

**PENERAPAN PETA KENDALI *NEUTROSOPHIC MOVING AVERAGE*
PADA DATA SUHU KOTA MAKASSAR**

**TAUFIQURRAHMAN SADIKIN
H051201073**



**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**PENERAPAN PETA KENDALI *NEUTROSOPHIC MOVING AVERAGE*
PADA DATA SUHU KOTA MAKASSAR**

**TAUFIQURRAHMAN SADIKIN
H051201073**



Skripsi

UNIVERSITAS HASANUDDIN

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Statistika

Program Studi Statistika

pada

**PROGRAM STUDI STATISTIKA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI

PENERAPAN PETA KENDALI *NEUTROSOPHIC MOVING AVERAGE*
PADA DATA SUHU KOTA MAKASSAR

TAUFIQURRAHMAN SADIKIN

H051201073

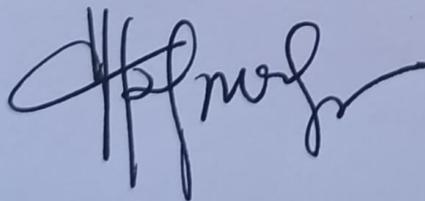
Skripsi,

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sarjana Statistika pada 21 Agustus
2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Statistika
Departemen Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing tugas akhir,



Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.
NIP. 19750429 200003 2 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi,




Dr. Anna Islamiyati, S.Si., M.Si.
NIP. 19770808 200501 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Penerapan Peta Kendali *Neutrosophic Moving Average* pada Data Suhu Kota Makassar" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing skripsi saya (Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 21 Agustus 2024



Taufiqurrahman Sadikin
NIM H051201073

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah *Subhanahu Wa ta'ala* atas segala nikmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Penerapan Peta Kendali *Neutrosophic Moving Average* pada Data Suhu Kota Makassar**". Shalawat dan salam tercurahkan kepada Nabi Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wa sallam*.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ibu **Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.** selaku Pembimbing Utama yang senantiasa membimbing penulis hingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih kepada dosen Penasehat Akademik sekaligus penguji penulis, ibu **Prof.Dr.Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si** yang selalu mengarahkan selama berada dibangku perkuliahan dan ibu **Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.** sebagai penguji yang telah memberikan masukan untuk skripsi ini. Terima kasih kepada **Pimpinan Universitas Hasanuddin, Fakultas MIPA, Departemen Statistika, Jajaran Dosen, dan Para Staf** yang telah memberikan pengetahuan dan ilmu selama penulis berkuliah di Universitas Hasanuddin.

Dengan sepenuh jiwa dan raga, penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua dan kakak tercinta, Ayahanda **Muh. Sadik**, Ibunda **Murni Cinta**, Kakanda **Lia** dan **Didik** atas do'a, motivasi, kritikan, materi, kasih sayang, dan lainnya yang tidak bisa diutarakan lewat kata-kata selama penulis menjalani masa mahasiswa. Terima kasih kepada saudara tak sedarah **POIS20N** yang telah dibebani dan membebani penulis selama berproses di KMF dan Himastat FMIPA Unhas, **Ngkal, Razy, Azhar, Uci, Ica, Rani, Azal, Izzul, Ryan, Ara, Nahda, Linda, Naje, Shafa, Fadlan, Irma, Fadil, Faldi, Edi, Farhan, Hakam, Lili, Fahmi, Reza, Ipul, Bahar, Heri, Divia, Isra, Tiwi, Ayuni, Ayu, Dania, Daya, Nurfa, Febi, Inung, Via, Ira, Sabil, Nahdi, Isti, Dwini, Krisna, Dela, Ipe, Pebri, Aliyah, Jihan, Reka, Patim** semoga kita **TETAP BERSAMA DAN KUAT DI DALAM PERBEDAAN**. Terima kasih kepada seluruh Anggota KM FMIPA Unhas terkhusus **MIPA 2020** lebih khusus **teman-teman Pengurus BEM periode 2023/2024** telah memberikan warna di kehidupan mahasiswa penulis. Terima kasih kepada Keluarga Besar Himastat FMIPA Unhas, kakak **INTEGRAL 2018**, khususnya **Kak Snuf**, dan **Kak Juni**, kakak **HIPOTESIS** telah memberikan banyak ilmu, pengalaman dan hadiah selama berproses. Terima kasih kepada adik-adik **KURTO21S, AG23GASI**, dan khususnya adik paling beban **GAU22IAN** telah memberikan banyak kepusingan. Terima kasih kawan-kawan **STATISTIKA 2020**, kepada **Much, Vin, Theo** terima kasih gendongannya dari maba sampai saat ini. Tak lupa kawan **TIGA BELAS** terkhusus **SIBER TEAM** yang telah kebersamai selama masa-masa magang. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu penulis memohon maaf. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi pembaca.

Makassar, 21 Agustus 2024

Taufiqurrahman Sadikin

ABSTRAK

TAUFIQURRAHMAN SADIKIN. **Penerapan Peta Kendali Neutrosophic Moving Average pada Data Suhu Kota Makassar** (dibimbing oleh Erna Tri Herdiani)

Latar Belakang. Peta kendali pada umumnya digunakan untuk memantau rata-rata dan variabilitas proses, salah satunya peta kendali *Moving Average* namun peta kendali *Moving Average* hanya efektif ketika data penelitian memiliki nilai yang pasti sedangkan dalam lingkungan industri manufaktur, seringkali dihadapkan pada nilai yang tidak dapat dipastikan akibat berbagai faktor. Salah satu cara yang dapat diterapkan ketika hasil pengukuran tidak dapat ditentukan secara pasti adalah dengan menggunakan pendekatan *statistik neutrosophic*. Peta kendali *Neutrosophic* dianggap terkendali ketika nilainya berada diantara LCL_N dan UCL_N . **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk membentuk peta kendali *Moving Average* berdasarkan pendekatan *Neutrosophic* pada data suhu Kota Makassar dan membandingkan dengan peta kendali *Classic*. **Metode.** Peta kendali *Neutrosophic Moving Average* digunakan untuk mengatasi data yang tidak pasti. Data yang digunakan adalah data suhu Kota Makassar periode 1 Januari 2022 sampai 30 Juni 2024. **Hasil.** Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peta kendali *Neutrosophic Moving Average* mendeteksi *out of control* sebanyak 154 data sedangkan peta kendali *Moving Average* hanya 98 data yang *out of control* dan Nilai ARL Peta Kendali *Neutrosophic Moving Average* lebih kecil dibandingkan dengan Peta Kendali *Moving Average*. **Kesimpulan.** Peta kendali *Neutrosophic Moving Average* lebih sensitif mendeteksi data *out of control* dibandingkan dengan peta kendali *Moving Average*.

Kata Kunci: Pengendalian Kualitas, Peta Kendali, *Neutrosophic*, *Moving Average*

ABSTRACT

TAUFIQURRAHMAN SADIKIN. **Application of Neutrosophic Moving Average Control Chart on Makassar City Temperature Data** (supervised by Erna Tri Herdiani)

Background. Control chart are generally used to monitor the average and variability of the process, one of which is the Moving Average control chart, but the Moving Average control chart is only effective when the research data has a definite value while in the manufacturing industry environment, it is often faced with values that cannot be ascertained due to various factors. One way that can be applied when measurement results cannot be determined with certainty is to use a neutrosophic statistical approach. Neutrosophic control charts are considered under control when the values are between LCL_N and UCL_N . **Objective.** This study aims to form a Moving Average control chart based on the Neutrosophic approach to Makassar City temperature data and compare with the Classic control chart. **Methods.** Neutrosophic Moving Average control chart is used to overcome uncertain data. The data used is Makassar City temperature data for the period January 1, 2022 to June 30, 2024. **Results.** The results of this study indicate that the Neutrosophic Moving Average control chart detects out of control as much as 154 data while the Moving Average control chart is only 98 out of control data and the ARL value of the Neutrosophic Moving Average Control Chart is smaller than the Moving Average Control Chart **Conclusion.** Neutrosophic control chart. The Neutrosophic Moving Average control chart is more sensitive to detecting out of control data than the Moving Average control chart.

Keywords: Quality Control, Control Chart, Neutrosophic, Moving Average

DAFTAR ISTILAH

Istilah	Arti dan Penjelasan
Pengendalian Kualitas	Serangkaian aktivitas dan proses yang digunakan untuk memastikan bahwa produk atau layanan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan.
Peta Kendali	Alat statistik yang digunakan dalam pengendalian kualitas untuk memantau dan menganalisis variabilitas dalam suatu proses produksi atau operasi.
<i>Moving Average</i>	Metode statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara menghitung rata-rata dari sejumlah titik data berturut-turut dalam suatu rentang waktu
<i>Neutrosophic</i>	Pendekatan logika yang memperkenalkan konsep ketidakpastian dan ketidakjelasan sebagai bagian integral dari analisis, memberikan fleksibilitas yang lebih besar dalam menangani informasi yang tidak lengkap, ambigu, atau tidak pasti.
<i>Upper Control Line</i>	Komponen dari peta kendali (control chart) yang mewakili batas atas dari variasi yang dapat diterima dalam suatu proses.
<i>Lower Control Line</i>	Komponen dari peta kendali (control chart) yang mewakili batas bawah dari variasi yang dapat diterima dalam suatu proses
<i>Out of Control</i>	Kondisi yang menunjukkan bahwa proses tidak berjalan sesuai harapan dan ada variasi yang tidak biasa atau tidak diinginkan.
<i>In Control</i>	Proses yang stabil, dapat diprediksi, dan berjalan sesuai dengan harapan.
<i>Mean</i>	Ukuran yang penting dalam statistik yang membantu kita memahami rata-rata atau pusat dari sekumpulan data
Sampel	Subset dari populasi yang digunakan untuk mengestimasi karakteristik populasi secara keseluruhan
<i>Standar deviation</i>	Ukuran sebaran data yang menunjukkan seberapa jauh nilai data tersebar dari nilai rata-rata
Variansi	Ukuran statistik yang menggambarkan seberapa besar penyebaran atau variasi data dari nilai rata-ratanya
Suhu	Ukuran yang mendeskripsikan tingkat panas atau dinginnya suatu benda, yang erat kaitannya dengan energi kinetik partikel dalam benda tersebut.

DAFTAR LAMBANG/SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Penjelasan
μ	<i>Mean</i>
σ	Standar Deviasi
X	<i>Karakteristik Kualitas Variabel</i>
L	<i>Distance</i>
w	<i>Width</i>
σ^2	Varians
E	Ekspektasi
\in	Elemen
N	<i>Neutrosophic</i>
X_N	Data <i>Neutrosophic</i>
X_L	Data <i>Low/Minimum</i>
X_U	Data <i>Upper/Maksimum</i>
SQC	<i>Statistic Quality Control</i>
CL	<i>Center Line</i>
UCL	<i>Upper Control Line</i>
LCL	<i>Lower Control Line</i>
MA	<i>Moving Average</i>
MA_N	<i>Neutrosophic Moving Average</i>
MA_L	<i>Moving Average Data Low</i>
MA_U	<i>Moving Average Data Upper</i>
UCL_N	<i>Neutrosophic Upper Control Line</i>
LCL_N	<i>Neutrosophic Lower Control Line</i>

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ix
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISTILAH	viii
DAFTAR LAMBANG/SINGKATAN	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Teori	3
1.5.1 Pengendalian Kualitas Statistik	3
1.5.2 Peta Kendali	3
1.5.3 Peta Kendali <i>Moving Average</i>	4
1.5.4 Konsep <i>Neutrosophic</i>	6
1.5.5 <i>Average Run Length</i>	7
1.5.6 Suhu	8
BAB II	11
METODE PENELITIAN	11
2.1 Sumber Data	11
2.2 Variabel Penelitian	11
2.3 Tahapan Analisis	11
BAB III	13
HASIL DAN PEMBAHASAN	13
3.1 Peta Kendali <i>Neutrosophic Moving Average</i>	13

3.2 Studi Kasus.....	15
3.2.1 Peta Kendali <i>Neutrosophic Moving Average</i> dan <i>Moving Average</i> Data Simulasi pada Data Suhu Kota Makassar Periode 01 Januari 2022 - 31 Desember 2023	15
3.2.2 Peta Kendali <i>Neutrosophic Moving Average</i> dan <i>Moving Average</i> Data Monitoring pada Data Suhu Kota Makassar periode 01 Januari 2024 – 30 Juni 2024	19
3.3 Studi Kasus.....	21
BAB IV	25
KESIMPULAN DAN SARAN	25
4.1 Kesimpulan	25
4.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	27

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perbandingan Jumlah <i>Out of Control</i> pada Peta Kendali <i>Neutrosophic Moving Average</i> dan <i>Moving Average</i>	21
2. ARL Peta Kendali <i>Neutrosophic Moving Average</i> dan Peta Kendali <i>Moving Average</i>	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Kendali <i>Neutrosophic Moving Average</i> Data Simulasi.....	16
2. Peta Kendali <i>Neutrosophic Moving Average</i> Data Simulasi (Revisi).....	17
3. Peta Kendali <i>Moving Average</i> Data <i>Monitoring</i>	18
4. Peta Kendali <i>Moving Average</i> Data Simulasi (Revisi).....	19
5. Peta Kendali <i>Neutrosophic Moving Average</i> Data <i>Monitoring</i>	20
6. Peta Kendali <i>Moving Average</i> Data <i>Monitoring</i>	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Data Suhu Kota Makassar Periode 01 Januari 2022 – 30 Juni 2024 ..27	
Lampiran 2. Peta Kendali <i>Neutrosophic Moving Average</i> Data Simulasi31	
Lampiran 3. Peta Kendali <i>Neutrosophic Moving Average</i> Data Simulasi (Revisi)...35	
Lampiran 4. Peta Kendali <i>Moving Average</i> Data Simulasi40	
Lampiran 5. Peta Kendali <i>Moving Average</i> Data Simulasi (Revisi).....45	
Lampiran 6. Peta Kendali <i>Neutrosophic Moving Average</i> Data <i>Monitoring</i>48	
Lampiran 7. Peta Kendali <i>Moving Average</i> Data <i>Monitoring</i>51	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengendalian kualitas adalah suatu tindakan teknis dan manajemen yang dilakukan dengan mengadakan pengukuran terhadap karakteristik kualitas produk atau jasa. Setelah itu, hasil pengukuran dibandingkan dengan spesifikasi yang diinginkan untuk produk tersebut. Salah satu teknik yang sering digunakan dalam memonitoring kualitas suatu produk atau layanan yaitu dengan menggunakan peta kendali. Peta kendali menjadi suatu grafik khusus yang sering digunakan untuk memantau dan mengendalikan proses dengan menggambarkan data pengukuran atau pengamatan dari waktu ke waktu. Teori umum peta kendali pertama kali dikemukakan oleh Walter A. Shewhart, dan peta kendali yang dikembangkan berdasarkan prinsip-prinsip ini sering disebut peta kendali Shewhart (Montgomery, 2009).

Peta kendali Shewhart relatif baik untuk melihat perubahan besar dalam proses tetapi kurang populer dalam literatur karena ketidakmampuannya untuk mendeteksi gangguan kecil. Untuk mendeteksi perubahan kecil, Acheson J. Duncan telah mengusulkan peta kendali Moving Average (MA), yang lebih sensitif terhadap perubahan kecil dalam parameter yang diminati. Peta kendali MA, lebih mudah dipahami dan diterapkan karena dibuat menggunakan rata-rata sederhana. Beberapa studi telah mengembangkan dan memodifikasi bagan MA untuk berbagai keperluan, seperti pemantauan mekanisme kegagalan proses kontinu, dan produk yang tidak sesuai. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk meneliti peta kendali Moving Average. Namun, penerapan peta kendali Moving Average efektif ketika data penelitian yang digunakan memiliki nilai yang pasti dan tidak samar. Sedangkan dalam dunia perindustrian, seringkali dihadapkan pada nilai yang tidak dapat dipastikan akibat dari berbagai faktor. Jika nilai dari hasil pengukuran atau hasil produksi tidak dapat ditentukan dengan pasti, maka diperlukan pendekatan yang baru. Dalam beberapa tahun terakhir, statistik neutrosophic sering digunakan oleh peneliti pengendalian kualitas karena sifat data yang dikumpulkan tidak dapat diperlakukan menggunakan statistik tradisional (Khan dkk., 2020).

Statistik neutrosophic merupakan bentuk pengembangan dari classical statistics yang sesuai ketika digunakan untuk data dengan nilai yang tidak pasti (Smarandache, 2003). Neutrosophic memiliki dua nilai yaitu lower dan upper. Lower menunjukkan nilai terkecil dari hasil suatu pengukuran, sedangkan upper adalah nilai terbesar (Smarandache, 2003). Pada peta kendali klasik, terdapat dua batas kendali yaitu batas kendali bawah (Lower Control Limit/LCL) dan batas kendali atas (Upper Control Limit/UCL). Suatu pengamatan dianggap dalam kondisi terkendali ketika nilai statistiknya berada di dalam batas kendali, baik itu LCL atau UCL (Montgomery, 2019). Namun, dalam peta kendali neutrosophic, masing-masing batas kendali bawah dan atas memiliki nilai lower dan upper. Oleh karena itu, suatu pengamatan dianggap dalam kondisi terkendali ketika nilainya berada dalam batas kendali bawah

neutrosophic (*Neutrosophic Lower Control Limit/LCLN*) dan batas kendali atas *neutrosophic* (*Neutrosophic Upper Control Limit/UCLN*).

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang peta kendali *neutrosophic* dalam dunia perindustrian diantaranya yaitu desain peta kendali *S neutrosophic* pada industri manufaktur dalam penelitian tersebut membuktikan bahwa performa peta kendali *S Neutrosophic* lebih baik daripada peta kendali *Classic* (Khan dkk., 2020). Kemudian (Wibawati dkk., 2022) melakukan penelitian dalam memonitoring rata-rata proses ketebalan kaca dengan penerapan peta kendali *Neutrosophic Exponentially Weighted Moving Average* (*NEWMA*) \bar{X} dan dari penelitian diperoleh bahwa nilai *out of control* lebih banyak pada peta kendali *NEWMA* daripada peta kendali *EWMA*. Selain itu, penerapan peta kendali *neutrosophic* $\bar{X} - S$ lebih sensitif dalam mendeteksi pergeseran rata-rata jika dibandingkan dengan peta kendali $\bar{X} S Classic$ (Afrinah Ayu., 2024).

Hasil pengukuran sering kali memiliki ketidakjelasan dalam presisi atau ketidakdeterministikan yang berkaitan dengan alat pengukur khususnya dalam dunia meterologi. Ketidakpastian/*indeterminasi* selalu ada dalam suatu pengukuran dan dengan menggunakan metode peta kendali klasik terkadang memperoleh hasil yang kurang akurat oleh karena itu, peta kendali *neutrosophic* dibawah ketidakpastian dirancang untuk memantau data suhu dengan adanya nilai ketidakpastian dalam data suhu tersebut. Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, maka dalam penelitian ini penulis akan mengkaji tentang perancangan peta kendali *Neutrosophic Moving Average* dengan judul “**Penerapan Peta Kendali *Neutrosophic Moving Average* pada Data Suhu Kota Makassar**”.

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu pembahasan hanya akan difokuskan pada pengendalian proses statistik untuk data *neutrosophic*. Data dikontrol menggunakan grafik pengendali *Neutrosophic Moving Average* dengan menggunakan data suhu kota Makassar periode 1 Januari 2022 – 30 Juni 2024.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memperoleh peta kendali *Moving Average* berdasarkan pendekatan *neutrosophic* pada data suhu.
2. Membandingkan performa peta kendali *Neutrosophic Moving Average* dengan peta kendali *classic moving average*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat menambah wawasan keilmuan dan pengetahuan tentang peta kendali *Neutrosophic Moving Average*. Selain itu, peta kendali *Neutrosophic Moving Average* dapat dijadikan masukan dan usulan untuk badan meteorologi dalam proses pengamatan suhu.

1.5 Teori

1.5.1 Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian proses dengan pendekatan statistik adalah metode yang berbasis pada perencanaan, implementasi pengawasan dan evaluasi, dengan menggunakan alat statistik untuk mengevaluasi, mengawasi dan mengembangkan kontrol atas proses tersebut (Montgomery, 2019). Pengendalian kualitas merupakan suatu proses yang melibatkan pengukuran *output* secara proporsional terhadap suatu standar tertentu. Selanjutnya, tindakan koreksi dilakukan jika *output* tersebut tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan (Sekarwangi & Pramestari, 2022). Pengelolaan kualitas dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dilakukan oleh perusahaan, termasuk:

1. Batas-batas yang diinginkan harus disesuaikan dengan kemampuan yang dimiliki oleh proses.
2. Hasil produksi yang diinginkan harus sesuai dengan spesifikasi yang berlaku, dilihat dari perspektif kemampuan proses serta kebutuhan dan preferensi konsumen terhadap hasil produksi tersebut.
3. Pengendalian suatu proses bertujuan untuk mengurangi sejumlah kecil produk yang tidak sesuai dengan standar sebanyak mungkin.
4. Biaya kualitas memiliki dampak signifikan terhadap tingkat pengendalian dalam produksi barang, di mana biaya tersebut memiliki korelasi positif dengan penciptaan produk berkualitas.

Tujuan dari pengendalian kualitas adalah memastikan bahwa proses beroperasi dengan cara yang dapat diterima. Dalam konteks ini, perusahaan akan terus melakukan perbaikan, dengan mengawasi *output* proses menggunakan metode-metode statistik (Sekarwangi & Pramestari, 2022). Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengendalian kualitas melibatkan:

1. Aspek operator, yang mencakup keterampilan dan keahlian individu yang menangani produk.
2. Kaitannya dengan bahan baku, yakni materi yang disediakan oleh pemasok.
3. Segi mesin, termasuk jenis mesin dan elemen-elemen mesin yang terlibat dalam proses produksi.

Pengendalian kualitas secara statistik dengan menggunakan SQC (*Statistical Quality Control*), mempunyai tujuh alat statistik utama yang dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mengendalikan kualitas antara lain yaitu; Lembar pemeriksaan (*check sheet*), histogram, stratifikasi, diagram pareto, diagram *fishbone* (*cause and effect diagram*), diagram pencar dan peta kendali (*control chart*). Dari ketujuh alat pengendalian kualitas tersebut, peta kendali merupakan alat yang sering digunakan dan banyak mengalami perkembangan (Montgomery, 2019).

1.5.2 Peta Kendali

Peta kendali pertama kali diperkenalkan oleh Walter Andrew Shewhart, seorang fisikawan dan ahli statistik di Bell Telephone Laboratories, Amerika Serikat, pada tahun 1924. Sejak awal, beberapa teknik telah diperkenalkan oleh para peneliti untuk

kondisi yang berbeda. Dua bentuk variasi umumnya mengancam kelancaran proses, pertama, terdapat penyebab yang sebenarnya tidak berbahaya dan bisa diabaikan dalam konteks produksi. Sementara itu, jenis lainnya dikenal sebagai penyebab yang dapat diidentifikasi, yang berpotensi membahayakan proses (Khan dkk., 2020). Peta kendali adalah tampilan grafis dari karakteristik kualitas yang telah diukur atau dihitung dari suatu sampel terhadap nomor sampel atau waktu. Diagram ini berisi *Central Line* (CL) atau garis tengah yang mewakili nilai rata-rata dari karakteristik kualitas yang sesuai dengan kondisi terkendali. Dua garis horizontal lainnya, yang disebut *Upper Control Line* (UCL) dan *Lower Control Line* (LCL), juga ditampilkan pada diagram. Batas kendali ini dipilih sehingga jika proses terkendali, hampir semua titik sampel akan jatuh di antara batas-batas tersebut. Selama titik-titik yang dipetakan berada dalam batas kendali, proses dianggap terkendali dan tidak ada tindakan yang diperlukan. Namun, titik yang dipetakan di luar batas kendali diartikan sebagai bukti bahwa proses tersebut tidak terkendali, dan investigasi serta tindakan korektif diperlukan untuk menemukan dan menghilangkan penyebab atau penyebab-penyebab yang dapat ditugaskan yang bertanggung jawab atas perilaku ini (Montgomery, 2019). Adapun bentuk umum untuk peta kendali sebagai berikut:

$$UCL = \mu_X + L\sigma_X \quad (1)$$

$$CL = \mu_X \quad (2)$$

$$LCL = \mu_X - L\sigma_X \quad (3)$$

dengan:

UCL : *Upper Control Line*

CL : *Center Line*

LCL : *Lower Control Line*

μ : *Mean*

σ : *Standart Deviation*

X : *Karakteristik Kualitas Variabel*

L : *Distance*

1.5.3 Peta Kendali *Moving Average*

Peta kendali *Moving Average* (MA) adalah jenis peta kendali yang digunakan untuk memantau variabilitas suatu proses dengan mengamati nilai rata-rata dari beberapa pengukuran berurutan. Peta kendali ini membantu mendeteksi perubahan kecil dalam proses yang mungkin tidak terlihat pada peta kendali biasa. Misalkan pengamatan individu telah dikumpulkan, x_1, x_2, \dots, x_n melambangkan pengamatan-pengamatan ini. Rata-rata bergerak dengan rentang w pada waktu i yang didefinisikan sebagai berikut:

$$MA_i = \frac{x_i + x_{i-1} + \dots + x_{i-(i-1)}}{i}, \quad i < w \quad (4)$$

$$MA_i = \frac{x_i + x_{i-1} + \dots + x_{i-(w-1)}}{w}, \quad i \geq w$$

Berdasarkan bentuk umum peta kendali maka:

$$UCL = \mu_{MA_i} + L\sigma_{MA_i} \quad (5)$$

$$LCL = \mu_{MA_i} - L\sigma_{MA_i} \quad (6)$$

artinya pada periode waktu i , pengamatan tertua dalam set rata-rata bergerak dihapus dan yang terbaru ditambahkan ke dalam set. Adapun nilai ekspektasi dan variansi dari rata-rata bergerak MA_i adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \mu_{MA_i} &= E(MA_i) \\
 \mu_{MA_i} &= E\left(\sum_i^{i-(w-1)} \frac{1}{w} \bar{X}_i\right) \\
 \mu_{MA_i} &= E\left(\frac{1}{w} \sum_i^{i-(w-1)} \bar{X}_i\right) \\
 \mu_{MA_i} &= \frac{1}{w} E\left(\sum_i^{i-(w-1)} \bar{X}_i\right) \\
 \mu_{MA_i} &= \frac{1}{w} \sum_i^{i-(w-1)} E(\bar{X}_i) \\
 \mu_{MA_i} &= \frac{1}{w} (E(\bar{X}_i) + E(\bar{X}_{i-1}) + \dots + E(\bar{X}_{i-(w-1)})) \\
 \mu_{MA_i} &= \frac{1}{w} w \mu_0 \\
 \mu_{MA_i} &= \mu_0
 \end{aligned} \tag{7}$$

dan variansi dari MA_i adalah

$$\begin{aligned}
 Var(MA_i) &= Var\left(\sum_{j=i}^{i-(w-1)} \frac{1}{w} \bar{X}_j\right) \\
 Var(MA_i) &= Var\left(\frac{1}{w} \sum_{j=i}^{i-(w-1)} \bar{X}_j\right) \\
 Var(MA_i) &= \frac{1}{w^2} \sum_{j=i}^{i-(w-1)} Var(\bar{X}_j) \\
 Var(MA_i) &= \frac{1}{w^2} (Var(\bar{X}_i) + \dots + Var(\bar{X}_{i-(w-1)})) \\
 Var(MA_i) &= \frac{1}{w^2} w \sigma^2 \\
 Var(MA_i) &= \frac{\sigma^2}{w}
 \end{aligned} \tag{8}$$

Maka standar deviasi dari MA_i adalah akar dari $Var(MA_i)$, yaitu

$$\begin{aligned}
 \sigma_{MA_i} &= \frac{\sigma}{\sqrt{i}}, & i < w \\
 \sigma_{MA_i} &= \frac{\sigma}{\sqrt{w}}, & i \geq w
 \end{aligned} \tag{9}$$

Oleh karena itu, jika μ_0 melambangkan nilai target dari rata-rata yang digunakan sebagai *central line* pada peta kendali, maka batas kendali dari MA_i adalah:

$$UCL = \mu_0 + k\sigma_{MA_i} \quad (10)$$

$$LCL = \mu_0 - k\sigma_{MA_i} \quad (11)$$

di mana data dikatakan *in control* ketika $LCL < MA_i < UCL$.

dengan:

UCL : *Upper Control Line*

LCL : *Lower Control Line*

μ : *Mean*

σ : *Standart Deviation*

w : Rentang rata-rata bergerak

Prosedur kendali akan terdiri dari menghitung rata-rata bergerak baru MA_i setiap kali pengamatan x_i tersedia, memplot MA_i pada peta kendali dengan UCL dan LCL yang diberikan oleh persamaan 10 dan 11, serta menyimpulkan bahwa proses berada di luar kendali jika MA_i melebihi batas kendali (Montgomery, 2019).

1.5.4 Konsep *Neutrosophic*

Statistik *neutrosophic* yang didasarkan pada bilangan *neutrosophic* adalah generalisasi statistik klasik dan telah digunakan di bawah ketidakpastian (Smarandache, 2014). Statistik *neutrosophic* adalah perpanjangan dari statistik klasik yang digunakan untuk menganalisis data yang tidak jelas, tidak terdefinisi, tidak tepat, tidak lengkap dan tidak pasti, yang bertentangan dengan pengamatan atau parameter yang jelas, pasti dan tajam di mana statistik klasik cocok (Khan dkk., 2020a). Konsep *Neutrosophic* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1996. *Neutrosophic statistics* didasarkan pada logika *neutrosophic* yang merupakan bentuk umum dari logika *fuzzy*. Logika *neutrosophic* tidak memerlukan transformasi untuk mendapatkan derajat keanggotaan seperti pada logika *fuzzy*. Hal ini dikarenakan logika *neutrosophic* terdiri dari dua nilai yaitu *lower* dan *upper*. *Lower* menunjukkan nilai terkecil dari hasil suatu pengukuran, sedangkan *upper* adalah nilai terbesar. Untuk membedakan bilangan *neutrosophic* dengan bilangan lain, maka diberi indeks N . Bilangan *neutrosophic* (N) berbentuk $N = d + i$, dengan d merupakan bilangan *determinate* dari N , dan i merupakan bilangan *indeterminate* dari N . Misalkan, $N = 5 + i$, dengan nilai $i \in [0, 0.4]$ maka nilai $N \in [5, 5.4]$ (Smarandache, 2014). Adapun untuk data *neutrosophic*, $n_N \in [n_L, n_U]$ merupakan sampel acak *neutrosophic* yang diperoleh dari populasi berukuran N_N dengan observasi yang tidak pasti maka rata-rata dan simpangan baku populasi *neutrosophic* didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_N \in \left[\frac{\sum_{i=1}^{N_L} X_L}{N_L}, \frac{\sum_{i=1}^{N_U} X_U}{N_U} \right]; \mu_N \in [\mu_L, \mu_U] \quad (12)$$

$$\sigma_N \in \left[\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_L} (X_L - \mu_L)^2}{n_L}}, \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_U} (X_U - \mu_U)^2}{n_U}} \right]; \sigma_N \in [\sigma_L, \sigma_U] \quad (13)$$

Ketika $\mu_N \in [\mu_L, \mu_U]$ dan $\sigma_N \in [\sigma_L, \sigma_U]$ tidak diketahui maka dapat diestimasi menggunakan informasi sampel, untuk rata-rata dan standar deviasi *neutrosophic* dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\bar{X}_N \in \left[\frac{\sum_{i=1}^{n_L} \bar{X}_L}{n_L}, \frac{\sum_{i=1}^{n_U} \bar{X}_U}{n_U} \right]; \bar{X}_N \in [\bar{X}_L, \bar{X}_U] \quad (14)$$

$$S_N \in \left[\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_L} (X_L - \bar{X}_L)^2}{n_L - 1}}, \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_U} (X_U - \bar{X}_U)^2}{n_U - 1}} \right]; S_N \in [S_L, S_U] \quad (15)$$

dengan:

X_L : Data Lower

X_U : Data Upper

μ_N : Mean Neutrosophic

σ_N : Standart Deviation Neutrosophic

n : Jumlah sampel

Berikut simulasi dari data *neutrosophic*, terdapat empat pengamatan: 6, [2,5], 30, [18,24]. Pengamatan kedua dan keempat merupakan sampel *indeterminate*, yaitu [2,5] berarti angka dalam interval ini, tetapi kita tidak tahu yang mana. Demikian pula untuk [18,24]. Oleh karena itu, kita memiliki dua ketidakpastian. Untuk menyamakan, mari kita tulis ulang semua pengamatan sebagai interval: [6,6], [2,5], [30,30], [18,24].

Menghitung *median* dari data pengamatan:

$$\frac{[2, 5] + [30, 30]}{2} = \frac{[2 + 30, 5 + 30]}{3} = [16, 17.5]$$

Jadi, median dari pengamatan tersebut terletak antara 16 dengan 17.5.

Menghitung mean data pengamatan:

$$\frac{[6, 6] + [2, 5] + [30, 30] + [18, 24]}{4} = \frac{[6 + 2 + 30 + 18, 6 + 5 + 30 + 24]}{4} = [14, 16.25]$$

Jadi, *mean* dari pengamatan tersebut terletak diantara 14 dengan 16.25.

Menghitung standar deviasi data pengamatan:

$$\begin{aligned} & \sqrt{\frac{[[6,6] - [14,16.25]]^2 + [[2,5] - [14,16.25]]^2 + [[30,30] - [14,16.25]]^2 + [[18,24] - [14,16.25]]^2}{4}} \\ &= \sqrt{\frac{[[6 - 14], [6 - 16.25]]^2 + [[2 - 14], [5 - 16.25]]^2 + [[30 - 16.25], [30 - 14]]^2 + [[24 - 16.25], [18 - 14]]^2}{4}} \\ & \quad \vdots \\ & \sqrt{\frac{[64, 105.06] + [81, 203.06] + [189.06, 256] + [3.06, 100]}{4}} = [9.18, 12.89] \end{aligned}$$

Jadi, standar deviasi dari hasil pengamatan tersebut terletak diantara 9.18 dengan 12.89 (Smarandache, 2014).

1.5.5 Average Run Length

Average Run Length (ARL) adalah alat ukur dalam mengevaluasi kinerja grafik peta kendali. Nilai ARL dapat digunakan untuk mengukur seberapa cepat peta kendali

menangkap sinyal *out of control*. ARL adalah rata-rata observasi yang harus digambarkan sebelum munculnya sinyal tidak terkendali. Semakin kecil nilai ARL peta kendali maka semakin cepat peta kendali mendeteksi keberadaan sinyal *out of control*. Peta kendali yang mendeteksi sinyal *out of control* lebih cepat dianggap lebih efektif dalam mendeteksi perubahan *mean* proses (Nurfritri Imro'ah, 2020). ARL mewakili jumlah data yang berada di antara batas kendali atas dan batas kendali bawah pada peta kendali sebelum *out of control*.

Nilai ARL dibagi menjadi dua, yaitu kondisi *in control* atau ARL_0 dan kondisi *out of control* atau ARL_1 . Jika proses dalam keadaan *in control* maka digunakan ARL_0 , sehingga ARL_0 akan memiliki nilai yang lebih besar, sedangkan ARL_1 akan bernilai lebih kecil apabila dalam keadaan *out of control*. Secara matematis dituliskan sebagai berikut (Montgomery, 2009):

$$ARL_0 = \frac{1}{\Pr(\text{menolak } H_0 | H_0 \text{ benar})} = \frac{1}{\alpha} \quad (16)$$

$$ARL_1 = \frac{1}{\Pr(\text{menerima } H_0 | H_0 \text{ salah})} = \frac{1}{(1 - \beta)} \quad (17)$$

dengan H_0 merupakan proses dalam keadaan *in control*.

Pada ARL_0 , α merupakan peluang kesalahan tipe I (menyatakan proses dalam keadaan tidak terkendali namun kenyataannya keadaan tersebut terkendali), α juga disebut sebagai peluang *false alarm*. Untuk ARL_1 nilai $1 - \beta$ merupakan peluang kesalahan tipe II yang menyatakan proses dalam keadaan terkendali padahal keadaan tersebut tidak terkendali (Singgih et al., 2000).

1.5.6 Suhu

Konsentrasi kegiatan sosial ekonomi di perkotaan dapat disebabkan oleh pesatnya ekspansi industrialisasi dan urbanisasi. Di negara-negara berkembang, urbanisasi yang tidak terencana dan cepat di perkotaan telah menyebabkan permasalahan lingkungan termasuk peningkatan konsumsi energi, perubahan iklim lokal, dan peningkatan jumlah polusi udara. Salah satu konsekuensi dari masalah ini adalah kenaikan suhu permukaan lingkungan perkotaan secara konsisten. Peningkatan suhu yang mencolok di atmosfer perkotaan dikenal sebagai pulau panas perkotaan (Figuerola & Mazzeo, 1998).

Lingkungan yang padat penduduk dan aktivitas yang tinggi akan mempengaruhi iklim mikro di dalam dan di sekitarnya. Perkembangan yang pesat juga dapat menyebabkan efek negative seperti penurunan kualitas lingkungan dan kenaikan suhu. Perubahan suhu lingkungan yang signifikan terjadi karena beberapa faktor diantaranya yaitu teriknya sinar matahari, polusi udara dikarenakan kendaraan dan pabrik, curah hujan yang tak menentu dan lain sebagainya, suhu yang sangat rendah biasanya terjadi pada pukul 05.00 yakni sekitar $25^\circ C$ hal ini terjadi dikarenakan belum terbitnya matahari, sedangkan suhu yang tertinggi sekitar jam 12.00 – 13.00 yakni $33^\circ C$ dikarenakan pada jam itu matahari berada di puncaknya tegak lurus dengan bumi (Zannah & Sudarti, 2022).

Perkembangan aktifitas perkotaan secara langsung berpengaruh terhadap peningkatan polusi yang berakibat pada naiknya suhu permukaan. Kota Makassar yang merupakan salah satu kota metropolitan terbesar di Indonesia tak luput dari perkembangan aktifitas perkotaan khususnya peningkatan kawasan pemukiman(Umar dkk., 2021) . Salah satu wilayah yang rentan terhadap perubahan iklim adalah kawasan perkotaan. Kota Makassar sebagai ibu kota Provinsi Sulawesi Selatan memiliki jumlah penduduk tertinggi dibanding kabupaten/kota lainnya yang ada di Provinsi Sulawesi Selatan. Berdasarkan publikasi data oleh Badan Pusat Statistik Kota Makassar, terdapat sebanyak 9.07 juta jiwa warga Kota Makassar dengan rata-rata laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,18 persen (2010 – 2020). Pusat aktivitas manusia dan pembangunan di Kota Makassar mengakibatkan wilayah ini sangat rentan dengan kondisi perubahan iklim, sehingga hal ini perlu dikaji dari segi parameter cuaca.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari *website* timeanddate.com yaitu data suhu harian Kota Makassar dengan menggunakan data simulasi sebanyak 740 data dan data monitoring sebanyak 182 data.

2.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data suhu *low* dan *high* dengan data yang diambil merupakan data suhu kota Makassar dengan menggunakan data simulasi periode 1 Januari 2022 – 31 Desember 2023.

2.3 Tahapan Analisis

Langkah-langkah analisis yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan data yang merupakan data *neutrosophic*.
2. Membentuk peta kendali *Neutrosophic Moving Average* dengan menggunakan data simulasi sebagai berikut:
 - a. Menentukan nilai MA_N dari data *neutrosophic*.
 - b. Menentukan *mean neutrosophic* dan standar deviasi *neutrosophic* dari MA_N .
 - c. Menentukan batas pengendali bawah *neutrosophic* (*Lower Control Limit Neutrosophic*) dan (*Upper Control Limit Neutrosophic*). Proses dikatakan *in control* ketika $LCL_N < MA_N < UCL_N$ dan *out of control* ketika $LCL_N > MA_N > UCL_N$. Nilai batas pengendali yang diperoleh akan digunakan pada data *monitoring*.
 - d. Menginterpretasikan hasil plot peta kendali *Neutrosophic Moving Average* yang diperoleh.
 - e. Apabila terdapat nilai yang *out of control* maka lakukan *cleaning* data pada data yang *out of control*, kemudian ulangi langkah (d) hingga memperoleh hasil yang *in control*.
 - f. Ketika data sudah *in control* maka plotkan kembali peta kendali *Neutrosophic Moving Average* yang diperoleh.
3. Membentuk peta kendali *Neutrosophic Moving Average* dengan menggunakan data monitoring sebagai berikut:
 - a. Menentukan nilai MA_N dari data *neutrosophic*.
 - b. Memplotkan nilai MA_N menggunakan batas pengendali *neutrosophic* yang diperoleh dari data simulasi.
4. Membentuk peta kendali *moving average classic* sebagai berikut:
 - a. Menentukan nilai MA dari data.

- b. Menentukan *mean* dan standar deviasi dari *MA* berdasarkan persamaan (5).
 - c. Menentukan UCL, CL, dan LCL berdasarkan persamaan (10) dan (11).
 - d. Memplotkan *MA* dengan batas-batas kendali yang telah diperoleh tersebut untuk membentuk peta kendali *moving average*.
 - e. Menginterpretasikan hasil plot peta kendali $\bar{\bar{x}}$ *neutrosophic* yang diperoleh.
 - f. Apabila terdapat nilai yang *out of control* maka lakukan *cleaning* data pada data yang *out of control*, kemudian ulangi langkah (d) hingga memperoleh hasil yang *in control*.
 - g. Ketika data sudah *in control* maka plotkan kembali peta kendali *moving average* yang diperoleh.
5. Membentuk peta kendali *moving average classic* dengan menggunakan data monitoring sebagai berikut:
 - a. Menentukan nilai *MA* dari data *neutrosophic*.
 - b. Memplotkan nilai *MA* dengan menggunakan batas pengendali yang diperoleh dari data simulasi.
 6. Menentukan *Average Run Length* (ARL) peta kendali *Neutrosophic Moving Average* dan peta kendali *moving average*.
 7. Membandingkan peta kendali *Neutrosophic Moving Average* dan peta kendali *moving average* berdasarkan jumlah data yang *out of control* dan berdasarkan nilai ARL.
 8. Menginterpretasikan dan melakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang diperoleh.