

Diagram Kendali Robust untuk Monitoring Dispersi

¹Rima Kurnia Sari, ²Suwanda, ³Lisnur Wachidah

^{1,2,3}Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung,
Jl. Taman Sari No.1 Bandung 401166
e-mail : ¹ririma16@gmail.com, ²wanda_100358@yahoo.com

Abstrak. Salah satu teknik atau metode pengendalian proses produksi yang dapat digunakan adalah diagram kendali Shewhart. Dikenal beberapa diagram kendali dispersi untuk karakteristik variabel yaitu rentang (R) dan simpangan baku (S). Keduanya dibuat dibawah asumsi proses berdistribusi normal. Apabila asumsi kenormalan tersebut dilanggar, kedua diagram kontrol tersebut performanya akan menurun (tidak robust terhadap kenormalan). Pada penelitian ini akan dibahas diagram kendali dispersi robust (bebas dari distribusi) dengan pendekatan metode nonparametrik. Statistiknya didasarkan pada statistik uji Mood pada sampel individu (dengan $n = 1$) untuk setiap periode. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki tujuan mengetahui prosedur diagram kendali robust untuk monitoring dispersi proses dan bagaimana cara mengimplementasikannya.

Kata Kunci: Diagram Kendali Shewhart, Diagram Kendali Variabel, Uji Mood

A. Pendahuluan

Keberhasilan perusahaan industri dapat dicapai apabila perusahaan tersebut mampu bersaing di pasar. Salah satu segi untuk mencapai sasaran tersebut, perusahaan manufaktur ataupun jasa harus memperhatikan mutu barang hasil produksinya. Hal ini perlu mendapat perhatian karena pihak konsumen selalu ingin mendapatkan produk barang dalam keadaan baik atau produk barang hasil produksi yang akan dibelinya tidak memiliki kerusakan. Oleh karenanya pengendalian selama proses produksi berlangsung perlu dilakukan. Melalui pengendalian proses statistik atau *statistical process control (SPC)* kestabilan proses data kualitas dapat tercapai. Salah satu teknik atau metode pengendalian proses yang digunakan adalah diagram kendali Shewhart.

Mutu dari barang hasil produksi akan terdiri dari beberapa karakteristik, yang kemudian masing-masing karakteristik tersebut perlu dijaga dalam batas-batas tertentu. Sebagian besar aplikasi SPC menganggap bahwa kualitas proses dapat diwakili oleh karakteristik kualitas antara *In control (IO)* dan *Out of control (OC)*. Ditinjau dari karakteristik mutunya, kualitas yang diteliti diagram kendali Shewhart terbagi menjadi dua jenis yaitu diagram kendali variabel dari hasil pengukuran dan diagram kendali atribut dari hasil mencacah.

Untuk diagram kendali variabel terdapat 2 parameter yang dapat dikontrol yaitu parameter dispersi dan parameter lokasi. Proses pengontrolan secara umum dilakukan dengan cara pengambilan sampel berukuran n dalam beberapa periode pengamatan. Dengan asumsi karakteristik mutu berdistribusi normal, dikenal diagram kendali dispersi yaitu S dan R . Penggunaan fase 1 (fase dimana proses produksi baru dimulai, baik mesin baru maupun mesin baru diperbaiki) dari kedua diagram kontrol tersebut tidak robust terhadap pelanggaran asumsi normalitas atau adanya outlier. Akibatnya kinerja diagram kendali tersebut menurun, sifat statistik dari diagram yang umum digunakan untuk melakukan proses terbaik di bawah distribusi normal berpotensi menjadi sangat berpengaruh. Oleh karena itu, diagram kendali robust diperlukan dalam situasi ini. Sebagian besar pengamatan diagram robust fokus pada pemantauan proses median atau lokasi, masih sangat sedikit yang membahas untuk memonitoring dispersi proses.

Pada penulisan skripsi ini fokus pembahasan pada pembentukan diagram kendali dispersi robust dengan pendekatan metode nonparametrik didasarkan uji Mood ke dalam model perubahan titik yang efektif pada sampel individu dengan $n = 1$ untuk setiap periode. Oleh karena itu rumusan masalahnya adalah bagaimana prosedur untuk monitoring dispersi dengan diagram kendali robust? dan bagaimana implementasi dari prosedur monitoring dispersi robust tersebut? Adapun tujuan yang akan dicapai yaitu mengetahui prosedur diagram kendali robust untuk monitoring dispersi proses dan dapat mengimplementasikan diagram kendali dispersi robust pada masalah real.

B. Kajian Pustaka

1. Diagram Kontrol Shewhart

Statistical Process Control dicetuskan pertama kali oleh Walter Andrew Shewhart ketika bekerja di Bell Telephone Laboratories, Inc. (divisi R&D untuk perusahaan AT&T dan Western Electric) pada tahun 1920-an. Apabila suatu barang atau jasa diproduksi, hasilnya tidak persis 100 % sama, akan ada sebanyak tertentu variabilitas dasar atau yang menjadi sifatnya. Variabilitas dasar atau gangguan dasar ini adalah pengaruh kumulatif dari banyak sebab-sebab kecil, yang pada dasarnya tidak terkendali. Suatu proses yang bekerja hanya dengan adanya variasi sebab-sebab tak terduga dikatakan *in control* (terkendali), proses produksi yang bekerja dalam keadaan terkendali menghasilkan produk yang dapat diterima untuk periode waktu yang relatif lama. Shewhart awalnya menyebut hal ini sebagai *chance cause*. Sedangkan sumber-sumber variabilitas yang bukan bagian dari pola sebab-sebab terduga dikatakan *out of control* (tidak terkendali), proses produksi yang terjadi pada keadaan ini mengakibatkan “pergeseran” ke keadaan tak terkendali dengan bagian yang lebih besar dari hasil proses tersebut tidak memenuhi persyaratan. Shewhart menyebut hal ini sebagai *assignable cause* atau ada juga yang menyebutnya *special cause*.

SPC menentukan apakah suatu proses stabil dari waktu ke waktu, atau sebaliknya bahwa proses terganggu karena telah dipengaruhi oleh *special cause*. Digram kendali statistik (*control chart*) yang sering juga disebut *Shewhart chart* digunakan untuk memberikan definisi operasional suatu *special cause* tersebut. Dalam suatu proses/sistem umumnya terdapat interaksi variabel-variabel sistem, misal manusia dan mesin, interaksi ini sering memunculkan penyimpangan berupa hasil-hasil yang sifatnya *uncontrollable* atau diluar kendali. Shewhart melihat penyimpangan tersebut disebabkan oleh dua faktor:

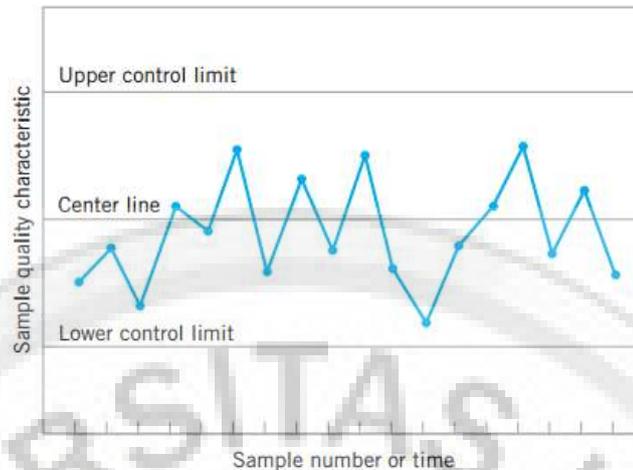
1. Common cause of variation, variasi yang terjadi karena sistem itu sendiri.
- Special cause of variation, variasi yang terjadi karena faktor dari luar sistem.

Secara umum, peta kendali dalam SPC selalu terdiri dari tiga garis horisontal, yaitu:

- Garis pusat (*center line*), garis yang menunjukkan nilai tengah (mean) atau nilai rata-rata dari karakteristik kualitas yang diplot pada diagram kendali SPC.
- *Upper control limit* (UCL), garis di atas garis pusat yang menunjukkan batas kendali atas.
- *Lower control limit* (LCL), garis di bawah garis pusat yang menunjukkan batas kendali bawah.

Garis-garis tersebut ditentukan dari data historis. Shewhart menggunakan kurva distribusi normal (distribusi Gauss) dengan μ sebagai garis pusat yang

menunjukkan nilai rata-rata sebaran karakteristik proses, dan $\pm\sigma$ yang dirubah menjadi *UCL* dan *LCL* sebagai landasannya.



Gambar 2.1 Diagram Kendali Shewhart

Kita dapat memberikan model umum untuk grafik pengendali. Misalkan w adalah statistik sampel yang mengukur suatu karakteristik kualitas yang menjadi perhatian, dan kita misalkan bahwa mean w adalah μ_w dan standar deviasi dari w adalah σ_w . Dan k adalah jarak batas-batas pengendali dari garis tengah, yang dinyatakan dalam unit standar deviasi. Umumnya nilai $k = 3$, bersesuaian dengan $\alpha = 0.0027$.

$$\begin{aligned} UCL &= \mu_w + k \sigma_w \\ \text{Center line} &= \mu_w \\ LCL &= \mu_w - k \sigma_w \end{aligned} \quad \dots(2.6)$$

Selama titik-titik terletak di dalam batas-batas pengendali, proses dianggap dalam keadaan terkendali, dan tidak perlu tindakan apa pun lagi. Tetapi, suatu titik yang terletak diluar batas pengendali diinterpretasikan sebagai proses tak terkendali, dan perlu tindakan penyelidikan dan perbaikan untuk mendapatkan dan menyingkirkan sebab-sebab tak teduga yang menjadi tingkah laku.

2. Average Run Length (ARL)

Kriteria yang digunakan untuk dapat membandingkan kinerja diagram kontrol adalah dengan mengukur seberapa cepat diagram kontrol tersebut membangkitkan sinyal out of control. Diagram kontrol yang lebih cepat mendeteksi sinyal out of control disebut lebih sensitif terhadap perubahan proses. Salah satu cara untuk mengukur kinerja diagram kontrol adalah dengan menggunakan Average Run Length (ARL). ARL adalah rata-rata run (observasi) yang harus dilakukan sampai ditemukannya out of control yang pertama (Handayani, 2012). Apabila proses dalam keadaan in control maka digunakan notasi ARL_0 . Dengan demikian ARL_0 akan bernilai besar dan ARL_1 akan bernilai kecil ketika proses dalam keadaan out of control. Secara umum persamaan untuk perhitungan nilai ARL adalah:

$$ARL = \frac{1}{p}, \text{ dengan } p = \text{probabilitas suatu titik keluar dari batas-batas bagan kontrol.}$$

Untuk ARL_0 , $p = \alpha = \text{probabilitas kesalahan/error tipe I (menyatakan keadaan tidak terkontrol padahal keadaan terkontrol) atau probabilitas suatu titik rata-rata sampel jatuh dari luar batas kontrol pada saat proses terkontrol, } \alpha \text{ disebut}$

juga sebagai probabilitas false alarm, sedangkan untuk ARL_1 nilai $p = 1 - \beta =$ probabilitas kesalahan/error tipe II (menyatakan keadaan terkontrol padahal keadaan tidak terkontrol) atau probabilitas suatu titik rata-rata sampel jatuh di dalam batas kontrol pada saat proses tidak terkontrol. Secara umum performa baik dari sebuah diagram kontrol jika mempunyai ARL_0 sebesar mungkin dan ARL_1 sekecil mungkin.

3. Diagram Kendali Variabel

Ditinjau dari karakteristik kualitas yang diteliti. Diagram kendali Shewhart terbagi menjadi 2 jenis, yaitu diagram kendali variabel dan diagram kendali atribut. Karakteristik yang dapat dinyatakan dalam bentuk angka, suatu karakteristik yang dapat diukur seperti dimensi, berat, atau volume dinamakan diagram kendali untuk variabel. Sedangkan data atribut bersifat diskrit (*discrete distribution*). Data ini umumnya diukur dengan cara dihitung menggunakan daftar pencacahan untuk keperluan pencatatan dan analisis, sebagai contoh jumlah cacat dalam satu batch produk, jenis kelamin (laki-laki/perempuan), jenis warna cat (merah, gold, silver, hitam), dan lain-lain. Sifat diskrit distribusi memberi gambaran data atribut berbentuk bilangan cacah yang nilai data harus integer atau tidak pecahan, dapat dihitung, dan terhingga. Pengukuran data atribut akan jauh lebih sederhana dibandingkan dengan pengukuran data variabel karena data diklasifikasikan sebagai kategori (misalkan cacat atau tidak cacat) berdasarkan perbandingan dengan standar yang telah ditetapkan.

Diagram kendali variabel digunakan secara luas. Sifat *continuous distribution* pada data variabel menggambarkan data berbentuk selang bilangan yang bisa terjadi dalam digit di belakang koma hingga n digit, tidak dapat dihitung, dan tidak terhingga. Bentuk distribusi seperti ini lebih sensitif terhadap perubahan, namun akan lebih sulit baik dalam mengidentifikasi apa yang harus diukur dan juga dalam pengukuran aktual. Ketika kita mempunyai data variabel, ada tiga jenis peta kendali yang dapat kita gunakan, yaitu diagram kendali rata-rata, diagram kendali rentang, diagram kendali simpangan baku

Dalam pembahasan selanjutnya akan fokus pada diagram kendali variabel dispersi. Untuk pengendalian proses secara umum, dapat diambil sampel berukuran n selama m periode.

3.1 Diagram Kendali Rentang (R)

Jika $x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}$ suatu sampel berukuran n yang diambil pada periode ke- $j = 1, 2, \dots, m$, maka rentang sampel tersebut adalah

$$R_j = x_{maks_j} - x_{min_j} \quad \dots(2.7)$$

Nilai-nilai R_j diplotkan pada diagram kendali rentang dengan batas-batas

kendali apabila nilai \bar{x} dan \bar{R} diketahui, $\bar{R} = \frac{\sum R_i}{m}$

$$UCL = \left[1 + 3 \frac{d_3}{d_2} \right] \bar{R} = D_4 \bar{R}$$

$$CL = \bar{R} \quad \dots(2.10)$$

$$BKB = \left[1 - 3 \frac{d_3}{d_2} \right] \bar{R} = D_3 \bar{R}$$

Nilai konstanta pengali D_3 dan D_4 untuk berbagai variasi nilai n dapat

diperoleh dari tabel faktor pengali untuk pembentukan diagram kendali rentang yang dapat dilihat pada Lampiran 3.

3.2 Diagram Kendali Simpangan Baku (S)

Apabila ukuran sampel n cukup besar, katakan $n > 10$ atau 12, metode rentang guna menaksir σ kehilangan efisiensi statistiknya. Guna untuk tujuan pengendalian, maka dari tiap himpunan bagian kita harus menghitung rata-rata sampel \bar{x} dan simpangan baku sampel S . Jika varians sampel ke- j

$$S_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n-1} \quad \dots(2.11)$$

Dengan $j=1,2, \dots, m$ demikian menganggap simpangan baku sampel adalah $S_j = \sqrt{S_j^2}$. Jika \bar{x} rata-rata dan simpangan baku \bar{s} diketahui maka nilai batas-

batas kendali diagram kendali simpangan baku, jika $\bar{s} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i$

$$\begin{aligned} UCL &= \left[1 + 3 \frac{\sqrt{1-c_4^2}}{c_4} \right] \bar{s} = B_4 \bar{s} \\ CL &= \bar{s} \\ LCL &= \left[1 - \frac{\sqrt{1-c_4^2}}{c_4} \right] \bar{s} = B_3 \bar{s} \end{aligned} \quad \dots(2.15)$$

Nilai konstanta pengali B_3 dan B_4 untuk berbagai variasi nilai n dapat diperoleh dari tabel faktor pengali untuk pembentukan diagram kendali simpangan baku yang dapat dilihat pada Lampiran 3.

4. Diagram Kendali Individu (*Individual-Moving Range*)

Digunakan untuk pengendalian proses yang ukuran contohnya hanya satu ($n = 1$). Hal ini sering terjadi apabila pemeriksaan dilakukan secara otomatis dan pada tingkat produksi yang sangat lambat, sehingga sukar untuk mengambil ukuran contoh yang lebih besar dari satu ($n > 1$). Pada beberapa kondisi, ukuran sampel yang digunakan adalah $n = 1$, dimana sampel mengandung unit individu. Situasi:

- Digunakannya inspeksi & pengukuran otomatis, setiap unit produk dianalisis;
- Tingkat produksi sangat rendah, dan tidak memungkinkan dilakukan sampling dengan $n > 1$;
- Pengukuran berulang pada proses akan berbeda karena faktor kesalahan lab atau analisis, seperti pada proses kimia.

Dalam ketadaan seperti itu, diagram pengendali unit individual akan berguna. Prosedur pengendaliannya menggunakan rentang bergerak (*Moving Range*) dua observasi berurutan. Atau juga sering disebut *Individual-Moving Range (I-MR)*. Dapat diformulasikan sebagai berikut,

$$MR_i = |x_i - x_{i-1}| \quad \dots(2.16)$$

Untuk membuat diagram kendali *MR* dapat dilakukan menggunakan batas diagram rentang pada Persamaan 2.10.

5. Diagram Kendali Nonparametrik Berdasarkan Uji Mood

Misal $\{X_1, \dots, X_i\}$ merupakan pengamatan secara sekuensial (satu per

satu). Untuk menguji apakah $\{X_1, \dots, X_t\}$ dibangkitkan oleh distribusi probabilitas yang sama? Andaikan X_1, \dots, X_τ berasal dari distribusi F_0 (In Control), $X_{\tau+1}, \dots, X_t$ berasal dari distribusi F_1 (Out of Control). Hipotesis yang dapat diberikan adalah

$H_0 : X_i \sim F_0$, untuk $i=1, 2, \dots, t$: tidak terjadi perubahan proses disemua titik.

$H_1 : X_1, \dots, X_\tau \sim F_0 ; X_{\tau+1}, \dots, X_t \sim F_1$: tidak terjadi perubahan proses sampai periode τ , namun mulai periode $\tau+1$ terjadi perubahan.

Andaikan $k =$ kejadian dari τ , oleh karena itu pengamatan dipartisi kedalam 2 sampel yaitu

$S_1 = \{X_1, \dots, X_k\}$, berukuran $n_1 = k$

$S_2 = \{X_{k+1}, \dots, X_t\}$, berukuran $n_2 = t - k$

Kedua sampel bisa digunakan untuk menguji mendeteksi perubahan proses melalui pengujian kesamaan distribusi 2 buah sampel. Untuk perubahan parameter lokasi bisa menggunakan Mann-Whitney [Hawkins & Deng] dan untuk perubahan parameter dispersi menggunakan Uji Mood [Zou & Geng].

Statistik Uji (Uji Mood)

$$M'_{k,t} = \sum_{j=1}^{n_1} \left(R_{1j} - \frac{n_1 + n_2 + 1}{2} \right)^2 \quad \dots(2.17)$$

Dimana R_{1j} = ranking dari pengamatan untuk subgroup ke-1, dari hasil merangking gabungan ke-2 subgroup.

Mean dan Varians dari $M'_{k,t}$

$$E_{H_0}(M'_{k,t}) = n_1 \frac{[(n_1 + n_2)^2 - 1]}{12} \quad \dots(2.18)$$

$$Var_{H_0}(M'_{k,t}) = n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1) \frac{[(n_1 + n_2)^2 - 4]}{180} \quad \dots(2.19)$$

Maka gunakan nilai absolute dari statistik Uji Mood yang distandarkan

$$M_{k,t} = \left| \frac{M'_{k,t} - E_{H_0}(M'_{k,t})}{\sqrt{Var_{H_0}(M'_{k,t})}} \right| \quad \dots(2.20)$$

Karena kita tidak tahu letak titik perubahan (*change-point*) atau kita tidak tahu nilai k yang mana yang akan digunakan untuk dipartisi. Pengamatan 1 s/d k mengikuti F_0 yaitu proses *in control*, maka titik perubahan (*change-point*) berada dari $k+1$. Dalam praktik k tidak pernah diketahui maka, k ditetapkan $0 < k < t$. Oleh karena itu, akan mendapatkan nilai $M_{k,t}$ sebanyak $t-1$ buah nilai statistik Uji

$M_{k,t} : M_{1,t}; M_{2,t}; \dots; M_{t-1,t}$. Maka statistik pengujiannya menjadi

$$M_t = \max(M_{k,t}) \quad \dots(2.21)$$

dengan kriteria uji : Tolak H_0 jika $M_t > h_t$

Nilai h_t ditentukan dengan cara simulasi Monte-Carlo untuk $ARL_0 = 200, 500, \text{ dan } 1000$ dengan $21 < t < 1000$ (Zou dan Geng, 2013) yang disajikan pada Lampiran 4. Sehingga batas kendali yang digunakan adalah $UCL = h_t$.

C. Metoda dan Bahan

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari hasil

penelitian Dinihayati (2012). Penelitiannya mengenai pengontrolan kualitas proses pelayanan di sebuah hotel di Cihampelas. Karakteristik mutu yang dikontrol adalah kepuasan pelanggan pada tipe kamar standar. Data diambil dengan menggunakan suatu angket atau kuesioner yang terdiri dari dimensi *Tangibles* (X_1), *Reliability* (X_2), *Responsiveness* (X_3), *Assurance* (X_4), *Empathy* (X_5). Akan tetapi data yang digunakan pada makalah ini adalah data univariat pada X_4 yaitu *Assurance*.

Tabel 3.1 Data Kepuasan Pelanggan pada Dimensi *Assurance*

t	X_4	t	X_4	T	X_4
1	66	15	72	29	79
2	68	16	63	30	65
3	79	17	65	31	61
4	73	18	65	32	66
5	79	19	73	33	79
6	65	20	61	34	75
7	61	21	75	35	60
8	78	22	71	36	68
9	80	23	66	37	62
10	72	24	63	38	77
11	75	25	75	39	71
12	62	26	72	40	79
13	75	27	65	41	72
14	74	28	63	42	74

Adapun prosedur pengujian yang digunakan (Gambar 3.1) adalah sebagai berikut:

1. Uji normalitas data sampel

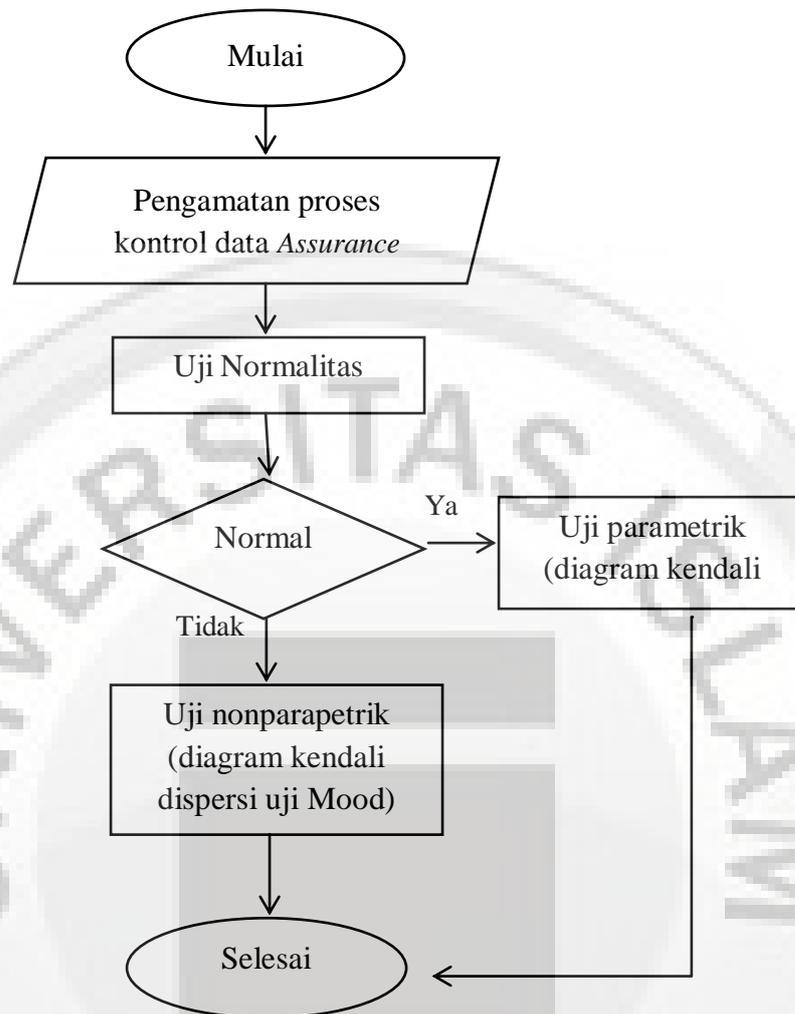
Jika data berdistribusi normal, maka dilakukan pengontrolan dispersi dengan batas kontrol uji parametrik pada Persamaan 2.10 (diagram kendali individu).

Jika data tidak berdistribusi normal maka dilakukan diagram kendali variabel robust dispersi dengan uji Mood dengan langkah pengujian sebagai berikut:

- $\{X_1, \dots, X_{42}\}$ merupakan pengamatan secara sekuensial (satu per satu) dibangkitkan oleh distribusi probabilitas yang sama.
- Menentukan hipotesis:

$$H_0 : X_i \sim F_0, \text{ untuk } i=1, 2, \dots, 42$$

$$H_1 : X_1, \dots, X_\tau \sim F_0 ; X_{\tau+1}, \dots, X_{42} \sim F_1, \text{ untuk } 1 < \tau < 41$$
- Menentukan Statistik Uji (Uji Mood) pada Persamaan 2.17
- Menentukan mean (Persamaan 2.18) dan varians (Persamaan 2.19) dari $M'_{k,t}$
- Tentukan nilai absolute dari statistik uji Mood yang distandarkan pada Persamaan 2.20
- Ambil nilai maksimum (M_t) dari langkah e
- Dari langkah f, statistik pengujiannya menjadi: Tolak H_0 jika $M_t > h_t$



Gambar 3.1 Prosedur pengerjaan

D. Hasil dan Pembahasan

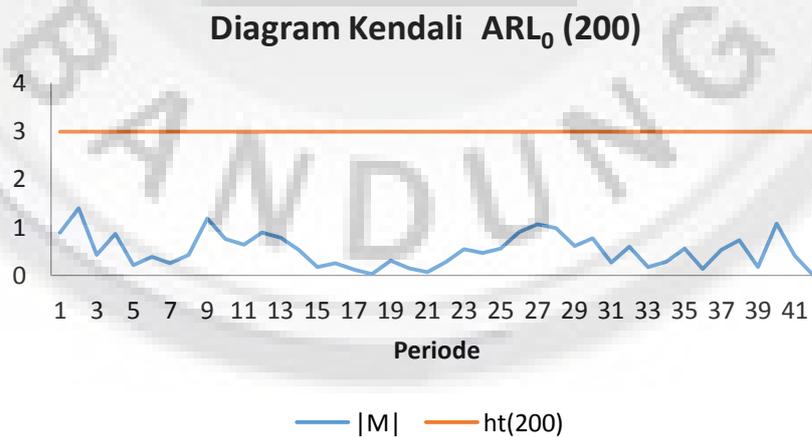
Dari hasil perhitungan statistik uji Liliefors dari hasil pengujian yaitu $L_0 = 0.1480759$. Dengan $\alpha = 0,05$ diperoleh $L_{0,05} = 0,1367$. Jika $0.1480759 > 0,1367$ maka data tidak berdistribusi normal. Oleh karena itu asumsi normalitas dilanggar, pengendalian proses kualitas layanan akan menggunakan diagram kendali variabel dispersi robust dengan statistik uji Mood. Proses perhitungan statistik uji Mood disajikan pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Perhitungan Statistik Uji Mood

Periode	X4	Rank	M'	E(M')	V(M')	M	Mt
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	66	16	30,25	146,9167	17238,22	0,8886	1,3881
2	68	18,5	39,25	293,8333	33635,56	1,3881	
3	79	39	345,5	440,75	49192	0,4295	
4	73	26,5	370,5	587,6667	63907,56	0,8590	

5	79	39	676,75	734,5833	77782,22	0,2074
6	65	12	767	881,5	90816	0,3799
7	61	3	1109,25	1028,417	103008,9	0,2519
8	78	36	1319,5	1175,333	114360,9	0,4263
9	80	42	1739,75	1322,25	124872	1,1815
10	72	23,5	1743,75	1469,167	134542,2	0,7486
11	75	32	1854	1616,083	143371,6	0,6283
12	62	5,5	2110	1763	151360	0,8919
13	75	32	2220,25	1909,917	158507,6	0,7795
14	74	28,5	2269,25	2056,833	164814,2	0,5232
15	72	23,5	2273,25	2203,75	170280	0,1684
16	63	8	2455,5	2350,667	174904,9	0,2506
17	65	12	2545,75	2497,583	178688,9	0,1139
18	65	12	2636	2644,5	181632	0,0199
19	73	26,5	2661	2791,417	183734,2	0,3043
20	61	3	3003,25	2938,333	184995,6	0,1509
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
41	72	23,5	6078	6023,583	17238,22	0,4145

Setelah nilai statistik uji Mood $M_t = 1,3881$ diketahui maka diperlukan nilai pembandingnya yaitu h_t yang diperoleh dari Lampiran 5. $M_t > h_t$ hipotesis nol ditolak dan jika $M_t \leq h_t$ hipotesis nol diterima. Dengan kriteria seperti itu maka akan dibandingkan dengan beberapa ARL_0 yang diketahui. Ketika $ARL_0(200)$ nilai $h_{42} = 2,9788$, diperoleh dari hasil interpolasi antara $40 < t < 50$. Bisa dilihat diagram kendali yang terjadi, yaitu terdapat pada Gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Diagram Kendali $ARL_0 = 200$

$M_{42} = 1,3881 < h_{42} = 2,9788$ maka kesimpulan yang dapat diambil yaitu hipotesis nol diterima, tidak terjadi perubahan proses disemua titik. Yang artinya dari pengamatan mengikuti F_0 , proses in control. Pengendalian proses pada kualitas pelayanan pada dimensi *assurance* di Hotel Cihampelas bervariasi secara wajar,

sehingga jaminan dari pelayanan yang mereka lakukan memberikan kepercayaan dan kepuasan yang baik terhadap pelanggan yang datang.

Daftar Pustaka

- D. M. Hawkins and Q. Deng, "A nonparametric change-point control chart," *Journal of Quality Technology*, vol. 42, no. 2, pp.165–173, 2010.
- Gibbons, J.D. 1985, *Nonparametric Statistical Inference, second edition. United States of America (USA)*
- Kiemele, M.J., S.R.Schmidt, and R.J.Berdine. (2000). *Basic Statistics Tools for Continuous Improvement: 4th Edition*. Colorado: Air academy press.
- Montgomery, D.C. dan Mastrangelo, C.M. 2001, *Statistical Quality Control, six edition. United States of America (USA)*
- M. Zhou and W. Geng, "A Robust Control Chart for Monitoring Dispersion," *Journal of Applied Mathematics Volume 2013*.
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika Edisi ke-6* . Bandung : Tarsito.