

PERANCANGAN MESIN PINTAR PENALA GITAR OTOMATIS

Skripsi



oleh
NATHANAEL ORVIN HANITYA C
71150025

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2021**

PERANCANGAN MESIN PINTAR PENALA GITAR OTOMATIS

Skripsi



Diajukan kepada Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana
Sebagai Salah Satu Syarat dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer

Disusun oleh

NATHANAEL ORVIN HANITYA C
71150025

PROGRAM STUDI INFORMATIKA FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
2021

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nathanael Orvin Hanitya Christian
NIM : 71150025
Program studi : Informatika
Fakultas : Teknik Informatika
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“PERANCANGAN MESIN PINTAR PENALA GITAR OTOMATIS”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 07 September 2021

Yang menyatakan



(Nathanael Orvin)

NIM.71150025

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Skripsi : PERANCANGAN MESIN PINTAR PENALA
GITAR OTOMATIS

Nama Mahasiswa : NATHANAEL ORVIN HANITYA C

N I M : 71150025

Matakuliah : Skripsi (Tugas Akhir)


Kode : TIW276

Semester : Gasal

Tahun Akademik : 2020/2021

Telah diperiksa dan disetujui di
Yogyakarta,
Pada tanggal 3 Januari 2021

Dosen Pembimbing I


Digitally signed by
Lukas Chrisantyo
Reason: Online
Consultation
Location: Klaten
Date: 2021.01.03 19:05:
41+07'00'

Lukas Chrisantyo, S.Kom., M.Eng.

Dosen Pembimbing II



Nugroho Agus Haryono, M.Si

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN MESIN PINTAR PENALA GITAR OTOMATIS

Oleh: NATHANAEL ORVIN HANITYA C / 71150025

Dipertahankan di depan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi
Universitas Kristen Duta Wacana - Yogyakarta
Dan dinyatakan diterima untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada tanggal 11 Januari 2021

Yogyakarta, 10 Februari 2021
Mengesahkan,

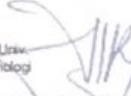
Dewan Penguji:

1. Lukas Chrisantyo, S.Kom., M.Eng.
2. Nugroho Agus Haryono, M.Si
3. Antonius Rachmat C., S.Kom., M.Cs.
4. Laurentius Kuncoro Probo Saputra, S.T.,
M.Eng.

ONLINE PERMISSI DN
Pang
Fanta
Red


Dekan
(Restyandito, S.Kom., MSIS)

Digital Signer: Restyandito
DN: C=ID, E=edjo@its.ukdw.ac.id, O=Univ-
Kristen Duta Wacana, OU=Fak. Teknologi
Informasi, CN=Restyandito
Date: 2021.04.08
08:19:51.6700

Ketua Program Studi

Digitally signed
by Gloria Virginia
DN: cn=Gloria Virginia, o=UKDW, ou=FTI, email=gloria@ukdw.ac.id
(Gloria Virginia, Ph.D.)

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

PERANCANGAN MESIN PINTAR PENALA GITAR OTOMATIS

yang saya kerjakan untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Komputer pada pendidikan Sarjana Program Studi Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Duta Wacana, bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi kesarjanaan di lingkungan Universitas Kristen Duta Wacana maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Jika dikemudian hari didapati bahwa hasil skripsi ini adalah hasil plagiasi atau tiruan dari skripsi lain, saya bersedia dikenai sanksi yakni pencabutan gelar kesarjanaan saya.

Yogyakarta, 10 Februari 2021



NATHANAEL ORVIN HANITYA C
71150025

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena telah melimpahkan berkat, kasih, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi ini yang berjudul “Perancangan Mesin Pintar Penala Gitar Otomatis”.

Penulis menyusun skripsi ini dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar sarjana (S1) pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.

Dalam menyelesaikan program skripsi ini, penulis telah banyak mendapatkan bimbingan, saran, serta dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak **Lukas Chrisantyo, S.Kom., M.Eng.**
2. Bapak **Nugroho Agus Haryono, M.Si.**
3. Bapak **Antonius Rahmat C., S.Kom., M.Cs.**
4. Bapak **Laurentius Kuncoro Probo Saputra, S.T.**
5. Teman-teman seperjuangan Asuransi Sinar Mas (Marcel, Ivan, Daniel, Pak Novan, Pak Oskardy, Pak Eduardo) yang selalu membantu dan memberikan support.
6. Rekan-rekan mahasiswa/i yang dengan sabar dan suka rela telah berpartisipasi selama berjalannya penelitian ini.
7. Terakhir, penulis hendak menyapa setiap nama yang tidak dapat penulis cantumkan satu per satu, terima kasih atas doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan penulis.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, tentunya penulis masih memiliki banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini.

Oleh karena itu, penulis sangat menghargai dan menerima jika ada berbagai masukan dari para pembaca baik berupa kritik maupun saran yang sifatnya membangun demi penyempurnaan penulisan-penulisan skripsi di masa yang akan datang. Akhir kata penulis ingin meminta maaf apabila ada kesalahan

dalam penyusunan laporan maupun yang pernah penulis lakukan sewaktu pelaksanaan skripsi.

Yogyakarta, 10 Februari 2021



Penulis

©UKDM

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
INTISARI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1. 1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
1.6. Metodologi Penelitian.....	2
1.7. Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	6
BAB 3.....	13
3.1 Spesifikasi Sistem.....	13
3.2 Rancangan Arsitektur Sistem.....	14
3.3 Flowchart Program.....	14
3.4 Skenario Pengujian.....	16

3.5 Rancangan Sirkuit.....	16
3.6 Contoh Perhitungan.....	18
BAB 4.....	20
4.1 Implementasi Program.....	20
4.2 Mengatur Nilai Frekuensi Sesuai Dengan Nada.....	26
4.3 Mengukur Ketepatan Frekuensi Dalam Menala	
Menggunakan Alat dengan noise 60 dB.....	27
4.4 Mengukur Ketepatan Frekuensi Dalam Menala	
Menggunakan Alat dengan noise 70 dB.....	28
4.5 Mengukur Ketepatan Frekuensi Dalam Menala	
Menggunakan Alat dengan noise 80 dB.....	28
4.6 Mengukur Waktu Yang Diperlukan Dalam Menala	
Menggunakan Alat Dengan Noise 60 dB.....	29
4.7 Mengukur Waktu Yang Diperlukan Dalam Menala	
Menggunakan Alat Dengan Noise 70 dB.....	30
4.8 Mengukur Waktu Yang Diperlukan Dalam	
Menala Menggunakan Alat Dengan Noise 80 dB.....	31
4.9 Mengukur Waktu Yang Diperlukan Dalam	
Menala Gitar Secara Manual User Baru Belajar.....	32
4.10 Mengukur Waktu Yang Diperlukan Dalam	
Menala Gitar Secara Manual User Pemusik (1-3 Tahun).....	33
4.11 Mengukur Waktu Yang Diperlukan Dalam	
Menala Gitar Secara Manual User Pemusik (>3 Tahun).....	33
4.12. Analisis Umum.....	34
BAB V.....	38

5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40

©UKDW

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perhitungan Basic Butterfly.....	8
Gambar 2.2 Cara perhitungan Basic Butterfly Computation.....	9
Gambar 2.3 bagian dalam motor stepper.....	11
Gambar 3.1 Arsitektur program.....	14
Gambar 3.2 Use case cara kerja program.....	15
Gambar 3.3 Rancangan sirkuit.....	17
Gambar 3.4 Hasil rancangan sirkuit.....	17
Gambar 4.1 Tampilan utama menu program.....	21
Gambar 4.2 Deklarasi awal variabel untuk terhubung dengan arduino.....	22
Gambar 4.3 Mendeklarasikan variabel yang dipakai dalam program.....	23
Gambar 4.4 Mengambil suara gitar yang direkam dengan mikrofon.....	23
Gambar 4.5 Mendapatkan nilai frekuensi dari suara yang direkam.....	24
Gambar 4.6 Perhitungan mencari nilai dari frekuensi yang dituju.....	24
Gambar 4.7 Pengecekan apakah suara sudah tepat.....	25
Gambar 4.8 Kondisi jika suara gitar di atas frekuensi tujuan.....	26
Gambar 4.9 Kondisi jika suara melebihi frekuensi tujuan.....	27

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel perbandingan FFT dengan DFT.....	7
Tabel 4.1 Nilai frekuensi pada gitar senar nilon dan tembaga.....	20
Tabel 4.2 Hasil nilai frekuensi di tala dengan alat (60 dB).....	21
Tabel 4.3 Hasil nilai frekuensi di tala dengan alat (70 dB).....	22
Tabel 4.4 Hasil nilai frekuensi di tala dengan alat (80 dB).....	23
Tabel 4.5 Waktu menala gitar di tiap senar menggunakan alat dengan noise 60 dB.....	23
Tabel 4.6 Waktu menala gitar di tiap senar menggunakan alat dengan noise 70 dB.....	24
Tabel 4.7 Waktu menala gitar di tiap senar menggunakan alat dengan noise 80 dB.....	25
Tabel 4.8 Waktu menala gitar secara manual oleh pemula.....	26
Tabel 4.9 Waktu menala gitar secara manual oleh gitaris 1-3 tahun.....	27
Tabel 4.10 Waktu menala gitar secara manual oleh gitaris >3 tahun.....	27
Tabel 4.11 Waktu rata-rata menala gitar tiap kondisi lingkungan.....	29
Tabel 4.12 Waktu rata-rata dan ketepatan menala gitar untuk menala secara manual dan menggunakan alat.....	29

INTISARI

Menala gitar bukanlah hal yang mudah dilakukan untuk pemain musik, untuk dapat menala dengan tepat diperlukan kemampuan seorang musisi dalam mengenali nada dengan tepat atau disebut juga dengan istilah *perfect pitch*, kesulitan dalam menala secara tepat dialami oleh setiap musisi baik yang memiliki pengalaman bekerja sebagai musisi yang sudah lama, untuk orang yang baru belajar atau pengalamannya sedikit hal ini bisa menjadi kendala yang cukup serius dalam mengembangkan karier mereka.

Dengan bantuan teknologi hal tersebut bisa diatasi dengan baik. Dengan menggunakan program Matlab sebagai program untuk menganalisis yang kemudian suara akan diolah dengan menggunakan FFT (*Fast Fourier Transform*), frekuensi pada suara yang didapat akan dicek untuk menentukan arah putar pada *motor stepper* dan dengan menggunakan perangkat pintar Arduino yang terhubung dengan *motor stepper* untuk memutar senar pada gitar hingga mendapatkan suara yang tepat sesuai dengan nilai frekuensi pada nada tersebut

Dengan hasil akhir pengujian, sistem memiliki ketepatan penalaan yang baik yaitu mencapai nilai 99,8%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan musisi yang sudah berpengalaman selama lebih dari 3 tahun dengan ketepatan penalaan 99,7% dan musisi dengan pengalaman antara 1 hingga 3 tahun dengan ketepatan 99,6% dan pemula yang memiliki ketepatan 95,4%. Walaupun begitu masih harus ada pengembangan dalam hal waktu penalaan gitar yang ketika diukur membutuhkan waktu rata-rata 127 detik, jauh lebih lama dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan oleh pemula yaitu rata-rata 55,6 detik, musisi dengan pengalaman 1 hingga 3 tahun dengan waktu 13,5 detik dan musisi dengan pengalaman lebih dari 3 tahun dengan waktu rata-rata 14,6 detik.

Kata kunci : Menala gitar, Arduino, Matlab

ABSTRACT

Tuning the guitar is not an easy thing to do for music players, to be able to tune correctly requires the ability of a musician to recognize the tone correctly or also known as the perfect pitch, difficulty in tuning correctly is also experienced by every good musician who has experience working as a musician who is it has been a long time, for people who are just learning or have a little experience this can be a serious obstacle in developing their career.

With the help of technology, this can be handled properly. By using the Matlab program as a program to analyze which then the sound will be processed using FFT (Fast Fourier Transform), the frequency of the sound obtained will be checked to determine the direction of rotation of the stepper motor and by using an Arduino smart device connected to a stepper motor to rotate the strings on the guitar until get the right sound according to the frequency value of the tone

With the final results of the test, the system has a good tuning accuracy that reaches a value of 99.8%. This score is higher than musicians with more than 3 years of experience with tuning accuracy of 99.7% and musicians with 1 to 3 years of experience with 99.6% accuracy and beginners with 95.4% accuracy. Even so, there still needs to be some improvement in terms of guitar tuning time which when measured takes an average of 127 seconds, much longer than the time required by beginners, which is 55.6 seconds on average, musicians with 1 to 3 years of experience with time. 13.5 seconds and musicians with more than 3 years of experience with an average time of 14.6 seconds.

Keywords: Tune guitar, Arduino, Matlab

BAB 1

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Menala nada pada alat musik bukanlah hal yang mudah, untuk beberapa orang yang masih pemula menala nada dasar alat musik bisa menjadi sebuah tantangan karena untuk menala gitar butuh pengenalan dengan nada yang sudah baik dan untuk bisa mengenali nada lebih baik dibutuhkan pengalaman dalam bermain musik yang lama. Bahkan untuk yang sudah mendalami musik cukup lama belum tentu dapat mendeteksi perubahan nada yang sangat sedikit yang mungkin bisa menurunkan kualitas musik yang dihasilkan dan hal tersebut merupakan tantangan tersendiri bagi pemain musik yang baru saja tertarik untuk belajar bermain musik, menala gitar bisa menjadi kendala besar saat baru pertama kali belajar bermain musik.

Salah satu pabrik pembuatan gitar di luar negeri bernama Gibson sudah menciptakan alat untuk dapat melakukan penalaan secara otomatis. Namun alat tersebut terpasang menjadi satu dengan gitar yang dibeli, sehingga tidak bisa digunakan pada gitar yang lain. Di lain hal, biaya yang diperlukan untuk mendapat tambahan opsi tersebut dapat dikatakan mahal yaitu seharga US\$800. Pabrik yang lain ada juga yang membuat alat yang khusus untuk menala gitar. Alat ini bernama Roadie 2 bentuk yang cukup sederhana dan dapat dibawa ke mana-mana, serta memiliki aplikasi tersendiri sebagai deteksi nada pada gitar. Namun harga yang ditawarkan masih cukup tinggi di harga US\$128 atau sekitar atau Rp 1.910.342,40 (\$1 = Rp 14.924,55).

Di Indonesia sendiri alat yang digunakan untuk dapat menala gitar secara otomatis sudah ada beberapa produk, namun belum bisa melakukan penalaan langsung oleh mesin.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas didapatkan rumusan beberapa hal yang dapat diperhatikan yaitu :

- a) Bagaimana perbandingan kecepatan menala gitar secara otomatis dengan menala secara manual ?
- b) Bagaimana ketepatan menala gitar secara otomatis dengan menala secara manual ?

1.3. Batasan Masalah

Topik mengenai alat penala nada otomatis ini dibatasi pada instrumen gitar akustik dengan senar dari tembaga yang menggunakan 6 senar. Penelitian ini menggunakan 1 mesin yang digunakan dalam memutar *tuner* pada gitar Yamaha APX 500III, dalam membunyikan suara gitar akan dilakukan secara manual.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari topik ini adalah untuk menciptakan alat yang dapat menala nada secara otomatis, sehingga dapat membantu musisi dalam mendapatkan ketepatan nada.

1.5. Manfaat Penelitian

Diharapkan dengan adanya alat menala gitar secara otomatis ini pemain musik terbantu untuk menala nada dengan lebih baik karena dikerjakan oleh mesin untuk mendapat hasil yang lebih presisi.

1.6. Metodologi Penelitian

Sistem dirancang menggunakan perangkat keras Arduino. Sedangkan data yang digunakan adalah suara yang berasal dari gitar yang dipetik secara manual oleh musisi. Langkah-langkah yang ditempuh seperti berikut :

1) Pembuatan Aplikasi

Untuk dapat melakukan penelitian ini diperlukan sistem yang dapat menghitung nilai frekuensi suara dari gitar, nantinya sistem dari komputer ini akan terhubung dengan perangkat keras Arduino.

2) Konsultasi

Melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing skripsi supaya program dapat diarahkan dengan baik dan mendapat solusi.

3) Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui aplikasi yang dibuat dapat berjalan dengan baik. Pengujian yang dilakukan berupa penilaian seberapa akurat nilai frekuensi yang didapat dan kemampuan alat dalam menala gitar mendapatkan nilai frekuensi yang tepat.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan terdiri dari beberapa bab yaitu :

1) Bab 1, Pendahuluan

Pada bab ini akan diberikan gambaran awal mengapa penelitian ini dilakukan. Dalam bab ini mencakup beberapa topik yaitu latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian dan juga sistem penulisan yang dilakukan.

2) Bab 2, Tinjauan Pustaka

Pada bab ini berisi tinjauan pustaka dan dasar teori yang akan digunakan sebagai dasar dalam melakukan penelitian.

3) Bab 3, Rancangan Sistem

Pada bab ini akan dibahas mengenai spesifikasi sistem yang digunakan, rancangan alur kerja sistem, design antar muka aplikasi serta rancangan pengujian sistem.

4) Bab 4, Implementasi dan Analisis Sistem

Bab ini akan membahas hasil dari implementasi dari metode yang digunakan dan analisis dari hasil implementasi sistem.

5) Bab 5, Kesimpulan dan saran

Bab ini berisi tentang garis besar hasil pengujian sistem dan saran yang mendukung supaya penelitian ini dapat lebih baik untuk yang selanjutnya.

©UKDW

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Alat penala gitar memiliki ketepatan yang bagus dalam menganalisis frekuensi dari gitar dengan senar tembaga, walau dengan kondisi yang lingkungan yang ramai dapat tetap menganalisis dengan baik dibandingkan dengan ketepatan seorang gitaris pemula dengan ketepatan 95,4%, gitaris dengan pengalaman 1 hingga 3 tahun secara profesional dengan ketepatan 99,6% dan gitaris dengan pengalaman yang sudah lebih dari 3 tahun dengan tingkat ketepatan 99,7% .
- 2) Waktu yang dibutuhkan untuk menala gitar menggunakan alat masih belum bisa secepat waktu yang diperlukan oleh seorang yang baru saja belajar bermain dengan waktu rata-rata 127 detik. Hal ini dibandingkan dengan pemula yang hanya perlu waktu rata-rata 55,6 detik, dan juga dibandingkan dengan yang sudah memiliki pengalaman 1 hingga 3 tahun dengan waktu rata-rata 13,5 detik dan yang terakhir dengan pengalaman lebih dari 3 tahun dengan waktu 14,1 detik.
- 3) Menala gitar dengan alat bisa sangat membantu musisi dalam mendapatkan nada yang sangat tepat, walau dengan kelemahan di waktu yang didapatkan yang juga berdasarkan kemampuan dari perangkat kerasnya dan juga model dari alat tersebut.

5.2 SARAN

Penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penalaan gitar secara otomatis disarankan mengenai pengurangan waktu yang diperlukan oleh alat dalam menala gitar. Sehingga pemusik tidak perlu menunggu lama.

©UKDW

Daftar Pustaka

- Bäckström, T. (2019, August 6). *Aalto University wiki*.
<https://wiki.aalto.fi/display/ITSP/Windowing>.
- Dittmar, C., Mannchen, A., & Abeber, J. (2013). Real-time guitar string detection for music education software. *2013 14th International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services (WIAMIS)*. doi:10.1109/wiamis.2013.6616120
- Drugman, T., Huybrechts, G., Klimkov, V., & Moinet, A. (2018). Traditional machine learning for pitch detection. *IEEE Signal Processing Letters*, 25(11), 1745-1749. doi:10.1109/lsp.2018.2874155
- Earl, B. (2014, May 5). *All About Stepper Motors*. Adafruit Learning System.
<https://learn.adafruit.com/all-about-stepper-motors>
- Goodman, T. A., & Batten, I. (2018). Real-Time Polyphonic Pitch Detection on Acoustic Musical Signals. *2018 IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT)*.
<https://doi.org/10.1109/isspit.2018.8642626>
- Guerrero-Turrubiates, J. de, Gonzalez-Reyna, S. E., Ledesma-Orozco, S. E., & Avina-Cervantes, J. G. (2014). Pitch estimation for musical note recognition using Artificial Neural Networks. *2014 International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP)*.
<https://doi.org/10.1109/conielecomp.2014.6808567>
- Lin, H.-C., Ye, Y.-C., Huang, B.-J., & Su, J.-L. (2016). Bearing vibration detection and analysis using enhanced fast Fourier transform algorithm. *Advances in Mechanical Engineering*, 8(10), 168781401667508.
<https://doi.org/10.1177/1687814016675080>

- Mahdi, J. F. (2019). Frequency analyses of human voice using fast Fourier transform. *Iraqi Journal of Physics (IJP)*, 13(27), 174–181. <https://doi.org/10.30723/ijp.v13i27.276>
- Murphy, E., & King, E. A. (2016). Testing the accuracy of smartphones and sound level meter applications for measuring environmental noise. *Applied Acoustics*, 106, 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.12.012>
- Pariyal, P. S., Koyani, D. M., Gandhi, D. M., Yadav, S. F., Shah, D. J., & Adesara, A. (2016). Comparison based Analysis of Different FFT Architectures. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 8(6), 41–47. <https://doi.org/10.5815/ijigsp.2016.06.05>
- Proakis, J. G., & Manolakis, D. G. (2007). *Digital signal processing: principles, algorithms, and applications 4th ed.* Pearson Prentice Hall.
- Saribulut, L., Teke, A., & TÜMAY, M. (2013). Fundamentals and literature review of Fourier transform in power quality issues. *Journal of Electrical and Electronics Engineering Research*, 5(1), 10–22. <https://academicjournals.org/journal/JEEER/article-full-text-pdf/861FBDF8513>
- Singh, N. (2015). Speaker Recognition and Fast Fourier Transform. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 5(7), 530–534. https://www.researchgate.net/publication/281843840_Speaker_Recognition_and_Fast_Fourier_Transform
- Smith, S. W. (n.d.). *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*(1st ed.). California Technical Pub.

TechTarget Contributors. (2019, November 7). *microcontroller (MCU)*. IoT Agenda.

<https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/microcontroller>

The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2019, October 30). *guitar | History, Types, & Facts*. Encyclopedia Britannica.

<https://www.britannica.com/art/guitar>

The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2020a, May 21). *frequency | Definition, Symbols, & Formulas*. Encyclopedia Britannica.

<https://www.britannica.com/science/frequency-physics>

The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2020, November 11). *Microphone | electroacoustic device*. Encyclopedia Britannica.

<https://www.britannica.com/technology/microphone-electroacoustic-device>

Virgala, I., Kelemen, M., Gmitterko, A., & Lipták, T. š. (2015). Control of Stepper Motor by Microcontroller. *Journal of Automation and Control*, 2015, Vol. 3, No. 3, 131-134, 3(3), 132–134. <https://doi.org/10.12691/automation-3-3-19>.