

Selang Kepercayaan Bootstrap Parametrik untuk Perbedaan *Signal to Noise Ratio* dari Distribusi Eksponensial Dua Parameter pada Data Waktu Kegagalan Laminasi Mylar-Poliuretana

Amirul Mukminin*, Abdul Kudus

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*muukmiiniin@gmail.com, abdul.kudus@unisba.ac.id

Abstract. The two-parameter exponential distribution is a probability model associated with observed unit failure time data. Investigating the estimation characteristics of the Signal to Noise Ratio (SNR) difference between two populations with a two-parameter exponential distribution is intriguing. SNR represents the ratio between the mean and standard deviation. For more accurate results in estimating the SNR difference between two populations, confidence intervals can be utilized. One of the methods suitable for constructing confidence intervals is the parametric bootstrap method, particularly effective for small sample sizes with distribution assumptions. The confidence intervals built are based on bootstrap percentiles. The data used in this study consists of small-sized samples of failure times of mylar-polyurethane lamination in High Voltage Direct Current (HVDC) insulation structures, subjected to voltage loads of 100.3 kV/mm and 361.4 kV/mm. Based on the calculations, it was found that with a 95% confidence level, the parametric bootstrap confidence interval for the SNR difference of the two-parameter exponential distribution of failure times in mylar-polyurethane lamination under electric voltage loads of 100.3 kV/mm and 361.4 kV/mm falls within the range of $[-0.29; 0.93]$.

Keywords: *Confidence Interval, Signal to Noise Ratio Difference, Two-Parameter Exponential Distribution.*

Abstrak. Distribusi eksponensial dua parameter adalah model probabilitas yang terkait dengan data waktu kegagalan unit yang diamati. Karakteristik dari estimasi perbedaan *Signal to Noise Ratio* (SNR) dari dua populasi berdistribusi eksponensial dua parameter menarik untuk diteliti. SNR adalah rasio antara rata-rata dengan simpangan baku. Untuk hasil yang lebih akurat dalam memperkirakan estimasi perbedaan SNR dari dua populasi yaitu menggunakan selang kepercayaan. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam membangun selang kepercayaan yaitu dengan metode bootstrap parametrik yang cocok untuk ukuran data sampel yang kecil dan memiliki asumsi distribusi. Selang kepercayaan yang dibangun didasarkan pada bootstrap persentil. Data yang digunakan adalah data sampel berukuran kecil yaitu waktu kegagalan laminasi mylar-poliuretana pada struktur isolasi *High Voltage Direct Current* (HVDC) dengan beban tegangan 100,3 kV/mm dan 361,4 kV/mm. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa dengan tingkat kepercayaan 95% selang kepercayaan bootstrap parametrik untuk perbedaan SNR dari distribusi eksponensial dua parameter pada data waktu kegagalan laminasi mylar-poliuretana dengan beban tegangan listrik 100,3 kV/mm dan 361,4 kV/mm adalah berada di dalam rentang $[-0.29; 0.93]$.

Kata Kunci: *Selang Kepercayaan, Perbedaan Signal to Noise Ratio, Distribusi Eksponensial Dua Parameter, Waktu Kegagalan Laminasi Mylar-Poliuretana.*

A. Pendahuluan

Dalam ilmu statistika terdapat cabang ilmu statistika inferensial. Teori statistika inferensial mencakup semua metode yang digunakan dalam penarikan kesimpulan atau generalisasi mengenai suatu populasi menggunakan informasi yang diperoleh dari sampel. Menurut Aulia, et.al. (2011) penarikan kesimpulan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu estimasi parameter dan pengujian hipotesis. Estimasi dari sebuah parameter populasi adalah sebuah nilai yang diperoleh dari sampel dan digunakan sebagai penaksir dari parameter yang nilainya tidak diketahui. Estimasi dalam statistika ada dua jenis, yaitu estimasi titik adalah satu nilai tunggal, sedangkan estimasi interval adalah suatu nilai interval antara dua nilai (Aisha & Suliadi, 2023).

Menurut Kraisadab (2021) distribusi eksponensial dua parameter adalah model probabilitas yang terkait dengan data waktu kegagalan unit yang diamati. Distribusi ini memiliki aplikasi yang luas di bidang keandalan, teori antrian, analisis masa hidup, kedokteran, lingkungan, ekonomi, dan asuransi jiwa. Distribusi eksponensial dua parameter dikenal sebagai model probabilitas miring ke kanan sering digunakan dalam banyak penelitian. Kebanyakan penelitian tertarik untuk memperkirakan estimasi parameter terlebih dahulu, setelah itu membangun selang kepercayaan untuk parameter tersebut. Perhitungan estimasi parameter dari populasi berdistribusi eksponensial dua parameter (λ, β) menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE). Dari estimator parameter tersebut dapat digunakan untuk mengestimasi parameter perbedaan *Signal to Noise Ratio* (SNR).

Menurut Thangjai dan Niwitpong (2019) SNR merupakan karakteristik penting dalam statistik. SNR adalah kebalikan atau invers dari koefisien variasi. SNR merupakan rasio antara rata-rata dengan simpangan baku. SNR telah diterapkan diberbagai bidang ilmu dan penelitian seperti keuangan, kontrol kualitas, kedokteran, ekonomi, pemasaran, dan biologi. Untuk penerapan dalam teori keuangan, SNR mengukur hubungan antara excess return dan risiko aset keuangan. Secara analog dan komunikasi digital, SNR adalah ukuran kekuatan sinyal relatif terhadap kebisingan (noise) latar belakang. Dalam kontrol kualitas, SNR mewakili besarnya rata-rata suatu proses dibandingkan dengan variasinya. Dalam kedokteran, SNR dapat digunakan untuk menganalisis tekanan darah pasien dalam studi longitudinal. Dalam pemasaran, SNR dapat digunakan untuk analisis model pemilihan portofolio dan risiko pasar. Parameter perbedaan SNR dari dua populasi berdistribusi eksponensial menarik untuk diteliti.

Dalam beberapa penelitian berdasarkan data populasi berdistribusi eksponensial mengenai waktu kegagalan, peneliti seringkali dihadapkan dalam permasalahan sedikitnya data yang tersedia di lapangan, terutama untuk data dengan objek yang mahal atau waktu kegagalan yang lama terjadi. Metode yang dapat digunakan untuk melakukan analisis data dengan kendala sampel data yang sedikit adalah metode bootstrap.

Menurut Solih (2015) metode bootstrap adalah teknik pengambilan sampel ulang (*resampling*) dengan pengembalian. Idennya adalah sebuah distribusi sampling dapat ditaksir dengan menghasilkan sejumlah besar sampel baru dari sampel asli. Dengan kata lain, bootstrap memperlakukan sampel asli seolah-olah itu adalah populasi. Metode bootstrap parametrik adalah metode bootstrap dengan asumsi bahwa suatu penduga parameter berasal dari distribusi tertentu.

Salah satu kajian bootstrap adalah membangun selang kepercayaan untuk suatu parameter distribusi. Selang kepercayaan adalah rentang nilai yang dihitung dari suatu sampel data yang memungkinkan nilai parameter yang sebenarnya dari populasi dapat jatuh di dalam rentang tersebut dengan tingkat kepercayaan tertentu. Kelebihan dari metode bootstrap adalah pendekatan yang sederhana dan memberikan selang kepercayaan yang cukup akurat, serta cocok digunakan pada data sampel yang sedikit. Pada penelitian ini, metode selang kepercayaan bootstrap parametrik untuk perbedaan SNR dari distribusi eksponensial dua parameter akan digunakan pada data keandalan yaitu data waktu kegagalan laminasi mylar-poliuretana.

Laminasi mylar-poliuretana digunakan dalam struktur isolasi pada sistem *High Voltage Direct Current* (HVDC) yaitu sistem transmisi daya listrik yang menggunakan arus listrik searah dengan tegangan tinggi dalam jarak yang jauh, sehingga diperlukan struktur isolasi yang baik untuk menjaga keamanan, keandalan, dan efisiensi sistem tersebut (Rehman, 2020).

Menurut Harinata, et.al. (2019) isolasi memiliki peranan yang sangat penting dalam

sistem tenaga listrik. Isolasi sangat diperlukan untuk memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan sehingga tidak terjadi lompatan listrik atau kebocoran arus. Bahan isolasi akan mengalami pelepasan muatan yang merupakan bentuk kegagalan listrik apabila tegangan yang diterapkan melampaui kekuatan isolasinya. Laminasi mylar-poliuretana merupakan bahan jenis polimer mylar dan poliuretana yang direkatkan secara laminasi. Struktur isolasi ini memiliki sifat isolasi elektrik yang baik, tahan terhadap tegangan tinggi, suhu yang ekstrem, dan faktor lingkungan lainnya.

Untuk melihat terjadinya kegagalan atau kerusakan pada laminasi mylar-poliuretana maka akan diberikan beban tegangan listrik yang tinggi. Beban tegangan yang melintasi struktur isolasi tersebut diukur dalam satuan volt/ketebalan (kV/mm) dan dicatat waktu (menit) sampai terjadinya kegagalan atau kerusakan pada struktur isolasi tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, dalam penelitian ini akan membahas cara membangun selang kepercayaan menggunakan metode bootstrap parametrik untuk perbedaan SNR dari dua populasi berdistribusi eksponensial dua parameter pada data waktu kegagalan laminasi mylar-poliuretana pada beban tegangan yang berbeda, yaitu 100,3 kV/mm dan 361,4 kV/mm.

B. Metodologi Penelitian

Data yang digunakan yaitu data sekunder yang diperoleh dari jurnal Kalkanis dan Rosso (1989). Data tersebut merupakan data keandalan yaitu data waktu sampai kegagalan laminasi mylar-poliuretana pada struktur isolasi HVDC. Data tersebut adalah beban tegangan yang melintasi struktur isolasi, yaitu sampel $X = 100,3$ kV/mm dan sampel $Y = 361,4$ kV/mm.

Metode Analisis Data

Distribusi Eksponensial Dua Parameter

Menurut Thomopoulos (2017) distribusi eksponensial mencapai puncaknya ketika variabel acak sama dengan nol dan secara bertahap menurun ketika nilai variabel meningkat. Distribusi ini juga digunakan dalam studi keandalan dimana digunakan sebagai waktu gagal untuk sebuah item.

Menurut Kraisadab (2021) misalkan variabel acak X memiliki fungsi densitas peluang, fungsi densitas kumulatif, rata-rata serta varians sebagai berikut:

Fungsi densitas peluang dari X :

$$f(x; \lambda, \beta) = \frac{1}{\lambda} \exp\left(-\frac{(x-\beta)}{\lambda}\right); \text{ dimana } \lambda > 0, x > \beta \quad (1)$$

Fungsi densitas kumulatif dari X :

$$F(x; \lambda, \beta) = 1 - \exp\left(-\frac{(x-\beta)}{\lambda}\right); \text{ dimana } \lambda > 0, x > \beta \quad (2)$$

Rata-rata dan varians dari X :

$$E(X) = \lambda + \beta \quad (3)$$

$$Var(X) = \lambda^2 \quad (4)$$

Parameter skala (λ) adalah parameter rata-rata waktu hidup, sedangkan parameter lokasi (β) adalah waktu minimum atau waktu terjamin sebelum terjadinya kegagalan. Oleh karena itu, model peluang eksponensial dua parameter digunakan untuk merepresentasikan waktu kegagalan, dimana kegagalan tidak dapat terjadi sebelum β . Jika $\beta = 0$, maka analisis statistik dapat menggunakan distribusi eksponensial satu parameter sehingga $(x - \beta)$ mempunyai satu parameter.

Maximum Likelihood Estimation

Metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) digunakan untuk memperoleh estimasi parameter dengan cara memaksimumkan fungsi *log likelihood*.

Fungsi *likelihood* dari X :

$$L(\lambda, \beta) = \lambda^{-n} \exp\left[-\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \beta)}{\lambda}\right] \quad (5)$$

Fungsi *log likelihood* dari X :

$$\ln L(\lambda, \beta) = -n \ln \lambda - \frac{1}{\lambda} \left[\sum_{i=1}^n (x_i - \beta) \right] \quad (6)$$

Estimator titik untuk β adalah:

$$\hat{\beta} = X_{(1)} = \min(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (7)$$

Estimator titik untuk λ adalah:

$$\hat{\lambda} = \bar{X} - X_{(1)} \quad (8)$$

Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi (*Goodness of Fit*) dilakukan untuk membuktikan bahwa data sampel yang digunakan berasal dari populasi dengan distribusi tertentu dalam hal ini adalah distribusi eksponensial dua parameter. Pengujian dilakukan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* (KS). Rumusan hipotesisnya adalah sebagai berikut:

H_0 : Data berasal dari populasi berdistribusi eksponensial dua parameter

H_1 : Data bukan berasal dari populasi berdistribusi eksponensial dua parameter

Berdasarkan jurnal dari Prameswara, *et. al.* (2020) uji KS dilakukan dengan cara membandingkan fungsi distribusi empiris yaitu $F_n(x_i)$ dengan fungsi distribusi yang dihipotesiskan yaitu $F(x_i)$. Statistik uji dari pengujian KS merupakan nilai perbedaan terbesar antara $F_n(x_i)$ dan $F(x_i)$ dinyatakan sebagai berikut:

$$D = \max |F_n(x_i) - F(x_i)| \quad (9)$$

Dimana:

$$F_n(x_i) = \frac{\text{Frekuensi Kumulatif}}{n} \quad (10)$$

Untuk kriteria ujinya hipotesis H_0 ditolak jika harga $D > D_\alpha$ atau hipotesis H_0 ditolak jika $P - \text{value} < \alpha$, artinya data sampel yang digunakan bukan berasal dari populasi berdistribusi eksponensial dua parameter. Dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,10; 0,05; 0,01$ maka secara berurutan nilai kritis $D_\alpha = \frac{1,224}{\sqrt{n}}; \frac{1,358}{\sqrt{n}}; \frac{1,628}{\sqrt{n}}$.

Signal to Noise Ratio

Menurut Thangjai dan Niwitpong (2020) *SNR* adalah kebalikan dari koefisien variasi. Koefisien variasi adalah simpangan baku dibagi rata-rata, sedangkan *SNR* adalah rata-rata dibagi simpangan baku. Maka rumusnya dapat ditulis sebagai berikut:

$$SNR = \frac{E(X)}{\sqrt{Var(X)}} \quad (11)$$

Misalkan $X \sim \text{Exp}(\lambda_X, \beta_X)$ dan $Y \sim \text{Exp}(\lambda_Y, \beta_Y)$ dengan parameter skala λ dan parameter lokasi β , sehingga rumus perbedaan *SNR* dapat ditulis sebagai berikut:

$$\theta = \theta_X - \theta_Y = \frac{E(X)}{\sqrt{Var(X)}} - \frac{E(Y)}{\sqrt{Var(Y)}} = \frac{\lambda_X + \beta_X}{\lambda_X} - \frac{\lambda_Y + \beta_Y}{\lambda_Y} \quad (12)$$

Estimator θ memiliki persamaan sebagai berikut:

$$\hat{\theta} = \hat{\theta}_X - \hat{\theta}_Y = \frac{\bar{X}}{\bar{X} - X_{(1)}} - \frac{\bar{Y}}{\bar{Y} - Y_{(1)}} \quad (13)$$

Bootstrap Parametrik

Bootstrap adalah suatu metode untuk mendapatkan distribusi *sampling* dari suatu statistik atau suatu estimasi parameter berdasarkan data sampel dengan melakukan resampling dengan pengembalian terhadap data sampel. Jadi prinsip dasar dari bootstrap adalah membangkitkan data sampel yang bersifat semu dari data sampel asli. Pembangkitan data sampel semu ini dilakukan berkali-kali, ribuan mungkin puluhan ribu kali. Tujuan utama penggunaan metode bootstrap adalah untuk mendapatkan estimasi yang baik dari data dengan sampel yang minimum (Bootstrap, 2021).

Bootstrap parametrik adalah metode bootstrap yang memiliki asumsi bahwa suatu

estimasi parameter atau suatu nilai lainnya berasal dari distribusi tertentu, sehingga asumsi distribusi harus dipenuhi. Metode ini memberikan hasil yang baik untuk ukuran sampel yang kecil (Bootstrap, 2021).

Rumus perbedaan $SNR \theta^*$ hasil bootstrap dapat ditulis sebagai berikut:

$$\theta^* = \theta_X^* - \theta_Y^* = \frac{\lambda_X^* + \beta_X^*}{\lambda_X^*} - \frac{\lambda_Y^* + \beta_Y^*}{\lambda_Y^*} \quad (14)$$

Sehingga estimator dari θ^* hasil bootstrap memiliki persamaan sebagai berikut:

$$\hat{\theta}^* = \hat{\theta}_X^* - \hat{\theta}_Y^* = \frac{\bar{X}^*}{\bar{X}^* - X_{(1)}^*} - \frac{\bar{Y}^*}{\bar{Y}^* - Y_{(1)}^*} \quad (15)$$

Selang Kepercayaan

Selang kepercayaan banyak diaplikasikan pada data yang mengacu pada jumlah kejadian pada interval tertentu seperti jarak, waktu, wilayah atau ruang. Beberapa contoh data tersebut adalah data jumlah korban kecelakaan per minggu, jumlah kendaraan yang masuk tol per hari, dan lain-lain (Nuraeni et.al, 2016).

Berdasarkan jurnal Thangjai dan Niwitpong (2022), selang kepercayaan bootstrap parametrik didasarkan pada persentil distribusi bootstrap. Nilai statistik bootstrap $\hat{\theta}^*$ diurutkan dari yang terkecil hingga yang terbesar. Distribusi ini digunakan untuk membuat selang kepercayaan untuk perbedaan SNR bootstrap. Oleh karena itu, selang kepercayaan bootstrap parametrik $100(1 - \alpha)\%$ untuk perbedaan SNR bootstrap diperoleh dengan:

$$SK_{\theta.BP} = [BB_{\theta.BP}, BA_{\theta.BP}] = \left[\hat{\theta}^*_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)}, \hat{\theta}^*_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)} \right] \quad (16)$$

Laminasi Mylar-Poliureatan

Laminasi mylar-poliuretana merupakan struktur isolasi yang dapat digunakan dalam sistem listrik *HVDC*. Struktur isolasi ini terdiri dari lapisan mylar dan poliuretana. Mylar merupakan jenis film polyester yang terbuat dari Polyethylene Terephthalate (PET). Mylar memiliki kekuatan tarik dan tahan sobek serta memiliki sifat isolasi elektris yang baik dan juga memiliki ketahanan yang baik terhadap panas, dingin, dan pelarut umum (Ahlhorn, 2023). Di bawah ini adalah contoh gambar dari lapisan mylar:



Gambar 1. Lapisan Mylar

Lapisan poliuretana terbuat dari dua komponen kimia utama, yakni polymer dan urethane. Poliuretana ini memiliki sifat yang stabil, aman, tahan lama, tahan panas dan tidak akan meleleh saat dipanaskan, tahan terhadap tegangan tinggi, elastis, dan memiliki kekuatan mekanik yang baik. Ketahanan panas ini menjadikannya solusi sempurna untuk elemen yang dapat memancarkan energi dalam jumlah besar tanpa khawatir meleleh karena terlalu panas. Selama proses kimia, polymer dihubungkan bersama oleh kelompok urethane yang dapat mengambil banyak bentuk yaitu thermoplastic, elastomers, pelapisan, busa fleksibel dan busa kaku (Sismantoro, 2017). Di bawah ini adalah contoh gambar dari poliuretana yang berbentuk busa:



Gambar 2. Polureatan Busa

Kedua lapisan tersebut direkatkan secara laminasi untuk menggabungkan keunggulan masing-masing bahan tersebut. Sehingga laminasi mylar-poliuretana dapat menjaga keamanan, keandalan, dan efisiensi sistem *HVDC*. Laminasi mylar-poliuretana digunakan untuk melapisi atau menginsulasi komponen-komponen kritis dalam sistem *HVDC* seperti kabel, kapasitor, transformator, dan komponen listrik lainnya.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Nilai Parameter Distribusi Eksponensial Dua Parameter

Nilai parameter dari distribusi eksponensial dua parameter diperoleh menggunakan Persamaan (7) dan Persamaan (8), yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai Parameter

Sampel	$\hat{\beta}$	$\hat{\lambda}$
X	606	2731,875
Y	0.1	1,163

Uji Kecocokan Distribusi

Hipotesis:

H_0 : Data sampel X dan Y berasal dari populasi berdistribusi eksponensial dua parameter.

H_1 : Data sampel X dan Y bukan berasal dari populasi berdistribusi eksponensial dua parameter.

Taraf Nyata:

$\alpha = 0,05$

Satsitik Uji:

Tabel 2. Nilai Statistik Uji

Sampel	X	Y
D	0,1287	0,1090

Kriteria Uji:

Tabel 3. Nilai Uji Kritis

Sampel	X	Y
Nilai Kritis	0,4801	0,4294

Kriteria uji untuk sampel X , karena nilai $D = 0,1287 < D_\alpha = 0,4801$, maka H_0 diterima.

Kriteria uji untuk sampel Y , karena nilai $D = 0,1090 < D_\alpha = 0,4294$, maka H_0 diterima.

Kesimpulan:

Dapat disimpulkan bahwa data waktu kegagalan laminasi mylar-poliuretana pada beban tegangan listrik 100,3 kV/mm dan 361,4 kV/mm berasal dari populasi berdistribusi eksponensial dua parameter.

Nilai Perbedaan Signal to Noise Ratio

Nilai *SNR* dari sampel asli sebelum dilakukan bootstrap, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai *SNR*

Sampel	<i>X</i>	<i>Y</i>
SNR	1,222	1,086

Sehingga diperoleh perbedaan *SNR* antara sampel *X* dan *Y* adalah sebesar 0,136. Dapat dilihat bahwa nilai perbedaannya kecil atau mendekati 0, artinya nilai *SNR* sampel *X* dan *Y* tidak terlalu jauh berbeda.

Nilai Perbedaan Signal to Noise Ratio Bootstrap Parametrik

Untuk menghitung nilai perbedaan *SNR* bootstrap parametrik dilakukan dengan menggunakan *software* RStudio, karena bootstrap yang dilakukan sebanyak 1000 kali sehingga proses perhitungannya rumit dan tidak dapat dilakukan secara manual. Berikut ini adalah nilai perbedaan *SNR* hasil *bootstrapping*:

Tabel 5. Nilai Perbedaan *SNR* Bootstrap

No	Perbedaan <i>SNR</i> Bootstrap
1	0.271574952
2	0.363533507
3	0.223939867
⋮	⋮
1000	0.198674808

Selang kepercayaan

Berikut ini adalah nilai selang kepercayaan berdasarkan bootstrap persentil:

Tabel 6. Selang Kepercayaan

Batas Bawah	-0.2933
Batas Atas	0.9289

Berdasarkan Tabel 6 dapat disimpulkan bahwa dengan tingkat kepercayaan 95%, memungkinkan nilai perbedaan *SNR* yang sebenarnya dari waktu kegagalan laminasi mylar-poliuretana pada beban tegangan listrik 100,3 kV/mm dan 361,4 kV/mm berada di dalam rentang [-0,2933; 0,9289].

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan tingkat kepercayaan 95%, selang kepercayaan bootstrap parametrik untuk perbedaan *SNR* dari distribusi eksponensial dua parameter pada data waktu kegagalan laminasi mylar-poliuretana pada beban tegangan listrik 100,3 kV/mm dan 361,4 kV/mm adalah berada di dalam rentang [-0, 2933; 0, 9289].

Selang kepercayaan tersebut berada diantara nilai negatif dan positif, sehingga mengandung nilai 0 atau dapat memungkinkan nilai parameter sebenarnya adalah sama dengan

0, maka selang kepercayaan tersebut tidak signifikan atau ketika dilakukan uji hipotesis maka hipotesis akan diterima, sehingga tidak ada perbedaan antara nilai SNR_X dan nilai SNR_Y .

Acknowledge

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Terimakasih kepada ayah, ibu, kakak dan keluarga yang selalu mendo'akan dan memberi dukungan baik moral maupun materi kepada penulis. Terimakasih kepada Bapak Abdul Kudus, S.Si., M.Si., Ph.D. yang telah memberi bimbingan kepada penulis hingga penelitian ini selesai. Dosen-dosen Program Studi Statistika Universitas Islam Bandung yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan. Dan juga teman-teman serta semua pihak yang telah ikut membantu hingga penelitian ini selesai.

Daftar Pustaka

- [1] Ahlhorn, Muller (2023). *Mylar A Polyester Film* (Online), (<https://www.mueller-ahlhorn.com/en/mylar-a-polyester-film/>, diakses 11 Mei 2023).
- [2] Aulia, R., Fajriah, N., dan Salam, N. (2011). Estimasi Parameter Pada Distribusi Eksponensial. *Jurnal Matematika Murni dan Terapan*, Vol. 5: 40 – 52.
- [3] Bootstrap. (2021). Modul Komputasi Statistika. Universitas Islam Bandung: Program Studi Statistika.
- [4] Harinata, I.M.D., Ilham, J., Yusuf, T.I. (2019). Karakteristik Tegangan Tembus Isolasi Udara Pada Beberapa Perubahan Suhu dan Diameter Elektroda. *Jurnal Teknik*. Volume 17, No.1.
- [5] Kalkanis, G., and Rosso, E. (1989). The Inverse Power Law Model for The Life Time of a Mylar-Polyurethane Laminated DC-HV Insulating Structure. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. A281,489-496.
- [6] Kraisadab, C. (2021). *Confidence Intervals for Mean of Two-Parameter Exponential Distribution*. Tesis tidak dipublikasikan. Thailand: Faculty of Science and Technology, Thammasat University.
- [7] Meeker, W.Q., and Escobar, L.A. (1998). *Statistical Method for Reliability Data*. New York: A Wiley-Interscience Publication.
- [8] Nuraeni, Putri Anggita., Yanti, Teti Sofia., dan Kudus, Abdul. (2016). Taksiran Interval bagi Rata-rata Parameter Distribusi Poisson. *Jurnal Prosiding Statistika UNISBA*. Vol.2 No. 2.
- [9] Prameswara, L.N.S., Susanto, Bambang., Sasongko, L.R. (2020). Pendekatan Generalized Linear Model Pada Regresi Kuantil Copula Normal Untuk Keterhubungan IHSG dan Kurs EUR-IDR. *d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi*, Vol. 9, No. 2, 97-104.
- [10] Rehman, Abdur. (2020). *High Voltage Direct Current HVDC Transmisson* (online), (<https://www.allumiax.com/blog/high-voltage-direct-current-hvdc-transmission>, diakses 11 Mei 2023).
- [11] Sismantoro, Abdilah. (2017). *Karakterisasi Bahan Akustik Poliuretan Berpenguat Partikel Cangkang Kelapa Sawit*. Skripsi tidak dipublikasikan. Surabaya: Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.
- [12] Solih, A. A. (2015). Estimasi Confidence Interval Bootstrap Untuk Analisis Data Sampel terbatas. *Jurnal UIN Sunan Gunung Djati Bandung*. Volume IX No.1.
- [13] Thangjai, W., dan Niwitpong, S. A. (2019). Confidence Intervals for the Signal-to-Noise Ratio and Difference of Signal-to-Noise Ratios of Log-Normal Distributions. *MPDI Stats*, 2, 164–173.
- [14] Thangjai, W., dan Niwitpong, S. A. (2020). Confidence Interval for Difference of Signal-to-Noise Ratio of Two-Parameter Exponential Distributions. *International Journal of*

- Statistics and Applied Mathematics*, 5(3), 47-54.
- [15] Thangjai, W., dan Niwitpong, S. A. (2022). Bootstrap Confidence Intervals for Common Signal-to-noise Ratio of Two-parameter Exponential Distributions. *International Academic Press*, Vol. 10, pp 858–872.
- [16] Thomopoulos, N.T. (2017). *Statistical Distribution*. Cham: Springer Internasional Publishing AG.
- [17] Aisha Kusuma Putri, & Suliadi. (2023). Rekomendasi Destinasi Wisata di Indonesia Menggunakan Metode Item2Vec. *Jurnal Riset Statistika*, 11–18. <https://doi.org/10.29313/jrs.v3i1.1770>