

# Peta Kendali $p$ Berdasarkan Metode Peningkatan Transformasi Akar Kuadrat

Riska Rasyid<sup>1\*</sup>, Erna Tri Herdiani<sup>2</sup>, Nurtiti Sunusi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar, 90245, Indonesia

\*Corresponding author, email: [riskarsyid@gmail.com](mailto:riskarsyid@gmail.com)

## Abstract

When the proportion of nonconformities is small, the effectiveness of the  $p$  control chart performance becomes inadequate because it has a skewness that causes asymmetry. Therefore, the Improved Square Root Transformation (ISRT) method is used to construct the  $p$  attribute control chart to increase the accuracy of the chart control limit which is called the ISRT- $p$  control chart. In this study, the effectiveness of the ISRT- $p$  control chart performance is compared with the  $p$  control chart after being applied to the data on the number of defects in the newspaper production process at PT. Radar Sulteng Membangun. The results showed that the production process at PT. Radar Sulteng Membangun was not in a statistically controlled and the ARL value obtained on the ISRT- $p$  control chart is much smaller than the ARL value for the  $p$  control chart, so that the ISRT- $p$  chart is more effective and sensitive to detecting changes in the production process which produces in a small proportion of nonconformities.

**Keywords:**  $p$  Control Chart, Improved Square Root Transformation, ISRT- $p$  Control Chart, ARL.

## Abstrak

Ketika proporsi ketidaksesuaian kecil, efektivitas kinerja peta kendali  $p$  menjadi kurang memadai karena memiliki kemiringan yang menyebabkan asimetris. Dengan demikian, digunakan metode peningkatan transformasi akar kuadrat dalam membentuk peta kendali  $p$  untuk meningkatkan akurasi garis batas grafik yang disebut peta kendali ISRT- $p$ . Pada penelitian ini, efektivitas kinerja peta kendali ISRT- $p$  dibandingkan dengan peta kendali  $p$  setelah diaplikasikan pada data jumlah cacat proses produksi koran di PT. Radar Sulteng Membangun. Hasil yang diperoleh adalah proses produksi pada PT. Radar Sulteng Membangun berada dalam keadaan tidak terkendali secara statistik serta nilai ARL yang diperoleh pada peta kendali ISRT- $p$  jauh lebih kecil dibandingkan dengan nilai ARL untuk peta kendali  $p$ . Oleh karena itu, peta kendali ISRT- $p$  lebih efektif dan sensitif dalam mendeteksi perubahan proses produksi yang menghasilkan proporsi ketidaksesuaian kecil.

**Kata Kunci:** Peta Kendali  $p$ , Peningkatan Transformasi Akar Kuadrat, Peta Kendali ISRT- $p$ , ARL.

## 1. Pendahuluan

Peta kendali  $p$  digunakan untuk mengendalikan proporsi ketidaksesuaian yang diasumsikan berdistribusi binomial dengan pendekatan distribusi normal. Xie, dkk (2002) menyatakan bahwa pendekatan distribusi normal terhadap distribusi binomial memperoleh hasil yang baik ketika proporsi ( $p$ ) berada pada kisaran ( $0,1 < p < 0,9$ ) atau ketika  $np(1 - p) > 25$  [1]. Fleiss, dkk (2003) menunjukkan bahwa peta kendali atribut yang diasumsikan berdistribusi binomial dengan pendekatan distribusi normal mendapatkan hasil yang baik ketika data proporsi terletak dalam kisaran ( $0,3 \leq p \leq 0,7$ ) dengan ukuran sampel  $n$  yang besar untuk  $np \geq 5$  [2]. Namun, saat ini proses produksi seringkali menghasilkan tingkat ketidaksesuaian yang kecil atau  $p \leq 0,1$  dan ukuran

sampel tidak cukup besar sehingga kinerja peta kendali  $p$  dianggap tidak memadai [3]. Pada saat terjadi tingkat ketidaksesuaian yang kecil, maka batas tengah peta kendali  $p$  akan mendekati nol sehingga distribusi data juga akan semakin mendekati bahkan bernilai nol. Jika nilai  $BPB \leq 0$  maka akan dianggap  $BPB = 0$ , karena proporsi ketidaksesuaian tidak mungkin bernilai negatif. Akibatnya, garis  $BPB = 0$  akan menyebabkan distribusi menjadi tidak simetris. Semakin kecil nilai  $p$ , maka distribusi akan semakin tidak simetris [4]. Distribusi yang tidak simetris ketika dianalisis menggunakan peta kendali simetris, dapat menimbulkan *error* yang besar. Oleh karena itu, Chan, dkk (2002) juga mengatakan bahwa ketika tingkat ketidaksesuaian kecil, maka pemantauan dengan peta kendali  $p$  tidak memberikan hasil yang baik [5].

Untuk meningkatkan kinerja peta kendali  $p$ , beberapa peneliti telah mengusulkan metode diantaranya Ryan dan Schwertman (1997) menggunakan metode transformasi arcsin untuk membuat bagan kendali dalam memantau proporsi ketidaksesuaian yang disebut dengan peta kendali  $p$  arcsin [6]. Chen (1998) menunjukkan peta kendali  $p$  modifikasi ekspansi Cornish-Fisher yang dibentuk berdasarkan ekspansi Cornish-Fisher dan memberikan hasil yang lebih baik dari peta kendali  $p$  dalam memantau pengendalian proses untuk tingkat ketidaksesuaian yang kecil [7]. Wang (2009) mengevaluasi empat grafik pengendali yaitu peta kendali  $p$ , peta kendali  $p$  arcsin, peta kendali  $p$  modifikasi ekspansi Cornish-Fisher, dan peta kendali CPC (*Cumulative Probability Control*), menyimpulkan bahwa keempat peta kendali tersebut dapat berfungsi dengan baik ketika proporsi ketidaksesuaian proses ( $p$ ) diketahui dan tidak dapat bekerja dengan baik ketika  $p$  tidak diketahui [8].

Tsai, dkk (2006) mengusulkan metode peningkatan transformasi akar kuadrat (*Improved Square Root Transformation/ISRT*) untuk data berdistribusi binomial dan Poisson, serta dapat diaplikasikan pada tiga grafik pengendali atribut yang salah satunya adalah peta kendali ISRT- $p$  [3]. Pada penelitian tersebut, peneliti juga membandingkan peta kendali  $p$  dengan peta kendali  $p$  alternatif lainnya yang diketahui seperti peta kendali  $p$  arcsin, peta kendali  $p$  modifikasi ekspansi Cornish-Fisher, peta kendali Q, dan peta kendali  $p$  berbasis regresi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa peta kendali ISRT- $p$  memiliki batas kendali yang lebih efektif untuk tingkat ketidaksesuaian yang kecil atau  $p \leq 0,1$ , ukuran sampel kecil dan ketika  $p$  tidak diketahui. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengkaji tentang peta kendali ISRT- $p$  pada data berdistribusi binomial yang memiliki tingkat ketidaksesuaian kecil.

## **2. Material dan Metode**

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh berdasarkan penelitian Nitafiyah, dkk (2019) [9]. Data yang digunakan merupakan data proporsi proses produksi koran di PT. Radar Sulteng Membangun yang berupa data cacat dengan total produksi sebanyak 49.727 eksemplar dalam 20 hari kerja terhitung mulai tanggal 1 Maret 2018 sampai dengan tanggal 24 Maret 2018. Variabel yang digunakan

yaitu jenis kecacatan produk koran yang diamati pada PT. Radar Sulteng Membangun terdiri dari koran kotor (terdapat bercak tinta di lembaran koran), tidak register (warna satu dengan yang lain belum menyatu), lipatan tidak simetris, dan terpotong (terdapat bagian yang terpotong melebihi garis tepi). Data diaplikasikan pada peta kendali  $p$  berdasarkan metode peningkatan transformasi akar kuadrat (peta kendali ISRT- $p$ ) dan peta kendali  $p$  yang digunakan sebagai pembanding untuk melihat efektivitas kinerja peta kendali ISRT- $p$ .

## 2.1 Peta Kendali $p$

Peta kendali  $p$  merupakan salah satu grafik pengendali atribut yang digunakan untuk mengendalikan proporsi cacat (bagian tidak sesuai). Pandang  $X \sim BIN(n, p)$ , dengan  $X$  biasanya menunjukkan banyak item yang tak sesuai dengan ukuran sampel  $n$ . Jika  $\hat{p}$  adalah penaksir untuk parameter  $p$  dengan  $\hat{p} = \frac{X}{n}$ , maka untuk membuat peta kendali  $p$  dicari terlebih dahulu *mean* dan standar deviasi dari  $\hat{p}$  yaitu:

$$\begin{aligned}\mu_{\hat{p}} &= E(\hat{p}) \\ &= E\left(\frac{X}{n}\right) \\ &= \frac{np}{n} \\ &= p\end{aligned}\tag{1}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\hat{p}} &= \sqrt{\sigma_{\hat{p}}^2} \\ &= \sqrt{Var(\hat{p})} \\ &= \sqrt{Var\left(\frac{X}{n}\right)} \\ &= \sqrt{\frac{1}{n^2}Var(X)} \\ &= \sqrt{\frac{np(1-p)}{n^2}} \\ &= \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}\end{aligned}\tag{2}$$

Apabila  $\hat{p}$  merupakan proporsi ketidaksesuaian dalam proses produksi diketahui, maka batas-batas pengendali peta kendali  $p$  adalah:

$$GT = \mu_{\hat{p}} = p\tag{3}$$

$$BPA = \mu_{\hat{p}} + w\sigma_{\hat{p}} = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}\tag{4}$$

$$BPB = \mu_{\hat{p}} - w\sigma_{\hat{p}}$$

$$= p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (5)$$

Semakin besar nilai  $w$  maka semakin kecil nilai kesalahan pada proses produksi, sehingga nilai  $w$  yang umumnya digunakan adalah 3 dengan dasar bahwa batas-batas tersebut memberikan hasil yang baik dalam prakteknya di lapangan. Oleh karena itu, pendekatan dengan distribusi normal ini biasa disebut batas kendali 3-sigma [10]. Apabila proporsi ketidaksesuaian tidak diketahui, maka  $\hat{p}$  harus ditaksir dari data pengamatan. Untuk mengestimasi nilai  $p$  digunakan rata-rata dari keseluruhan proporsi  $\hat{p}_i$  yaitu  $\hat{p}$  pada ukuran sampel  $n$  dengan banyaknya pengamatan  $m$  dinyatakan sebagai:

$$\bar{p} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \hat{p}_i = \frac{\sum_{i=1}^m X_i}{nm}, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

## 2.2 Peta Kendali ISRT- $p$

Misalkan  $X$  variabel acak binomial dengan ukuran sampel  $n$  dan parameter  $p$ , maka  $\hat{p} = \frac{X}{n}$  adalah proporsi ketidaksesuaian binomial dengan rata-rata  $p$  dan standar deviasi  $\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$ . Jika  $g(\hat{p}) = \sqrt{\hat{p}}$ , maka dengan menggunakan ekspansi deret Taylor orde dua, diperoleh:

$$g(\hat{p}) = g(p) + g'(p)(\hat{p} - p) + \frac{g''(p)}{2} (\hat{p} - p)^2$$

Ekuivalen dengan,

$$\sqrt{n} \left[ g(\hat{p}) - g(p) - \frac{g''(p)}{2} (\hat{p} - p)^2 \right] = g'(p) \sqrt{n} (\hat{p} - p) \quad (6)$$

Berdasarkan Teorema Limit Pusat, diketahui  $Z = \frac{\sqrt{n}(\bar{X} - \mu)}{\sigma} \sim N(0,1)$  dengan  $\sqrt{n}(\bar{X} - \mu) \sim N(0, \sigma^2)$ . Dalam kasus ini, didapatkan bahwa kedua ruas pada Persamaan (6) memiliki distribusi asimtotik yang sama, yaitu:

$$\sqrt{n} \left[ g(\hat{p}) - g(p) - \frac{g''(p)}{2} (\hat{p} - p)^2 \right] \sim N(0, [g'(p)]^2 p(1-p))$$

Diketahui  $\varepsilon = |\hat{p} - p|$  sebagai kesalahan estimasi mutlak dalam proses, sehingga dapat ditunjukkan persamaan standarisasi sebagai berikut:

$$Z = \frac{g(\hat{p}) - g(p)}{|g'(p)|\sigma_{\hat{p}}} - \frac{g''(p)\varepsilon^2}{2|g'(p)|\sigma_{\hat{p}}} \sim N(0,1) \quad (7)$$

Selanjutnya untuk membuat sebuah peta kendali, perlu dilakukan penentuan batas-batas kendalinya. Penentuan batas-batas kendali dapat dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan interval kepercayaannya yaitu:

$$P \left( -Z_{\frac{\alpha}{2}} < Z < Z_{\frac{\alpha}{2}} \right) = 1 - \alpha \quad (8)$$

Substitusi Persamaan (7) kedalam Persamaan (8) maka diperoleh,

$$P \left( g(p) - Z_{\frac{\alpha}{2}} |g'(p)|\sigma_{\hat{p}} + \frac{g''(p)e^2}{2} < g(\hat{p}) < g(p) + Z_{\frac{\alpha}{2}} |g'(p)|\sigma_{\hat{p}} + \frac{g''(p)e^2}{2} \right) = 1 - \alpha$$

Karena pendekatan yang digunakan adalah pendekatan distribusi normal, maka berdasarkan tabel distribusi normal standar nilai  $Z_{\frac{\alpha}{2}}$  dapat diketahui, yaitu jika  $\alpha =$

0,0027 maka nilai  $Z_{\frac{\alpha}{2}}$  yang sesuai adalah 3. Oleh karena itu, peta kendali ISRT- $p$  dapat dibentuk dengan batas-batas kendali sebagai berikut:

$$\begin{aligned} GT_{p-ISRT} &= g(p) \\ BPA_{p-ISRT} &= g(p) + 3|g'(p)|\sigma_{\hat{p}} + \frac{g''(p)}{2}\varepsilon^2 \\ BPB_{p-ISRT} &= g(p) - 3|g'(p)|\sigma_{\hat{p}} + \frac{g''(p)}{2}\varepsilon^2 \end{aligned}$$

Selanjutnya, kesalahan estimasi mutlak yang digunakan ialah  $3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$ . Dengan demikian, batas-batas kendali peta kendali ISRT- $p$  dapat ditulis sebagai berikut:

$$GT_{p-ISRT} = \sqrt{p} \tag{9}$$

$$BPA_{p-ISRT} = \sqrt{p} + \frac{3}{2}\sqrt{\frac{1-p}{n}} - \frac{9}{8}\left(\frac{1-p}{n\sqrt{p}}\right) \tag{10}$$

$$BPB_{p-ISRT} = \sqrt{p} - \frac{3}{2}\sqrt{\frac{1-p}{n}} - \frac{9}{8}\left(\frac{1-p}{n\sqrt{p}}\right) \tag{11}$$

Jika parameter  $p$  tidak diketahui, maka dapat diestimasi dengan menggunakan rata-rata dari keseluruhan proporsi  $\hat{p}_i$  yaitu  $\hat{p}$  pada ukuran sampel  $n$  dengan banyaknya pengamatan  $m$  yang dinyatakan dengan persamaan:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m X_i}{mn} = \frac{\sum_{i=1}^m \hat{p}_i}{m}$$

### 2.3 Average Run Length

Setelah mengaplikasikan data pada peta kendali ISRT- $p$  dan peta kendali  $p$ , langkah selanjutnya adalah menghitung dan membandingkan nilai ARL peta kendali  $p$  dan peta kendali ISRT- $p$  untuk melihat efektivitas kinerja peta kendali. *Average Run Length* (ARL) berfungsi untuk mengukur efektivitas kinerja grafik pengendali dalam mendeteksi perubahan pada suatu proses [11]. 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:

$$ARL = \frac{1}{p} \tag{12}$$

dengan  $p$  adalah probabilitas suatu titik keluar dari batas-batas peta kendali.

Untuk  $ARL_0$ ,  $p = \alpha$  = 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,  $\alpha$  disebut juga sebagai probabilitas *false alarm*. Untuk  $ARL_1$ , nilai  $p = 1 - \beta$  = 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 Aplikasi Peta Kendal $p$ pada Data

Untuk membuat suatu peta kendali  $p$ , langkah pertama yang harus dilakukan ialah menentukan rata-rata dan standar deviasi dari data jumlah cacat proses produksi koran menggunakan Persamaan (1) dan (2) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\mu_{\hat{p}} &= \bar{p} \\ &= 0,002091 \\ \sigma_{\hat{p}_1} &= \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_1}} \\ &= 0,000882\end{aligned}$$

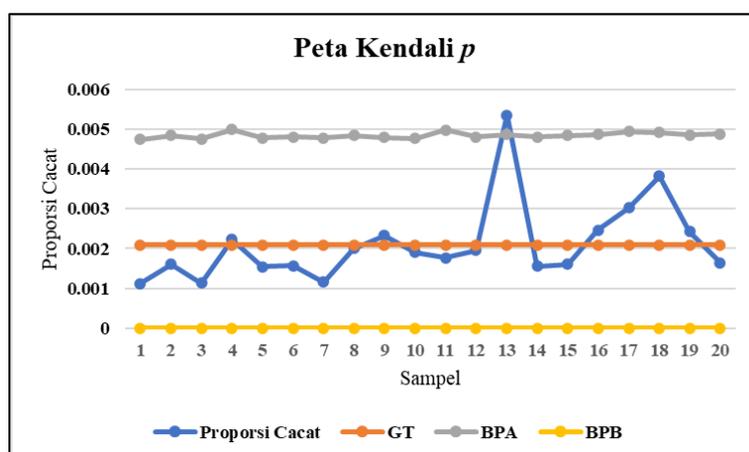
Selanjutnya, menghitung proporsi cacat untuk pengamatan pertama yang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$p_1 = \frac{x_1}{n_1} = 0,001119$$

Dengan menggunakan cara yang sama, diperoleh nilai standar deviasi dan proporsi cacat untuk pengamatan kedua sampai dengan pengamatan kedua puluh. Langkah selanjutnya adalah menentukan batas-batas kendali peta kendali  $p$  yaitu nilai Garis Tengah (GT), Batas Pengendalian Atas (BPA), serta Batas Pengendalian Bawah (BPB) berdasarkan Persamaan (3), (4) dan (5) dengan penjabaran sebagai berikut:

$$\begin{aligned}BPA_{p_1} &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_1}} \\ &= 0,004739 \\ GT_{p_1} &= \bar{p} \\ &= 0,002091 \\ BPB_{p_1} &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_1}} \\ &= -0,000556\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, diperoleh nilai GT, BPA, dan BPB untuk pengamatan kedua sampai dengan pengamatan kedua puluh. Setelah semua nilai diperoleh, dibentuk peta kendali  $p$  seperti pada Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan bahwa terdapat 1 titik yang berada di luar Batas Pengendalian Atas (BPA), yaitu titik ke-13 yakni proses produksi pada tanggal 14 Maret 2018 sehingga mengakibatkan proses produksi koran di PT. Radar Sulteng Membangun dalam keadaan tidak terkendali secara statistik. Titik yang berada di luar batas kendali ini menunjukkan bahwa telah terjadi penyebab-penyebab terduga yang membuat proses produksi koran di PT. Radar Sulteng Membangun tidak sesuai dengan target produksi. Terkait dengan hal tersebut, perlu dianalisis lebih lanjut sehingga dapat segera dilakukan perbaikan untuk proses produksi kedepannya.



Gambar 1. Peta Kendali p

### 3.2 Aplikasi Peta Kendali ISRT- $p$ pada Data

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam membuat peta kendali ISRT- $p$  ialah menghitung proporsi cacat pada setiap pengamatan. Berdasarkan nilai proporsi cacat yang telah dihitung pada peta kendali  $p$ , dapat dihitung proporsi cacat pada peta kendali ISRT- $p$  untuk pengamatan pertama dengan penjabaran sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sqrt{p_1} &= \sqrt{\frac{x_1}{n_1}} \\ &= 0,033457\end{aligned}$$

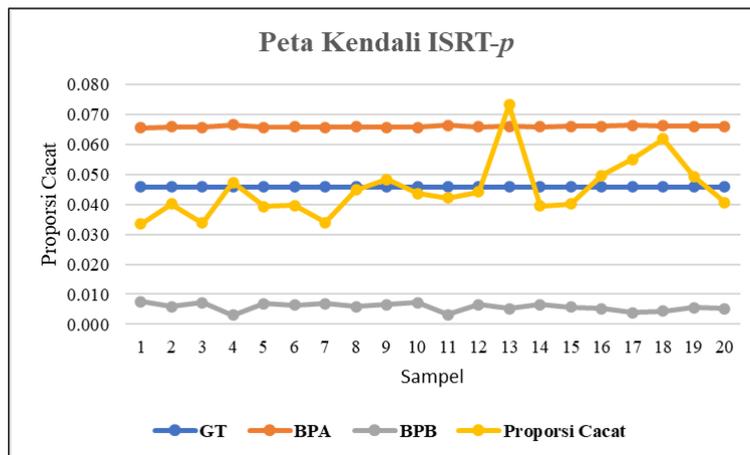
Selanjutnya, menghitung nilai standar deviasi. Untuk pengamatan pertama, diperoleh hasil perhitungan standar deviasi yaitu:

$$\begin{aligned}\sigma_{\sqrt{p_1}} &= \frac{1}{2\sqrt{p}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n_1}} \\ &= 0,009648\end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, diperoleh nilai proporsi cacat dan standar deviasi untuk pengamatan kedua sampai dengan pengamatan kedua puluh. Langkah selanjutnya adalah menentukan batas-batas kendali peta kendali ISRT- $p$  dengan merujuk pada Persamaan (9), (10), dan (11), sehingga diperoleh batas-batas kendali peta kendali ISRT- $p$  untuk pengamatan pertama adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}GT_{p-ISRT_1} &= 0,045732 \\ BPA_{p-ISRT_1} &= 0.065517 \\ BPB_{p-ISRT_1} &= 0.007627\end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama, diperoleh nilai Garis Tengah (GT), Batas Pengendalian Atas (BPA), dan Batas Pengendalian Bawah (BPB) untuk pengamatan kedua sampai dengan pengamatan kedua puluh. Setelah didapatkan batas-batas pengendalinya, peta kendali ISRT- $p$  dari data proporsi cacat proses produksi koran dapat dibentuk seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Kendali ISRT-p

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa terdapat 1 titik yang berada di luar Batas Pengendalian Atas (BPA), yaitu titik ke-13 yakni proses produksi pada tanggal 14 Maret 2018 sama dengan peta kendali  $p$  yang terlihat pada Gambar 1. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa proses produksi koran di PT. Radar Sulteng Membangun dalam keadaan tidak terkendali secara statistik. Hal ini juga menunjukkan bahwa terdapat faktor-faktor yang menjadi penyebab cacat pada proses produksi koran di PT. Radar Sulteng Membangun. Apabila dibandingkan dengan peta kendali  $p$ , peta kendali ISRT- $p$  juga menggunakan nilai-nilai Batas Pengendalian Bawah (BPB) sebagai batas kendalinya karena BPB yang diperoleh bernilai positif. Selanjutnya, akan dianalisis efektivitas kinerja peta kendali ISRT- $p$  yang dibandingkan dengan peta kendali  $p$  menggunakan nilai *Average Run Length* (ARL).

### 3.3 Menghitung Nilai *Average Run Length* (ARL)

Untuk menentukan nilai ARL pada kedua peta kendali tersebut, digunakan nilai  $ARL_1$  atau kesalahan tipe II merujuk pada Persamaan (12) berikut:

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

dengan:

$$\beta = P\left(Z \leq \frac{BPA - \mu_1}{\sigma} \middle| \mu_1 = \mu_0 + k\sigma\right) - P\left(Z \leq \frac{BPB - \mu_1}{\sigma} \middle| \mu_1 = \mu_0 + k\sigma\right)$$

Berdasarkan nilai batas-batas kendali dari peta kendali  $p$  dan peta kendali ISRT- $p$  yang diaplikasikan pada data proporsi cacat proses produksi koran di PT. Radar Sulteng Membangun, diperoleh hasil perhitungan nilai ARL untuk peta kendali  $p$  dan peta kendali ISRT- $p$  dengan merujuk pada persamaan di atas menggunakan nilai pergeseran proses yakni  $k = 0,001$ ,  $k = 0,05$ , dan  $k = 0,1$  adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Nilai ARL untuk Peta Kendali  $p$  dan Peta Kendali ISRT- $p$

Sampel	$k = 0,001$		$k = 0,05$		$k = 0,1$	
	$p$	ISRT- $p$	$p$	ISRT- $p$	$p$	ISRT- $p$
1	370,397	49,414	365,888	43,964	352,931	39,103
2	370,395	45,352	365,886	40,409	352,929	35,994
3	370,398	48,566	365,889	43,223	352,932	38,454
4	370,396	39,971	365,888	35,693	352,930	31,865
5	370,398	47,613	365,889	42,389	352,932	37,725
6	370,398	46,415	365,889	41,339	352,932	36,808
7	370,398	47,518	365,889	42,305	352,932	37,653
8	370,395	45,373	365,887	40,427	352,930	36,011
9	370,398	47,120	365,889	41,957	352,932	37,348
10	370,397	48,317	365,888	43,005	352,931	38,264
11	370,397	40,340	365,888	36,017	352,931	32,150
12	370,397	46,866	365,888	41,735	352,931	37,154
13	370,397	44,089	365,889	39,303	352,932	35,027
14	370,399	46,844	365,890	41,715	352,933	37,136
15	370,395	45,163	365,887	40,244	352,930	35,850
16	370,398	44,109	365,889	39,320	352,932	35,042
17	370,397	41,528	365,888	37,058	352,931	33,062
18	370,398	42,410	365,889	37,832	352,932	33,739
19	370,397	44,915	365,888	40,026	352,931	35,659
20	370,397	43,951	365,888	39,182	352,931	34,921

Pada Tabel 1, ditunjukkan bahwa nilai ARL yang diperoleh untuk peta kendali ISRT- $p$  lebih kecil dibandingkan nilai ARL untuk peta kendali  $p$  pada semua nilai  $k$  yaitu ketika  $k = 0,001$ ,  $k = 0,05$ , dan  $k = 0,1$ . Apabila nilai ARL yang dihasilkan semakin kecil maka sampel yang dibutuhkan untuk memberikan sinyal perubahan proses pun semakin kecil. Atau dengan kata lain, semakin kecil nilai ARL maka semakin cepat pula grafik pengendali dapat mendeteksi perubahan proses. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa peta kendali ISRT- $p$  lebih baik dan lebih sensitif dibandingkan peta kendali  $p$  dalam mendeteksi perubahan proses produksi yang menghasilkan proporsi ketidaksesuaian kecil dalam kasus ini yaitu pada proses produksi koran di PT. Radar Sulteng Membangun.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa perbandingan grafik pengendali  $p$  dan ISRT- $p$  menunjukkan bahwa proses produksi di PT. Radar Sulteng Membangun berada dalam keadaan tidak terkendali secara statistik disebabkan oleh proses produksi pada tanggal 14 Maret 2018 berada di luar batas kendali. Pada kedua

grafik tersebut, juga diketahui bahwa batas-batas kendali yang diperoleh pada peta kendali ISRT- $p$  dapat memberikan hasil yang lebih baik pada saat proporsi ketidaksesuaian kecil dibandingkan peta kendali  $p$  karena pada grafik pengendali ISRT- $p$  digunakan Batas Pengendalian Bawah (BPB). Hal tersebut diperkuat dengan membandingkan nilai ARL masing-masing peta kendali menggunakan nilai pergeseran proses sebesar 0,1, 0,05, dan 0,001, yang menunjukkan bahwa nilai ARL untuk peta kendali ISRT- $p$  jauh lebih kecil dibandingkan dengan nilai ARL untuk peta kendali  $p$ . Oleh karena itu, peta kendali ISRT- $p$  lebih efektif dan sensitif dalam mendeteksi perubahan proses produksi yang menghasilkan proporsi ketidaksesuaian kecil.

Penelitian ini menggunakan peta kendali atribut  $p$ , sehingga untuk penelitian berikutnya dapat menggunakan peta kendali atribut lainnya seperti peta kendali  $c$ ,  $np$ , dan  $u$  serta dapat menggunakan metode pendekatan atau distribusi yang lain.

## **Daftar Pustaka**

- [1] Xie, M., Goh, T. N., & Kuralmani, V. *Statistical Models and Control Charts for High Quality Processes*. Kluwer Academic Publication, Massachusetts. 2002.
- [2] Fleis, J.L., Levin, B., & Paik, M. *Statistical Method for Rates and Proportion*. John Wiley and Sons, New Jersey. 2003.
- [3] Tsai, T. R., Lin, C. C., & Wu, S. J. Alternative Attribute Control Charts Based on Improved Square Root Transformation. *Tamsui Oxford Journal of Mathematical Sciences*, 22(1), 61-72, 2006.
- [4] Octavia, T., Prajogo, D.I., & Prabudy, L. M. Studi tentang Peta Kendali  $p$  yang Distandarisasi untuk Proses Pendek Kualitas. *Jurnal Teknik Industri*, 2(1), 53-64, 2000.
- [5] Chan, L.Y., Lin, D.K.J., Xie, M., & Goh, T.N. Cumulative Probability Control Chart for Geometric and Exponential Process Characteristics. *International Journal of Production Research*, 14, 133-150, 2002.
- [6] Ryan, T. P., & Schwertman, N.C. Optimal Limits for Attributes Control Charts. *Journal of Quality Technology*, 29(1), 86-98, 1997.
- [7] Chen, G. An Improved  $p$  Chart Through Simple Adjustments. *Journal of Quality Technology*, 30, 142-151, 1998.
- [8] Wang, H. Comparison of  $p$  Control Charts for Low Defective Rate. *Computational Statistics and Data Analysis*, 53, 4210-4220, 2009.
- [9] Nitafiyah, Z., Kaseng, S., & Syamsuddin. Analisis Pengendalian Kualitas Produk Koran pada PT. Radar Sulteng Membangun di Kota Palu. *Jurnal Ilmu Manajemen Universitas Tadulako*, 5(3), 287-297, 2019.
- [10] Montgomery, D. C. *Introduction to Statistical Quality Control* (6th edition). Jhon Wiley and Sons, New York. 2009.
- [11] Delsen, M. S. N. V. dan Talakua, M. W. Kinerja Diagram Kontrol  $W$  dan Diagram Kontrol  $G$ . *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 10(2), 137-147, 2016.