

SKRIPSI

**PETA KENDALI p BERDASARKAN METODE
PENINGKATAN TRANSFORMASI AKAR KUADRAT**

Disusun dan diajukan oleh

RISKA RASYID

H051171012



**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

**PETA KENDALI p BERDASARKAN METODE
PENINGKATAN TRANSFORMASI AKAR KUADRAT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

RISKA RASYID

H051171012

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Riska Rasyid

NIM : H051171012

Program Studi : Statistika

Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul

PETA KENDALI p BERDASARKAN METODE PENINGKATAN TRANSFORMASI AKAR KUADRAT

adalah benar hasil karya saya sendiri, bukan hasil plagiat dan belum pernah dipublikasikan dalam bentuk apapun.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 18 Agustus 2021



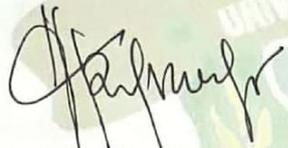
RISKA RASYID

NIM. H051171012

**PETA KENDALI p BERDASARKAN METODE
PENINGKATAN TRANSFORMASI AKAR KUADRAT**

Disetujui Oleh:

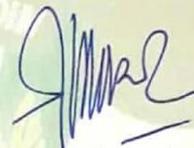
Pembimbing Utama,



Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.

NIP. 19750429 200003 2001

Pembimbing Pertama,



Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.

NIP. 19720117 199703 2002

Ketua Departemen Statistika



Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.

NIP. 19720117 199703 2002

Pada Tanggal : 18 Agustus 2021

LEMBAR PENGESAHAN

**PETA KENDALI p BERDASARKAN METODE
PENINGKATAN TRANSFORMASI AKAR KUADRAT**

Disusun dan diajukan oleh

RISKA RASYID

H051171012

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 18 Agustus 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.

NIP. 19750429 200003 2001

Pembimbing Pertama,



Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.

NIP. 19720117 199703 2002

Ketua Departemen Statistika


Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.
NIP. 19720117 199703 2002

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.

Alhamdulillah robbil'amin, Puji syukur kepada **Allah Subhanahu Wa Ta'ala** atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “**Peta Kendali p Berdasarkan Metode Peningkatan Transformasi Akar Kuadrat**” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Salam dan sholawat *Insyallah* senantiasa tercurah kepada **Nabi Muhammad, Rasulullah Shallallahu'alaihi Wasallam**, yang telah memberikan petunjuk cinta dan kebenaran dalam kehidupan.

Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis telah melewati perjuangan panjang dan pengorbanan yang tidak sedikit dengan segala keterbatasan kemampuan dan pengetahuan. Namun berkat rahmat dan izin-Nya serta dukungan dari berbagai pihak yang turut membantu baik moril maupun material sehingga akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya dan penghargaan yang tak terhingga kepada Ayahanda **Abdul Rasyid Rahimahullah** dan Ibunda tercinta **Waode Ruzaya** yang telah menjadi inspirasi, membesarkan dan mendidik penulis dengan penuh kesabaran dan dengan limpahan cinta, kasih sayang, dan doa kepada penulis yang tak pernah habis, untuk kakak tersayang **Armiyati Rasyid** dan **Risnawati Rasyid** serta keluarga besar penulis yang selalu mendoakan, memberikan dukungan dan motivasi, serta menjadi penyemangat untuk segera menyelesaikan masa studi penulis.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis ucapkan kepada:

1. **Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.

3. **Ibu Dr. Nurtiti Sunusi, S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika dan Pembimbing Pertama penulis yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan dan motivasi. Segenap dosen pengajar dan staf **Departemen Statistika** yang telah membekali ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
4. **Ibu Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing Utama penulis yang telah ikhlas meluangkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan arahan, pengetahuan, motivasi dan bimbingan ditengah kesibukan beliau serta menjadi tempat berkeluh kesah untuk penulis.
5. **Ibu Anisa, S.Si., M.Si.** selaku Dosen Penguji sekaligus Penasehat Akademik penulis dan **Ibu Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.** selaku Dosen Penguji, terima kasih telah meluangkan waktunya ditengah kesibukan untuk memberikan arahan berupa saran dan kritikan yang membangun dalam penyempurnaan penyusunan tugas akhir ini.
6. Sahabat terbaik sejak di bangku SMA, **Ani Asram, Fitriani Taufik, Yuliana, Rhanisa Ismaniar Ismail, Andi Besse Ayunin,** dan **Nurhikmah** yang sampai saat ini masih setia mendengarkan keluh kesah penulis dan senantiasa membantu berbagai hal yang menjadi hambatan penulis dalam menjalani proses pendidikan dibangku kuliah.
7. Spesial untuk sahabat tercinta penulis, **Nurul Wahyuni, Fakhriyyah Dj. Junus, Nurul Annisa, Miftahul Jannah, Sakinah Oktoni, Nurhidayatullah, Fitri, Nur Aprilia Dzulhijjah, Munadiyah Apriliani** dan **Risnawati Azali** yang telah menjadi sahabat terbaik sejak awal perkuliahan dan senantiasa mendengarkan curhatan, memberikan dorongan, semangat, nasehat dan motivasi dalam setiap keadaan sehingga penulis bisa mendapatkan lebih banyak pelajaran hidup dan tetap bahagia walau hidup dalam perantauan.
8. Teman-teman **Statistika 2017**, terima kasih atas kebersamaan, suka, dan duka selama menjalani pendidikan di Departemen Statistika. Penulis senang bisa mengenal kalian semua, terkhusus **Nurkamalia, Siti Ihza Arsella Kasim, Aqilah Salsabila Rahman, Zakiah Fitri,** dan **Izza Annisa Ramadhani,**

terima kasih atas setiap cerita cita dan duka, motivasi, nasehat pembelajaran hidup sehingga memberi kesan perkuliahan yang berwarna.

9. Keluarga besar **DISKRIT 2017**, terima kasih untuk cerita sekaligus kenangan selama proses yang telah dilalui. Banyak pengalaman dan pelajaran berharga yang telah penulis dapatkan dari teman-teman, tetap **SATUKAN, ERATKAN, KUATKAN**.
10. Kakak-kakak, teman-teman, dan adik-adik **Keluarga Mahasiswa FMIPA Unhas** terkhusus anggota keluarga **Himatika FMIPA Unhas** dan **Himastat FMIPA Unhas**, terima kasih atas ilmu yang mungkin tidak bisa didapatkan penulis di proses perkuliahan. Penulis bangga menjadi salah satu bagian dari keluarga ini, **USE YOUR MIND BE THE BEST. BRAVO HIMATIKA**.
11. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih setinggi-tingginya untuk segala dukungan dan partisipasi yang diberikan kepada penulis semoga bernilai ibadah di sisi Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan tambahan pengetahuan baru bagi para pembelajar statistika. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata, semoga dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan. *Aamiin Yaa Rabbal Alamin*.

Makassar, 18 Agustus 2021



Riska Rasyid

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Hasanuddin, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Riska Rasyid
NIM : H051171012
Program Studi : Statistika
Departemen : Statistika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Hasanuddin **Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty- Free Right*)** atas tugas akhir saya yang berjudul:

**“Peta Kendali p Berdasarkan Metode
Peningkatan Transformasi Akar Kuadrat”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Terkait dengan hal di atas, maka pihak universitas berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal 18 Agustus 2021

Yang menyatakan



Riska Rasyid

ABSTRAK

Peta kendali p digunakan untuk mengendalikan proporsi ketidaksesuaian yang diasumsikan berdistribusi binomial dengan pendekatan distribusi normal. Namun ketika proporsi ketidaksesuaian kecil, efektivitas kinerja peta kendali p menjadi kurang memadai karena memiliki kemiringan (*skewness*) yang menyebabkan asimetris. Oleh karena itu, digunakan metode peningkatan transformasi akar kuadrat (*Improved Square Root Transformation/ISRT*) dalam membentuk peta kendali atribut p untuk meningkatkan akurasi garis batas grafik yang disebut dengan peta kendali ISRT- p . Pada penelitian ini, peta kendali ISRT- p dibentuk dengan mentransformasi proporsi ketidaksesuaian (p) kedalam bentuk akar kuadrat kemudian diperluas menggunakan ekspansi deret Taylor dan distandarisasi menggunakan Teorema Limit Pusat sehingga dapat dibuktikan batas-batas pengendali peta kendali ISRT- p . Selanjutnya, membandingkan efektivitas kinerja peta kendali ISRT- p 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 disebabkan oleh proses produksi pada tanggal 14 Maret 2018 berada di luar batas kendali. Dengan menggunakan nilai pergeseran proses sebesar 0,1, 0,05, dan 0,001, 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.

ABSTRACT

p control chart is used to control the proportion of nonconformities that assumed to have a binomial distribution with a normal distribution approximation. However, 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 ISRT- p control chart is formed by transforming the proportion of nonconformities (p) into the square root then expanded by using Taylor series expansion and standardized by using the Central Limit Theorem so that it can be proven the control limits of the ISRT- p control chart. Furthermore, comparing the effectiveness of the performance of the ISRT- p control chart 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 due to the production process on March 14, 2018 being out of control. By using the process shift value of 0,1, 0,05, and 0,001, 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 in 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.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Variabel Acak Diskrit	5
2.2 Distribusi Binomial	5
2.3 Distribusi Normal	7
2.4 Pengendalian Kualitas Statistik	9
2.5 Peta Kendali p	10
2.6 Deret Taylor dan Analisis Galat	12
2.7 <i>Average Run Length</i>	14
2.8 PT. Radar Sulteng Membangun	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Jenis dan Sumber Data	17

3.2	Deskripsi Variabel	17
3.3	Metode Analisis	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		19
4.1	Peta Kendali p Berdasarkan Metode Peningkatan Transformasi Akar Kuadrat (Peta Kendali ISRT- p)	19
4.2	Aplikasi Peta Kendali pada Data Proses Produksi Koran di PT. Radar Sulteng Membangun	26
4.2.1	Aplikasi Peta Kendali p pada Data	26
4.2.2	Aplikasi Peta Kendali ISRT- p pada Data	28
4.2.3	Menghitung Nilai <i>Average Run Length</i> (ARL)	30
4.2.4	Perbandingan Efektivitas Kinerja Peta Kendali ISRT- p dan Peta Kendali p berdasarkan Nilai <i>Average Run Length</i>	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		38
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	39
DAFTAR PUSTAKA		40
LAMPIRAN		42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva Distribusi Normal	8
Gambar 2.2 Nilai Persebaran pada Kurva Normal	8
Gambar 4.1 Peta Kendali p	27
Gambar 4.2 Peta Kendali ISRT- p	29
Gambar 4.3 Grafik Nilai ARL untuk Peta Kendali p	32
Gambar 4.4 Grafik Nilai ARL untuk Peta Kendali ISRT- p	33
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Nilai ARL untuk $k = 0,001$	34
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Nilai ARL untuk $k = 0,05$	35
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Nilai ARL untuk $k = 0,1$	35

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Nilai β dan ARL untuk Peta Kendali p	31
Tabel 4.2	Nilai β dan ARL untuk Peta Kendali ISRT- p	32
Tabel 4.3	Nilai ARL untuk Peta Kendali ISRT- p dan Peta Kendali p	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Jumlah Cacat Proses Produksi Koran di PT. Radar Sulteng Membangun Periode Maret 2018	43
Lampiran 2. Nilai Standar Deviasi dan Proporsi Cacat Setiap Pengamatan untuk Peta Kendali p	44
Lampiran 3. Garis Tengah, Batas Pengendalian Atas, dan Batas Pengendalian Bawah Peta Kendali p	45
Lampiran 4. Nilai Standar Deviasi dan Proporsi Cacat Setiap Pengamatan untuk Peta Kendali ISRT- p	46
Lampiran 5. Garis Tengah, Batas Pengendalian Atas, dan Batas Pengendalian Bawah Peta Kendali ISRT- p	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas suatu produk merupakan pertimbangan terpenting bagi para konsumen dalam memilih dan membeli produk. Produk yang berkualitas sangat bergantung dari pengendalian sistem produksinya, sehingga diperlukan pengawasan yang ketat agar tercipta proses produksi yang terkendali. Proses produksi yang terkendali adalah proses produksi yang menghasilkan karakteristik suatu produk sesuai dengan yang diharapkan dalam batasan karakteristik produk yang ditetapkan (Hidayat, 2016). Untuk menentukan proses produksi suatu produk dalam keadaan terkendali atau tidak, dapat digunakan salah satu alat statistik yaitu peta kendali (*control chart*).

Peta kendali adalah suatu teknik berupa pengamatan pada grafik yang menggambarkan karakteristik kualitas yang diukur dari sampel terhadap nomor sampel atau waktu pengambilan sampel. Peta kendali terdiri atas Garis Tengah (GT) yang merupakan nilai rata-rata dari karakteristik kualitas, serta dua garis lain yang menyatakan Batas Pengendalian Atas (BPA) dan Batas Pengendalian Bawah (BPB) (Wijayanti dkk, 2020). Suatu produk harus memenuhi kriteria (spesifikasi) yang ditetapkan oleh perusahaan, sehingga apabila terjadi ketidaksesuaian produk dan menimbulkan satu atau beberapa titik terletak di luar batas pengendali, maka dapat dikatakan bahwa proses tidak terkendali dan diperlukan tindakan penyelidikan atau perbaikan untuk mengetahui penyebab dari keadaan tersebut (Nuha, 2013). Peta kendali digolongkan menjadi dua, yaitu peta kendali variabel dan peta kendali atribut. Secara umum, peta kendali atribut dikembangkan berdasarkan dua macam distribusi yaitu distribusi binomial dan distribusi Poisson. Salah satu peta kendali atribut yang dikembangkan berdasarkan distribusi binomial adalah peta kendali p .

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 $np(1 - p) > 25$. 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 $np \geq 5$. 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 (Tsai dkk, 2006). 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 (Octavia dkk, 2000). 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.

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. Winterbottom (1993), Chen (1998), dan Nuha (2013) 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. 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.

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 . 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, penulis tertarik untuk mengkaji tentang peta kendali ISRT- p pada data berdistribusi binomial yang memiliki tingkat ketidaksesuaian kecil dengan judul “**Peta Kendali p Berdasarkan Metode Peningkatan Transformasi Akar Kuadrat**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan peta kendali p berdasarkan metode peningkatan transformasi akar kuadrat (peta kendali ISRT- p)?
2. Bagaimana efektivitas kinerja peta kendali ISRT- p dibandingkan peta kendali p setelah diaplikasikan pada data proses produksi koran di PT. Radar Sulteng Membangun?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan adalah data proporsi proses produksi koran di PT. Radar Sulteng Membangun berupa data cacat berdasarkan inspeksi mulai tanggal 1 Maret 2018 sampai dengan tanggal 24 Maret 2018.
2. Data memiliki tingkat ketidaksesuaian yang kecil atau $p \leq 0,1$.
3. Data diasumsikan berdistribusi binomial.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh peta kendali p berdasarkan metode peningkatan transformasi akar kuadrat (peta kendali ISRT- p).
2. Memperoleh hasil perbandingan efektivitas kinerja peta kendali ISRT- p dengan peta kendali p setelah diaplikasikan pada data proses produksi koran di PT. Radar Sulteng Membangun.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan wawasan dan motivasi untuk mengembangkan pengetahuan tentang peta kendali menggunakan berbagai distribusi dan metode yang ada, khususnya peta kendali atribut berdasarkan metode peningkatan transformasi akar kuadrat sehingga dapat digunakan oleh kalangan luas.
2. Memberikan informasi kepada perusahaan manufaktur apabila terjadi tingkat ketidaksesuaian yang kecil dan sampel yang digunakan kecil, maka dapat diketahui peta kendali yang baik untuk memantau proses produksi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Variabel Acak Diskrit

Variabel acak adalah suatu fungsi yang nilainya berupa bilangan nyata yang ditentukan oleh setiap unsur dalam ruang sampel. Variabel acak biasanya disimbolkan dengan huruf-huruf kapital misalkan X, Y, Z dan sebagainya. Variabel acak yang hanya dapat mengambil nilai sebanyak terhingga adalah variabel acak diskrit, sedangkan variabel acak yang dapat mengambil tak hingga banyak nilai numerik adalah variabel acak kontinu. Misalkan X adalah variabel acak diskrit, maka fungsi kepadatan probabilitas (*probability density function*) dapat didefinisikan sebagai $f(x) = P(X = x)$. Dengan kata lain, fungsi $f(x)$ adalah fungsi distribusi probabilitas dari X untuk variabel acak diskrit.

Fungsi kepadatan peluang dari variabel acak diskrit X harus memenuhi sifat-sifat berikut (Rofiqoh, 2016): $0 \leq f(x) \leq 1$, fungsi kepadatan peluang bernilai nol sampai dengan satu, $\sum_x f(x) = 1$, jumlahan dari semua fungsi kepadatan peluang (PDF) dari variabel acak diskrit X pada ruang sampel adalah satu. Rata-rata dan variansi dari variabel acak diskrit X masing-masing adalah:

$$\mu = E(X) = \sum_{i=1}^n x_i f(x_i)$$

$$\sigma^2 = E[(X - \mu)^2] = \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 f(x_i)$$

Beberapa distribusi probabilitas diskrit yang sering digunakan dalam pengendalian kualitas statistik diantaranya distribusi binomial, distribusi Poisson, distribusi binomial negatif, dan distribusi hipergeometrik.

2.2 Distribusi Binomial

Distribusi binomial ditemukan oleh James Bernoulli sehingga sering pula disebut distribusi Bernoulli. Distribusi binomial merupakan distribusi peubah acak diskrit. Distribusi ini dibentuk oleh n kejadian independen yang berurutan, dengan hasil dari tiap kejadian tersebut adalah sukses atau gagal. Kejadian ini disebut sebagai *Bernoulli trials*. Jika probabilitas kesuksesan p pada tiap kejadian konstan, maka probabilitas dari x kejadian sukses dari n percobaan Bernoulli yang dilakukan adalah:

$$P(X = x) = \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x} \quad ; x = 0, 1, \dots, n$$

dengan $\binom{n}{x} = \frac{n!}{x!(n-x)!}$

Keterangan:

$0 \leq p \leq 1$ (nilai p antara 0 sampai 1),

$P(X = x)$: Probabilitas kejadian x terjadi,

p : Probabilitas sukses,

n : Jumlah pengulangan (bilangan bulat positif),

x : Jumlah sukses dalam n kali pengulangan,

$\binom{n}{x}$: Koefisien binomial

Fungsi probabilitas ini akan membentuk distribusi binomial dengan parameter n dan p (Diana, 2017). Rata-rata (*mean*) dan variansi dari distribusi binomial adalah:

Rata-rata distribusi binomial

$$\begin{aligned} E[X] &= \sum_{x=0}^n x \cdot f(x) = \sum_{x=0}^n x \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x} \\ &= \sum_{x=0}^n x \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x (1 - p)^{n-x} \\ &= \sum_{x=0}^n x \frac{n(n-1)!}{x(x-1)!(n-x)!} p p^{x-1} (1 - p)^{n-x} \\ &= np \sum_{x=0}^n \frac{(n-1)!}{(x-1)!(n-x)!} p^{x-1} (1 - p)^{n-x} \end{aligned}$$

Misalkan: $x - 1 = k$, maka $x = k + 1$

$n - 1 = m$, maka $n = m + 1$

$n - x = m + 1 - k - 1 = m - k$

sehingga,

$$\begin{aligned} E[X] &= np \sum_{x=0}^n \frac{m!}{k!(m-k)!} p^k (1 - p)^{m-k} \\ &= np(p + 1 - p)^m \\ &= np(1)^m \\ &= np \end{aligned}$$

Variansi distribusi binomial

$$Var(X) = E[X^2] - E[X]^2$$

Misalkan:

$$E[X^2] = E[X(X - 1)] + E[X]$$

Terlebih dahulu ditentukan $E[X(X - 1)]$ yaitu:

$$\begin{aligned}
 E[X(X - 1)] &= \sum_{x=0}^n x(x - 1)f(x) \\
 &= \sum_{x=0}^n x(x - 1) \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x} \\
 &= \sum_{x=0}^n x(x - 1) \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x (1 - p)^{n-x} \\
 &= \sum_{x=0}^n x(x - 1) \frac{n(n-1)(n-2)!}{x(x-1)(x-2)!(n-x)!} p^2 p^{x-2} (1 - p)^{n-x} \\
 &= n(n - 1)p^2 \sum_{x=0}^n \frac{(n-2)!}{(x-2)!(n-x)!} p^{x-2} (1 - p)^{n-x} \\
 &= n(n - 1)p^2 \\
 &= n^2p^2 - np^2
 \end{aligned}$$

sehingga,

$$\begin{aligned}
 E[X^2] &= E[X(X - 1)] + E[X] \\
 &= n^2p^2 - np^2 + np
 \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned}
 Var(X) &= E[X^2] - E[X]^2 \\
 &= n^2p^2 - np^2 + np - (np)^2 \\
 &= np - np^2 \\
 &= np(1 - p)
 \end{aligned}$$

Jadi, $\mu_x = np$ dan $\sigma_x^2 = np(1 - p)$

Distribusi binomial dapat diterapkan pada peristiwa yang memiliki ciri-ciri percobaan Bernoulli atau *Bernoulli trial* sebagai berikut:

- Setiap percobaan hanya mempunyai dua kemungkinan hasil, seperti sukses-gagal, iya-tidak, baik-cacat, dan lain-lain.
- Setiap percobaan bersifat independen, artinya hasil dari suatu percobaan tidak mempengaruhi hasil percobaan lainnya.
- Probabilitas sukses setiap percobaan konstan, dinyatakan dengan p sedangkan probabilitas gagal dinyatakan dengan $q = 1 - p$. Jumlah p dan q harus sama dengan satu.
- Jumlah percobaan dinyatakan dengan n , harus tertentu jumlahnya.

2.3 Distribusi Normal

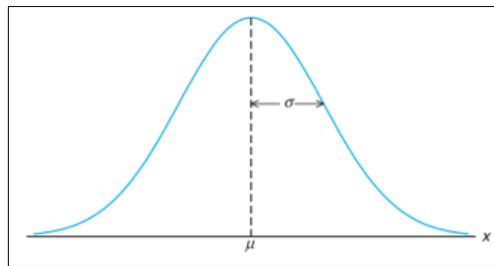
Distribusi normal merupakan distribusi dengan variabel acak kontinu yang sering pula disebut distribusi Gauss. Distribusi normal memiliki karakteristik dari

fungsi kepadatannya yang berbentuk kurva simetris menyerupai lonceng, sehingga kurva normal ini disebut sebagai kurva berbentuk lonceng. Jika variabel acak X kontinu mempunyai fungsi densitas berikut:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

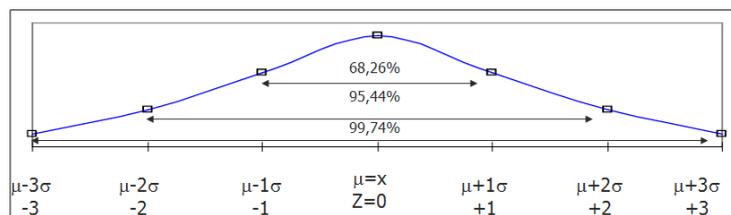
dengan $-\infty < \mu < \infty$; $\sigma > 0$; $-\infty < x < \infty$; $\pi \approx \frac{22}{7}$; $\exp \approx 2,718281828 \dots$

maka variabel acak X dikatakan berdistribusi normal dengan rata-rata μ dan variansi σ^2 atau ditulis $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ yang fungsi kepadatan peluang (PDF) dari distribusi diilustrasikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva Distribusi Normal

Persamaan kurva distribusi normal bergantung pada nilai μ dan σ , sehingga terdapat bermacam-macam bentuk kurva bergantung dari μ dan σ tersebut. Hal ini kerap kali diterapkan dalam pengendalian kualitas statistik untuk menentukan batas pengendali untuk peta kendali yang digunakan. Dengan menggunakan batas kendali 3σ diharapkan 99,74% dari populasi pengamatan akan terletak dalam batas kendali 3σ (atau berada pada interval $\mu - 3\sigma$ sampai $\mu + 3\sigma$), dan hanya 0,27% yang terletak di luar batas kendali. Jika digunakan 2σ diharapkan 95,44% dari populasi terletak dalam batas kendali 2σ (atau berada pada interval $\mu - 2\sigma$ sampai $\mu + 2\sigma$) dan hanya 4,54% yang terletak di luar batas kendali. Jika digunakan σ diharapkan 68,26% dari populasi terletak dalam batas kendali σ (atau berada pada interval $\mu - \sigma$ sampai $\mu + \sigma$) dan hanya 31,74% yang terletak di luar batas kendali. Nilai penyebaran pada kurva normal dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Nilai Persebaran pada Kurva Normal

Apabila distribusi lain ingin didekati dengan distribusi normal maka digunakan persamaan transformasi Z berdasarkan Teorema Limit Pusat yaitu jika $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ sampel acak dari suatu distribusi dengan rata-rata μ dan variansi $\sigma^2 < \infty$, maka distribusi pendekatan dari:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n X_i - n\mu}{\sigma\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{n}(\bar{X} - \mu)}{\sigma} \quad (2.1)$$

adalah distribusi normal standar dengan rata-rata nol dan variansi satu atau dapat ditulis $Z \sim N(0,1)$ untuk $n \rightarrow \infty$ (Nurkotimah, 2012).

2.4 Pengendalian Kualitas Statistik

Pada tahun 1979, Crosby mendefinisikan kualitas sebagai kesesuaian terhadap spesifikasi dengan meminimalkan tingkat kesalahan produk yang mungkin timbul bahkan sampai tidak terdapat kesalahan atau dikenal dengan konsep *zero defect*. Pengendalian kualitas statistik merupakan teknik statistika yang diperlukan untuk menjamin dan meningkatkan kualitas produk. Tujuan dari pengendalian kualitas statistik adalah menyidik dengan cepat sebab-sebab terduga atau pergeseran proses sedemikian sehingga dapat dilakukan penyelidikan dan tindakan pembetulan sebelum terlalu banyak unit yang tidak sesuai diproduksi (Montgomery, 2009).

Pengendalian kualitas statistik (*statistical quality control*) secara garis besar digolongkan menjadi dua, yakni pengendalian proses statistik (*statistical process control*) dan rencana penerimaan sampel produk atau dikenal dengan *acceptance sampling*. Pengendalian proses statistik adalah penerapan metode statistik terhadap pemantauan dan pengendalian proses untuk memastikan bahwa suatu proses dapat berjalan dengan baik dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pengendalian proses menggunakan pemeriksaan produk atau jasa ketika barang tersebut masih dalam produksi. Sampel berkala diambil dari *output* proses produksi. Dengan memantau proses produksi tersebut melalui pengambilan sampel secara acak, maka pengendalian yang konstan akan dapat dipertahankan (Hidayat, 2016). Pengendalian proses didasarkan atas dua asumsi penting yaitu:

a. Variabilitas

Variabilitas merupakan hal mendasar untuk setiap proses produksi. Setiap rancangan proses, pasti terdapat variabilitas dalam karakteristik mutu dari tiap unit. Variasi selama proses produksi tidak sepenuhnya dapat dihindari dan bahkan tidak pernah dapat dihilangkan sama sekali. Namun, sebagian dari variasi tersebut dapat dicari penyebab serta diperbaiki.

b. Proses

Proses produksi tidak selalu berada dalam keadaan terkendali, seperti karena lemahnya prosedur, operator yang tidak terlatih, pemeliharaan mesin yang tidak cocok dan sebagainya, maka variasi produksi biasanya bisa jauh lebih besar dari yang semestinya.

Montgomery (2005) menyebutkan ada 7 alat yang dapat digunakan dalam metode pengendalian kualitas yaitu histogram, *check sheet* (lembar periksa), *Pareto chart* (grafik Pareto), *cause and effect diagram* (diagram sebab akibat), *scatter plot* (diagram pencar), *control chart* (peta kendali), dan *flowchart* (diagram alir). Pengendalian kualitas juga dapat dilakukan pada produk yang dihasilkan, atau dikenal dengan *acceptance sampling*. Penerimaan sampel (*acceptance sampling*) didefinisikan sebagai pengambilan satu sampel atau lebih secara acak dari suatu populasi barang, memeriksa setiap barang atau sampel tersebut, dan memutuskan berdasarkan hasil pemeriksaan itu, menerima atau menolak keseluruhan populasi (Didiharyono, 2011).

2.5 Peta Kendali *p*

Menurut Montgomery (2009) untuk menentukan suatu proses berada dalam kendali digunakan suatu alat statistik yang disebut peta kendali (*control chart*). Peta kendali adalah informasi berupa grafik yang menunjukkan proses produksi ada dalam batas kendali atau tidak. Peta kendali menunjukkan adanya perubahan data dari waktu ke waktu dengan menggambarkan karakteristik kualitas yang diukur dari sampel terhadap nomor sampel atau waktu (Wijayanti dkk, 2020). Berdasarkan karakteristik kualitasnya, peta kendali diklasifikasikan ke dalam dua tipe umum yaitu peta kendali variabel dan peta kendali atribut. Apabila karakteristik kualitas dapat diukur dan dapat dinyatakan dengan bilangan maka peta kendali ini disebut

peta kendali variabel. Sedangkan apabila karakteristik kualitas diukur dengan skala kuantitatif dan hanya dapat dinilai sebagai keadaan sesuai dan tidak sesuai maka peta kendali ini disebut sebagai peta kendali atribut (Hidayat, 2016).

Peta kendali p merupakan salah satu grafik pengendali atribut yang digunakan untuk mengendalikan proporsi cacat (bagian tidak sesuai). Bagian tidak sesuai didefinisikan sebagai perbandingan banyak produk yang tidak sesuai dalam suatu populasi dengan produk keseluruhan dalam populasi itu. Apabila produk tidak sesuai dengan standar dalam satu atau beberapa karakteristik, maka produk tersebut dapat diklasifikasikan sebagai tidak sesuai yang dinyatakan dalam proporsi (Montgomery, 2009).

Pada dasarnya, peta kendali p dikembangkan berdasarkan peta kendali Shewhart sehingga diperlukan *mean* dan standar deviasi dari p untuk membentuknya. Peta kendali p berlandaskan distribusi binomial yang cocok untuk pengambilan sampel dari populasi yang besar tak berhingga, dengan p menunjukkan bagian dari item yang cacat atau tak sesuai di dalam populasinya. Dalam penggunaan ini, X biasanya menunjukkan banyak item yang tak sesuai dengan ukuran sampel n . Pandang $X \sim BIN(n, p)$, 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:

$$\mu_{\hat{p}} = E(\hat{p}) = E\left(\frac{X}{n}\right) = \frac{np}{n} = p \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\hat{p}} &= \sqrt{\sigma_{\hat{p}}^2} = \sqrt{Var(\hat{p})} \\ &= \sqrt{Var\left(\frac{X}{n}\right)} = \sqrt{\frac{1}{n^2} Var(X)} = \sqrt{\frac{np(1-p)}{n^2}} = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \end{aligned} \quad (2.3)$$

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

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

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

$$BPB = \mu_{\hat{p}} - w\sigma_{\hat{p}} = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

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 (Montgomery, 2009). 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 \bar{p} pada ukuran sampel n dengan banyaknya pengamatan m dinyatakan oleh (Montgomery, 2005):

$$\bar{p} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \hat{p}_i = \frac{\sum_{i=1}^m X_i}{nm}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.4)$$

Sehingga batas-batas pengendali peta kendali p untuk proporsi ketidaksesuaian tidak diketahui adalah:

$$GT = \bar{p} \quad (2.5)$$

$$BPA = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.6)$$

$$BPB = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad (2.7)$$

Keterangan:

p_i = proporsi cacat/ketidaksuaian pada setiap kali observasi,

\bar{p} = rata-rata proporsi cacat/ketidaksuaian,

X_i = jumlah cacat/ketidaksuaian setiap kali observasi,

n = ukuran sampel,

m = banyaknya observasi.

2.6 Deret Taylor dan Analisis Galat

Deret Taylor banyak digunakan untuk menurunkan metode-metode numerik. Deret Taylor dinamai berdasarkan seorang matematikawan Inggris, Brook Taylor (1685-1731) merupakan representasi fungsi matematika sebagai jumlahan tak hingga dari suku-suku yang nilainya dihitung dari turunan fungsi tersebut disuatu titik. Salah satu fungsi deret Taylor yaitu memberikan solusi hampiran dari suatu fungsi $f(x)$ dalam bentuk polinom, sehingga nilai akar dari suatu fungsi dapat didekati. Misalnya pada persoalan matematika, terdapat beberapa fungsi $f(x)$ yang bentuknya rumit sehingga nilai eksaknya tidak dapat ditentukan dengan cara yang

sederhana. Misalkan fungsi $f(x) = \ln(x)$, nilai $f(x)$ akan sulit untuk dihitung tanpa bantuan kalkulator atau komputer (Rahma, 2017). Oleh karena itu, $f(x)$ dapat didekati oleh deret Taylor yang akan dijelaskan pada teorema berikut:

Andaikan f dan semua turunannya f', f'', f''', \dots adalah fungsi kontinu di dalam selang tertutup $[a, b]$. Misalkan $x_0 \in [a, b]$, maka untuk nilai-nilai x disekitar x_0 dan $x \in [a, b]$, $f(x)$ dapat diperluas (ekspansi) ke dalam deret Taylor:

$$f(x) = f(x_0) + \frac{(x-x_0)}{1!} f'(x_0) + \frac{(x-x_0)^2}{2!} f''(x_0) + \frac{(x-x_0)^3}{3!} f'''(x_0) + \dots + \frac{(x-x_0)^m}{m!} f^{(m)}(x_0) + \dots \quad (2.8)$$

Persamaan (2.8) merupakan penjumlahan dari suku-suku (*term*) yang disebut deret. Jika dimisalkan $x - x_0 = h$, maka deret Taylor dapat ditulis:

$$f(x) = f(x_0) + \frac{h}{1!} f'(x_0) + \frac{h^2}{2!} f''(x_0) + \frac{h^3}{3!} f'''(x_0) + \dots + \frac{h^m}{m!} f^{(m)}(x_0) + \dots$$

Deret Taylor yang dipotong sampai suku orde ke- n dapat ditulis:

$$f(x) = f(x_0) + \frac{(x-x_0)}{1!} f'(x_0) + \frac{(x-x_0)^2}{2!} f''(x_0) + \frac{(x-x_0)^3}{3!} f'''(x_0) + \dots + \frac{(x-x_0)^n}{n!} f^{(n)}(x_0) + R_n(x) \quad (2.9)$$

dengan $R_n(x) = \frac{f^{(n+1)}(c)}{(n+1)!} (x - x_0)^{n+1}$, $x_0 < c < x$ disebut galat atau sisa (residu).

Solusi dengan metode numerik adalah solusi hampiran (aproksimasi) terhadap solusi eksak. Oleh karena itu, solusi numerik mengandung galat. Selisih antara solusi eksak dan solusi numerik disebut dengan galat (*error*) atau nilai kesalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon = x - \hat{x}$$

Keterangan:

ε = galat

x = nilai sebenarnya (eksak)

\hat{x} = nilai hampiran (aproksimasi)

Apabila tingkat besaran dari nilai yang diperiksa sama sekali tidak diperhatikan, maka dikenal sebagai galat mutlak (ε_m) yang dapat didefinisikan:

$$\varepsilon_m = |x - \hat{x}| \quad (2.10)$$

Untuk mengatasi interpretasi nilai galat, maka galat harus dinormalkan terhadap nilai eksaknya yang dinamakan galat relatif dengan definisi:

$$\varepsilon_R = \frac{\varepsilon_m}{x} \text{ atau dalam persentase: } \varepsilon_R = \frac{\varepsilon_m}{x} \times 100\%$$

Dalam prakteknya, kadang tidak diketahui nilai eksaknya sehingga galat harus dinormalkan terhadap nilai hampiran yang disebut galat relatif hampiran yaitu:

$$\varepsilon_{RA} = \frac{\varepsilon_m}{\hat{x}}$$

2.7 Average Run Length

Average Run Length (ARL) merupakan salah satu cara untuk mengevaluasi grafik pengendali yang menunjukkan rata-rata titik atau sampel yang harus diplot sebelum suatu titik atau sampel menyatakan suatu keadaan tidak terkendali. ARL berfungsi untuk mengukur efektivitas kinerja grafik pengendali dalam mendeteksi perubahan pada suatu proses (Delsen dkk, 2016). 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:

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

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, α 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. Dimisalkan β adalah peluang bahwa pergeseran proses tidak terdeteksi pada sampel pertama maka peluang bahwa pergeseran proses terdeteksi pada sampel pertama adalah $1 - \beta$. Dengan demikian, peluang bahwa pergeseran proses terdeteksi pada sampel ke- x adalah $\beta^{x-1}(1 - \beta)$ (Ratmila, 2020).

Menurut Rakhmawati dan Mashuri (2011), jika X adalah variabel acak yang menyatakan banyaknya sampel sampai ditemukannya *out of control* yang pertama, maka $P(X = x) = \beta^{x-1}(1 - \beta)$, sehingga ekspektasi banyaknya sampel yang harus diamati sampai ditemukan *out of control* yang pertama adalah:

$$E[X] = \sum_{x=1}^{\infty} x \beta^{x-1} (1 - \beta)$$

$$= (1 - \beta) \sum_{x=1}^{\infty} x \beta^{x-1} \frac{1}{(1-\beta)^2} = \frac{1}{(1-\beta)}$$

Oleh karena itu, pada kondisi *out of control* adalah:

$$ARL_1 = \frac{1}{(1-\beta)} = \frac{1}{P(\text{menolak } H_0 | H_1 \text{ benar})} \tag{2.11}$$

Sedangkan pada kondisi *in control* adalah:

$$ARL_0 = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{P(\text{menolak } H_0 | H_0 \text{ benar})}$$

dengan H_0 merupakan proses dalam keadaan *in control*.

Pada peta kendali atribut, digunakan kesalahan tipe II dengan peluang:

$$\beta = P(BPB \leq X \leq BPA | \mu_1 = \mu_0 + k\sigma)$$

Dengan μ_0 menunjukkan rata-rata dari proporsi dan k menunjukkan pergeseran proses serta σ adalah standar deviasi dari proporsi. Secara umum, jika 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, sehingga grafik pengendali tersebut semakin efektif untuk mendeteksi perubahan proses (Delsen, 2016). Oleh karena itu, berdasarkan nilai ARL, dapat ditentukan jenis peta kendali yang lebih baik untuk digunakan dalam pengendalian kualitas proses produksi.

2.8 PT. Radar Sulteng Membangun

PT. Radar Sulteng merupakan perusahaan pers yang bergerak dalam industri penerbitan dan percetakan surat kabar harian yang berdiri sejak 28 Oktober 2001 di Kota Palu Sulawesi Tengah. Surat kabar ini termasuk dalam grup Jawa Pos. Kantor pusatnya terletak di Jl. Yos Sudarso No. 9 Palu. Belasan tahun di dunia pemberitaan dan adanya perubahan zaman yang dibarengi oleh perkembangan dari berbagai aspek seperti aspek ekonomi, teknologi maupun bisnis yang pesat, perusahaan harus mampu bertahan, beradaptasi, dan bersaing secara ketat dengan para kompetitor agar dapat terus melangkah dari berbagai tantangan dan permasalahan bisnis yang ada dengan terus melakukan perbaikan, penyempurnaan, dan memiliki terobosan baru serta perusahaan harus tetap memusatkan perhatian kepada pelanggannya.

PT. Radar Sulteng Membangun juga menerapkan pengendalian kualitas pada proses produksi percetakannya agar bisa mempertahankan kualitas produk yang dihasilkan. Jenis kecacatan produk koran yang sering terjadi di PT. Radar Sulteng Membangun yaitu sebagai berikut:

1. Koran kotor (terdapat bercak tinta di lembaran koran),
2. Tidak register (warna satu dengan yang lain belum menyatu),
3. Lipatan tidak simetris,
4. Terpotong (terdapat bagian yang terpotong melebihi garis tepi).

Produk cacat yang terjadi pada 1 eksemplar koran hasil produksi dimungkinkan terdapat tidak hanya satu jenis kerusakan, akan tetapi bisa lebih dari satu macam. Oleh karena itu, jenis kerusakan yang dicatat adalah jenis kerusakan paling dominan yang terdapat pada 1 eksemplar koran hasil produksi (Nitafiyah dkk, 2019).