

Kajian Etnomatematika pada Alat Musik Gambang

Gabriela Alvina Maheswari^{1*}, Endah Saraswati², Valeria Shinta Putri Iswidarti³

^{1,2,3}Mahasiswa Pendidikan Matematika Universitas Sanata Dharma

*gabrielaalvinamaheswari20.008@gmail.com

Abstract. Indonesia kaya akan warisan budaya baik dari musik, tarian, dan rumah adat. Gambang adalah salah satu warisan budaya yang berasal dari Jawa Tengah. Gambang merupakan kesatuan dari gamelan. Suara yang khas membuat gambang tidak dapat dipisahkan dari alat musik gamelan lainnya. Kajian Etnomatematika memberikan pengetahuan dan wawasan mengenai hubungan antara matematika dengan budaya khususnya pada penelitian ini adalah alat musik daerah. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif deskriptif dengan metode wawancara oleh seseorang yang ahli dalam alat musik gambang. Tujuan penelitian adalah memberikan pemaparan mengenai volume dan luas permukaan dari alat musik Gambang yang mempengaruhi bunyi pada alat musik ketika dipukul. Hasil penelitian ini adalah regresi yang dihasilkan antara ukuran panjang, lebar, dan tebal dari bilah-bilah Gambang dengan nilai frekuensinya dan dihasilkan persamaan regresi berganda dan eksponensial dari data yang ada adalah

$$y = -456.15 + 628.139x_1 - 10.888x_2 + 70.8662x_3$$

$$y = 45.94e^{1.2549x}$$

$$y = 34881e^{-0.105x}$$

$$y = 44011e^{-0.849x}$$

Persamaan regresi berganda dan eksponensial yang telah ditemukan dapat digunakan untuk membantu para pengrajin gamelan dalam membuat alat musik Gambang terkhusus pada suara yang dihasilkan pada setiap bilah alat musik Gambang sehingga pengrajin Gambang tidak hanya menggunakan rasa tetapi menggunakan matematika dalam pembuatan alat musik Gambang.

Keywords: Etnomatematika, Alat Musik, Gamban

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara dengan berbagai macam daerah. Daerah di Indonesia terdiri dari kabupaten dan kota dimana terdapat 416 kabupaten dan 98 kota sehingga secara keseluruhan jumlah daerah yang ada di Indonesia sebanyak 514 kabupaten/kota. Jumlah daerah yang banyak tersebut memiliki kekhasan setiap daerahnya. Kekhasan di Indonesia seperti memiliki keberagaman budaya seperti bahasa, adat istiadat, rumah adat, tarian, dan alat musik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia (2022) yaitu jumlah warisan budaya kebendaan berjumlah 99567. Contoh dari warisan budaya kebendaan tersebut antara lain candi, prasasti, arca, senjata perang, dan alat musik daerah.

Warisan kebudayaan kebendaan yang masih digunakan sampai sekarang adalah alat musik daerah. Alat musik daerah tersebut biasanya digunakan sebagai sarana upacara adat (ritual), hiburan, pengiring tari, sarana komunikasi, sarana untuk mengekspresikan diri, dan sarana ekonomi. Alat musik daerah mempunyai kekhasannya masing-masing. Sebagai contoh, alat musik daerah yang berasal dari Jawa Tengah yaitu Gamelan.

Gamelan merupakan alat musik tradisional, salah satu bagian dari gamelan yaitu alat musik gambang. Kesenian gambang di Indonesia terdapat bermacam-macam yaitu Gambang kromong kesenian tradisional Betawi dan Semarang. Budiman (1975:175) mengatakan bahwa kedua macam gambang tersebut. Memiliki pembeda yaitu mengenai seni vokal, gerak tari, dan lirik lagu gambang. Menurut Tiawan (2014) Gambang adalah salah satu jenis alat musik dari orkes Gambang Kromong. Gambang kromong merupakan salah satu orkes tradisional Indonesia yang memadukan alat musik asal Tionghoa dengan Gamelan. Menurut Anakmusik (2015) , mengemukakan bahwa alat musik gambang terbuat dari lempengan kayu yang berjumlah antara 18-21 bilah kayu dan dimainkan dengan cara dipukul memakai alat tertentu. Gambang dahulu biasanya digunakan untuk upacara adat. Namun, seiring perkembangan zaman Gambang kini menjadi alat musik untuk mengiringi tidak hanya upacara adat. Menurut Soedarsono (Dadang, 2016), Gambang berguna sebagai sarana upacara, sebagai hiburan pribadi, dan sebagai tontonan. Selain itu gambang dapat dikolaborasikan dengan musik jazz. Menurut Dadang Dwi Septiyan (2016), beberapa kota pernah menggunakan alat musik Gambang untuk pasar malam seperti Kudus, Pati, Juwana, Temanggung Parakan, Wonosobo, Magelang, Weleri, Pekalongan, dan Cirebon.

Dalam pembelajaran matematika, kebudayaan juga dimanfaatkan untuk menyampaikan ide matematika kepada peserta didik. Bishop (1994) berpendapat bahwa matematika merupakan suatu bentuk budaya dan sesungguhnya telah terintegrasi pada seluruh aspek kehidupan masyarakat dimanapun berada. Kebudayaan dalam matematika sering disebut dengan Etnomatematika. Yusuf (2010) mengemukakan bahwa Etnomatematika adalah matematika yang tumbuh dan berkembang dalam kebudayaan tertentu. Istilah Etnomatematika diciptakan oleh D'Ambrosio (1998) untuk menggambarkan praktek matematika pada kelompok budaya yang dapat diidentifikasi dan dianggap sebagai studi tentang ide-ide matematika yang ditemukan di setiap kebudayaan.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemaparan mengenai volume dari alat musik Gambang yang mempengaruhi bunyi pada alat musik ketika dipukul. Penelitian yang serupa telah dilakukan oleh Petronela Ivoni Susanty, Zaenuri M, dan Iqbal Kharisudin pada tahun 2019. Penelitian tersebut merupakan penelitian deskripsi kualitatif yang bertujuan mengeksplorasi bentuk-bentuk Etnomatematika pada alat musik Gong Waning. Penelitian tersebut mengatakan bahwa dari beberapa bentuk gong yang ada semuanya adalah sama tetapi yang menjadikan berbeda adalah ukuran dan nada yang dihasilkan. Penelitian tersebut tidak hanya menyebutkan implementasi mengenai volume gong saja tetapi juga pengintegrasian konsep bangun datar dan bangun ruang. Bangun datar yang terintegrasi adalah lingkaran dan bangun ruang yang terintegrasi adalah setengah bola pada bagian paling tengah gong. Implementasi yang terjadi dalam pembelajaran antara lain seperti identifikasi bangun, menghitung jari-jari dan diameter, serta menghitung volume.

Ada pembaharuan pada penelitian yang dilakukan oleh peneliti pada kesempatan kali ini. Pembaharuan tersebut terletak pada alat musik yang diangkat pada topik penelitian ini. Pembaharuan ini diharapkan dapat mendukung kemajuan penelitian di dunia Etnomatematika.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif deskriptif dengan metode wawancara. Menurut Mukhtar (2013: 10), metode penelitian deskriptif kualitatif adalah sebuah metode yang digunakan peneliti untuk menemukan pengetahuan atau teori terhadap penelitian pada satu waktu tertentu. Etnografi adalah pendekatan empiris dan teoritis yang bertujuan mendapatkan deskripsi dan analisis mendalam tentang kebudayaan berdasarkan penelitian lapangan yang intensif. Penelitian ini dilakukan dengan mencari sumber-sumber yang berkaitan dengan kajian Etnomatematika pada alat musik, Peneliti juga melakukan wawancara kepada orang yang memahami dan menjadi pemain gamelan tentang alat musik gambang. Instrumen wawancara yang dibuat oleh peneliti adalah pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan alat musik gambang. Setelah peneliti melakukan wawancara, maka peneliti menganalisis hasil wawancara. Peneliti juga melakukan observasi langsung pada gamelan untuk menganalisis apakah panjang, lebar, dan tinggi mempengaruhi bunyi pada alat musik gambang.

Tabel 1. Instrumen Wawancara

Instrumen Wawancara
<ol style="list-style-type: none">1. Berapakah jumlah kayu yang dibutuhkan dalam alat musik gambang?2. Apakah ada ukuran pasti untuk membuat setiap bilah pada alat musik gambang?3. Apakah dalam penempatan setiap bilah bisa diubah atau pasti ada urutannya?4. Bagaimana pengaruh penyusunan setiap bilah pada suara yang dihasilkan?5. Bagaimana mendesain dan cara membuat keseluruhan alat musik gambang?6. Bagaimana mendesain dan cara membuat keseluruhan alat musik gambang?7. Apakah mendesain ketebalan, panjang, dan lebar pada alat musik gambang berpengaruh pada suara yang dihasilkan ketika alat musik dipukul?8. Apakah dalam mendesain alat musik gambang dalam menentukan frekuensi membutuhkan alat khusus? Jika iya => Alat seperti apa dan bagaimana cara penggunaan alat tersebut? Jika tidak => Strategi apa yang digunakan untuk membuat frekuensi yang tepat sehingga alat musik gambang dapat menghasilkan suara yang baik?9. Apakah dalam memainkan alat musik gambang menggunakan slendro atau pelog atau keduanya?

3. Hasil dan Pembahasan

Alat musik Gambang terdiri dari 21 bilah dengan suara yang dihasilkan berbeda-beda, dimulai dari nada paling rendah sampai nada paling tinggi. Berdasarkan hasil wawancara dengan narasumber diperoleh informasi bahwa seiring perkembangan zaman, alat musik Gambang kini mencapai nada paling maksimum adalah 5 bawah sehingga jumlah setiap bilah pada alat musik Gambang yang pasti ada 21 bilah. Namun, dahulu kala ada alat musik Gambang yang jumlah bilangannya adalah 19 bilah. Pembuatan alat musik Gambang dengan nada yang indah tidak memiliki ukuran pasti setiap bilangannya. Dahulu terdapat Gambang kecil yang masih bisa bunyi. Kini pengrajin alat musik gambang memenuhi kebutuhan mata sehingga alat musik Gambang dibuat ukuran besar karena di karawitan yang dinikmati tidak hanya rasa tapi juga keindahan secara *visual*. Dahulu dilihat dari segi praktis agar mudah dibawa keliling yang biasanya digunakan untuk *ngamen*. Penempatan setiap bilah ada urutannya, apabila diubah maka nada pada alat musik Gambang menjadi tidak beraturan sehingga tidak membentuk suatu iringan yang indah. Tatanan Gambang paling kanan atau paling kecil ukuran bilangannya. Contoh urutan nadanya adalah 5 3 2 1 6 dan sebagainya hingga 3 oktaf.

Alat musik Gambang pada setiap bilangannya memiliki pengaruh pada suara yang akan dihasilkan. Jika urutan dari nada yang dipukul sudah pasti, maka suara yang dihasilkan menjadi indah dan nyaman untuk didengar. Gambang memiliki 4 jarak pada setiap nada yang nantinya menjadi satu gambyang. Selanjutnya aturan bermain pada alat musik Gambang yaitu terdapat cengkok sendiri sehingga perlu dimainkan secara langsung dengan menggunakan dua tangan. Desain untuk alat musik Gambang khas Yogyakarta tidak ada ular naga tetapi jika desain yang digunakan menggunakan ular naga maka menjadi desain Surakarta. Desain Yogyakarta menggunakan gaya *lung-lungan* (ketela rambat). Membuat alat musik Gambang pertama-tama perlu disiapkan terlebih dahulu kayunya. Kayu yang digunakan adalah kayu pilihan, apabila kelas atas biasanya grobogan yang terbuat dari minimal kayu angka, jika ingin lebih baik lagi maka dapat menggunakan kayu jati (kayu jati ini terdiri dari jati Kebon, jati Wonosari, jati Perbukitan). Kayu yang dikatakan terjangkau dan banyak digunakan pada alat musik Gambang yaitu kayu angka. Selanjutnya untuk pembuatan bilah, pada zaman dulu bilah menggunakan ruyon (kayu pohon Aren), jika kelas atas menggunakan kayu Ulin sehingga bunyinya dapat lebih nyaring. Pemilihan pada kayu untuk bilah alat musik Gambang mempengaruhi bunyi kenyaringan Gambang. Kemudian jika ingin membuat alat musik Gambang sudah ada desain, desainnya disebut Gerobok (bentuknya seperti blat) sudah terdapat gambarannya.

Pengaruh dari desain ketebalan, panjang, dan lebar dari alat musik Gambang terhadap suara yang dihasilkan ketika alat musik Gambang dipukul yaitu apabila bilah semakin tebal dan pendek maka nada yang dihasilkan semakin tinggi dan apabila bilah semakin panjang dan tipis maka nada yang dihasilkan semakin rendah. Zaman dahulu untuk mengukur tinggi rendahnya nada yang

dihasilkan dari suatu alat musik hanya mengandalkan kepekaan telinga saja karena belum terdapat alat bantu. Hal tersebut berpengaruh pada lama proses pembuatan gamelan yang didukung dengan masuknya jenis-jenis suara. Jika zaman dahulu pembuatan gamelan membutuhkan sampai 1 tahun sekarang hanya membutuhkan 3 bulan saja. Perubahan lama pembuatan gamelan tersebut juga dipengaruhi oleh alat bantu bernama Metronome dimana alat tersebut dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mengukur frekuensi dari alat musik yang dibuat. Namun, alat tersebut tidak terlalu bisa diandalkan sehingga alat utama yang digunakan untuk merasakan tinggi rendahnya nada yang dihasilkan adalah menggunakan kepekaan telinga. Hal tersebut juga berlaku ketika membuat alat musik Gambang. Permainan alat musik Gambang mengikuti gending yang dimainkan misalnya dengan gending Pelog maka yang digunakan adalah Gambang pelog begitu juga dengan gending Slendro. Gambang dibunyikan setelah sinden bernyanyi.



Gambar 1. Alat Musik Gambang



Gambar 2. Narasumber Memainkan Alat Musik Gambang

Bilah-bilah pada alat musik Gambang mempunyai panjang, lebar, ketebalan, dan frekuensi yang berbeda-beda, berikut ini hasil perhitungan yang peneliti lakukan untuk mendapatkan volume dan frekuensi setiap bilah pada alat musik Gambang. Peneliti menggunakan alat bantu berupa kalkulator bernama kalkulator volume tangki untuk menghitung volume setiap bilah sedangkan untuk menghitung frekuensi setiap bilah digunakan aplikasi *Spectroid* dari *Google Play Store*. Peneliti melakukan observasi pada alat musik Gambang untuk mencari tebal (tinggi), panjang, lebar, volume, dan frekuensi pada alat musik gambang. Berikut hasil observasi peneliti yang diperoleh pada saat mengobservasi ke lapangan.

Tabel 2. Perhitungan Volume dan Frekuensi Setiap Bilah

No	Nada	Tebal (cm)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Volume (cm ³)	Frekuensi (Hz)

1	5	0.9	57	7	349	108
2	6	1	55	7	373	117
3	1	1.1	53	7	394	129
4	2	1.2	52	6.5	390	158
5	3	1.2	50	6	345	170
6	5	1	49	6.4	303	214
7	6	1.1	47.1	6.2	309	229
8	1	1.2	46	6.1	323	252
9	2	1.2	44.4	6	306	313
10	3	1.3	43	5.5	292	337
11	5	1.7	42	5.7	381	434
12	6	1.8	40.3	5.6	378	463
13	1	2	39.4	5.4	392	504
14	2	2.1	38	5	363	633
15	3	2.2	37	4.7	344	674
16	5	2.3	36	4.5	332	855
17	6	2.4	35	4.4	326	914
18	1	2.5	33.7	4.3	317	1020
19	2	2.7	33	4.1	314	1242
20	3	2.7	31.4	4.4	324	1336
21	5	2.8	30	4.2	302	1688

Hasil dari observasi lapangan tersebut kemudian dihitung nilai regresinya dan dibandingkan. Sebelum memasuki perhitungan dengan regresi, perlu diketahui terlebih dahulu pengertian dan tujuan dari regresi. Menurut Roberst Kurniawan (2016), regresi merupakan pengukur hubungan dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan atau fungsi. Perlu adanya pemisah yang jelas dan tegas antara variabel bebas dan variabel terikat, biasanya disimbolkan dengan x dan y . Pada regresi harus ada variabel yang ditentukan dan variabel yang menentukan atau dengan kata lain adanya ketergantungan antara variabel yang satu dengan variabel yang lain. Dengan demikian, regresi merupakan bentuk fungsi tertentu antara variabel terikat y dan variabel bebas x atau dapat dinyatakan bahwa regresi adalah suatu fungsi $y = f(x)$. Tujuan regresi menurut Fridayana (2013), mengidentifikasi variabel-variabel bebas mana saja yang signifikan dalam mempengaruhi variabel

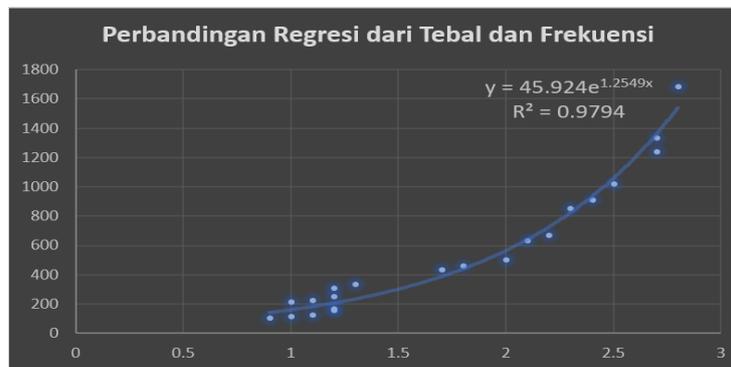
terikat dan seberapa besar perubahan variabel-variabel bebas tersebut dalam mempengaruhi perubahan terhadap variabel-variabel terikatnya dengan menghitung koefisien variabel-variabelnya. Pendapat tersebut sejalan dengan pendapat Sunyoto (Fridayana Yudiaatmaja, 2013), tujuan analisis regresi adalah untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh signifikan antara satu atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikatnya baik secara parsial atau simultan.

Perbandingan yang dilakukan oleh peneliti adalah membandingkan nilai regresi masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat pada data yang sudah ada. Variabel bebas pada kasus ini adalah tebal sebagai x_1 , panjang sebagai x_2 , dan lebar sebagai x_3 sedangkan yang menjadi variabel terikat adalah frekuensi sebagai y . Berikut ini data variabel-variabel bebas dan terikat yang digunakan.

Tabel 3. Data Tebal, Panjang, Lebar, dan Frekuensi Setiap Bilah

No	Tebal (x_1)	Panjang (x_2)	Lebar (x_3)	Frekuensi (y)
1	0.9	57	7	108
2	1	55	7	117
3	1.1	53	7	129
4	1.2	52	6.5	158
5	1.2	50	6	170
6	1	49	6.4	214
7	1.1	47.1	6.2	229
8	1.2	46	6.1	252
9	1.2	44.4	6	313
10	1.3	43	5.5	337
11	1.7	42	5.7	434
12	1.8	40.3	5.6	463
13	2	39.4	5.4	504
14	2.1	38	5	633
15	2.2	37	4.7	674
16	2.3	36	4.5	855
17	2.4	35	4.4	914
18	2.5	33.7	4.3	1020
19	2.7	33	4.1	1242
20	2.7	31.4	4.4	1336
21	2.8	30	4.2	1688

Selanjutnya, peneliti menggunakan *Microsoft.Excel* untuk membantu menemukan persamaan atau fungsi regresi yang paling cocok untuk data yang diperoleh. Persamaan atau fungsi yang diperoleh terdiri dari beberapa persamaan-persamaan yang seperti persamaan eksponensial, linear, logaritma, dan polinomial. Berikut ini hasil regresi dengan *Microsoft.Excel* untuk membandingkan variabel bebas tebal x_1 terhadap variabel bebas frekuensi y .



Gambar 3. Perbandingan Regresi dari Tebal dan Frekuensi

Hasil regresi dengan *Microsoft.Excel* diperoleh Koefisien korelasi R^2 dengan fungsi eksponen sebesar 0.9794, fungsi linear sebesar 0.8973, fungsi logaritma 0.8293, dan fungsi polinomial sebesar 0.9698. Jika diperhatikan dari besar Koefisien Korelasi setiap fungsi, dipilih fungsi eksponensial yang menjadi fungsi untuk perbandingan regresi dari tebal dan frekuensi. Dimana persamaan dari fungsi eksponensial yang digunakan adalah $y = 45.94e^{1.2549x}$. Hasil R^2 dari fungsi eksponensial tersebut masih mempunyai error karena ada faktor lain yang mempengaruhi yaitu variabel bebas panjang x_2 dan variabel bebas lebar x_3 .

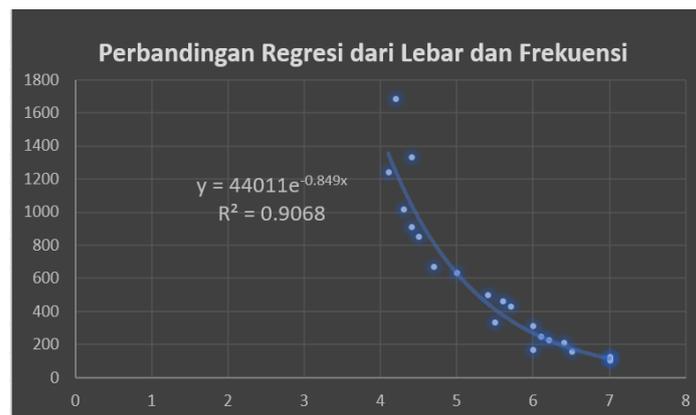
Berikut ini hasil regresi dengan *Microsoft.Excel* untuk membandingkan variabel bebas panjang x_2 terhadap variabel bebas frekuensi y .



Gambar 4. Perbandingan Regresi dari Panjang dan Frekuensi

Hasil regresi dengan *Microsoft.Excel* diperoleh Koefisien Korelasi R^2 dengan fungsi eksponen sebesar 0.9896, fungsi linear sebesar 0.8271, fungsi logaritma 0.885, dan fungsi polinomial sebesar 0.9809. Jika diperhatikan dari besar Koefisien korelasi setiap fungsi, dipilih fungsi eksponensial yang menjadi fungsi untuk perbandingan regresi dari panjang dan frekuensi. Dimana persamaan dari fungsi eksponensial yang digunakan adalah $y = 34881e^{-0.105x}$. Hasil R^2 dari fungsi eksponensial tersebut masih mempunyai *error* karena ada faktor lain yang mempengaruhi yaitu variabel bebas tebal x_1 dan variabel bebas lebar x_3 .

Berikut ini hasil regresi dengan *Microsoft.Excel* untuk membandingkan variabel bebas lebar x_3 terhadap variabel bebas frekuensi y .



Gambar 5. Perbandingan Regresi dari Lebar dan Frekuensi

Hasil regresi dengan *Microsoft.Excel* diperoleh Koefisien Korelasi R^2 dengan fungsi eksponen sebesar 0.9068, fungsi linear sebesar 0.8189, fungsi logaritma 0.8527, dan fungsi polinomial sebesar 0.8993. Jika diperhatikan dari besar Koefisien korelasi setiap fungsi, dipilih fungsi eksponensial yang menjadi fungsi untuk perbandingan regresi dari panjang dan frekuensi. Dimana persamaan dari fungsi eksponensial yang digunakan adalah $y = 44011e^{-0.849x}$. Hasil R^2 dari fungsi eksponensial tersebut masih mempunyai *error* karena ada faktor lain yang mempengaruhi yaitu variabel bebas tebal x_1 dan variabel bebas panjang x_2 .

Selain membandingkan setiap variabel-variabel bebas dengan variabel terikat, peneliti juga mencoba menghitung regresi linear dari ketiga variabel-variabel bebas dan variabel terikat. Regresi yang digunakan adalah Regresi Linear Berganda. Pendekatan yang digunakan untuk menentukan regresi linear berganda menggunakan matriks. Berikut ini bentuk umum suatu regresi linear yang ingin diperoleh $Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_nX_n + v_1$ (Chandra Utama, 2009). Selanjutnya dilakukan langkah-langkah berikut untuk menentukan persamaan regresi linear dari tiga variabel bebas dan satu variabel terikat.

Tabel 4. Jumlahan dari masing-masing Tebal, Panjang, Lebar, dan Frekuensi

No	Tebal (x_1)	Panjang (x_2)	Lebar (x_3)	Frekuensi (y)
1	0.9	57	7	108
2	1	55	7	117
3	1.1	53	7	129
4	1.2	52	6.5	158

5	1.2	50	6	170
6	1	49	6.4	214
7	1.1	47.1	6.2	229
8	1.2	46	6.1	252
9	1.2	44.4	6	313
10	1.3	43	5.5	337
11	1.7	42	5.7	434
12	1.8	40.3	5.6	463
13	2	39.4	5.4	504
14	2.1	38	5	633
15	2.2	37	4.7	674
16	2.3	36	4.5	855
17	2.4	35	4.4	914
18	2.5	33.7	4.3	1020
19	2.7	33	4.1	1242
20	2.7	31.4	4.4	1336
21	2.8	30	4.2	1688
Jumlah	36.4	892.3	116	11790

Selanjutnya menggunakan rumusan berikut ini untuk menentukan matriks $A, A_0, A_1, A_2,$ dan A_3 (Chandra Utama, 2009).

$$\begin{bmatrix} \sum Y_i \\ \sum Y_i X_{i1} \\ \sum Y_i X_{i2} \\ \sum Y_i X_{i3} \\ \dots \\ \sum Y_i X_{in} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum X_{i1} & \sum X_{i2} & \sum X_{i3} & \dots & \sum X_{ni} \\ \sum X_{i1} & \sum X_{i1}^2 & \sum X_{i1} X_{i2} & \sum X_{i1} X_{i3} & \dots & \sum X_{i1} X_{in} \\ \sum X_{i2} & \sum X_{i2} X_{i1} & \sum X_{i2}^2 & \sum X_{i2} X_{i3} & \dots & \sum X_{i2} X_{in} \\ \sum X_{i3} & \sum X_{i3} X_{i1} & \sum X_{i3} X_{i2} & \sum X_{i3}^2 & \dots & \sum X_{i3} X_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum X_{in} & \sum X_{in} X_{i1} & \sum X_{in} X_{i2} & \sum X_{in} X_{i3} & \dots & \sum X_{in}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \dots \\ \beta_n \end{bmatrix}$$

Gambar 6. Rumus untuk Tabel Bantuan dan Penentuan Matriks

Berikut ini, hasil dari perhitungan sesuai dengan input dari matriks di atas menggunakan rumus yang sudah dicantumkan.

Tabel 5. Tabel Bantuan untuk Regresi Berganda

No	$x_1 \cdot y$	$x_2 \cdot y$	$x_3 \cdot y$	$x_1 \cdot x_2$	$x_1 \cdot x_3$	$x_2 \cdot x_3$	x_1^2	x_2^2	x_3^2
1	97.2	6156	756	51.3	6.3	399	0.81	3249	49
2	117	6435	819	55	7	385	1	3025	49
3	141.9	6837	903	58.3	7.7	371	1.21	2809	49
4	189.6	8216	1027	62.4	7.8	338	1.44	2704	42.25
5	204	8500	1020	60	7.2	300	1.44	2500	36
6	214	10486	1369.6	49	6.4	313.6	1	2401	40.96
7	251.9	10785.9	1419.8	51.81	6.82	292.02	1.21	2218.41	38.44
8	302.4	11592	1537.2	55.2	7.32	280.6	1.44	2116	37.21
9	375.6	13897.2	1878	53.28	7.2	266.4	1.44	1971.36	36
10	438.1	14491	1853.5	55.9	7.15	236.5	1.69	1849	30.25
11	737.8	18228	2473.8	71.4	9.69	239.4	2.89	1764	32.49
12	833.4	18658.9	2592.8	72.54	10.08	225.68	3.24	1624.09	31.36
13	1008	19857.6	2721.6	78.8	10.8	212.76	4	1552.36	29.16
14	1329.3	24054	3165	79.8	10.5	190	4.41	1444	25
15	1482.8	24938	3167.8	81.4	10.34	173.9	4.84	1369	22.09
16	1966.5	30780	3847.5	82.8	10.35	162	5.29	1296	20.25
17	2193.6	31990	4021.6	84	10.56	154	5.76	1225	19.36
18	2550	34374	4386	84.25	10.75	144.91	6.25	1135.69	18.49
19	3353.4	40986	5092.2	89.1	11.07	135.3	7.29	1089	16.81
20	3607.2	41950.4	5878.4	84.78	11.88	138.16	7.29	985.96	19.36
21	4726.4	50640	7089.6	84	11.76	126	7.84	900	17.64
Jumlah	26120.1	433853	57019.4	1445.06	188.67	5084.23	71.78	39227.87	660.12

Selanjutnya menentukan matriks-matriks untuk menghitung regresi berganda.

Matriks A

$$A = \begin{bmatrix} 21 & 36.4 & 892.3 & 116 \\ 36.4 & 71.78 & 1445.06 & 188.67 \\ 892.3 & 1445.06 & 39227.9 & 5084.23 \\ 116 & 188.67 & 5084.23 & 660.12 \end{bmatrix}$$

Matriks H

$$H = \begin{bmatrix} 11790 \\ 26120.1 \\ 433853 \\ 57019.4 \end{bmatrix}$$

Matriks A_0

$$A_0 = \begin{bmatrix} 11790 & 36.4 & 892.3 & 116 \\ 26120.1 & 71.78 & 1445.06 & 188.67 \\ 1433853 & 1445.06 & 39227.87 & 5084.23 \\ 57019.4 & 188.67 & 5084.23 & 660.12 \end{bmatrix}$$

Matriks A_1

$$A_1 = \begin{bmatrix} 21 & 11790 & 892.3 & 116 \\ 36.4 & 26120.1 & 1445.06 & 188.67 \\ 892.3 & 1433853 & 39227.87 & 5084.23 \\ 116 & 57019.4 & 5084.23 & 660.12 \end{bmatrix}$$

Matriks A_2

$$A_2 = \begin{bmatrix} 21 & 36.4 & 11790 & 116 \\ 36.4 & 71.78 & 26120.1 & 188.67 \\ 892.3 & 1445.06 & 1433853 & 5084.23 \\ 116 & 188.67 & 57019.4 & 660.12 \end{bmatrix}$$

Matriks A_3

$$A_3 = \begin{bmatrix} 21 & 116 & 892.3 & 11790 \\ 36.4 & 71.78 & 1445.06 & 26120.1 \\ 892.3 & 1445.06 & 39227.87 & 1433853 \\ 116 & 188.67 & 5084.23 & 57019.4 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya menghitung nilai determinan.

$$\begin{aligned} \text{Det}(A) &= 18599 \\ \text{Det}(A_0) &= -8484050 \\ \text{Det}(A_1) &= 11682893 \\ \text{Det}(A_2) &= -202513 \\ \text{Det}(A_3) &= 1318056 \end{aligned}$$

Selanjutnya menentukan nilai b_0, b_1, b_2, b_3

$$\begin{aligned} b_0 &= -456.15 \\ b_1 &= 628.139 \\ b_2 &= -10.888 \\ b_3 &= 70.8662 \end{aligned}$$

Selanjutnya substitusikan nilai b_0, b_1, b_2, b_3 pada rumus regresi berganda yaitu $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$ sehingga diperoleh persamaan untuk regresi berganda dari data yang diperoleh sebagai berikut.

$$y = -456.15 + 628.139x_1 - 10.888x_2 + 70.8662x_3$$

Berdasarkan hasil wawancara dan hasil pengamatan, maka alat musik gambang merupakan salah satu bagian dari Gamelan. Gambang terdiri dari 21 bilah secara konvensional. Setiap bilah pada alat musik Gambang mempunyai panjang, lebar, dan ketebalannya masing-masing yang akan mempengaruhi bunyi pada alat musik gambang. Selain itu, dari perhitungan dengan bantuan alat ditemukan bahwa frekuensi masing-masing bilah tidak sama dan cenderung semakin tinggi nada yang dipukul maka nilai frekuensinya semakin tinggi. Kemudian setelah dilakukan perhitungan volume pada setiap bilah alat musik gambang ditemukan bahwa volume setiap bilah memiliki perbedaan. Walaupun perbedaan yang diperoleh mempunyai beda yang tidak jauh dari masing-masing bilah tetapi hal tersebut tetap mempengaruhi bunyi pada alat musik gambang pada saat dipukul. Selanjutnya, dihitung pula regresi yang dihasilkan antara ukuran panjang, lebar, dan tebal dari bilah-bilah Gambang

dengan nilai frekuensinya dan dihasilkan persamaan regresi berganda dan eksponensial dari data yang ada adalah

$$y = -456.15 + 628.139x_1 - 10.888x_2 + 70.8662x_3$$
$$y = 45.94e^{1.2549x}$$
$$y = 34881e^{-0.105x}$$
$$y = 44011e^{-0.849x}$$

Persamaan regresi berganda dan eksponensial yang telah ditemukan dapat digunakan untuk membantu para pengrajin gamelan dalam membuat alat musik Gambang terkhusus pada suara yang dihasilkan pada setiap bilah alat musik Gambang.

4. Penutup

Penelitian ini adalah penelitian dengan menggunakan pendekatan kualitatif menggunakan metode Deskriptif dan Etnografi. Peneliti melakukan observasi langsung pada alat musik gambang dan melakukan wawancara pada orang yang paham mengenai alat musik gambang yaitu bapak Sariyata, A.P. Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan pemaparan mengenai volume dari alat musik Gambang yang mempengaruhi bunyi pada alat musik ketika dipukul. Hasil dari penelitian ini adalah regresi yang dihasilkan antara ukuran panjang, lebar, dan tebal dari bilah-bilah Gambang dengan nilai frekuensinya dan dihasilkan persamaan regresi berganda dan eksponensial dari data yang ada adalah

$$y = -456.15 + 628.139x_1 - 10.888x_2 + 70.8662x_3$$
$$y = 45.94e^{1.2549x}$$
$$y = 34881e^{-0.105x}$$
$$y = 44011e^{-0.849x}$$

Persamaan regresi berganda dan eksponensial yang telah ditemukan dapat digunakan untuk membantu para pengrajin gamelan dalam membuat alat musik Gambang terkhusus pada suara yang dihasilkan pada setiap bilah alat musik Gambang.

Dalam pembuatan alat musik pengrajin alat musik Gambang dapat menggunakan tidak hanya rasa tetapi juga dengan dukungan perhitungan matematis karena telah ditemukan bentuk regresi matematika secara umum untuk memprediksi akibat dari panjang, lebar, dan tinggi terhadap frekuensi yang dihasilkan oleh bilah alat musik Gambang yang akan dibuat. Penelitian ini membahas mengenai alat musik Gambang, semoga dalam penelitian kajian Etnomatematika dapat menjadi rujukan informasi bagi peneliti lain. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan pemerintah daerah juga semakin terus melestarikan alat musik tradisional seperti alat musik gambang.

Penelitian ini juga diharapkan mendukung perkembangan teknologi di abad 21 ini. Karena pada penelitian ini menggunakan alat menghitung frekuensi setiap bilah. Alat tersebut dapat dengan mudah *download* pada *smartphone* pembaca sehingga seiring berjalannya waktu teknologi akan kian berkembang. Selain itu, peneliti menggunakan alat kalkulator menentukan volume melalui media internet.

Daftar Pustaka

- Agatha Feviari Kristina Dewi, M. K. (2020). Pola Barisan Aritmetika pada Pukulan Ketukan Dalam Gending Ketawangdi Gamelan Yogyakarta. *Seminar Nasional Pendidikan Matematika*, Vol 1 No 1.
- Amin Budiman. 1975. *Semarang Sepanjang Jalan Kenangan*. Kerjasama PEMDA DATI II Semarang, Dewan Kesenian Jawa Tengah dan Aktor Studio Semarang.
- Anak Musik. (2015). 12 *Alat Musik Tradisional Jawa Tengah dan Penjelasannya*. Dipetik September 22, 2016, dari <http://www.anakmusik.com/2015/08/alat-musik-tradisional-jawa-tengah.html>
- Bishop, A.J. (1994). *Cultural Conflicts in Mathematics Education: Developing a Research Agenda*. For the Learning Mathematics Vol. 14 No. 2.
- Gleda, F. (2017). PEMBUATAN APLIKASI ALAT MUSIK TRADISIONAL GAMBANG. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, Vol. 6 No.2 .
- Mukhtar. 2013. *Metode Praktis Penelitian Deskriptif Kualitatif*. Jakarta: GP Press Group.

- Sarwoedi, D. O. (2018). Efektifitas Etnomatematika dalam Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Matematika Siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, Vol. 03 No. 02.
- Septiyan, D. D. (2016). Eksistensi Kesenian Gambang Semarang dalam Budaya Semarang. *Jurnal Pendidikan dan Kajian Seni*, Vol.1, No.2.
- Tiawan, A. (2014). *Gambang Kromong-Perpaduan Orkes Betawi dengan Tinghoa*. Dipetik September 22, 2016 dari <http://www.detikblog.com/2014/10/gambang-kromong-perpaduan-orkes-has.html>
- Yusuf, Mohammed Waziri, dkk. 2010. *Ethnomatematics (a Mathematical Game in Hausa Culture)*. International Journal of Mathematical Science Education Technomethematics Research Foundation. <http://www.tmrfindia.org/sutra/v3i16.pdf>
- Kurniawan, R. (2016). *Analisis regresi*. Prenada Media.
<https://www.google.com/books?hl=id&lr=&id=KcY-DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA43&dq=regresi&ots=criwwB0mQZ&sig=CdLXRhrtSnIXNIPV EJ6nxZI7dwU>
- Yudiatmaja, F. (2013). *Analisis Regresi Dengan Menggunakan Aplikasi Komputer Statistik*. Gramedia Pustaka Utama.
<https://www.google.com/books?hl=id&lr=&id=0R5QDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=regresi&ots=exhRvscoX-&sig=zKN-IE6rczKWLS56siVEFNRYIPs>
- Utama, C. (2009). Dengan Pendekatan Matriks dalam Regresi. *Bina Ekonomi*, 13(1).
<https://journal.unpar.ac.id/index.php/BinaEkonomi/article/view/704>

Ucapan Terimakasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Marcellinus Andy Rudhito yang telah membimbing kami dalam penelitian ini, Bapak Sariyata, A.P. yang telah bersedia menjadi narasumber mengenai alat musik Gambang, keluarga Bapak Nano Nanggulan, Kulonprogo yang telah bersedia memberikan kesempatan untuk melakukan observasi alat musik Gambang secara langsung, dan keluarga peneliti yang telah mendukung, membantu, dan memberikan dorongan sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar dan dapat menghasilkan kajian Etnomatematika dalam alat musik Gambang. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada para pembaca dan *reviewer* yang telah membaca dan memberikan kritik serta saran yang membangun untuk artikel ini.