profesional atau penilaian kualitas tilawah.

Pelaksanaan kegiatan diawali dengan penyampaian konsep dasar matematika dan bunyi, dilanjutkan dengan demonstrasi superposisi gelombang dan Transformasi Fourier menggunakan Python. Sinyal sintesis yang terdiri atas frekuensi 440 Hz dan 660 Hz ditampilkan dalam domain waktu dan kemudian diubah ke domain frekuensi untuk memperlihatkan puncak spektrum pada kedua frekuensi tersebut. Selanjutnya, konsep tersebut dihubungkan dengan karakteristik akustik lantunan Al-Qur'an melalui contoh audio dan penjelasan mengenai frekuensi fundamental, harmonik, serta perubahan kontur nada. Kegiatan dilanjutkan dengan diskusi dan pendampingan untuk memberikan kesempatan kepada peserta mengajukan pertanyaan dan mengklarifikasi konsep yang belum dipahami.

Media yang digunakan meliputi bahan presentasi, contoh audio, ilustrasi gelombang, laptop, proyektor, perangkat audio, dan skrip Python untuk analisis sinyal. Monitoring dilakukan selama kegiatan melalui observasi terhadap keterlibatan peserta. Evaluasi dilakukan secara deskriptif melalui observasi dan pertanyaan lisan pada akhir kegiatan. Aspek yang dievaluasi meliputi pemahaman konsep frekuensi dan hubungannya dengan tinggi nada, pemahaman representasi bunyi dalam domain waktu dan frekuensi, keterlibatan dalam demonstrasi dan diskusi, serta ketertarikan terhadap penerapan matematika dan teknologi. Data evaluasi dikelompokkan secara deskriptif berdasarkan aspek pemahaman, keterlibatan, dan ketertarikan. Karena kegiatan tidak menggunakan pre-test dan post-test, evaluasi tidak digunakan untuk mengukur peningkatan kemampuan secara statistik.

Keberhasilan kegiatan ditentukan berdasarkan keterlaksanaan program, keterlibatan peserta, kemampuan menjelaskan konsep dasar frekuensi, pemahaman sederhana mengenai gelombang dan spektrum frekuensi, serta ketertarikan terhadap penerapan matematika dalam musik dan lantunan Al-Qur'an. Sebagai bentuk keberlanjutan, materi dapat dikembangkan melalui kegiatan pendampingan analisis audio sederhana dan visualisasi sinyal menggunakan Python. Rangkaian kegiatan tersebut dirancang agar dapat direplikasi pada lingkungan pendidikan dengan karakteristik peserta dan kebutuhan pembelajaran yang serupa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

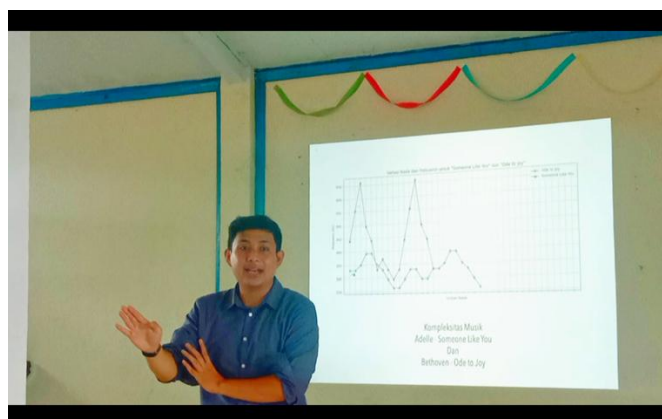
Kegiatan pengabdian kepada masyarakat mengenai peran matematika dalam musik dan penerapannya pada analisis bunyi lantunan Al-Qur'an dilaksanakan di MAS Al-Khairiyah Pipitan dengan melibatkan 43 siswa kelas XI dan XII. Kegiatan dirancang untuk memperkenalkan hubungan antara konsep matematika, karakteristik bunyi, dan teknologi analisis sinyal melalui pendekatan yang kontekstual. Capaian kegiatan dievaluasi secara deskriptif berdasarkan hasil observasi selama kegiatan dan respons peserta terhadap pertanyaan lisan yang diberikan setelah penyampaian materi dan demonstrasi. Dengan demikian, capaian yang disajikan dalam bagian ini tidak dimaknai sebagai peningkatan kemampuan yang signifikan secara statistik, karena kegiatan tidak menggunakan desain pre-test dan post-test.

Berdasarkan hasil observasi, peserta dapat mengikuti seluruh rangkaian kegiatan yang meliputi penyampaian materi, demonstrasi visualisasi gelombang, analisis sinyal menggunakan Python, serta diskusi mengenai karakteristik bunyi dan lantunan Al-Qur'an. Keterlibatan peserta terutama terlihat pada saat pemateri menghubungkan konsep matematika dengan fenomena bunyi yang dapat didengar secara langsung. Pada tahap awal, peserta diperkenalkan dengan konsep frekuensi, amplitudo, fase, gelombang sinus, dan hubungan antara frekuensi dengan tinggi-rendah nada. Pertanyaan lisan yang diberikan selama kegiatan digunakan untuk mengetahui apakah peserta dapat menghubungkan konsep tersebut dengan contoh bunyi yang diberikan. Respons peserta menunjukkan bahwa konsep frekuensi lebih mudah dipahami ketika tidak hanya disampaikan melalui definisi, tetapi juga dikaitkan dengan perubahan tinggi-rendah suara dan ditampilkan dalam bentuk visual.

Temuan tersebut menunjukkan pentingnya penggunaan konteks yang familiar dalam memperkenalkan konsep matematika yang relatif abstrak. Dalam kegiatan ini, musik berfungsi sebagai

konteks untuk memperlihatkan bahwa hubungan matematis dapat ditemukan pada fenomena yang sehari-hari didengar oleh peserta. Hubungan antara matematika dan musik memang telah banyak dibahas dalam literatur pendidikan. Wang, Zhang, dan Mao (2024), misalnya, melalui meta-analisis terhadap 23 studi dengan 49 effect sizes, menunjukkan adanya hubungan positif antara integrasi musik dan pembelajaran matematika, meskipun besarnya pengaruh dipengaruhi oleh karakteristik intervensi dan peserta. Temuan tersebut mendukung penggunaan musik sebagai konteks pembelajaran, tetapi tidak berarti bahwa setiap kegiatan berbasis musik secara otomatis menghasilkan peningkatan kemampuan matematika. Hal tersebut juga sejalan dengan Incognito, Scaccioni, dan Pinto (2022), yang menemukan bahwa program pendidikan musik dapat memberikan dampak pada kesadaran musikal dan keterampilan notasi, tetapi tidak menunjukkan peningkatan yang sama pada kemampuan logis-matematis. Dengan demikian, kontribusi kegiatan ini lebih tepat ditempatkan sebagai upaya memperluas pengalaman belajar matematika melalui konteks musik daripada sebagai bukti peningkatan kemampuan matematika secara umum.

Salah satu bagian kegiatan yang digunakan untuk memperjelas hubungan antara matematika dan bunyi adalah demonstrasi superposisi gelombang. Peserta diperlihatkan bahwa beberapa gelombang sinus dengan frekuensi berbeda dapat dijumlahkan sehingga menghasilkan bentuk gelombang yang lebih kompleks. Demonstrasi tersebut memberikan dasar untuk menjelaskan bahwa suatu bunyi tidak selalu tersusun atas satu komponen frekuensi. Dalam konteks suara manusia maupun alat musik, karakteristik bunyi dapat berkaitan dengan kombinasi frekuensi fundamental dan komponen harmoniknya. Penjelasan ini membantu menggeser pemahaman peserta dari pandangan bahwa bunyi hanya merupakan sesuatu yang didengar menuju pemahaman bahwa bunyi juga dapat direpresentasikan sebagai sinyal yang memiliki struktur matematis.



Gambar 1. Penyampaian materi grafik kompleksitas musik

Demonstrasi Transformasi Fourier menjadi bagian penting dalam kegiatan karena memberikan representasi visual dari perubahan domain waktu ke domain frekuensi. Untuk memastikan hubungan antara konsep dan hasil visual dapat dijelaskan secara langsung, digunakan sinyal sintesis yang terdiri atas dua komponen sinusoidal, yaitu 440 Hz dan 660 Hz. Pada domain waktu, hasil superposisi kedua komponen tersebut menghasilkan bentuk gelombang yang lebih kompleks dibandingkan masing-masing gelombang penyusunnya. Setelah dilakukan Transformasi Fourier, representasi domain frekuensi memperlihatkan puncak pada sekitar 440 Hz dan 660 Hz. Karena kedua frekuensi tersebut sengaja ditentukan dalam sinyal masukan, kemunculan kedua puncak tersebut merupakan hasil yang dapat diverifikasi secara langsung dari demonstrasi.

Hasil demonstrasi tersebut memberikan contoh konkret mengenai fungsi Transformasi Fourier sebagai metode untuk mengidentifikasi komponen frekuensi suatu sinyal. Peserta tidak hanya melihat persamaan atau grafik secara terpisah, tetapi dapat mengikuti hubungan antara tiga bentuk

representasi, yaitu bunyi atau sinyal sebagai fenomena awal, gelombang sebagai representasi pada domain waktu, dan spektrum sebagai representasi pada domain frekuensi. Dari sisi pedagogis, hubungan tersebut menjadi penting karena konsep transformasi yang secara matematis cukup abstrak dapat diperkenalkan melalui perubahan bentuk representasi yang dapat diamati secara visual.

Penggunaan Python dalam demonstrasi juga memberikan dimensi tambahan pada kegiatan. Python tidak diberikan sebagai materi pemrograman yang berdiri sendiri, tetapi digunakan sebagai alat untuk memperlihatkan proses analisis sinyal. Peserta dapat melihat bahwa perhitungan matematis yang sebelumnya diperkenalkan secara konseptual dapat diterapkan untuk menghasilkan visualisasi yang dapat diamati. Pendekatan semacam ini memperlihatkan potensi pembelajaran matematika berbasis teknologi karena konsep tidak berhenti pada manipulasi simbol, tetapi dapat digunakan untuk menganalisis fenomena nyata.

Hasil evaluasi deskriptif menunjukkan bahwa tujuan pengenalan konsep dasar dapat diamati melalui respons peserta terhadap pertanyaan lisan. Beberapa peserta mampu menjelaskan kembali bahwa frekuensi berkaitan dengan tinggi-rendah nada dan bahwa spektrum frekuensi dapat digunakan untuk melihat komponen frekuensi yang terdapat dalam suatu sinyal. Pada saat demonstrasi Fourier, peserta juga dapat mengidentifikasi bahwa dua puncak pada grafik spektrum berkaitan dengan dua frekuensi yang digunakan untuk membentuk sinyal. Capaian tersebut menunjukkan adanya pemahaman awal terhadap konsep yang diperkenalkan. Namun, karena evaluasi tidak menggunakan instrumen tes terstandar dan tidak dilakukan pengukuran sebelum dan sesudah kegiatan, temuan tersebut tidak digunakan untuk menyimpulkan adanya peningkatan kemampuan secara kuantitatif.

Konteks lantunan Al-Qur'an digunakan pada bagian selanjutnya sebagai contoh penerapan konsep analisis bunyi. Peserta diperkenalkan pada gagasan bahwa rekaman lantunan Al-Qur'an, seperti halnya sinyal suara lainnya, dapat direpresentasikan dalam bentuk gelombang dan dianalisis berdasarkan karakteristik frekuensinya. Penggunaan konteks tersebut memiliki dasar dalam penelitian sebelumnya. Faizan et al. (2024), misalnya, menunjukkan bahwa audio lantunan Al-Qur'an dapat dianalisis menggunakan fitur berbasis Mel-frequency dan Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC). Penelitian lain oleh Ismail et al. (2023) juga menggunakan analisis spektrogram dengan perangkat lunak Praat untuk mengkaji karakteristik suara dalam rekaman Surah Al-Fatihah. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa lantunan Al-Qur'an dapat menjadi objek kajian akustik dan komputasional, meskipun metode analisis yang digunakan berbeda dengan demonstrasi sederhana dalam kegiatan pengabdian ini.



Gambar 2. Pemutaran musik untuk membandingkan kompleksitas nada

Perbedaan tersebut penting untuk ditegaskan. Dalam kegiatan pengabdian ini, analisis Fourier dengan sinyal 440 Hz dan 660 Hz digunakan sebagai demonstrasi konsep, bukan sebagai hasil analisis kuantitatif terhadap rekaman tilawah peserta. Contoh lantunan Al-Qur'an digunakan untuk

menjelaskan bahwa konsep yang telah diperkenalkan dapat diterapkan pada sinyal suara yang lebih kompleks. Oleh karena itu, nilai frekuensi fundamental tertentu, distribusi harmonik, atau karakteristik maqām tidak dilaporkan sebagai hasil pengukuran kegiatan karena tidak dilakukan prosedur pengukuran dan ekstraksi fitur secara khusus terhadap rekaman tilawah.

Pembahasan mengenai maqām juga ditempatkan pada tingkat pengenalan. Peserta diperkenalkan pada gagasan bahwa pola perubahan tinggi-rendah nada dalam lantunan dapat dipandang sebagai bagian dari karakteristik melodi yang dapat direpresentasikan secara akustik. Penjelasan tersebut memberikan jembatan antara pengalaman musikal peserta dan konsep matematis mengenai perubahan frekuensi terhadap waktu. Namun, kegiatan ini tidak melakukan identifikasi maqām secara algoritmik maupun validasi oleh ahli qira'at atau musik Arab. Oleh karena itu, pembahasan mengenai Bayyati, Hijaz, dan Rast digunakan sebagai konteks edukatif dan tidak diposisikan sebagai hasil klasifikasi ilmiah terhadap rekaman tertentu.

Dari sisi keterlibatan peserta, penggunaan contoh audio dan visualisasi menjadi salah satu faktor yang mendukung interaksi selama kegiatan. Materi yang semula berpotensi dipersepsikan abstrak menjadi lebih mudah didiskusikan ketika dikaitkan dengan suara yang dapat didengar dan grafik yang dapat diamati. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Azaryahu, Ariel, dan Leikin (2024) yang menunjukkan bahwa hubungan antara matematika dan musik dapat dipandang melalui berbagai bentuk keahlian dan pengalaman. Dalam konteks kegiatan ini, keterkaitan tersebut tidak diberikan sebagai teori semata, tetapi diperlihatkan melalui pengalaman konkret berupa bunyi, grafik, dan demonstrasi komputasional.

Meskipun demikian, hasil kegiatan juga perlu dipahami secara kritis. Salah satu faktor pendukung utama adalah kedekatan konteks musik dan lantunan Al-Qur'an dengan pengalaman peserta. Konteks tersebut membuat konsep frekuensi dan gelombang tidak sepenuhnya bersifat abstrak karena peserta dapat menghubungkannya dengan suara yang mereka kenal. Penggunaan visualisasi Python juga mendukung penyampaian konsep karena perubahan dari domain waktu ke domain frekuensi dapat ditampilkan secara langsung.

Di sisi lain, terdapat beberapa keterbatasan. Pertama, durasi kegiatan yang terbatas menyebabkan materi Transformasi Fourier hanya dapat diperkenalkan pada tingkat konseptual dan demonstratif. Peserta belum memperoleh kesempatan untuk melakukan analisis sinyal secara mandiri. Kedua, kemampuan matematika dan pengalaman peserta terhadap teknologi kemungkinan tidak seragam sehingga kedalaman pemahaman yang diperoleh peserta dapat berbeda. Ketiga, evaluasi yang digunakan bersifat deskriptif dan tidak menggunakan pre-test dan post-test, sehingga kegiatan ini belum dapat digunakan untuk mengestimasi besarnya perubahan kemampuan peserta secara kuantitatif. Keempat, analisis lantunan Al-Qur'an belum dilakukan secara sistematis menggunakan data audio terukur, sehingga pembahasan spektral pada bagian tersebut masih berada pada tingkat pengenalan konsep.

Keterbatasan tersebut sekaligus memberikan arah pengembangan kegiatan berikutnya. Program lanjutan dapat menggunakan instrumen evaluasi yang lebih terstruktur, misalnya tes konseptual sebelum dan sesudah kegiatan, lembar observasi dengan skala penilaian yang jelas, serta kuesioner respons peserta. Apabila kegiatan diarahkan lebih jauh pada analisis tilawah, rekaman audio dapat dianalisis secara sistematis menggunakan parameter seperti frekuensi fundamental, spectral centroid, MFCC, atau kontur frekuensi terhadap waktu. Dengan demikian, kegiatan selanjutnya dapat menggabungkan evaluasi pedagogis dengan analisis sinyal yang lebih terukur.

Secara keseluruhan, capaian utama kegiatan ini terletak pada terbentuknya pengalaman awal peserta dalam melihat matematika sebagai alat untuk merepresentasikan dan menganalisis fenomena bunyi. Berdasarkan observasi dan respons lisan selama kegiatan, peserta dapat mengikuti hubungan dasar antara frekuensi, gelombang, dan spektrum serta mengenali fungsi sederhana Transformasi Fourier melalui demonstrasi sinyal 440 Hz dan 660 Hz. Kegiatan juga berhasil memperkenalkan lantunan Al-Qur'an sebagai konteks yang dapat digunakan untuk menjelaskan penerapan analisis

bunyi tanpa mengklaim telah melakukan pengukuran spektral atau klasifikasi maqām secara profesional. Dengan posisi tersebut, kontribusi kegiatan bukan terletak pada pembuktian efektivitas pembelajaran secara eksperimental, melainkan pada pengembangan pengalaman belajar kontekstual yang mempertemukan matematika, teknologi, musik, dan konteks keislaman.

Temuan kegiatan menunjukkan bahwa pendekatan interdisipliner semacam ini memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi program edukasi yang lebih terstruktur. Namun, pengembangan berikutnya perlu disertai instrumen evaluasi yang lebih kuat agar perubahan pemahaman peserta dapat diukur secara kuantitatif dan analisis sinyal lantunan Al-Qur'an dapat dilakukan berdasarkan data audio yang terdokumentasi. Dengan demikian, kegiatan pengabdian berikutnya tidak hanya memberikan pengalaman pengenalan konsep, tetapi juga dapat menghasilkan bukti capaian yang lebih kuat serta luaran pembelajaran yang dapat dievaluasi dan direplikasi.



Gambar 3. Foto bersama pemateri, guru dan murid.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat di MAS Al-Khairiyah Pipitan telah memberikan pengalaman belajar kontekstual mengenai keterkaitan matematika, musik, dan karakteristik bunyi lantunan Al-Qur'an. Berdasarkan hasil observasi dan evaluasi melalui pertanyaan lisan, peserta dapat memahami konsep dasar frekuensi, hubungan frekuensi dengan tinggi nada, representasi bunyi dalam domain waktu dan frekuensi, serta fungsi sederhana Transformasi Fourier melalui demonstrasi sinyal. Kegiatan juga menunjukkan keterlibatan dan ketertarikan peserta ketika konsep matematika disampaikan melalui contoh musik, visualisasi gelombang, dan analisis menggunakan Python.

Kegiatan ini belum dapat digunakan untuk menyimpulkan peningkatan kemampuan secara statistik karena evaluasi tidak menggunakan pre-test dan post-test. Namun, capaian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan kontekstual dapat digunakan sebagai alternatif untuk memperkenalkan konsep matematika yang relatif abstrak melalui fenomena yang dekat dengan pengalaman peserta didik. Penggunaan lantunan Al-Qur'an sebagai konteks juga memberikan ruang untuk memperkenalkan hubungan antara matematika, teknologi, dan karakteristik bunyi tanpa mengubah kegiatan menjadi penilaian terhadap kualitas tilawah atau klasifikasi maqām secara profesional.

Pengembangan program pengabdian lanjutan dapat diarahkan pada penggunaan instrumen evaluasi yang lebih terstruktur, seperti pre-test dan post-test, lembar observasi berskala, serta kuesioner respons peserta. Dari sisi materi, kegiatan dapat dikembangkan menjadi pendampingan analisis audio sederhana menggunakan Python sehingga peserta tidak hanya mengamati demonstrasi,

tetapi juga dapat melakukan eksplorasi sinyal secara mandiri. Pengembangan tersebut diharapkan dapat memperkuat keberlanjutan program sekaligus menghasilkan capaian kegiatan yang dapat diukur secara lebih sistematis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Pamulang melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) bersama MAS Al-Khairiyah Pipitan yang telah mendukung pelaksanaan kegiatan pengabdian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu Bakar, K., & Samsudin, M. (2021). Teaching Young Children Early Mathematics through Music and Movement. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20, 271–281. <https://doi.org/10.26803/ijlter.20.5.15>
- Akin, A. (2023). Let me make mathematics and music together: A meta-analysis of the causal role of music interventions on mathematics achievement. *Educational Studies*, 51. <https://doi.org/10.1080/03055698.2023.2216826>
- Alfadhli, S., Alharbi, H., & Cherif, A. (2024). qArI: A Hybrid CTC/Attention-Based Model for Quran Recitation Recognition Using Bidirectional LSTM in an End-to-End Architecture. *IEEE Access*, 12, 95762–95777. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3425273>
- Alves Pereira, B., Alves Pereira, S., & Linardi, P. (2022). Educação Matemática E Música: Uma Rede De Possibilidades. *Educação Em Foco*, 27, 27041. <https://doi.org/10.34019/2447-5246.2022.v27.36886>
- Azaryahu, L., Ariel, I., & Leikin, R. (2024). Interplay between music and mathematics in the eyes of the beholder: focusing on differing types of expertise. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03631-z>
- Bestari, T., Aprianti, E., Lubis, H., & Zahra, N. (2026). Edukasi Interpretasi Data untuk Menghindari Misinformasi Statistik pada Siswa SMAN 5 Serang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Undana*, 20(1 SE-Articles). <https://doi.org/10.35508/jpkmlppm.v20i1.28060>
- Faizan, M., Arif, M., Chattha, J., & Butt, F. (2024). Mel-Frequency-based Feature Analysis of Audio Signals in the Context of Holy Quran Recitation. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 49, 6971–6979. <https://doi.org/10.1007/s13369-023-08555-5>
- Ghori, A., Waheed, A., Waqas, M., Mehmood, A., & Abbas, D.-S. (2022). Acoustic modelling using deep learning for Quran recitation assistance. *International Journal of Speech Technology*, 26, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s10772-022-09979-4>
- Incognito, O., Scaccioni, L., & Pinto, G. (2022). The impact of a music education program on meta-musical awareness, logical-mathematical, and notational skills in preschoolers. *International Journal of Music Education*, 40(1), 90–104. <https://doi.org/10.1177/02557614211027247>
- Ismail, S., Sharifudin, M. A., Reza, M. F., & Juahir, H. (2021). Unveiling The Neuronal Mechanism During Listening To Quranic Recitation. *International Journal of Allied Health Sciences*, 5(1 SE-Original Articles), 2134. <https://doi.org/10.31436/ijahs.v5i1.571>
- Lovemore, T., Robertson, S.-A., & Graven, M. (2021). Enriching the teaching of fractions through integrating mathematics and music. *South African Journal of Childhood Education*, 11. <https://doi.org/10.4102/sajce.v11i1.899>
- Meliyani, A. R., Al Farisi, M. Z., & Maulani, H. (2024). An acoustic analysis of the stress on the particle /ma:/ in Quranic recitation by non-Arab speakers. *Language Literacy: Journal of Linguistics, Literature, and Language Teaching*, 8(2), 802–813. <https://doi.org/10.30743/ll.v8i2.10407>
- Nasrifan, Mohd. N., Junus, N., Imam Koning, S., & Azmi, N. (2021). Integrasi aktivitas muzikal dalam pengajaran dan pembelajaran matematik: Satu kajian literatur. *Jurnal Pendidikan Bitara UPSI*, 92–102. <https://doi.org/10.37134/bitara.vol14.sp.10.2021>

- Oliveira, M. (2023). A integração entre a Música e a Matemática: uma revisão sistemática de literatura. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 14, 1–25. <https://doi.org/10.26843/rencima.v14n1a08>
- Osman, H. M., Mustafa, B. S., & Mahmood, B. M. (2024). A Deep Learning Approach for Recognizing the Noon Rule for Reciting Holy Quran. *Protek : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 11(2 SE-Electrical, Power and Energy), 74–80. <https://doi.org/10.33387/protk.v11i2.7026>
- Piñero, J., García, P., & Román-García, S. (2021). Formative Potential of the Development and Assessment of an Educational Escape Room Designed to Integrate Music-Mathematical Knowledge. *Education Sciences*, 11, 131. <https://doi.org/10.3390/educsci11030131>
- Rinholm, H., Solem, I., & Ulleberg, I. (2023). Dialogues in education: Exploring cases from music and mathematics education. *Dialogic Pedagogy: An International Online Journal*, 11, A60–A84. <https://doi.org/10.5195/dpj.2023.458>
- Rodríguez-Fernández, J. E., Mato-Vázquez, D., Chao-Fernández, R., & Chao-Fernández, A. (2019). Fractions and Pythagorean tuning—An interdisciplinary study in secondary education. *Mathematics*, 7(12), 1227. <https://doi.org/10.3390/math7121227>
- Saber, H.-A., Younes, A., Osman, M., & Elkabani, I. (2024). Quran reciter identification using NASNetLarge. *Neural Computing and Applications*, 36, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s00521-023-09392-1>
- Samara, G., Al Daoud, E., Swerki, N., & Alzu'bi, D. (2023). The Recognition of Holy Qur'an Reciters Using the MFCCs' Technique and Deep Learning. *Advances in Multimedia*, 2023, 14. <https://doi.org/10.1155/2023/2642558>
- Viñas, María Fernanda, Casals, Albert, & Viladot, Laia. (2022). Emerging critical events in creative processes involving music, dance and mathematics in the school. *International Journal of Music Education*, 40(2), 228–243. <https://doi.org/10.1177/02557614211050996>
- Wang, Y.-H., Zhang, J., & Mao, Y. (2024). Harmonizing mathematics: Unveiling the impact of music integration on academic performance – A meta-analysis. *Thinking Skills and Creativity*, 52, 101554. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101554>