JURNAL TEKNIK MESIN Vol. 1, No. 1, April 1999 : 74 – 81

Simulasi Diskriminasi Struktur Proses Produksi yang Berdata Atribut*

Gan Shu San
Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Didik Wahjudi
Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Data pada suatu proses produksi pada umumnya terkorelasi dan tidak berdistribusi normal. Untuk dapat mendeteksi adanya perubahan struktur pada proses produksi, khususnya data atribut, yang difokuskan pada perubahan struktur yang mempengaruhi struktur kovarian data, perlu dimodelkan terlebih dahulu oleh fungsi kovarian yang identik dengan distribusi spektralnya. Karena itu data ditransformasikan ke dalam distribusi spektralnya dengan menggunakan transformasi Walsh-Fourier sehingga data menjadi tidak terkorelasi dan dapat dianalisa secara statistik. Data yang telah ditransformasikan ini akan diuji dengan menggunakan pengujian statistik F untuk mengetahui apakah metode ini dapat mendeteksi adanya perubahan. Data yang dipakai dalam simulasi ini berupa data time series yang dibangkitkan dengan model INAR (Integer Valued Auto-Regressive).

Kata kunci : perubahan struktur, data atribut, struktur kovarians, distribusi spektral, uji statistik.

Abstract

Data from a production process usually is correlated and doesnot fit normal distribution. In order to detect the existence of strutural changes in production process, especially attribute data, which is focused on changes that are influenced by the data covariance structure, it is necessary to model the covariance function which identical to the spectral distribution first. Accordingly, data is transformed into its spectral distribution by using Walsh-Fourier Transformation so that data will not be correlated and can be analize statistically. Transformed data will be tested with F-test to see if this method can detect the changes. This simulation will use time series data which is generated with INAR (Integer Valued Auto-Regressive) model.

Keywords : structural change, attribute data, covariance structure, spectral distribution, statistical test.

1. Pendahuluan

Dengan makin ketatnya persaingan dalam dunia industri, peningkatan kualitas produk merupakan suatu syarat yang tidak bisa ditawar lagi. Untuk dapat meningkatkan kualitas produk harus ditunjang dengan mewujudkan proses produksi yang konsisten, stabil dan terus menerus diperbaiki *(Continuous Improvement)*.

Suatu proses produksi pada dasarnya banyak dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain: peralatan, material, operator, metode kerja, penjadwalan dan lingkungannya. Pengaruh ini membuat struktur data proses produksi terhadap perubahan. Perubahan struktur yang menjadi *kompleks (not-memoryless)* dan rentan tidak dapat terdeteksi tersebut pada akhirnya akan mempengaruhi kualitas produk dan pada akhirnya akan berdampak pada pelanggan. Karena itu proses produksi yang kompetitif menuntut adanya kemampuan untuk mendeteksi adanya perubahan struktur dan mengatasinya *(Quality Improvement)*.

Pembahasan ini difokuskan pada perubahan struktur yang mempengaruhi struktur covarians data dan tidak mempengaruhi rerata. Pertimbangannya ialah bahwa perubahan struktur pada rerata tidak terlalu sulit untuk dideteksi sedangkan jika terjadi perubahan struktur pada covarians sangatlah sulit untuk dideteksi. Peta kontrol Shewhart yang mengasumsikan data berdistribusi normal tidak sepenuhnya sanggup mendeteksi karena data

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Agustus 1999. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 1 Nomor 2 Oktober 1999.

*Penelitian dilakukan bersama Sujono Poetrodjojo dan Soenarti

pada proses produksi belum tentu memiliki distribusi normal terutama data berjenis atribut. Selain itu data pada proses produksi pada umumnya adalah berupa data *time series* sehingga data tersebut saling berkorelasi. Hal ini mengakibatkan uji hipotesis statistik tidak dapat diterapkan untuk mendeteksi adanya perubahan struktur kovarian proses produksi. Disini akan diuraikan sebuah metode agar dapat mendeteksi perubahan struktur kovarians data atribut pada proses produksi yang stasioner. Selain itu juga ingin dibuktikan bahwa struktur proses produksi dapat dideteksi lewat distribusi spektralnya karena struktur data dapat dilihat dari koefisien kovarians yang identik dengan fungsi distribusi spektralnya. Dengan menggunakan transformasi Walsh-Fourier, data akan ditransformasikan kedalam distribusi spektral. Fungsi distribusi spektralnya diharapkan menjadi independen sehingga dapat dibangun uji hipotesis F. Sedangkan data yang dipakai adalah data *time series* gabungan dalam bentuk atribut dan stasioner yang dibangkitkan melalui simulasi dengan model INAR (Integer Valued Auto Regressive).

2. Teori Dasar

2.1. Pemodelan simulasi INAR

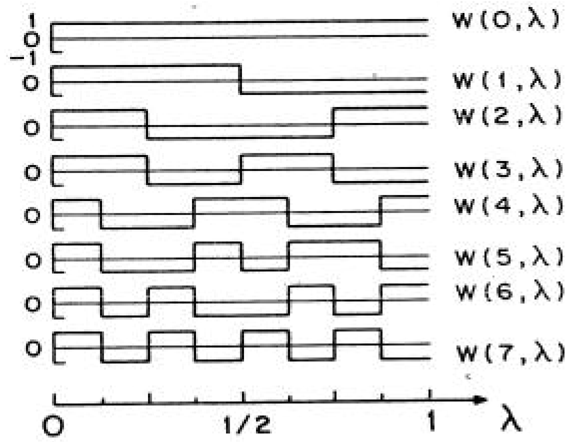
Model INAR : $Z_t = \alpha \text{ o } Z_{t-1} + \varepsilon_t$ dimana Z adalah data integer non negatif, $\alpha \in [0,1]$ dan ε_t adalah bilangan random berjenis integer non negatif yang memiliki ciri IID (Identically Independently Distributed) dan dibangkitkan dengan menggunakan metode *invers transform* berdasar pada distribusi Poisson dengan λ tertentu. Sedangkan

$$\alpha \text{ o } Z = \sum_{i=1}^{Z} Y_i$$

Dimana Y_i merupakan rentetan variabel random dengan ciri IID yang dibangkitkan dengan metode *invers transform* berdasar pada distribusi Binomial dengan α tertentu.

2.2. Transformasi Walsh-Fourier

Fungsi Walsh pada interval setengah unit terbuka [0,1) mengasumsikan hanya ada nilai biner yaitu –1 dan 1. Perubahan di antara dua nilai tersebut menyerupai fungsi trigonometri. Keadaan ini dibentuk oleh jumlah dari persilangan nol (*zero crossing*) atau perubahan tanda per-interval unit (sekuensi). Jika $W(n, \lambda)$ $(n=0,1,2,\ldots ; 0 \leq \lambda < 1)$ melambangakan order sekuensi fungsi Walsh yang ke n, kemudian W(n, .) membuat n persilangan nol dalam [0,1). Delapan order sekuensi diskrit Walsh-Fourier yang pertama W(n,m/N) (m,n = 0,1,…,7) berkorelasi dengan sebuah sampel berukuran $N=2^3$ yang ditunjukkan dalam gambar 1 dan matriks simetris yang disebut matriks natural Walsh-Hadamard yang diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 1. Fungsi Walsh diskrit orfer sekuensi W(n,m/N) [3]

$$Hw(3)=\begin{array}{c} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \end{array} \begin{array}{l} \Leftarrow W(0,m/N) \\ \Leftarrow W(1,m/N) \\ \Leftarrow W(2,m/N) \\ \Leftarrow W(3,m/N) \\ \Leftarrow W(4,m/N) \\ \Leftarrow W(5,m/N) \\ \Leftarrow W(6,m/N) \\ \Leftarrow W(7,m/N) \end{array}$$

Gambar 2 : Matriks Natural Walsh-Hadamard

Fungsi Walsh dapat dihitung melalui matriks Hadamard. Matriks ini dapat diperluas mengikuti rumus sebagai berikut dengan H(0) = 1.

$$H(k+1) = \begin{matrix} H(k) & H(k) \\ H(k) & -H(k) \end{matrix}$$

Misalkan X(0), X(1),…,X(N-1) adalah sebuah sampel dari $N=2^p$ (p>0, bulat) dari time series stasioner, maka $W(n, \lambda)$ menjadi fungsi Walsh yang ke-n dalam order sekuensi dan akan menjadi transformasi diskrit Walsh-Fourier dari data.

$$d_N(\lambda) = N^{-1/2} \sum_{n=0}^{N-1} X(n) W(n,\lambda) \quad ; 0 \leq \lambda \leq 1$$

2.3. Transformasi Fast Walsh-Fourier (FTWF)

Untuk mempermudah dan mempercepat perhitungan melalui komputer maka digunakan metode *Fast Walsh-Fourier Transform* (FWFT) yang hampir sama dengan *Fast Fourier Transform* (FFT), tetapi FWFT lebih cepat daripada FFT karena fungsi Walsh meng-asumsikan hanya 2 nilai binary. Dan metode ini mempunyai persyaratan bahwa jumlah data harus merupakan perpangkatan dari 2.

Pertama disimbolkan $H_w(\rho)$ sebagai sekuensi atau matriks natural Hadamard order Walsh. Matriks ini dapat dihitung sebagai berikut :

$$H_w(\rho) = \prod_{i=1}^{\rho} H_i(\rho).B$$

Dimana

Fa 0
Ga

$H_I(\rho) =$ Fa ; $a = 2^{I-1}$
Ga

Fa
0 Ga

dengan

Fa = Ia Ia Ga = Ia -Ia
Ia -Ia Ia Ia

Adapun rumus FWFT adalah sebagai berikut :

$$d_N(\lambda_N) = N^{-1/2} H_w(\rho).X = N^{-1/2} \prod_{i=1}^{\rho} H_i(\rho).B.X$$

dimana $\lambda_N = (0/N, 1/N, \ldots, (N-1)/N)^T$

2.4. Pengujian Statistik F

Uji hipotesis F terdiri atas 2 bagian, yaitu pengujian rerata dan varian. Sebut kelompok pertama sebagai X dan kelompok kedua sebagai Y, maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

Pengujian Rerata

$H_0 : \mu_X = \mu_Y$

$H_1 : \mu_X \neq \mu_Y$

H_0 diterima bila $F_H \leq F_{\alpha df}$

H_0 ditolak bila $F_H > F_{\alpha df}$

Jika H_0 ditolak, berarti kedua kelompok tersebut memiliki rerata yang tidak sama.

Langkah-langkah perhitungan :

1. $\overline{X} = \dfrac{\Sigma X}{n}$; $\overline{Y} = \dfrac{\Sigma Y}{n}$

   n = banyak data masing-masing kelompok.

2. $\mu_{X,Y} = (\overline{X} + \overline{Y})/2$

3. $S_b^2 = n\dfrac{(\overline{X}-\mu)^2 + (\overline{Y}-\mu)^2}{k-1}$

   S_b^2 = varian antar sampel

   k = jenis sampel yang diteliti = 2 (X dan Y)

   $$S_w^2 = (S_X^2 + S_Y^2)/2$$

4. $$S_X^2 = \frac{\Sigma (X_i - \overline{X})^2}{n-1}$$

   $$S_Y^2 = \frac{\Sigma (Y_i - \overline{Y})^2}{n-1}$$

   S_w^2 = varian dalam sampel

5. $F_H = S_b^2 / S_w^2$

   F_H = F hitung

   F tabel = $F_{\alpha,df}$ $\rightarrow$ (k-1)

   $\searrow$ k(n-1)

Pengujian Varian

$H_0 : \sigma_X^2 = \sigma_Y^2$

$H_1 : \sigma_X^2 \neq \sigma_Y^2$

H_0 ditolak jika F_H > F tabel

F hitung = S_X^2 / S_Y^2

F tabel = $F_{\alpha/2,df} = F_{\alpha/2,\, nX-1, nY-1}$

Jika H_0 ditolak, artinya kedua kelompok tersebut memiliki varian yang berbeda. Untuk uji varian ini syaratnya adalah bahwa S_X^2 harus lebih besar dari S_Y^2. Jika lebih kecil maka F hitung harus dibalik menjadi S_Y^2 / S_X^2.

3. Langkah-Langkah Penelitian

1. Membangkitkan data atribut dengan model INAR
2. Melakukan transformasi data
   Mula-mula data berada dalam domain waktu, dengan demikian saling berkorelasi satu sama lain, kemudian diubah dalam domain sekuensi, sehingga data-data tersebut menjadi tidak berkorelasi satu sama lain dan dapat dilakukan uji statistik.
3. Melakukan uji F
   Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data atribut simulasi yang dibangkitkan dengan model INAR yang bersifat stasioner. Adapun cara pengujian antara dua kelompok data yaitu set #1 dan set #2 adalah sebagai berikut

Set #1	λ atau α = a	
Set #2	λ atau α = a	λ atau α = b
	Subset 1	Subset 2

Dalam set #1 memiliki parameter yang sama sehingga tidak terjadi perubahan struktur kovarian, dengan demikian set #1 bersifat stasioner.

Sedangkan dalam set #2 terdiri dari dua subset, dimana antara subset 1 dan subset 2 memiliki parameter yang berbeda. Akibatnya dalam set #2 terjadi perubahan struktur kovarian, dengan demikian ada kemungkinan bahwa data-data dalam set #2 ini menjadi tidak stasioner. Dengan penelitian ini diharapkan uji F dapat mendeteksi perubahan struktur data dalam set #2 dimana datanya menjadi tidak stasioner karena adanya perbedaan parameter. Caranya, antara set #1 dan set #2 diuji apakah terjadi perbedaan distribusi. Distribusi yang berbeda menunjukkan adanya perubahan struktur. Dan suatu distribusi berubah jika terjadi perbedaan rerata atau varian atau keduanya. Jadi dalam hal ini meskipun set #1 datanya yang semula stasioner tetap dilakukan pengujian rerata dan varian karena dimungkinkan data-data tersebut pada waktu ditransformasi dalam domain sekuensi mengalami perubahan rerata atau varian. Dengan demikian dilakukan pengujian F yang meliputi uji rerata dan varian antara set #1 dan set #2 untuk mengetahui apakah terjadi perubahan struktur.

Adapun langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Bangkitkan dua kelompok data random (set #1 dan set #2) dengan jumlah yang sama yaitu: 100 data untuk tiap-tiap kelompok dan dengan λ atau α yang sama (misalnya: λ atau α = a). Kemudian data tersebut ditransformasikan dalam domaian sekuensi dan dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah terjadi perubahan struktur.
2. Jika tidak terjadi perubahan struktur pada kedua kelompok data yang telah ditransformasikan dalam domaian sekuensi seperti yang telah dijelaskan pada langkah pertama diatas, kemudian dibangkitkan kedua kelompok data lagi, dimana kelompok pertama terdiri dari 101 data, karena dalam langkah pertama diatas untuk 100 data tidak terjadi perubahan struktur, maka ditambah satu data menjadi 101 data dengan λ atau α tetap yaitu : λ atau α = a. Data yang dibangkitkan sebanyak 101 data ini bukan dari 100 data yang dibangkitkan pada langkah pertama diatas dan ditambah satu data yang baru melainkan dibangkitkan lagi data yang lain sebanyak 101 data. Sedangkan untuk data set #2 terdiri dari 101 data juga tetapi memiliki struktur yang berbeda yaitu: 100 data pertama dengan λ atau α = a dan satu data dengan λ atau α = b, untuk set #2 ini juga dibangkitkan data baru seperti data set #1. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Set #1 | λ atau α = a |
1, …. 101

Set #2 | λ atau α = a | λ atau α = b |
1, …. 100 101
Subset 1 Subset 2

Kemudian dilakukan pengujian pada kedua kelonlpok data tersebut dengan cara yang sama pada langkah pertarna.

3. Jika dalam uji F tersebut belum diketahui adanya perubahan struktur, kemudian dibangkitkan dua kelompok data lagi. Untuk set #1 terdiri dari 102 data dengan λ atau α = a dan set #2 terdiri dari 102 data dimana strukturnya berbeda, yaitu: 100 data pertama (set #2 subset 1) memiliki λ atau α = a dan dua data (set #2 subset 2) dengan λ = b. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Set #1 | λ atau α = a |
1, …. 102

Set #2 | λ atau α = a | λ atau α = b |
1, …. 100 102
Subset 1 Subset 2

Kemudian dilakukan uji F seperti langkah sebelumya. Jika uji F telah menyatakan adanya perubahan struktur maka tidak perlu membangkitkan data lagi, tetapi jika belum terjadi perubahan struktur maka dilakukan pengujian lagi dengan aturan seperti di atas sampai uji F menyatakan adanya perubahan struktur pada kedua kelompok di atas.

4. Analisis Hasil Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa lama keterlambatan uji F dalam mengetahui adanya perubahan struktur antara set #1 dan set #2, dimana dalam set #1 tidak terjadi perubahan parameter dan set #2 terdiri atas 2 bagian yaitu set #2 subset 1 dan set #2 subset 2, dimana antara subset 1 dan 2 terdapat perbedaan parameter.

Sebelum dilakukan percobaan dengan simulasi seperti yang diuraikan langkah-langkahnya di atas, terlebih dahulu dilakukan simulasi dengan tujuan untuk mengetahui apakah uji F mampu mengetahui adanya perubahan struktur jika antara set #1 dan set #2 memiliki parameter yang berbeda. Jadi dalam hal ini set #2 tidak terdiri dari 2 bagian, dengan demikian antara set #1 dan set #2 sepenuhnya memiliki parameter yang berbeda.

Selain itu simulasi ini juga bertujuan untuk mengetahui berapa jumlah data yang diperlukan agar uji F mampu mengetahui adanya perubahan struktur antara set #1 dan set #2, dimana dalam simulasi ini dilakukan percobaan mulai dari perbedaan parameter yang kecil sampai perbedaan parameter yang besar. Simulasi untuk tujuan ini disebut Percobaan A, sedangkan percobaan untuk tujuan utamanya disebut Percobaan B.

4.1. Percobaan A

Dalam melakukan simulasi dengan parameter antara set #1 dan set #2 yang berbeda sepenuhnya ini, dibagi menjadi tiga bagian, yaitu :

1. A1 : Set #1 dan set #2 memiliki α berbeda dan λ sama
   $\lambda = 5$;
   α = {(α set #1, α set #2) | (0,01;0,02), (0,01;0,03), (0,01;0,04), (0,01;0,05), (0,01;0,1), (0,01;0,15), (0,01;0,2), (0,01;0,3)}
2. A2 : Set #1 dan set #2 memiliki α sama dan λ berbeda
   α = 0,05;
   λ = {(λ set #1, λ set #2) | (1;2), (1;3), (1;4), (1;5), (1;10)}
3. A3 : Set #1 dan set #2 memiliki α dan λ berbeda
   α = {(α set #1, α set #2) | (0,01;0,02), (0,01;0,3)};
   λ = {(λ set #1, λ set #2) | (15;1), (2;1)}

Dalam percobaan ini, jumlah data yang digunakan ada tiga macam yaitu : N = 25, 50 dan 100. Untuk masing-masing percobaan dilakukan sebanyak lima kali dengan tujuan supaya hasil yang diperoleh lebih baik, mengingat data yang digunakan merupakan data simulasi. Hasil yang diperoleh :

Percobaan A1:

1. Untuk N = 25 data
   Uji F baru dapat mengetahui adanya perubahan struktur antara set #1 dan set #2 jika perbedaan parameter besar, yaitu α=(0,01;0,15)
2. Untuk N = 50 data
   Uji F baru dapat mengetahui adanya perubahan struktur antara set #1 dan set #2 jika perbedaan parameter cukup besar, yaitu α=(0,01;0,05)
3. Untuk N = 100 data
   Uji F sudah dapat mengetahui adanya perubahan struktur antara set #1 dan set #2 meskipun perbedaan parameter cukup kecil, yaitu α=(0,01;0,02)

Jadi, untuk perbedaan α yang kecil antara set #1 dan set #2 sebaiknya jumlah data yang ditetapkan untuk pengujian cukup besar, yaitu paling sedikit 100 data, karena untuk jumlah data yang sedikit, uji F belum mampu mengetahui adanya perubahan struktur.

Percobaan A2 :

1. Untuk N = 25 data
   Uji F baru dapat mengetahui adanya perubahan struktur antara set #1 dan set #2 jika perbedaan parameter cukup besar, yaitu λ=(1;3)
2. Untuk N = 50 data
   Uji F sudah dapat mengetahui adanya perubahan struktur antara set #1 dan set #2 meskipun perbedaan parameter kecil, yaitu λ=(1;2)
3. Untuk N = 100 data
   Uji F sudah dapat mengetahui adanya perubahan struktur antara set #1 dan set #2 meskipun perbedaan parameter kecil, yaitu α=(1;2)

Jadi, untuk perbedaan λ yang kecil antara set #1 dan set #2 jumlah data yang diperlukan untuk pengujian cukup kecil, karena 50 data sudah mampu mengetahui adanya perbedaan struktur.

Percobaan A3 :

1. Set #1 : α = 0,01 ; λ = 15
   Set #2 : α = 0,3 ; λ = 1
2. Set #1 : α = 0,01 ; λ = 2
   Set #2 : α = 0,02 ; λ = 1

Jika antara set #1 dan set #2 memiliki α dan λ yang berbeda, dengan perbedaan parameter yang sangat besar seperti percobaan A3.1 maka uji F dapat dengan cepat mengetahui adanya perubahan struktur, meskipun jumlah datanya sedikit. Tetapi jika perubahan parameter tidak begitu besar, maka kadang-kadang uji F tidak dapat mendeteksi seperti pada percobaan A3.2.

4.2. Percobaan B

Percobaan B ini dibagi menjadi dua bagian :

1. set #1 dan set #2 memiliki α berbeda dan λ sama
2. set #1 dan set #2 memiliki α sama dan λ berbeda

Dalam percobaan ini, titik perubahan dalam set #2 yang memisahkan antara subset 1 dan subset 2 dengan parameter yang berbeda ada 3, yaitu pada titik 25, 50 dan 100.
Hasil percobaan adalah sebagai berikut :

- Untuk 25 data

1. l tetap, a berbeda. Dipilih l = 5

X	α1	α2	Uji rerata		Uji varian		Tolak rerata pada N=	Tolak varian pada N=
			F hit	F tab	F hit	F tab		
25	0,01	0,02	3,08	3,98	2,45	1,9	-	40
25	0,01	0,03	6,22	3,96	1,31	1,83	46	-
25	0,01	0,04	9,382	3,99	1,016	1,99	35	-
25	0,01	0,05	4,03	3,99	1,29	2,03	33	-
25	0,01	0,1	0,029	3,99	2,02	1,99	-	35
25	0,01	0,2	1,28	4	2,32	2,05	-	32
25	0,01	0,3	0,14	4,02	3,07	2,15	-	29

2. l berbeda, a tetap. Dipilih a = 0,05

X	λ1	λ2	Uji rerata		Uji varian		Tolak rerata pada N=	Tolak varian pada N=
			F hit	F tab	F hit	F tab		
25	1	2	0	4	2,25	2,07	-	31
25	1	3	5,04	4	2,26	2,05	32	32
25	1	4	0,026	4	2,39	2,07	-	31
25	1	5	0,32	4	2,5	2,05	-	32
25	1	10	0,01	4,02	2,84	2,19	-	28
25	1	15	0,074	4,03	3,06	2,23	-	27

- Untuk 50 data

1. l tetap, a berbeda. Dipilih l = 5

X	α1	α2	Uji rerata		Uji varian		Tolak rerata pada N=	Tolak varian pada N=
			F hit	F tab	F hit	F tab		
50	0,01	0,02	1,41	3,93	2,078	1,76	-	56
50	0,01	0,03	6,88	3,92	1,117	1,66	64	-
50	0,01	0,04	2,05	3,91	1,6	1,58	-	75
50	0,01	0,05	5,92	3,91	1,34	1,63	72	-
50	0,01	0,1	0,014	3,62	1,62	1,26	-	55
50	0,01	0,2	0,025	3,92	1,89	1,68	-	65
50	0,01	0,3	0,037	3,94	2,48	1,75	-	53

2. l berbeda, a tetap. Dipilih a = 0,05

X	λ1	λ2	Uji rerata		Uji varian		Tolak rerata pada N=	Tolak varian pada N=
			F hit	F tab	F hit	F tab		
50	1	2	0,26	3,19	1,83	1,65	-	65
50	1	3	0,16	3,93	1,89	1,71	-	57
50	1	4	4,24	3,93	1,18	1,71	-57	-
50	1	5	1,598	3,93	2,81	1,72	-	56
50	1	10	0,016	3,93	1,97	1,72	-	56
50	1	15	4,92	3,94	2,73	1,76	52	52

- Untuk 100 data

1. l tetap, a berbeda. Dipilih l = 5

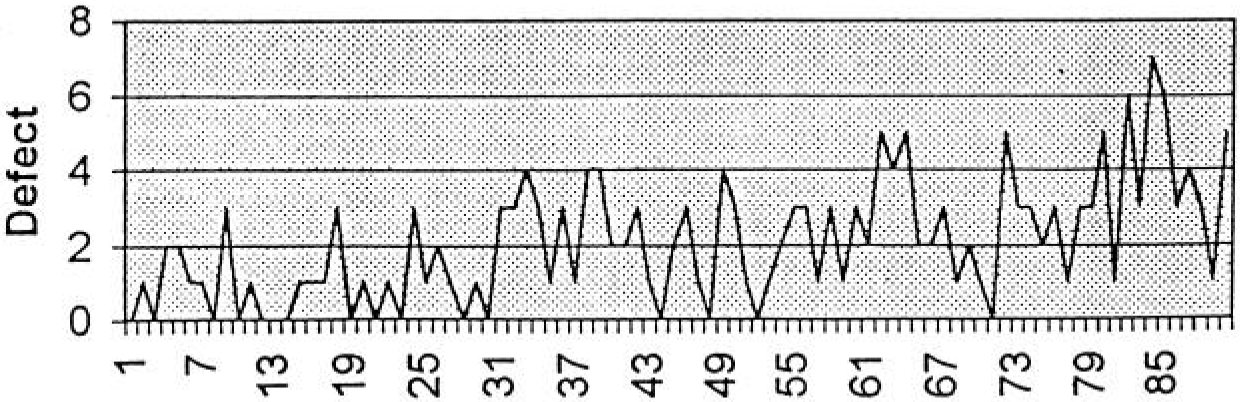
X	α1	α2	Uji rerata		Uji varian		Tolak rerata pada N=	Tolak varian pada N=
			F hit	F tab	F hit	F tab		
100	0,01	0,02	0,065	3,86	1,449	1,42	-	155
100	0,01	0,03	0,909	3,88	1,538	1,43	-	120
100	0,01	0,04	0,08	3,88	1,66	1,43	-	126
100	0,01	0,05	7,35	3,89	1,24	1,45	117	-
100	0,01	0,1	1,816	3,88	1,59	1,44	-	119
100	0,01	0,2	0,192	3,89	1,95	1,46	-	114
100	0,01	0,3	0,24	3,89	1,64	1,48	-	108

2. l berbeda, a tetap. Dipilih a = 0,05

X	λ1	λ2	Uji rerata		Uji varian		Tolak rerata	Tolak varian
			F hit	F tab	F hit	F tab	pada N=	pada N=
100	1	2	0,78	3,86	1,622	1,42	-	152
100	1	3	3,45	3,08	2,17	1,43	-	120
100	1	4	0,708	3,89	1,86	1,48	-	110
100	1	5	0,6	3,89	1,67	1,47	-	111
100	1	10	0,312	3,89	2,32	1,51	-	102
100	1	15	0,033	3,9	1,73	1,51	-	101

Hasil percobaan ini juga dapat dilihat pada gambar 3.

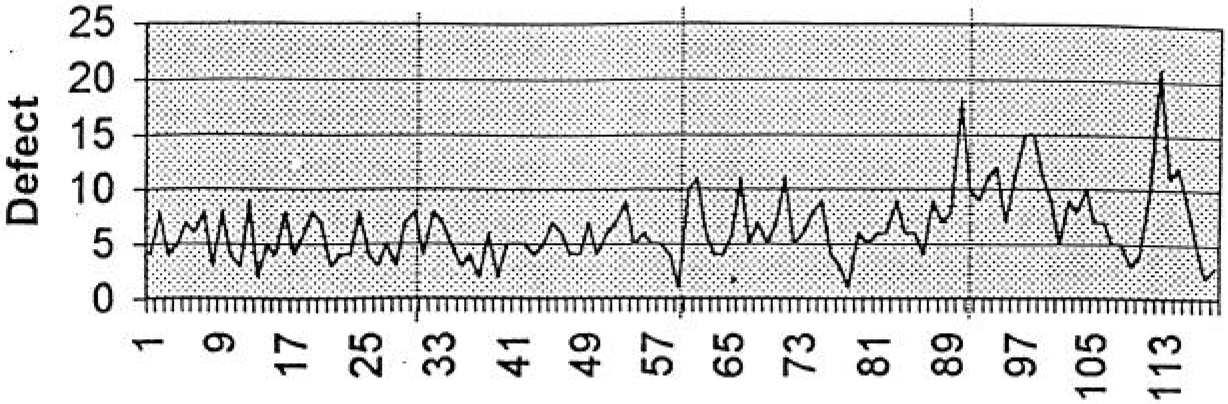
Grafik Alpha Berubah



Cuplikan

Data 0-30 : Alpha 0.01 & Lamda 5
Data 31-60 : Alpha 0.02 & Lamda 5
Data 61-90 : Alpha 0.05 & Lamda 5
Data 91-120 : Alpha 0.15 & Lamda 5

Grafik Lamda Berubah



Cuplikan

Data 0-30 : Alpha 0.05 & Lamda 1
Data 31-60 : Alpha 0.05 & Lamda 2
Data 61-90 : Alpha 0.05 & Lamda 3

Gambar 3 : Grafik data dengan parameter berbeda

Analisa hasil percobaan B :

1. Perubahan α antara 0,01 untuk set #1 dan set #2 pada subset 1 dengan α = 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3 untuk set #2 subset 2, uji F belum dapat mengetahui adanya perubahan struktur dengan cepat. Artinya uji F baru dapat mengetahui perubahan struktur setelah jumlah data yang mempunyai parameter berbeda dalam set #2 cukup banyak. Sedangkan untuk set #2 subset 2 dengan α = 0,3 uji F dapat mengetahui adanya perubahan struktur dalam waktu yang lebih cepat daripada dengan α yang lain.
2. Untuk perubahan λ dimana set #1 dan set #2 subset 1 memiliki λ = 1 dan set #2 subset 2 memiliki λ = 2,3,4,5, uji F baru dapat mengetahui adanya perubahan struktur setelah data yang berbeda parameternya cukup banyak. Sedangkan untuk λ = 10 dan 15, uji F dapat mengetahui adanya perubahan struktur dengan sangat cepat.
3. Semakin besar perbedaan parameter antara subset 1 dan subset 2 maka uji F semakin cepat mendeteksi.

4. Kesimpulan & Ulasan

1. Pengaruh λ lebih besar daripada pengaruh α. Hal ini dapat dilihat bahwa dengan pergeseran λ yang kecil dan jumlah data yang sedikit, metode ini telah mampu mendeteksi adanya perubahan struktur. Sedangkan dengan pergeseran α yang kecil dan jumlah data yang sedikit, metode ini tidak mampu mendeteksi adanya perubahan struktur, kecuali jika jumlah data cukup banyak.
2. Uji F masih sering terlambat dalam mendeteksi atau mengetahui adanya perubahan struktur seperti yang diperlihatkan dalam percobaan B, dimana untuk data yang memiliki perbedaan parameter yang sangat kecil, uji F baru dapat mengetahui adanya perubahan struktur setelah jumlah data yang berbeda cukup banyak.
3. Metode dengan pengujian statistik F lebih mudah mendeteksi adanya perubahan struktur dalam percobaan A, yaitu jika antara set #1 dan set #2 memiliki parameter yang berbeda sepenuhnya, daripada dalam percobaan B, dimana set #1 dan set #2 ada sebagian data dengan parameter yang sama.
3. Kemungkinan aplikasi dalam industri antara lain :
   - Metode dalam penelitian ini akan lebih tepat jika inspeksi produk dilakukan satu persatu (tidak dengan pengambilan sampel acak). Misalnya pada pabrik sepatu.
   - Metode ini dapat diaplikasikan untuk mengetahui perubahan struktur antara dua buah mesin, misalnya mesin1 dan mesin2. Mesin1 dianggap sebagai mesin yang memenuhi standar sedangkan mesin2 adalah mesin yang baru dibeli atau baru diperbaiki dan ingin diuji.
   - Metode ini juga dapat diaplikasikan untuk mengetahui kemampuan antara karyawan yang berpengalaman (sebagai standar) dan karyawan baru atau yang belum berpengalaman.

Daftar Pustaka

1. Bhattacharya K. Goury and Johnson A. Richard. *Statistical Concepts and Methods,* New York: John Willey & Sons, 1977.
2. Brillinger, DR."Analysis of Variance and Problems under Time Series Model", *Handbook of Statistics,* Vol. 1,ed. P.R, Amsterdam: North Holland, 1980.
3. Chang Tsong How, et al. *Statistical Quality Design and Control.* New York: Macmilan Publishing Company, 1992.
4. Ferryanto, S.G, " A Kolmogorov Smirnov Type Statistic for Detecting Structural Changes of Texture *", Pattern Recognition Letters. XVI,* 1995.
5. Ferryanto, S.G, *" Walsh-Fourier Spectral Analysis of The Effects of Drugs and Placebo On Epileptic-Fit-Cycling",* University of Kaiserslautem at Jerman, 1991.
6. Priestley M. B, *Spectral Analysis and Time Series.* London: Academic Press, 1981.
7. Stoffer S. David, et al. " Walsh-Fourier Analysis of The Effect of Moderate Maternal Alcohol Consumption on Neonatal Sleep-State Cycling" *Journal of the American Statistical Associatioti* Vol-83, 1988.
8. Stoffer S. David," Walsh-Fourier Analysis and Its Statistical Applications", *Journal of the American Statistical Association,* Vol-86, 1991.