

KAJIAN UJI MANN-WHITNEY DAN UJI PERINGKAT BERTANDA WILCOXON

Oleh

Yelvarina¹, Sigit Nugroho² dan Baki Swita²

¹Alumni Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Bengkulu

²Dosen Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Bengkulu

ABSTRAK

Tulisan ini mengkaji statistik nonparametrik khususnya uji Mann-Whitney dan uji peringkat bertanda Wilcoxon serta membandingkan kedua uji ini dengan uji t. Metode yang digunakan adalah simulasi data dengan menggunakan paket program Microsoft Excel. Hasil analisis menunjukkan bahwa untuk data yang diketahui bentuk distribusinya yaitu berdistribusi normal, uji parametrik dengan menggunakan uji t memberikan hasil yang lebih baik daripada uji nonparametrik dengan menggunakan uji Mann-Whitney dan uji peringkat bertanda Wilcoxon. Sedangkan untuk data yang bukan berdistribusi normal (Kai-kuadrat, Gamma, dan Seragam), uji nonparametrik dengan menggunakan uji Mann-Whitney dan uji peringkat bertanda Wilcoxon memberikan hasil yang lebih baik daripada uji parametrik dengan uji t.

Kata kunci : *Statistik Parametrik, Statistik Nonparametrik, uji Mann-Whitney, uji Peringkat Bertanda Wilcoxon.*

Pendahuluan

Salah satu tujuan pokok dari statistika adalah melakukan inferensia statistika, yaitu penarikan kesimpulan tentang parameter populasi berdasarkan data sampel. Untuk melakukan inferensia statistika diperlukan pengetahuan tentang distribusi sampling atau distribusi penarikan sampel.

Distribusi sampling dari banyak uji statistik yang diterapkan pada pengujian hipotesis didasarkan pada asumsi mengenai populasinya dari mana sampel diambil. Misalnya pada uji-t untuk menguji perbedaan dua nilai tengah populasi, pengujian bertumpu pada asumsi mengenai bentuk distribusi populasinya (yaitu, berdistribusi normal) dan pada asumsi nilai parameter ragam populasi adalah sama. Pengujian-pengujian asumsi yang didasarkan pada asumsi tentang distribusi populasi atau ukuran parameter populasi dinamakan uji parametrik dan uji statistiknya dinamakan statistika parametrik.

Metode statistik nonparametrik, seperti statistik uji Mann-Whitney dan uji peringkat bertanda Wilcoxon, menggunakan sejumlah asumsi yang kuat. Misalnya, tidak memperhatikan bentuk distribusi populasi dan variabel yang diamati adalah variabel acak kontinu. Jika asumsi tersebut dipenuhi, uji Mann-Whitney maupun uji peringkat bertanda Wilcoxon mempunyai kuasa yang lebih besar dari pada uji parametrik yang kegunaannya sama. Uji Mann-Whitney dipakai apabila peneliti tidak mengetahui karakteristik kelompok item yang menjadi sumber sampelnya. Metode ini dapat diterapkan terhadap data yang diukur dengan skala ordinal. Sedangkan pada uji peringkat bertanda Wilcoxon digunakan jika besaran maupun arah perbedaan relevan

untuk menentukan apakah terdapat perbedaan yang sesungguhnya antara pasangan data yang diambil dari satu sampel atau dua sampel yang saling terkait

Statistik Parametrik dan Nonparametrik

Suatu tes statistik parametrik adalah suatu tes yang modelnya menetapkan adanya syarat-syarat tertentu tentang parameter populasi yang merupakan sumber sampel penelitian. Syarat-syarat itu biasanya tidak diuji dan dianggap sudah dipenuhi. Tes-tes parametrik juga menuntut bahwa skor-skor yang dianalisis merupakan hasil suatu pengukuran yang sedikitnya berkekuatan sebagai skala interval.

Uji t (t-test)

Uji t merupakan uji statistik parametrik yang digunakan untuk menguji hipotesis tentang kesamaan dari rata-rata populasi dengan varian yang tidak diketahui. Uji t ini digunakan untuk data yang bertipe numerik misalnya volume air, lama hidup bohlam yang diasumsikan memiliki sebaran normal. Uji ini menghasilkan apa yang disebut statistik uji t dengan basis perhitungan adalah selisih antara rata-rata yang didapat dari data dengan rata-rata yang dihipotesiskan, dan dibandingkan dengan nilai t-tabel dengan derajat bebas tertentu.

Uji t Independent

1. Uji Hipotesis Tentang Mean Populasi
2. Uji Hipotesis Beda Dua Mean Populasi – Dua Sampel Independent.

Harga uji statistik dari sampel-sampel kecil yang diasumsikan bahwa kedua populasi berdistribusi normal dan diasumsikan varian kedua populasi sama ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$) tapi tidak diketahui adalah:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right] \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}}$$

keterangan :

\bar{x}_1 = rata-rata sampel 1

\bar{x}_2 = rata-rata sampel 2

n_1 = besar sampel 1

n_2 = besar sampel 2

S_1^2 = varian sampel 1

S_2^2 = varian sampel 2

dengan derajat kebebasan (df) :

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

Apabila diasumsikan kedua populasi berdistribusi normal dan diasumsikan varian kedua populasi tidak sama ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$) dan tidak diketahui, maka harga uji statistik t dinyatakan dalam rumus:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

keterangan :

\bar{x}_1 = rata-rata sampel 1

\bar{x}_2 = rata-rata sampel 2

n_1 = besar sampel 1

n_2 = besar sampel 2

S_1^2 = varian sampel 1

S_2^2 = varian sampel 2

Uji t Berpasangan

Misalkan peubah X_A dan X_B diamati secara berpasangan artinya dalam setiap pengukuran yang diukur adalah pasangan $[A,B]$ karena pengamatannya secara berpasangan maka dalam setiap pengamatan X_A dan X_B tidak lagi bebas sesamanya walaupun bebas antara pasangan yang satu dengan pasangan yang lainnya.

Harga uji statistiknya dihitung dengan rumus:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d / \sqrt{n}}$$

keterangan :

\bar{d} = Mean dari harga-harga d (perbedaan harga-harga yang berpasangan)

S_d = Deviasi standar dari harga-harga d .

n = Banyaknya pasangan

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2 - n\bar{d}^2}{n-1}}$$

Kekuatan Efisiensi Suatu Uji Hipotesis

Sebuah kriterium untuk mengevaluasi unjuk kerja (*performance*) suatu uji adalah efisiensi. Patokan yang paling sering digunakan untuk mengukur efisiensi suatu uji nonparametrik adalah *efisiensi relatif asimptotiknya* (*Asymptotic Relative Efficiency / ARE*). Efisiensi yang tinggi adalah karakteristik yang harus dimiliki oleh suatu uji.

Pada umumnya kekuatan suatu tes statistik meningkat dengan meningkatnya ukuran sampel (N). Jadi makin besar sampel, makin besar kuasa uji karena makin besar sampel, kemungkinan berbuat kesalahan tipe II menjadi kecil, yaitu kesalahan yang disebabkan karena kita menerima H_0 padahal H_0 itu salah

Uji Mann-Whitney

Bila angka sama terjadi, berikan kepada masing-masing kedua observasi itu rata-rata rangking yang akan dimiliki seandainya angka sama itu tidak terjadi. Akibat dari rangking-rangking yang sama adalah mengubah variabilitas himpunan rangking itu. Dengan demikian, koreksi untuk angka sama ditetapkan pada deviasi standar distribusi sampling statistik Mann-Whitney sebagai berikut :

$$\sigma_U = \sqrt{\left(\frac{n_1 n_2}{N(N-1)}\right) \left(\frac{N^3 - N}{12} - \sum T\right)}$$

keterangan :

$$N = n_1 + n_2$$

$$T = \frac{t^3 - t}{12} \text{ (di mana } t \text{ banyak observasi yang berangka sama untuk suatu rangking tertentu.)}$$

$\sum T$ = harga-harga T semua kelompok yang memiliki observasi-observasi berangka sama.

Untuk menghitung nilai statistik uji hasil pengamatan, kedua sampel digabungkan dan memeringkatkan semua hasil pengamatan dalam sampel tersebut dari yang paling kecil hingga yang paling besar. Hasil-hasil pengamatan dengan nilai-nilai yang sama diberi peringkat yang sama dengan rata-rata dari posisi-posisi peringkat yang semestinya andaikata kasus angka sama tidak terjadi. Kemudian peringkat-peringkat hasil pengamatan dijumlahkan dari masing-masing populasi 1 dan populasi 2. selanjutnya ditentukan statistik uji untuk masing-masing populasi sebagai berikut :

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1 \text{ (dari populasi 1)}$$

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2 \text{ (dari populasi 2)}$$

keterangan :

R_1 = Jumlah peringkat hasil-hasil pengamatan yang merupakan sampel dari populasi 1.

R_2 = Jumlah peringkat hasil-hasil pengamatan yang merupakan sampel dari populasi 2.

n_1 = Jumlah pengamatan pada sampel pertama.

n_2 = Jumlah pengamatan pada sampel kedua.

Uji Peringkat Bertanda Wilcoxon

Uji peringkat bertanda Wilcoxon digunakan jika besaran maupun arah perbedaan relevan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan yang sesungguhnya antara data yang satu dengan data yang lainnya. Uji peringkat bertanda Wilcoxon tidak hanya memanfaatkan informasi tentang arah tetapi juga besarnya perbedaan pasangan nilai itu.

Simulasi Dua Sampel Saling Bebas

Untuk tiap tipe sebaran data (Normal, Kai-kuadrat, Gamma, dan Seragam) dilakukan sebanyak 1000 simulasi untuk membandingkan prosedur Mann-Whitney dan uji t independen. Tiap simulasi dibangkitkan data X berukuran $n_1 = 12$ dan data Y berukuran $n_2 = 15$.

Prosedur uji Mann-Whitney adalah sebagai berikut :

1. Pembangkitan data independen X dan Y dengan ukuran data yang tidak sama.
2. Melakukan pemerinkatan gabungan dua kelompok data dari 1 sampai dengan $N = n_1 + n_2$.
3. Menentukan harga U (Statistik Mann-Whitney).
4. Pengambilan keputusan dengan menolak atau menerima H_0 .
Jika harga statistik U mempunyai kemungkinan yang sama besar atau lebih kecil dari $W_{\alpha/2}$, maka H_0 ditolak dan sebaliknya. Nilai $W_{\alpha/2}$ dapat dilihat pada tabel A yang terdapat pada Lampiran 1.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Analisis Statistik Parametrik (uji t independen) dan Statistik Nonparametrik (uji Mann-Whitney).

Distribusi	n_1	n_2	Perbedaan kesimpulan
Normal dengan σ^2 sama dan μ berbeda dimana $\sigma_1^2 = 10$ $\sigma_2^2 = 10$ $\mu_1 = 200$ $\mu_2 = 300$	12	15	Tidak ada perbedaan
Normal dengan σ^2 dan μ berbeda dekat (sama) dimana $\sigma_1^2 = 10$ $\sigma_2^2 = 10$ $\mu_1 = 245$ $\mu_2 = 250$	12	15	34 perbedaan
Normal dengan σ^2 berbeda dan μ sama dimana $\sigma_1^2 = 10$ $\sigma_2^2 = 15$ $\mu_1 = 200$ $\mu_2 = 200$	12	15	11 perbedaan
Normal dengan σ^2 dan μ berbeda dimana $\sigma_1^2 = 10$ $\sigma_2^2 = 15$ $\mu_1 = 100$ $\mu_2 = 300$	12	15	Tidak ada perbedaan
Kai-kuadrat (0,30)	12	15	28 perbedaan
Gamma (0,100)	12	15	54 perbedaan
Seragam (0,100)	12	15	3 perbedaan

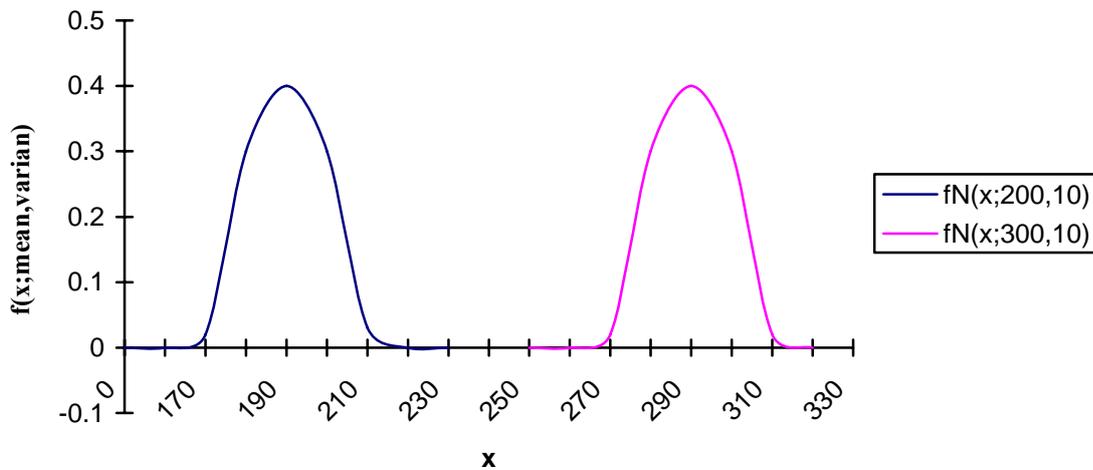
Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa untuk data berdistribusi normal dengan asumsi varian sama dan mean kedua populasi berbeda tidak terdapat perbedaan kesimpulan yang mana kesimpulan yang diperoleh uji Mann-Whitney mengikuti kesimpulan yang diperoleh uji t. Dengan kata lain apabila uji t menolak H_0 maka kesimpulan dari uji Mann-Whitney juga menolak H_0 . Hal ini menunjukkan bahwa uji Mann-Whitney dapat juga dipakai untuk data berdistribusi normal dengan asumsi varian sama dan mean berbeda (Lampiran 4). Sedangkan untuk data yang berdistribusi normal dengan asumsi varian dan mean kedua populasi sama terdapat 34 perbedaan pada kesimpulannya. Hal ini menunjukkan bahwa uji t lebih baik dari uji Mann-Whitney pada kondisi data berdistribusi normal dengan asumsi varian dan mean populasi sama (Lampiran 5).

Untuk data berdistribusi normal dengan varian populasi yang berbeda dan mean populasi sama hanya 11 kesimpulan dari uji Mann-Whitney yang tidak mengikuti kesimpulan yang diperoleh uji t. Ini berarti uji t tetap lebih baik dari pada uji Mann-

Whitney yaitu sesuai dengan jenis datanya yaitu berdistribusi normal (Lampiran 6). Pada data berdistribusi normal dengan varian yang berbeda dan mean populasi berbeda dimana tidak ada perbedaan sama sekali dalam pengambilan kesimpulan antara kesimpulan yang diperoleh uji t dengan kesimpulan yang diperoleh uji Mann-Whitney. Artinya, uji Mann-Whitney dapat dipakai pada kondisi data berdistribusi normal dengan varian yang berbeda dan mean berbeda (Lampiran 7).

Dari uraian di atas menunjukkan bahwa ada pengaruh dalam pemilihan parameter-parameter yang digunakan, dimana semakin jauh beda varian dan mean populasi 1 dengan varian dan mean populasi 2 maka semakin sedikit perbedaan yang terjadi antara kedua uji tersebut.

Pengaruh mean (μ) dan Varian (σ^2) dapat diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 2. Pengaruh Mean dan Varian Pada Distribusi Normal

Statistik nonparametrik dengan menggunakan uji Mann-Whitney untuk data yang berdistribusi Kai-kuadrat terdapat 28 perbedaan kesimpulan dengan uji t dimana diantara 1000 hasil simulasi data tersebut hanya sedikit saja kesimpulan dari uji t yang tidak mengikuti kesimpulan yang diperoleh uji Mann-Whitney. Hal ini menunjukkan bahwa uji Mann-Whitney lebih baik daripada uji t sesuai dengan jenis data yaitu data bukan berasal dari distribusi normal atau data berdistribusi Kai-kuadrat (Lampiran 8).

Hasil analisis untuk data simulasi berdistribusi Gamma dengan menggunakan uji Mann-Whitney terdapat 54 perbedaan kesimpulan dengan kesimpulan yang diperoleh uji t. Hal ini berarti uji t tidak terlalu baik digunakan untuk data berdistribusi Gamma (Lampiran 9).

Uji Mann-Whitney dan uji t independen memberikan hasil yang tidak terlalu jauh berbeda untuk data simulasi yang berdistribusi seragam, yaitu antara kesimpulan yang diperoleh uji Mann-Whitney dengan uji t hanya terdapat 3 perbedaan pengambilan kesimpulan sehingga uji t tersebut dapat dipakai untuk menganalisis data simulasi berdistribusi seragam (Lampiran 10).

Simulasi Dua Sampel Saling Berpasangan

Untuk masing-masing tipe sebaran data (Normal dan Seragam) dilakukan sebanyak 500 simulasi untuk membandingkan prosedur uji peringkat bertanda

Wilcoxon dan uji t berpasangan. Tiap simulasi dibangkitkan data X_1 dan X_2 yang berukuran sampel sebanyak $n = 12$.

Prosedur uji peringkat bertanda Wilcoxon adalah sebagai berikut :

1. Pembangkitan data berpasangan X_1 dan X_2 dengan ukuran sampel yang sama.
2. Memberikan rangking atau peringkat untuk harga-harga d dengan memperhatikan tandanya.
3. Menetapkan harga T (yaitu jumlah yang lebih kecil dari kedua kelompok rangking yang memiliki tanda yang sama).
4. Menetapkan nilai N , yaitu banyak total kedua harga d yang memiliki tanda.
5. Melakukan pengambilan kesimpulan dengan menolak H_0 atau menerima H_0 dengan kriteria pengujian sebagai berikut:
 H_0 ditolak jika harga T observasi $<$ nilai T tabel dan H_0 diterima jika harga T observasi $>$ nilai T tabel.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Analisis Statistik Parametrik (uji t berpasangan) dan Statistik nonparametrik (uji peringkat bertanda Wilcoxon).

Distribusi	n	Perbedaan kesimpulan
Normal dengan σ^2 sama dan μ berbeda dekat dimana $\sigma_1^2 = 9$ $\sigma_2^2 = 9$ $\mu_1 = 100$ $\mu_2 = 103$	12	16 perbedaan
Normal dengan σ^2 sama dan μ berbeda jauh dimana $\sigma_1^2 = 9$ $\sigma_2^2 = 9$ $\mu_1 = 100$ $\mu_2 = 115$	12	10 perbedaan
Normal dengan σ^2 berbeda dan μ berbeda dekat dimana $\sigma_1^2 = 9$ $\sigma_2^2 = 25$ $\mu_1 = 100$ $\mu_2 = 103$	12	7 perbedaan
Seragam (0, 100)	12	6 perbedaan
Seragam (0, 100) dan (100, 200)	12	Tidak ada perbedaan
Seragam (0, 75) dan (25, 100)	12	41 perbedaan

Berdasarkan tabel 2 terlihat bahwa dari data yang berdistribusi normal dengan asumsi varian sama dan mean populasi berbeda dekat diperoleh 16 perbedaan kesimpulan antara uji peringkat bertanda Wilcoxon dan uji t berpasangan. Hal ini menunjukkan bahwa uji t berpasangan lebih baik dari uji peringkat bertanda Wilcoxon untuk kondisi data berdistribusi normal dengan varian populasi sama dan mean berbeda dekat (Lampiran 11).

Kesimpulan yang diperoleh uji peringkat bertanda Wilcoxon untuk data berdistribusi normal dengan varian populasi sama dan mean populasi berbeda jauh hanya 10 kesimpulan yang tidak mengikuti uji t berpasangan. Ini berarti antara uji t berpasangan dan uji peringkat bertanda Wilcoxon tetap lebih baik uji t berpasangan (Lampiran 12).

Pada data simulasi yang berdistribusi normal dengan asumsi varian berbeda dan mean populasi dekat, kesimpulan antara uji t dengan uji peringkat bertanda Wilcoxon hanya terdapat 7 perbedaan. Hal ini menunjukkan bahwa uji peringkat bertanda

Wilcoxon hampir seefisien uji t berpasangan untuk yang berasumsi varian populasi berbeda dan mean populasi berbeda dekat (Lampiran 13).

Uji statistik nonparametrik dengan menggunakan uji peringkat bertanda Wilcoxon untuk data yang berdistribusi Seragam (0,100) terdapat 6 perbedaan kesimpulan dengan kesimpulan uji statistik parametrik dengan menggunakan uji t berpasangan. Hal ini berarti diantara 500 hasil simulasi data hanya 6 kesimpulan dari uji t yang tidak mengikuti kesimpulan dari uji peringkat bertanda Wilcoxon.

Uji peringkat bertanda Wilcoxon dan uji t berpasangan memberikan hasil yang tidak ada perbedaan sama sekali untuk data yang berdistribusi Seragam (0,100) dan (100,200) sehingga kedua uji tersebut dapat dipakai untuk menganalisis data simulasi berdistribusi Seragam (0,100) dan (100,200) karena kedua nilai parameter dari populasi 1 dan populasi 2 tidak saling berkaitan (Lampiran 15).

Dari simulasi untuk data yang berdistribusi Seragam (0,75) dan (25,100) dengan menggunakan uji peringkat bertanda Wilcoxon diperoleh hasil sebanyak 41 perbedaan kesimpulan dengan kesimpulan uji t berpasangan. Jadi pada kondisi data yang berdistribusi Seragam (0,75) dan (25,100) sudah terlihat jelas bahwa uji peringkat bertanda Wilcoxon jauh lebih baik dari uji t berpasangan (Lampiran 16).

Statistik parametrik dengan menggunakan uji t dapat dilakukan jika beberapa persyaratan terpenuhi, diantaranya adalah populasi yang dianalisis harus berdistribusi normal. Sehingga pada data yang berdistribusi normal, uji t lebih baik dari pada uji statistik nonparametrik dengan menggunakan uji Mann-Whitney atau uji peringkat bertanda Wilcoxon.

Statistik nonparametrik dengan menggunakan uji Mann-Whitney atau uji peringkat bertanda Wilcoxon tidak mengasumsikan bentuk distribusi data sehingga pada data yang bukan berdistribusi normal, uji nonparametrik lebih baik daripada uji parametrik karena statistik nonparametrik tidak harus memakai suatu parameter tertentu, seperti keharusan adanya Mean, Standar Deviasi, Varian, dan lainnya. Seandainya pada uji nonparametrik digunakan pada data berdistribusi normal, bisa saja mengakibatkan terjadi pelanggaran asumsi. Pelanggaran asumsi dapat berakibat fatal terhadap kesimpulan yang diambil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi data dan pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk data yang diketahui bentuk distribusinya yaitu berdistribusi normal, uji parametrik dengan menggunakan uji t memberikan hasil yang lebih baik daripada uji nonparametrik dengan menggunakan uji Mann-Whitney dan uji peringkat bertanda Wilcoxon.
2. Untuk data yang bukan berdistribusi normal (Kai-kuadrat, Gamma, dan Seragam), uji nonparametrik dengan menggunakan uji Mann-Whitney dan uji peringkat bertanda Wilcoxon memberikan hasil yang lebih baik daripada uji parametrik dengan uji t.

Saran

Penelitian ini dibatasi pada uji statistik nonparametrik, yaitu uji Mann-Whitney dan uji peringkat bertanda Wilcoxon dan aplikasinya untuk beberapa nilai parameter.

Untuk penelitian selanjutnya disarankan mengkaji mengenai uji Mann-Whitney dan uji peringkat bertanda Wilcoxon untuk nilai parameter-parameter yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. *Teknik dan Metode Analisis Data*.
<http://www.euronet.nl/users/warnar/demostatistiek/stat/mwutwo.htm>
- Bungin, B. 2005. *Metodologi Penelitian Kuantitatif : Komunikasi, Ekonomi dan Kebijakan Publik Serta Ilmu-Ilmu Sosial Lainnya*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Daniel, W. 1989. *Statistik Nonparametrik Terapan*. Jakarta : PT Gramedia.
- Djarwanto, P.S. 2001. *Mengenal Beberapa Uji Statistik Dalam Penelitian*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Harinaldi. 2005. *Prinsip-Prinsip Statistik Untuk Teknik dan Sains*. Jakarta : Erlangga.
- Murti, B. 1996. *Penerapan Metode Statistik Nonparametrik Dalam Ilmu-Ilmu Kesehatan*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Nasoetion, A.H. dan A.R. Rambe. 1984. *Teori Statistika untuk Ilmu-ilmu Kuantitatif*. Jakarta : Bhratara Karya Aksara.
- Runyon, R.P. and A. Haber. 1989. *Fundamental Of Behavioral Statistics*, (Singapore: Mc GRAW – HILL International Edition, 1989).
- Saleh, S. 1996. *Statistik Nonparametrik*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Sanders, D.H. 1990. *Statistics : A Fresh Approach*, (Singapore: Mc GRAW – HILL International Edition).
- Siegel, S. 1997. *Statistik Nonparametrik Untuk Ilmu-Ilmu Sosial*. Jakarta : PT Gramedia.
- Spigel, M. 2004. *Statistik*. Terjemahan. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Supranto, J. 1989. *Statistik : Teori dan Aplikasi*, Jakarta: PT Gelora Aksara Pratama.