ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol.2, No.8, Juli 2023

Studi Perbandingan Uji Nonparametrik K-Sampel Independen

Suci Setia Asih[1], Agustini Tripena[2*], Ari Wardayani[3]
Jurusan Matematika Universitas Jenderal Soedirman
Email : agustini.brsurbakti@.unsoed.ac.id

Article History:
Received: 30 Mei 2023
Revised: 25 Juni 2023
Accepted: 30 Juni 2023

Kata kunci: *Kesalahan tipe I, Uji hipotesis, Uji nonparametrik k-sampel independen.*

Abstrak: *Penelitian ini membahas tentang perbandingan tiga prosedur uji nonparametrik k-sampel independen yang banyak dikenal, yaitu uji median diperluas, uji Kruskal-Wallis, dan uji Jonckheere-Terpstra. Perbandingan dilakukan berdasarkan nilai peluang melakukan kesalahan tipe I-nya, dengan menggunakan data yang dibangkitkan dari populasi berdistribusi seragam kontinu, T, F, dan lognormal, serta satu data nonparametrik yaitu data kecerahan langit malam di Indonesia. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa uji median diperluas lebih akurat digunakan untuk data yang berasal dari populasi berdistribusi F dan juga data nonparametrik, uji Kruskal-Wallis lebih akurat untuk data yang berasal dari populasi berdistribusi T, dan uji Jonckheere-Terpstra lebih akurat untuk data yang berasal dari populasi berdistribusi seragam kontinu dan lognormal. Sementara itu, secara keseluruhan uji Jonckheere-Terpstra lebih akurat dibandingkan uji median diperluas dan uji Kruskal-Wallis*

PENDAHULUAN

Angka dan data saat ini banyak digunakan untuk membantu manusia dalam mengambil sebuah keputusan melalui pengolahan data. Pengolahan data ini dilakukan dengan menguji apakah beberapa sampel berasal dari populasi yang sama, yang mana pengujian dapat dilakukan dengan metode statistika parametrik maupun nonparametrik. Menurut Pearce dan Derrick (2019), pada penggunaan statistika parametrik diperlukan beberapa asumsi, seperti distribusi populasi normal dan variansi sampel sama. Namun apabila asumsi-asumsi tersebut sulit untuk dipenuhi, maka pengujian dapat dilakukan dengan uji statistika nonparametrik yang merupakan statistika bebas sebaran.

Prosedur uji statistika nonparametrik umumnya digunakan untuk-sampel dengan jumlah kecil yakni kurang dari 30 data, dan dapat dikelompokkan berdasarkan kategori jumlah kelompok sampel yang akan diuji, yaitu uji sampel tunggal, uji dua sampel bebas (independen), uji dua sampel berhubungan (dependen), uji k-sampel bebas (independen), serta uji k-sampel berhubungan (dependen). Pada dasarnya, penggunaan setiap prosedur uji dapat dengan mudah ditentukan, yaitu dengan memperhatikan karakteristik datanya. Namun, pada kelompok uji k-sampel independen terdapat kendala dalam menentukan uji yang tepat, dikarenakan tidak terdapat perbedaan khusus pada jenis datanya. Sementara itu, perlu diketahui bahwa penggunaan prosedur uji yang kurang tepat dapat menyebabkan terjadinya kesalahan tipe I maupun kesalahan tipe II

ISSN : 2810-0581 (online)

ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol.2, No.8, Juli 2023

pada saat pengambilan keputusan, sehingga hasil pengujian bisa saja tidak akurat.

Permasalahan tersebut kemudian membuat penulis tertarik untuk membandingkan prosedur uji k-sampel independen yang paling banyak dikenal, yaitu uji median diperluas, uji Kruskal-Wallis, dan uji Jonckheere-Terpstra. Banyak penelitian telah dilakukan untuk membandingkan beberapa prosedur uji statistik nonparametrik sebelumnya, baik berdasarkan power, efisiensi power, dan lain sebagainya. Pada 1995, Joanne M. Mahrer dan Rhonda C. Magel melakukan perbandingan uji Jonckheere-Terpstra, uji Cuzick, dan uji Le dengan mendeteksi non-decreasing trend pada parameter lokasi. Selanjutnya Adams dkk. pada 2019 membandingkan uji median diperluas, uji Kruskal-Wallis dan uji Jonckheere-Terpstra berdasarkan level alpha pada sampel dari distribusi Normal, distribusi Eksponensial, distribusi Beta dan distribusi Gamma. Berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Adams dkk., pada penelitian ini data yang digunakan berasal dari populasi yang berdistribusi seragam kontinu, distribusi T, distribusi F dan distribusi lognormal, serta sebuah data nonparametrik yaitu data kecerahan langit malam di Indonesia. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pembaca dalam menentukan prosedur uji yang paling tepat, sehingga dapat meminimalisir kesalahan pengambilan keputusan.

METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah membandingkan peluang kesalahan tipe I yang dilakukan oleh uji median diperluas, uji Kruskal-Wallis, dan uji Jonckheere-Terpstra. Nilai peluang kesalahan tipe I ini diperoleh dengan melakukan pengujian hipotesis sebanyak 1000 kali. Data yang digunakan adalah data parametrik yang berdistribusi seragam kontinu, distribusi T, distribusi F, dan distribusi lognormal yang dibangkitkan dengan metode Monte-Carlo, serta data nonparametrik yaitu data kecerahan langit malam di Indonesia dari kategori penilaian IQR (*interquartile range*).

Distribusi Seragam Kontinu

Misalkan X merupakan variabel acak pada $a \leq x \leq b$, maka X berdistribusi seragam kontinu apabila f(x) bernilai sama untuk setiap nilai x dalam interval tersebut (Walpole dkk., 2012:171). Berikut merupakan fungsi kepadatan peluang (PDF) distribusi seragam kontinu :

$$f(x; a, b)=\begin{cases} \frac{1}{(b-a)} & , a \leq x \\ 0 & , x \text{ lainr} \end{cases}$$

Adapun mean dan variansinya adalah :

$$\mu = \frac{a+b}{2}$$

$$\sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{12}$$

Distribusi T

Distribusi T atau distribusi T-*Student* merupakan distribusi yang mirip dengan distribusi normal. Namun, distribusi T digunakan pada statistika inferens untuk ukuran sampel kecil dan variansi populasi tidak diketahui. Misalkan X1,…,Xn variabel acak independen yang diambil dari distribusi yang sama (*idependent and identically distributed* / i.i.d) dari distribusi $N(\mu,\sigma^2)$. Diberikan $\bar{X}$ merupakan mean dari sampel dan s2 merupakan variansi sampel, maka variabel acak $\frac{\bar{X}-\mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ memiliki distribusi normal baku, dan variabel acak $\frac{\bar{X}-\mu}{s/\sqrt{n}}$ memiliki distribusi T dengan

ISSN : 2810-0581 (online)

ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol.2, No.8, Juli 2023

derajat bebas n-1.
Berikut merupakan PDF distribusi T :

$$f(t) = \frac{\Gamma\left(\frac{v+1}{2}\right)}{\sqrt{v\pi}\,\Gamma\left(\frac{v}{2}\right)}\left(1+\frac{t^2}{v}\right)^{-(v+}$$

dengan v merupakan derajat bebas.
Adapun mean dan variansinya adalah :

$$\mu = 0$$

$$\sigma^2 = \frac{v}{v-2} \quad (v > 2)$$

Distribusi F

Distribusi F merupakan distribusi probabilitas kontinu yang biasanya muncul sebagai distribusi nol (distribusi probabilitas statistik uji ketika hipotesis nol benar) dari sebuah uji statistik, seperti pada ANOVA dan uji F lainnya (Mood dkk., 1974:246-249).
PDF distribusi F adalah sebagai berikut.

$$f(w)=\begin{cases} \dfrac{\Gamma\left(\frac{v_1+v_2}{2}\right) w^{(v_1/2)-1}}{\Gamma\left(\frac{v_1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{v_1}{2}\right)\left(\frac{v_1 w}{v_2}+1\right)^{(v_1+v_2)/2}} & , x \geq 0 \\ 0 & , x < 0 \end{cases}$$

dengan v1,v2 merupakan derajat bebas.
Mean dan variansi distribusi F :

$$\mu=\frac{v_2}{v_2-2} \quad (v_2 > 2)$$

$$\sigma^2=\frac{v_2^2(v_1+v_2-2)}{v_1(v_2-4)(v_2-2)} \quad (v_2 > 4)$$

Distribusi Lognormal

Distribusi ini merupakan distribusi probabilitas kontinu dari variabel acak yang logaritmanya berdistribusi normal. Artinya variabel kontinu X berdistribusi lognormal apabila terdapat variabel acak Y = ln(X) berdistribusi normal. Selanjutnya, jika Y berdistribusi normal dengan X = exp(Y), maka X berdistribusi lognormal.
Adapun PDF distribusi lognormal adalah :

$$f(x;\mu,\sigma)=\begin{cases} \dfrac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x}\exp\left[-\dfrac{(\ln x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] & , x \geq 0 \\ 0 & , x < 0 \end{cases}$$

Selanjutnya, mean dan variansi distribusi lognormal yaitu :

$$\mu = e^{\mu+\sigma^2/2}$$

ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol.2, No.8, Juli 2023

$$\sigma^2 = e^{2\mu+\sigma^2}(e^{\sigma^2} - 1)$$

Metode Monte-Carlo

Metode Monte-Carlo didasarkan pada pembangkitan variasi pseudorandom (angka yang dipilih secara jelas oleh program komputasi tetapi memenuhi syarat keacakan), yang terdistribusi secara nominal seragam untuk menetapkan fungsi distribusi lain yang diperlukan (Coates dkk., 1988:1). Secara sederhana, metode Monte-Carlo dapat didefinisikan sebagai teknik memilih angka-angka dari suatu distribusi probabilitas, yang kemudian digunakan dalam suatu percobaan dari suatu simulasi.

Pengujian Hipotesis

Uji hipotesis adalah aturan yang mengambil kumpulan data untuk memperoleh keputusan menolak H_0 atau gagal menolak H_0. H_0 ditolak apabila berada di daerah kritis. Namun, dalam beberapa kasus seringkali terjadi kesalahan pengambilan keputusan saat melakukan uji hipotesis. Kesalahan tersebut biasa dikenal sebagai kesalahan tipe I (kesalahan menolak H_0 padahal H_0 benar) dan kesalahan tipe II (kesalahan tidak menolak H_0 padahal H_0 salah).

Uji Nonparametrik k-Sampel Independen

Uji nonparametrik k-sampel independen merupakan salah satu uji statistik yang dapat digunakan ketika data tidak berdistribusi normal, yaitu untuk menguji k-sampel (tiga sampel atau lebih) yang tidak saling berhubungan.

Uji Median Diperluas

Uji median untuk dua sampel independen merupakan perluasan dari uji tanda, yang kemudian diperluas kembali untuk k-sampel independen sehingga dikenal sebagai uji median diperluas. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah kelompok sampel yang diuji berasal dari populasi yang sama atau memiliki median yang sama (Sprent, 1989:86).

Hipotesis nol dan hipotesis alternatif dari uji median diperluas adalah :

H_0 : k-sampel berasal dari populasi dengan median yang sama

H_1 : k-sampel berasal dari populasi dengan median berbeda

Berikut merupakan statistik uji median diperluas :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k}\frac{\left(O_{ij}-E_{ij}\right)^2}{E_{ij}}$$

O_{ij} : frekuensi kasus pada baris ke-i dan kolom ke-j

E_{ij} : frekuensi kasus yang diharapkan pada baris ke-i dan kolom ke-j

Daerah kritis uji median diperluas dimana H_0 ditolak adalah pada taraf signifikansi $\chi^2 > \chi^2_{\alpha\,;\,(k-1)}$.

Uji Kruskal-Wallis

Uji Kruskal-Wallis dilakukan dengan asumsi sampel tidak terdapat hubungan (independen) dengan jumlah total pengamatan $N = \sum_{k=1}^{K} n_k$, kemudian diberi peringkat dari nilai terkecil (R_1) ke nilai terbesar (R_K). Adapun hipotesis nol dan hipotesis alternatif dari uji Kruskal-Wallis adalah sebagai berikut.

H_0 : k-sampel berasal dari distribusi yang sama

H_1 : k-sampel berasal dari distribusi yang berbeda

Statistik uji Kruskal-Wallis adalah :

ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol.2, No.8, Juli 2023

$$W_H=\frac{12}{N(N+1)}\sum_{k=1}^{K}\frac{{R_k}^2}{n_k}-3(N+1$$

${R_k}^2$: kuadrat jumlah peringkat keseluruhan pada setiap kelompok sampel
N : jumlah seluruh sampel
n_k : jumlah sampel pada kelompok-k
Daerah kritis uji Kruskal-Wallis adalah pada level α jika nilai $W_H > \chi^2_{\alpha;(k-1)}$.

Uji Jonckheere-Terpstra

Uji ini dirancang untuk mendeteksi perubahan dari perbedaan kelas terutrut, atau dapat ditulis sebagai $\tau 1 \leq \tau 2 \leq \ldots \leq \tau k$, dengan sekurang-kurangnya terdapat satu ketidaksamaan yang signifikan. (Hollander dan Wolfe, 1999:202)
Berikut merupakan hipotesis nol dan hipotesis alternatif dari uji Jonckheere-Terpstra :
H_0 : k-sampel berasal dari populasi dengan median yang sama
H_1 : k-sampel berasal dari populasi dengan median yang berurutan
Statistik uji Jonckheere-Terpstra adalah sebagai berikut.

$$Z_j=\frac{J-\frac{n^2-\sum_{j=1}^{k}n_j^2}{4}}{\sqrt{\frac{n^2(2n+3)-\sum_{j=1}^{k}n_j^2(2n_j+}{72}}}$$

J : nilai J-T observasi $\left(J=\sum_{i,j}(s_{ij}^{+}+\frac{1}{2}s_{ij}^{=})\right)$
n : jumlah seluruh sampel
nj : jumlah sampel pada kelompok-j
Daerah kritis Uji Jonckheere-Terpstra dimana H0 ditolak adalah pada taraf signifikansi $Z_j > Z_\alpha$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembangkitan Data

Pembangkitan data dilakukan untuk data parametrik yang digunakan dalam penelitian ini, data dibangkitkan menggunakan *syntax* yang mengacu pada penelitian Coulquhoun (2014). Adapun parameter-parameter data yang dibangkitkan adalah sebagai berikut.

1. Distribusi seragam kontinu dengan parameter (a,b), data yang dibangkitkan adalah U(1,2) U(1,4) dan U(2,3).
2. Distribusi T dengan parameter (v), data yang dibangkitkan adalah T(9), T(11) dan T(16).
3. Distribusi F dengan parameter (v_1,v_2), data yang dibangkitkan adalah F(2,15), F(7,22) dan F(4,18).
4. Distribusi lognormal dengan parameter (μ,σ), data yang dibangkitkan adalah LN(10,1), LN(15,1) dam LN(7,1).

3.2 Pengujian Hipotesis

Data yang berhasil dibangkitkan kemudian diambil sampel sebanyak n yaitu n = 2,3,...30. Setelah itu dilakukan uji hipotesis dengan ketentuan sebagai berikut.

a) Hipotesis

Untuk data yang berdistribusi seragam kontinu :
H_0 : k-sampel independen yang diambil dari populasi seragam kontinu berasal dari populasi dengan median yang sama atau distribusi yang sama

ISSN : 2810-0581 (online)

ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol.2, No.8, Juli 2023

H_1 : k-sampel independen yang diambil dari populasi seragam kontinu berasal dari populasi dengan median yang berbeda atau distribusi yang berbeda

Untuk data yang berdistribusi T :

H_0 : k-sampel independen yang diambil dari populasi T berasal dari populasi dengan median yang sama atau distribusi yang sama

H_1 : k-sampel independen yang diambil dari populasi T berasal dari populasi dengan median yang berbeda atau distribusi yang berbeda

Untuk data yang berdistribusi F :

H_0 : k-sampel independen yang diambil dari populasi F berasal dari populasi dengan median yang sama atau distribusi yang sama

H_1 : k-sampel independen yang diambil dari populasi F berasal dari populasi dengan median yang berbeda atau distribusi yang berbeda

Untuk data yang berdistribusi lognormal :

H_0 : k-sampel independen yang diambil dari populasi lognormal berasal dari populasi dengan median yang sama atau distribusi yang sama

H_1 : k-sampel independen yang diambil dari populasi lognormal berasal dari populasi dengan median yang berbeda atau distribusi yang berbeda

Untuk data nonparametrik :

H_0 : data kecerahan langit malam pada masing-masing stasiun pengamatan diambil dari kategori penilaian yang sama

H_1 : data kecerahan langit malam pada masing-masing stasiun pengamatan diambil dari kategori penilaian yang berbeda

b) Taraf Signifikansi

$\alpha = 0{,}01$, $\alpha = 0{,}05$ dan $\alpha = 0{,}10$

c) Daerah Kritis

H_0 ditolak apabila $p - value < \alpha$ atau $\chi^2 > \chi^2_{\alpha\,;\,(k-1)}$ pada uji median diperluas, $W_H > \chi^2_{\propto;\,k-1}$ pada uji Kruskal-Wallis, dan $Z_J > Z_\alpha$ pada Uji Jonckheere-Terpstra.

3.3 Perbandingan

Mengingat untuk data parametrik yang digunakan pada pengujian hipotesis berasal dari populasi yang berdistribusi sama, dan untuk data nonparametrik yang digunakan berasal dari kategori penilaian yang sama, maka apabila H_0 ditolak telah terjadi kesalahan tipe I. Oleh karena itu, berdasarkan pengujian hipotesis dapat diperoleh nilai peluang melakukan kesalahan tipe I setiap uji. Adapun nilai peluang tersebut disajikan dalam Tabel 1 sampai dengan Tabel 5.

Tabel 1. Peluang melakukan kesalahan tipe I pada distribusi seragam kontinu.

n	Peluang Melakukan Kesalahan Tipe I								
	Uji Median Diperluas			Uji Kruskal-Wallis			Uji Jonckheere-Terpstra		
	α			α			α		
	0,01	0,05	0,10	0,01	0,05	0,10	0,01	0,05	0,10
2	0	0	0	0	0	0	0	0,122	0,122
3	0	0,495	0,495	0	0,138	0,54	0,019	0,216	0,549
4	0	0,558	1	0,033	0,502	0,807	0,11	0,467	0,708
5	0,304	1	1	0,24	0,809	0,953	0,159	0,622	0,876

ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol.2, No.8, Juli 2023

6	1	1	1	0,424	0,934	0,998	0,325	0,818	0,967
7	1	1	1	0,652	0,992	1	0,526	0,963	0,997
8	1	1	1	0,861	0,999	1	0,661	0,978	1
9	1	1	1	0,955	1	1	0,829	0,996	1
10	1	1	1	0,987	1	1	0,905	1	1
11	1	1	1	0,998	1	1	0,956	1	1
12	1	1	1	1	1	1	0,982	1	1
13	1	1	1	0,999	1	1	0,992	1	1
14	1	1	1	1	1	1	0,998	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabel 1 memperlihatkan bahwa kesalahan tipe I yang dilakukan oleh uji median diperluas adalah sebanyak 91,8%, uji Kruskal-wallis sebanyak 89,4%, dan uji Jonckheere-Terpstra sebanyak 88,3%.

Tabel 2. Peluang melakukan kesalahan tipe I pada distribusi T.

n	Peluang Melakukan Kesalahan Tipe I								
	Uji Median Diperluas			Uji Kruskal-Wallis			Uji Jonckheere-Terpstra		
		α			α			α	
	0,01	0,05	0,10	0,01	0,05	0,10	0,01	0,05	0,10
2	0	0	0	0	0	0	0	0,069	0,069
3	0	0,121	0,121	0	0,009	0,092	0,003	0,033	0,118
4	0	0,033	0,146	0,001	0,035	0,101	0,003	0,046	0,082
5	0,005	0,06	0,06	0,002	0,04	0,093	0,005	0,044	0,097
6	0,024	0,024	0,097	0,005	0,041	0,087	0,011	0,044	0,087
7	0,012	0,082	0,172	0,007	0,053	0,104	0,013	0,061	0,098
8	0,005	0,071	0,071	0,007	0,046	0,11	0,006	0,048	0,1
9	0,001	0,029	0,096	0,005	0,034	0,085	0,004	0,044	0,098
10	0,014	0,034	0,141	0,007	0,052	0,096	0,004	0,042	0,086

ISSN : 2810-0581 (online)

ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol.2, No.8, Juli 2023

11	0,009	0,077	0,077	0,008	0,057	0,119	0,016	0,062	0,114
12	0,006	0,035	0,171	0,008	0,059	0,106	0,008	0,069	0,134
13	0,006	0,047	0,091	0,007	0,041	0,098	0,009	0,052	0,102
14	0,01	0,062	0,094	0,008	0,047	0,109	0,011	0,052	0,104
15	0,01	0,048	0,124	0,008	0,046	0,101	0,005	0,047	0,097
16	0,015	0,05	0,077	0,006	0,041	0,095	0,004	0,047	0,086
17	0,01	0,044	0,1	0,009	0,044	0,094	0,01	0,041	0,086
18	0,016	0,036	0,103	0,011	0,056	0,098	0,006	0,043	0,095
19	0,008	0,057	0,083	0,014	0,05	0,093	0,017	0,052	0,127
20	0,008	0,04	0,145	0,005	0,056	0,121	0,01	0,047	0,101
21	0,015	0,067	0,118	0,007	0,055	0,1	0,011	0,057	0,108
22	0,009	0,039	0,117	0,008	0,044	0,1	0,007	0,043	0,093
23	0,008	0,049	0,1	0,012	0,046	0,095	0,008	0,049	0,096
24	0,014	0,059	0,071	0,012	0,047	0,093	0,009	0,038	0,083
25	0,026	0,1	0,159	0,032	0,126	0,2	0,036	0,108	0,184
26	0,008	0,047	0,101	0,008	0,051	0,102	0,007	0,045	0,104
27	0,008	0,065	0,118	0,008	0,046	0,097	0,011	0,045	0,096
28	0,009	0,031	0,093	0,007	0,051	0,103	0,006	0,049	0,099
29	0,01	0,05	0,083	0,009	0,044	0,09	0,006	0,051	0,109
30	0,009	0,054	0,12	0,015	0,054	0,103	0,007	0,047	0,105

Tabel 2 memperlihatkan bahwa kesalahan tipe I yang dilakukan oleh uji median diperluas adalah sebanyak 5,6%, uji Kruskal-wallis sebanyak 5,2%, dan uji Jonckheere-Terpstra sebanyak 5,4%.

Tabel 3. Peluang melakukan kesalahan tipe I pada distribusi F.

n	Peluang Melakukan Kesalahan Tipe I								
	Uji Median Diperluas			Uji Kruskal-Wallis			Uji Jonckheere-Terpstra		
		α			α			α	
	0,01	0,05	0,10	0,01	0,05	0,10	0,01	0,05	0,10
2	0	0	0	0	0	0	0	0,103	0,103
3	0	0,16	0,16	0	0,018	0,12	0,012	0,074	0,168
4	0	0,048	0,169	0,001	0,061	0,136	0,021	0,09	0,171
5	0,018	0,093	0,093	0,005	0,071	0,135	0,022	0,083	0,15
6	0,021	0,021	0,146	0,004	0,056	0,127	0,01	0,07	0,121
7	0,014	0,092	0,18	0,008	0,075	0,146	0,019	0,08	0,138
8	0,006	0,084	0,084	0,011	0,06	0,138	0,017	0,079	0,153
9	0,008	0,047	0,154	0,017	0,078	0,151	0,022	0,101	0,169
10	0,022	0,047	0,158	0,022	0,083	0,145	0,035	0,095	0,163
11	0,01	0,094	0,094	0,013	0,084	0,156	0,029	0,095	0,164
12	0,007	0,048	0,219	0,012	0,074	0,149	0,023	0,092	0,156
13	0,016	0,073	0,134	0,018	0,088	0,145	0,021	0,085	0,155
14	0,013	0,08	0,133	0,023	0,082	0,153	0,03	0,108	0,174

ISSN : 2810-0581 (online)

15	0,011	0,068	0,156	0,013	0,086	0,168	0,019	0,097	0,182
16	0,024	0,072	0,102	0,023	0,096	0,173	0,027	0,11	0,182
17	0,023	0,075	0,139	0,026	0,087	0,173	0,025	0,096	0,163
18	0,028	0,065	0,151	0,031	0,112	0,181	0,031	0,1	0,175
19	0,021	0,092	0,131	0,031	0,112	0,181	0,029	0,098	0,159
20	0,026	0,101	0,206	0,043	0,116	0,196	0,044	0,127	0,19
21	0,022	0,098	0,17	0,032	0,127	0,2	0,032	0,103	0,182
22	0,022	0,092	0,217	0,025	0,122	0,206	0,034	0,121	0,196
23	0,02	0,091	0,17	0,031	0,136	0,222	0,033	0,122	0,196
24	0,035	0,122	0,153	0,04	0,132	0,217	0,042	0,116	0,187
25	0,026	0,1	0,159	0,032	0,126	0,2	0,036	0,108	0,184
26	0,046	0,115	0,218	0,06	0,156	0,245	0,051	0,145	0,227
27	0,029	0,121	0,182	0,038	0,144	0,227	0,04	0,129	0,198
28	0,027	0,083	0,187	0,038	0,137	0,221	0,043	0,128	0,21
29	0,021	0,11	0,159	0,037	0,121	0,215	0,03	0,108	0,184
30	0,033	0,098	0,194	0,033	0,136	0,228	0,038	0,126	0,205

Tabel 3 memperlihatkan bahwa kesalahan tipe I yang dilakukan oleh uji median diperluas adalah sebanyak 8,4%, uji Kruskal-wallis sebanyak 9,6%, dan uji Jonckheere-Terpstra sebanyak 10,1%,

Tabel 4. Peluang melakukan kesalahan tipe I pada distribusi lognormal.

n	Peluang Melakukan Kesalahan Tipe I								
	Uji Median Diperluas			Uji Kruskal-Wallis			Uji Jonckheere-Terpstra		
		α			α			α	
	0,01	0,05	0,10	0,01	0,05	0,10	0,01	0,05	0,10
2	0	0	0	0	0	0	0	0,066	0,066
3	0	0,191	0,191	0	0	0	0,004	0,035	0,128
4	0,001	0,081	0,244	0	0,021	0,172	0,008	0,063	0,125
5	0,034	0,15	0,15	0,013	0,127	0,236	0,01	0,055	0,12
6	0,076	0,076	0,232	0,018	0,154	0,277	0,018	0,064	0,133
7	0,027	0,152	0,303	0,028	0,162	0,296	0,014	0,084	0,137
8	0,028	0,196	0,196	0,051	0,194	0,316	0,021	0,088	0,16
9	0,045	0,144	0,307	0,05	0,193	0,315	0,017	0,076	0,159
10	0,083	0,15	0,342	0,078	0,241	0,384	0,024	0,105	0,179
11	0,055	0,273	0,273	0,097	0,294	0,426	0,026	0,097	0,174
12	0,063	0,175	0,438	0,097	0,294	0,426	0,034	0,105	0,183
13	0,101	0,276	0,406	0,134	0,368	0,503	0,031	0,125	0,208
14	0,095	0,286	0,363	0,138	0,356	0,505	0,036	0,131	0,227
15	0,088	0,274	0,449	0,161	0,383	0,535	0,034	0,123	0,212
16	0,142	0,299	0,37	0,173	0,403	0,552	0,037	0,141	0,233
17	0,139	0,284	0,426	0,178	0,423	0,553	0,039	0,136	0,234
18	0,172	0,286	0,487	0,231	0,488	0,62	0,033	0,148	0,251

ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol.2, No.8, Juli 2023

19	0,168	0,393	0,448	0,247	0,489	0,62	0,054	0,159	0,265
20	0,147	0,355	0,551	0,244	0,495	0,649	0,047	0,185	0,279
21	0,176	0,409	0,546	0,293	0,538	0,671	0,056	0,194	0,314
22	0,171	0,406	0,594	0,293	0,573	0,709	0,047	0,178	0,285
23	0,176	0,45	0,566	0,337	0,593	0,728	0,056	0,187	0,3
24	0,206	0,469	0,514	0,332	0,61	0,742	0,053	0,198	0,316
25	0,218	0,44	0,576	0,348	0,614	0,726	0,052	0,191	0,302
26	0,238	0,467	0,618	0,381	0,657	0,774	0,074	0,226	0,339
27	0,236	0,48	0,62	0,371	0,661	0,773	0,062	0,197	0,331
28	0,23	0,423	0,597	0,393	0,658	0,764	0,074	0,211	0,327
29	0,256	0,503	0,618	0,428	0,681	0,797	0,07	0,224	0,342
30	0,296	0,511	0,647	0,431	0,681	0,806	0,038	0,126	0,205

Tabel 4 memperlihatkan bahwa kesalahan tipe I yang dilakukan oleh uji median diperluas adalah sebanyak 27,9%, uji Kruskal-wallis sebanyak 36,5%, dan uji Jonckheere-Terpstra sebanyak 13,2%.

Tabel 5. Peluang melakukan kesalahan tipe I pada data kecerahan langit malam.

n	Peluang Melakukan Kesalahan Tipe I								
	Uji Median Diperluas			Uji Kruskal-Wallis			Uji Jonckheere-Terpstra		
	α			α			α		
	0,01	0,05	0,10	0,01	0,05	0,10	0,01	0,05	0,10
2	0	0	0,002	0	0	0,003	0	0,041	0,043
3	0	0,206	0,206	0	0,012	0,08	0,005	0,065	0,165
4	0	0,035	0,116	0	0,082	0,169	0,026	0,11	0,185
5	0,017	0,134	0,169	0,021	0,124	0,166	0,035	0,128	0,194
6	0,071	0,073	0,201	0,027	0,134	0,258	0,041	0,171	0,271
7	0,035	0,17	0,281	0,039	0,173	0,274	0,064	0,202	0,286
8	0,024	0,191	0,192	0,054	0,186	0,296	0,086	0,229	0,329
9	0,028	0,111	0,284	0,059	0,187	0,312	0,092	0,254	0,359
10	0,08	0,138	0,302	0,081	0,242	0,347	0,124	0,275	0,387
11	0,034	0,206	0,226	0,081	0,253	0,388	0,137	0,328	0,441
12	0,057	0,175	0,417	0,105	0,278	0,422	0,149	0,351	0,468
13	0,075	0,23	0,307	0,098	0,297	0,434	0,167	0,376	0,511
14	0,062	0,223	0,311	0,142	0,324	0,455	0,172	0,394	0,505
15	0,047	0,206	0,362	0,129	0,329	0,476	0,193	0,425	0,539
16	0,111	0,273	0,343	0,157	0,383	0,524	0,235	0,469	0,597
17	0,103	0,223	0,39	0,183	0,391	0,536	0,246	0,49	0,625
18	0,116	0,218	0,359	0,188	0,398	0,529	0,259	0,488	0,609
19	0,102	0,288	0,385	0,192	0,434	0,558	0,301	0,548	0,678
20	0,122	0,283	0,463	0,216	0,463	0,61	0,317	0,575	0,701
21	0,133	0,342	0,441	0,246	0,477	0,611	0,331	0,567	0,676
22	0,132	0,324	0,483	0,253	0,505	0,64	0,363	0,602	0,694

23	0,126	0,328	0,436	0,27	0,519	0,625	0,373	0,601	0,719
24	0,186	0,402	0,481	0,312	0,543	0,678	0,408	0,635	0,744
25	0,16	0,376	0,487	0,311	0,56	0,696	0,408	0,653	0,755
26	0,175	0,354	0,483	0,286	0,569	0,683	0,404	0,646	0,756
27	0,178	0,405	0,552	0,34	0,613	0,721	0,44	0,683	0,788
28	0,179	0,357	0,521	0,352	0,624	0,743	0,471	0,704	0,791
29	0,198	0,413	0,53	0,389	0,623	0,733	0,486	0,694	0,801
30	0,222	0,436	0,578	0,404	0,66	0,77	0,494	0,722	0,814

Tabel 4.5

memperlihatkan bahwa kesalahan tipe I yang dilakukan oleh uji median diperluas adalah sebanyak 23,2%, uji Kruskal-wallis sebanyak 33,3%, dan uji Jonckheere-Terpstra sebanyak 39,8%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Untuk data yang berdistribusi seragam kontinu, yang paling sedikit nilai peluang kesalahan tipe I-nya adalah uji Jonckheere-Terpstra. Hal ini menunjukkan bahwa uji Jonckheere-Terpstra merupakan uji terbaik yang dapat digunakan apabila data berasal dari populasi yang berdistribusi seragam kontinu.
2. Untuk data yang berdistribusi T, yang paling sedikit nilai peluang kesalahan tipe I-nya adalah uji Kruskal-Wallis. Hal ini menunjukkan bahwa uji Kruskal-Wallis merupakan uji terbaik yang dapat digunakan apabila data berasal dari populasi yang berdistribusi T.
3. Untuk data yang berdistribusi F, yang paling sedikit nilai peluang kesalahan tipe I-nya adalah uji median diperluas. Hal ini menunjukkan bahwa uji median diperluas merupakan uji terbaik yang dapat digunakan apabila data berasal dari populasi yang berdistribusi F.
4. Untuk data yang berdistribusi lognormal, yang paling sedikit nilai peluang kesalahan tipe I-nya adalah uji Jonckheere-Terpstra. Hal ini menunjukkan bahwa uji Jonckheere-Terpstra merupakan uji terbaik yang dapat digunakan apabila data berasal dari populasi yang berdistribusi lognormal.
5. Untuk data kecerahan langit malam, yang paling sedikit nilai peluang kesalahan tipe I-nya adalah uji median diperluas. Hal ini menunjukkan bahwa uji median diperluas merupakan uji terbaik yang dapat digunakan apabila data yang digunakan merupakan data nonparametrik.

Sementara itu selaras dengan penelitian Adams dkk., secara keseluruhan penelitian ini juga menemukan bahwa uji Jonckheere-Terpstra memiliki nilai peluang melakukan kesalahan tipe I paling sedikit, sehingga uji ini dapat dikatakan lebih akurat dibandingkan uji median diperluas dan uji Kruskal Wallis.

Sebagian dari penelitian ini menggunakan data parametrik yang berasal dari populasi berdistribusi seragam kontinu, distribusi T, distribusi F, dan distribusi lognormal. Sementara pada penggunaannya, uji nonparametrik diperuntukkan bagi data yang tidak dapat diketahui distribusinya. Oleh karena itu, penulis memberikan saran bagi penelitian selanjutnya untuk menggunakan data nonparametrik, agar selaras dengan uji yang dibahas yaitu uji nonparametrik, serta menggunakan metode lain yang dinilai lebih efisien.

ULIL ALBAB : Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Vol.2, No.8, Juli 2023

DAFTAR PUSTAKA

Adams, S. O., Olanrewaju, S. O. dan Oguntade, E. S., A Comparative Study of Some Non-Parametric k-Independent Sample Test Statistics, Abuja Nigeria : Departement of Statistics, University of Abuja, (2019).

Coates, R. F. W., Janacek, G. J. dan Lever, K. V., *Monte-Carlo Simulation and Random Number Generation*, IEEE Journal on Selected Areas in Communication, 6(1) (1988).

Colquhoun, D., *An Investigation of the False Discovey Rate and the Misinterpretation of P-Values*, Royal Society Publishing, (2014).

Hollander, B. M. dan Wolfe, D. A., *Nonparametic Statistical Methods,* Edisi Kedua, New York : John Wiley & Sons, Inc., 1999.

Mahrer, J. M. dan Magel, R. C., *A Comparison of Test for the k-Sample, Non-Decreasing Alternative*, Statistics in Medicine, Vol 14 (1995).

Mood, A., Franklin, A. G. dan Duane, C.B., *Introduction to the Theory of Statistics,* Edisi Ketiga, New York : McGraw Hill Companies, Inc., 1974.

Pearce, J. dan Derrick, B., P*reliminariy Testing : The Devil of Statistics?,* Reinvention : An International Journal of Undergraduate Research, 12(2) (2019).

Sprent, P., *Applied Nonparametric Statistical Methods*. New York : Chapman and Hall Ltd., 1989.

Walpole, R. E., Myres, R. H., Myres, S. L. dan Ye, K., *Probability & Statististics for Engineers & Scientists*, Edisi Kesembilan, Boston : Pearson Education, Inc., 2012.