

Perbandingan Peta Kendali Poisson Double Progressive Mean dan Peta Kendali u pada Produksi Roti di Pakbatteang Mandiri

Parida Ayu Ningsi^{1*}, Nasrah Sirajang²

^{1,2}Departemen Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar, 90245, Indonesia

* Corresponding author, email: ayuningsihfarida39@gmail.com

Abstract

Pakbatteang Mandiri is a company that operates in the food industry by producing bread, but the bread production process shows that there are defects in the product so a control chart is needed to monitor the number of production defects. Control charts that are suitable for use for calculated data such as the number of production defects are control charts based on the Poisson distribution such as the u control chart and the Poisson Double Progressive Mean control chart. This research aims to obtain a comparison of the Poisson Double Progressive Mean control chart and the u control chart for bread production in Pakbatteang Mandiri. The results of this research show that the Poisson Double Progressive Mean control chart detects more observation points that are out of control when compared to the u control chart. Based on the relatively small ARL value, the performance of the Poisson Double Progressive Mean control chart is more sensitive in detecting out of control than the u control chart.

Keywords: u Control Chart, Control chart, Poisson Double Progressive Mean Control chart, Out of Control, ARL.

Abstrak

Pakbatteang Mandiri merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri makanan dengan memproduksi roti, tetapi pada proses produksi roti menunjukkan terdapat cacat pada produk sehingga diperlukan peta kendali untuk memonitor jumlah cacat produksi. Peta kendali yang cocok digunakan untuk data cacahan seperti jumlah cacat produksi yaitu peta kendali yang berdasarkan distribusi Poisson seperti peta kendali u dan peta kendali *Poisson Double Progressive Mean*. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh perbandingan peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* dan peta kendali u pada produksi roti di Pakbatteang Mandiri. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* lebih banyak mendeteksi titik pengamatan yang *out of control* jika dibandingkan dengan peta kendali u . Berdasarkan nilai ARL yang relatif kecil, performa peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* lebih sensitif mendeteksi adanya *out of control* daripada peta kendali u .

Kata Kunci: Peta kendali u , Peta kendali, *Poisson Double Progressive Mean*, *Out of Control*, ARL.

1. Pendahuluan

Kualitas suatu produk merupakan pertimbangan terpenting bagi para konsumen dalam memilih suatu produk. Kualitas suatu barang dipengaruhi oleh banyak faktor yang muncul saat proses produksi maupun proses distribusi barang tersebut. Gangguan yang tidak terduga dapat muncul saat proses produksi yang dapat mempengaruhi

kualitas produk. Gangguan tersebut antara lain dapat disebabkan oleh bahan baku, operator, mesin, dan lingkungan [1].

Salah satu analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui apakah produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi atau tidak dengan adanya gangguan tersebut adalah pengendalian kualitas statistik. Pengendalian kualitas statistik adalah aktivitas keteknikan dan manajemen yang dengan aktivitas tersebut dapat mengukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkan dengan spesifikasi tertentu, yang bertujuan untuk menyidik dengan cepat terjadinya sebab-sebab terduga atau pergeseran proses produksi [2]. Untuk menentukan proses produksi suatu produk dalam keadaan terkendali atau tidak, dapat digunakan salah satu alat statistik yaitu peta kendali. Peta kendali merupakan salah satu alat yang biasa digunakan dalam pengendalian kualitas untuk memperoleh gambaran tentang perilaku sebuah proses [3]. Adapun peta kendali berdasarkan karakteristik kualitasnya yaitu peta kendali variabel dan atribut [4]. Peta kendali variabel digunakan apabila karakteristik kualitas yang diamati dapat diukur, sedangkan peta kendali atribut digunakan apabila karakteristik kualitas yang diamati hanya dinyatakan secara kualitatif atau dengan kategori [5]. Peta kendali variabel digunakan ketika tipe datanya kontinu seperti rata-rata dan rentang, sedangkan peta kendali atribut digunakan ketika tipe datanya diskrit seperti proporsi jumlah cacat dan jumlah cacat atau kerusakan [6]. Produk yang tidak sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan perusahaan dapat dianggap sebagai produk rusak/cacat (*defect*). Produk cacat merupakan barang atau jasa yang dibuat dalam proses produksi namun memiliki kekurangan yang menyebabkan kualitasnya kurang baik atau kurang sempurna. Menurut Hansen dan Mowen [7], produk cacat adalah produk yang tidak memiliki spesifikasi. Terdapat beberapa penyebab yang menimbulkan produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar, baik itu faktor sumber daya manusia, mesin, metode, bahan baku, dan lingkungan. Jumlah cacat dalam produksi merupakan data cacahan dengan peluang kejadiannya kecil pada interval waktu tertentu. Peta kendali yang cocok digunakan untuk data tersebut ialah peta kendali yang berdasarkan distribusi Poisson seperti peta kendali u.

Peta kendali u atau biasa disebut dengan *u-chart* merupakan salah satu jenis peta kendali atribut yang banyak digunakan dalam pengendalian kualitas produksi yang memiliki data berdistribusi Poisson. Peta kendali u digunakan untuk mengukur rata-rata banyak jumlah *defect* atau ketidaksesuaian per unit yang terdapat dalam unit yang diproduksi. Peta kendali u menghitung titik cacat per unit laporan pemeriksaan dalam periode yang mungkin memiliki ukuran sampel bervariasi atau banyak item yang diperiksa [8].

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, semakin banyak pula metode-metode baru yang ditemukan. Salah satu konsep metode baru dari peta kendali yang berdasarkan distribusi Poisson yaitu peta kendali Poisson Progressive Mean. Peta kendali Poisson Progressive Mean merupakan peta kendali baru yang diusulkan oleh

Abbasi [9]. Peta kendali Poisson Progressive Mean digunakan untuk memonitor data berdistribusi Poisson yang menghasilkan kejadian-kejadian dalam interval waktu tertentu. Peta kendali Poisson Progressive Mean membantu dalam mengidentifikasi perubahan rata-rata dalam proses produksi. Peta kendali Poisson Double Progressive Mean merupakan pengembangan dari peta kendali Poisson Progressive Mean. Peta kendali Poisson Double Progressive Mean digunakan untuk mendeteksi perbedaan rata-rata ketidaksesuaian dari proses produksi [10].

Beberapa penelitian sebelumnya ialah Hasanah dan Zulaela [11] melakukan penelitian yang berfokus pada efektivitas penggunaan peta kendali Poisson Progressive Mean dan kemudian diperoleh hasil bahwa peta kendali Poisson Progressive Mean lebih sensitif dibandingkan dengan peta kendali \bar{c} . Ramadlan dan Yanti [12] melakukan penelitian mengenai efektivitas diagram kendali Poisson Progressive Mean dalam pengendalian kualitas produksi kemasan minyak goreng di PT. XY dan diperoleh bahwa penggunaan peta kendali Poisson Progressive Mean pada kasus tersebut sudah tepat karena mampu mendeteksi adanya *out of control*. Kemudian Alevizakos dan Koukouvinos [10] melakukan perbandingan kinerja peta kendali Poisson Double Progressive Mean dengan peta kendali Poisson Cumulative Sum, Peta kendali Poisson Exponentially Weighted Moving Average, dan peta kendali Poisson Double Exponentially Weighted Moving Average. Diperoleh hasil bahwa peta kendali Poisson Double Progressive Mean lebih sensitif karena mampu mendeteksi jumlah data *out of control* lebih banyak dari peta kendali lainnya.

2. Material dan Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer, yang diperoleh dari hasil observasi langsung ke UMKM Pakbatteang Mandiri di Dusun Pakbatteang Kecamatan Buki Kabupaten Kepulauan Selayar . Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jumlah cacat produksi roti di Pakbatteang Mandiri dengan waktu pengamatan selama 1 bulan mulai pada tanggal 1 Maret hingga 31 Maret 2024. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah data jumlah cacat pada produksi roti di Pakbatteang Mandiri periode Maret 2024. Jenis produk yang dianggap cacat yaitu roti gosong, roti tidak mengembang (roti kecil), dan roti retak. Data diaplikasikan pada peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* dan dibandingkan peta kendali u .

2.1 Peta Kendali u

Peta kendali ini digunakan untuk mengendalikan proses produksi yang karakteristik kualitasnya diukur dari banyaknya ketidaksesuaian per unit produk yang dihasilkan. Peta kendali u dapat digunakan apabila jumlah sampel yang digunakan bervariasi dari waktu ke waktu. Peta kendali rata-rata banyak ketidaksesuaian per unit (*u-chart*) digunakan untuk mengukur rata-rata banyak jumlah defect atau ketidaksesuaian per unit yang terdapat dalam unit yang diproduksi.

Jika c adalah banyaknya ketidaksesuaian pada pengamatan, m adalah ukuran tiap sampel, dan n adalah banyaknya sampel, maka rata-rata ketidaksesuaian tiap sampel adalah

$$u_i = \frac{c_i}{m} \quad (1)$$

dan rata-rata ketidaksesuaian tiap unit sampel adalah

$$\bar{u} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_i \quad (2)$$

Garis Tengah (GT), Batas Kendali Atas (BKA), dan Batas Kendali Bawah (BKB) untuk u -chart adalah sebagai berikut :

$$BKA = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{m}} \quad (3)$$

$$BKB = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{m}} \quad (4)$$

2.2 Peta Kendali Poisson *Double Progressive Mean*

Peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* merupakan pengembangan dari peta kendali *Poisson Progressive Mean* yang digunakan untuk mengontrol proses produksi dengan memperlihatkan bagaimana nilai rata-rata dari suatu sampel berubah dari waktu ke waktu dan apakah perubahan tersebut signifikan atau tidak serta melihat pergeseran kecil rata-rata dalam proses produksi [10].

Secara matematis, statistik PDPM didefinisikan sebagai berikut :

$$PDPM_t = \frac{\sum_{i=1}^t PPM_i}{t}, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (5)$$

Dimana rumus mencari PPM yaitu:

$$PPM_t = \frac{\sum_{i=1}^t X_i}{t}, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (6)$$

Adapun nilai ekspektasi dan varians dari PDPM sebagai berikut:

$$E(PDPM) = \mu_0 \quad (7)$$

$$Var(PDPM) = \frac{\mu_0}{t^2} \sum_{i=1}^t \left(\frac{1}{t}\right) \quad (8)$$

Batas kendali untuk peta kendali PDPM didefinisikan sebagai berikut:

$$BKA = \mu_0 + L \frac{1}{t \cdot f(t)} \sqrt{\mu_0 \sum_{i=1}^t \left(\frac{1}{t}\right)} \quad (9)$$

$$GT = \mu_0 \quad (10)$$

$$BKB = \mu_0 - L \frac{1}{t \cdot f(t)} \sqrt{\mu_0 \sum_{i=1}^t \left(\frac{1}{t}\right)} \quad (11)$$

dengan $L > 0$ yaitu pengali peta kendali, nilai L dapat dilihat berdasarkan simulasi Monte Carlo yang dilakukan untuk nilai L yang telah ditetapkan untuk menentukan nilai batas kendali atas dan bawah, $f(t)$ adalah fungsi dari t yang digunakan agar mendapatkan hasil optimal untuk mengontrol penyebaran dari distribusi *Run Length*. dimana pada penelitian yang dilakukan oleh Abbas [13] yang mengusulkan penggunaan $f(t) = t^{-0.1}$

2.3 Pendekatan Distribusi Poisson dengan Distribusi Normal

Berdasarkan teorema limit pusat yang mengatakan bahwa jika X_1, \dots, X_n merupakan sampel random dari sebuah distribusi dengan mean μ dan variansi σ^2 , maka limit distribusi dari [14]:

$$Z_n = \frac{\sum_{i=1}^n X_i - n\mu}{\sqrt{n\sigma}} \quad (12)$$

merupakan normal standar, $Z_n \rightarrow Z \sim N(0,1)$ dengan $n \rightarrow \infty$.

Hasil limit tersebut untuk sampel acak dari setiap distribusi dengan mean dan variansi terhingga. Menurut Subanar [15] jika $X \stackrel{iid}{\sim} Poisson(\mu)$, maka X bisa ditulis $X = \sum_{i=1}^n X_i$. Berdasarkan teorema limit pusat [10].

$$z = \frac{X - \mu}{\sqrt{\mu}} \text{ dengan } Z \sim N(0,1) \quad (13)$$

Sehingga:

$$P(a \leq x \leq b) = P\left(\frac{a-\mu}{\sqrt{\mu}} \leq Z \leq \frac{b-\mu}{\mu}\right) \quad (14)$$

Dengan menggunakan koreksi kontinuitas didapatkan

$$P(a \leq x \leq b) = P\left(\frac{a-0.5-\mu}{\sqrt{\mu}} \leq Z \leq \frac{b+0.5-\mu}{\mu}\right) \quad (15)$$

Persamaan diatas dapat digunakan untuk menghitung peluang x yang berada diantara interval tertentu. Peluang x yang berada diantara interval tertentu dicari dengan menggunakan pendekatan distribusi normal untuk distribusi Poisson.

2.4 Average Run Length (ARL)

Setelah mengaplikasikan data pada peta kendali Poisson Double Progressive Mean dan peta kendali u , selanjutnya menghitung dan membandingkan nilai ARL peta kendali untuk melihat efektivitas kinerja masing-masing peta kendali. *Average Run Length* (ARL) berfungsi untuk mengukur efektivitas kinerja grafik pengendali dalam mendeteksi perubahan pada suatu proses [2]. Peta kendali yang lebih cepat mendeteksi sinyal out of control disebut lebih sensitif terhadap perubahan proses. Secara umum persamaan untuk perhitungan ARL adalah sebagai berikut:

$$ARL = \frac{1}{p} \quad (16)$$

dengan p adalah probabilitas suatu titik keluar dari batas-batas peta kendali. Untuk ARL_0 , $p = \alpha$ merupakan probabilitas kesalahan/error tipe I (menyatakan keadaan tidak terkendali padahal keadaan terkendali) atau probabilitas suatu titik rata-rata sampel berada di luar batas kendali pada saat proses terkendali, α disebut juga sebagai probabilitas false alarm. Untuk ARL_1 , nilai $p = 1 - \beta$ merupakan probabilitas kesalahan/error tipe II (menyatakan keadaan terkendali padahal keadaan tidak terkendali) atau probabilitas suatu titik rata-rata sampel berada di dalam batas kendali pada saat proses tidak terkendali.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Uji Kecocokan Distribusi Poisson

Pengujian kecocokan distribusi poisson bertujuan untuk mengetahui suatu data berdistribusi Poisson atau tidak. Pengujian kecocokan distribusi Poisson pada variabel jumlah cacat produksi roti di Pakbatteang Mandiri pada bulan Maret 2024 dapat dilakukan dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* menggunakan $\alpha = 0,05$ dengan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Variabel jumlah cacat produksi roti berdistribusi Poisson

H_1 : Variabel jumlah cacat produksi roti tidak berdistribusi Poisson

Dengan kriteria pengujiannya yaitu tolak H_0 jika $D_{hitung} > D_{tabel}(\alpha)$ atau $p\text{-value} < \alpha$ dengan nilai D_{tabel} berdasarkan pada Tabel uji *Kolmogorov-smirnov* diperoleh

sebesar 0,238. dengan bantuan *software SPSS* . Adapun hasil yang diperoleh sebagai berikut:

Table 1. Uji Kecocokan Distribusi Poisson

<i>D</i> _{hitung}	<i>D</i> _{tabel}	Keputusan
0.086	0.238	H_0 diterima

Berdasarkan Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa nilai statistik uji $D_{hitung} = 0.086$ lebih kecil dari nilai $D_{tabel} = 0.238$ dengan $\alpha = 0.05$ yang berarti terima H_0 . Artinya variabel jumlah cacat produksi roti berdistribusi Poisson.

3.2 Penerapan Peta Kendali u

Langkah pertama yang harus dilakukan untuk membuat peta kendali u ialah menghitung titik plot u berdasarkan persamaan (1) sebagai berikut:

$$u_1 = \frac{10}{200} = 0.05$$

$$u_2 = \frac{5}{200} = 0.025$$

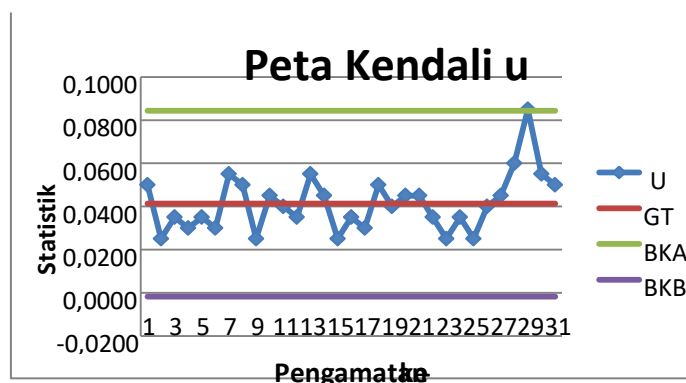
Dengan menggunakan cara yang sama, diperoleh nilai titik plot u untuk pengamatan selanjutnya hingga pengamatan ke-31. Selanjutnya menghitung batas-batas kendali peta kendali u yaitu garis tengah (GT), batas kendali atas (BKA), dan batas kendali bawah (BKB) menggunakan persamaan (3), (4), dan (5). Diperoleh:

$$GT = 0.0413$$

$$BKA = 0.0844$$

$$BKB = -0.0018$$

Setelah semua nilai diperoleh, dibentuklah peta kendali u berdasarkan nilai-nilai tersebut.



Gambar 1. Peta Kendali u

Gambar 1 menunjukkan terdapat 1 titik yang berada di luar batas kendali atas yaitu titik pengamatan ke-29, sehingga menyebabkan proses produksi belum terkendali secara statistik.

3.3 Penerapan Peta Kendali Poisson *Double Progressive Mean*

Peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* yang pertama dilakukan ialah mencari nilai PPM menggunakan persamaan (7) sebagai berikut:

$$PPM_1 = \frac{10}{1} = 10$$

Dengan menggunakan cara yang sama, diperoleh nilai PPM untuk pengamatan selanjutnya hingga pengamatan ke-31. Kemudian menghitung nilai statistik PDPM menggunakan persamaan (6) sebagai berikut:

$$PDPM_1 = \frac{10}{1} = 10$$

$$PDPM_2 = \frac{10 + 7.5}{2} = \frac{17.5}{2} = 8.75$$

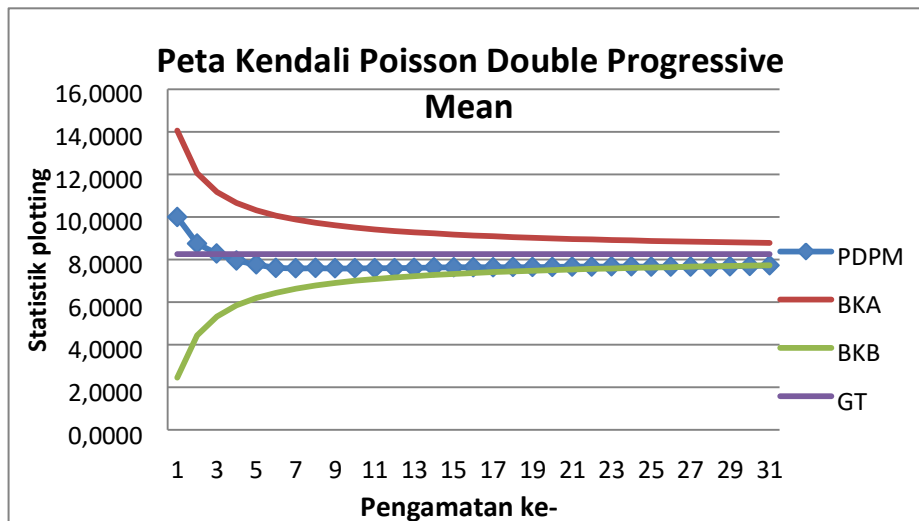
Dengan cara yang sama pula, didapatkan nilai PDPM hingga pengamatan ke-31. Selanjutnya menghitung rata-rata (μ_0) yang diperoleh $\mu_0 = 8.2581$. Selanjutnya menentukan nilai L yang digunakan sebagai pengali diagram berdasarkan simulasi Monte Carlo. Karena nilai $\mu_0 = 8.2581$, singga nilai L dari data yaitu 2.020. Kemudian menghitung garis tengah (GT), batas kendali atas (BKA), dan batas kendali bawah (BKB) peta kendali menggunakan persamaan (10), (11), dan (12) sebagai berikut:

$$GT = 8.2581$$

$$BKA_1 = 8.2581 + 2.0 \frac{1}{1^{0.9}} \sqrt{8.2581 \sum_{i=1}^1 \left(\frac{1}{1}\right)} = 14.0630$$

$$BKB_1 = 8.2581 - 2.0 \frac{1}{1^{0.9}} \sqrt{8.2581 \sum_{i=1}^1 \left(\frac{1}{1}\right)} = 14.0630$$

Dengan menggunakan cara yang sama, diperoleh batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB) pada pengamatan selanjutnya hingga pengamatan ke-31. Selanjutnya membuat peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* berdasarkan nilai-nilai yang diperoleh disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Kendali Poisson *Double Progressive Mean*

Gambar 2 menunjukkan terdapat 26 titik pengamatan yang berada di dalam batas kendali yaitu titik pengamatan pertama hingga pengamatan ke-26. Terdapat 5 titik yang keluar dari batas kendali yaitu titik pengamatan ke-27 hingga pengamatan ke-31 yang melewati batas kendali bawah.

3.4 Perbandingan Peta Kendali Poisson *Double Progressive Mean* dengan Peta Kendali u

Perbandingan dilakukan dengan menggunakan jumlah *out of control* pada kedua peta kendali dan menggunakan nilai *Average Run Length* (ARL) masing-masing peta kendali. Langkah-langkah untuk membandingkan kedua peta kendali dimulai dengan membandingkan jumlah titik *out of control* dari kedua peta kendali disajikan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Perbandingan Data *Out of Control* Peta Kendali u dan Peta Kendali *Poisson Double Progressive Mean*

Batas Kendali	Peta Kendali u	Peta Kendali <i>Poisson Double Progressive Mean</i>
BKA	1	0
BKB	0	5
Total	1	5

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* memiliki data *out of control* yang lebih banyak dibandingkan dengan

peta kendali u . Peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* mampu mendeteksi data *out of control* sebanyak 5 pengamatan sedangkan peta kendali u hanya mampu mendeteksi 1 data pengamatan *out of control* Sehingga dapat diketahui bahwa peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* lebih sensitif dibandingkan dengan peta kendali u karena mampu mendeteksi *out of control* lebih banyak. Selanjutnya perbandingan peta kendali berdasarkan nilai ARL. Untuk menentukan nilai ARL pada peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* dan peta kendali u digunakan nilai ARL_1 atau kesalahan tipe II dengan rumus sebagai berikut:

$$ARL = \frac{1}{1 - \beta}$$

Penentuan nilai β untuk ARL peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* adalah sebagai berikut:

$$\beta = \Phi \left(\frac{L \frac{1}{t \cdot f(t)} \sqrt{\mu_0 \sum_{i=1}^t \left(\frac{1}{t}\right)} + 0.5 - \delta \sqrt{\mu_0}}{\sqrt{\mu_0}} \right) - \Phi \left(\frac{L \frac{1}{t \cdot f(t)} \sqrt{\mu_0 \sum_{i=1}^t \left(\frac{1}{t}\right)} - 0.5 - \delta \sqrt{\mu_0}}{\sqrt{\mu_0}} \right)$$

Penentuan β untuk ARL peta kendali u sebagai berikut:

$$\beta = \Phi \left(\frac{3\sqrt{\mu_0} + 0.5 - \delta \sqrt{\mu_0}}{\sqrt{\mu_0}} \right) - \Phi \left(\frac{-3\sqrt{\mu_0} - 0.5 - \delta \sqrt{\mu_0}}{\sqrt{\mu_0}} \right)$$

Berdasarkan kedua rumus tersebut dipeoleh nilai ARL masing-masing peta kendali dengan menggunakan $\delta = 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5$ dan 3 disajikan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Perbandingan Nilai ARL Peta Kendali u dan Peta Kendali *Poisson Double Progressive Mean* (PDPM)

δ	Peta kendali u	Peta kendali PDPM
0.5	258.5914	20.5493
1	67.2593	3.1763
1.5	21.2461	1.6008
2	8.3195	1.1906
2.5	3.9975	1.0565
3	2.3205	1.0142

Berdasarkan Tabel 3 dapat dijelaskan bahwa peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* memiliki performa lebih baik dalam mendeteksi perubahan proses dibandingkan dengan peta kendali u . Hal ini ditunjukkan dengan nilai perubahan, $0 \leq$

$\delta \leq 3$ nilai ARL peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* memiliki nilai yang relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai ARL peta kendali *u*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa produksi roti belum terkendali secara statistik karena terdapat nilai pengamatan yang berada di luar batas kendali. Peta kendali *Poisson Double Progressive Mean* lebih baik dan cenderung lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran proses dibandingkan peta kendali *u*.

Penelitian ini menggunakan peta kendali kendali *Poisson Double Progressive Mean*, sehingga untuk penelitian berikutnya dapat menggunakan peta kendali lain, yaitu peta kendali *Progressive Variance*.

Daftar Pustaka

- [1] Hidayat, R. *Analisis Peta Kendali p menggunakan pendekatan Bayesian*, Skripsi, Departemen Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2016.
- [2] Montgomery, D. C. *Introduction to Statistical Quality Control, 6th ed.* United States of America: John Wiley & Sons, 2009.
- [3] Mitra, A. *Fundamentals of Quality Control and Improvement, 3rd ed.* Alabama: Auburn, 2008.
- [4] Cawley, J., & Harold, D. SPC and SQC Provide the Big Picture About Processing Performance. *Control Engineering*, 46(5), p. 140, 1999.
- [5] Pricilia, R. A., dkk. Perbandingan Diagram Kontrol X Shewhart dan X VSSI (Variable Sample Size and Sampling Interval) dalam Pengendalian Kualitas Produksi Pipa Besi PT. Pacific Angkasa Abadi. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(1), pp. A6-A11, 2017.
- [6] Montgomery, D. C. *Introduction to Statistical Quality Control, 7th ed.* John Wiley & Sons, Inc., 2013.
- [7] Hansen, D. R., & Mowen, M. M. *Manajemen Biaya, Buku II*. Jakarta: Penerbit Salemba Empat, 2001.
- [8] Rahmayani, N., dkk. Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Menggunakan Peta Kendali U dan Diagram Kontrol Decision On Belief (DOB) (Studi Kasus: Produksi Percetakan Spanduk Lineza Digital Printing di Kota Samarinda pada Bulan Februari 2016 – September 2017). *Jurnal Eksponensial*, 10(1), 67-72, 2019.

- [9] Abbasi, S. A. Poisson progressive mean control chart. *Quality and Reliability Engineering International*, 33(8), 1855–1859, 2017.
- [10] Alevizakos, V., & Koukouvinos, C. A double progressive mean control chart for monitoring Poisson observations. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 2019.
- [11] Hasanah, A. N. F., & Zulaela. *Grafik Pengendalian Poisson Progressive Mean*. Skripsi, Departemen Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2019.
- [12] Ramadlan, W. N., & Yanti, T. S. Diagram Kendali Poisson Progressive Mean Dalam Pengendalian Kualitas Kemasan Minyak Goreng di PT. XY. *Bandung Conference Series*, 3(2), 773-779, 2019.
- [13] Abbas, Z., Nazir, H. Z., Akhtar, N., Riaz, M., & Abid, M. An enhanced approach for the progressive mean control charts. *Quality and Reliability Engineering International*, 2018, doi: 10.1002/qre.2444.
- [14] Bain, L. J., & Engelhart, M. *Introduction to Probability and Mathematical Statistics, 2nd ed.* California: Duxbury Press, 1992.
- [15] Subanar. *Statistika Matematika Probabilitas, Distribusi, dan Asimtotis dalam Statistika*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [16] Abbas, N., Zafar, R. F., Riaz, M., & Hussain, Z. Progressive mean control chart for monitoring process location parameter. *Quality and Reliability Engineering International*, 29(3), pp. 357–367, 2013.