

**PENERAPAN PETA KENDALI  $\bar{X} - S$  NEUTROSOPHIC  
PADA DATA SUHU KOTA MAKASSAR**

**SKRIPSI**



**AYU AFRINAH**

**H051201051**

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

**MAKASSAR**

**APRIL 2024**

**PENERAPAN PETA KENDALI  $\bar{X} - S$  NEUTROSOPHIC  
PADA DATA SUHU KOTA MAKASSAR**

**SKRIPSI**



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

**AYU AFRINAH**

**H051201051**

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

**MAKASSAR**

**APRIL 2024**

LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa skripsi yang saya buat dengan judul:

**Penerapan Peta Kendali  $\bar{X} - S$  *neutrosophic* pada Data Suhu Kota Makassar**

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

Makassar, 22 April 2024



Ayu Afrinah

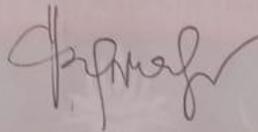
NIM H051201051

PENERAPAN PETA KENDALI  $\bar{X} - S$  NEUTROSOPHIC

PADA DATA SUHU KOTA MAKASSAR

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama



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

Ketua Program Studi



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

Pada 22 April 2024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Ayu Afrinah  
NIM : H051201051  
Program Studi : Statistika  
Judul Skripsi : Penerapan Peta Kendali  $\bar{X} - S$  Neutrosophic pada  
Data Suhu Kota Makassar

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

DEWAN PENGUJI

1. Ketua : Dr. Ema Tri Herdiani, S.Si., M.Si. (.....)
2. Anggota : Dra. Nasrah Sirajang, M.Si. (.....)
3. Anggota : Dr. Nirwan, M.Si. (.....)

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 22 April 2024

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa Sallam* beserta keluarga dan para sahabatnya. *Alhamdulillahirobbil'alamin*, berkat nikmat kemudahan dan pertolongan yang diberikan oleh Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Penerapan Peta Kendali  $\bar{X}$  – *S Neutrosophic* pada Data Suhu Kota Makassar**” yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Statistika Departemen Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak yang senantiasa turut membantu dalam bentuk moril maupun materil sehingga dengan segala keterbatasan kemampuan dan pengetahuan, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada orangtua penulis, Almarhumah Ibunda **Adirah Hafid** dan Ayahanda **Drs. Muh. Yusuf** yang telah meninggalkan jejak kebaikan, limpahan cinta dan kasih sayang, pengorbanan luar biasa, dukungan, perjuangan, serta doa-doa luar biasa yang mengiringi setiap langkah perjalanan hidup penulis serta keluarga besar penulis, terima kasih atas doa mulia dan dukungannya selama ini.

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

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, 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. Anna Islamiyati S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika yang dengan penuh kesabaran telah memberikan arahan, dorongan semangat dan motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
4. **Ibu Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Utama yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dan pemikirannya untuk senantiasa memberikan arahan, dorongan semangat, dan motivasi kepada penulis dari awal hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
5. **Ibu Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.** dan **Bapak Dr. Nirwan, M.Si.**, selaku Tim Penguji yang telah meluangkan waktu dalam memberikan motivasi serta kritikan yang membangun kepada penulis dalam penyempurnaan tugas akhir ini.
6. **Ibu Dra. Nasrah Sirajang, M.Si.** selaku Penasehat Akademik penulis yang senantiasa memberikan bantuan, nasehat, serta motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
7. Segenap **Dosen Pengajar** dan **Staf Departemen Statistika** yang telah memberikan ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menempuh pendidikan sarjana di Departemen Statistika.
8. Sosok yang telah penulis anggap sebagai ibu dan bapak, **Almarhumah Nenek Badariah, Etta Acce, Etta Gi, Etta Emmu** yang senantiasa memberikan kasih sayang, dukungan, serta doa-doa mulianya dalam setiap langkah perjalanan hidup penulis.
9. Sahabat tercinta penulis di Statistika 2020, **Nurul Kurunulbahriah Aliyah, Dania Nafila, Nurul Dwiningrum, Mustabsyirah, Isra Leyla Bangsawang, Nur Aviatul Zahra, Nurfajriani Basri, Andi Atirah Arumtiwi**. Terima kasih atas kebersamaan, kebahagiaan, kesedihan, serta kebaikannya menjadi sosok guru bagi penulis. Terima kasih telah mengukir kenangan indah bersama penulis selama masa perkuliahan.

10. Teman – teman seperjuangan di **Statistika 2020**. Terima kasih atas ilmu, kebersamaan, suka dan duka dalam menjalani perkuliahan di Departemen Statistika. Terima kasih sudah menerima kehadiran penulis. Kalian hebat dan luar biasa.
11. Keluarga besar **POIS20N**, Terima Kasih untuk cerita sekaligus kenangan selama proses yang telah dilalui. Banyak pengalaman dan pelajaran yang telah penulis dapatkan dari teman – teman.
12. Keluarga besar **Himastat FMIPA Unhas** terkhususnya teman-teman **POIS20N** Terima Kasih untuk cerita sekaligus kenangan selama proses yang telah dilalui, terima kasih atas ilmu yang mungkin tidak bisa didapatkan penulis di proses perkuliahan.
13. Teman – teman **KKN Tematik Penurunan Stunting Soppeng Gelombang 110** terkhusus teman-teman **Posko 1 Bila**, terima kasih telah memberikan masukan dan motivasi, serta pengalaman baru bagi penulis menjelajahi kampung sendiri.
14. Kepada seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih setinggi-tingginya untuk segala dukungan, partisipasi, dan apresiasi yang diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis memohon maaf. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat untuk berbagai pihak.

Makassar, 22 April 2024



Ayu Afrinah

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

---

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

Nama : Ayu Afrinah

NIM : H051201051

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:

**“Penerapan Peta Kendali  $\bar{X} - S$  Neutrosophic pada Data Suhu Kota  
Makassar”**

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 tanggal 22 April 2024.

Yang menyatakan,



(Ayu Afrinah)

**ABSTRAK**

Peta kendali pada umumnya digunakan untuk memantau rata-rata dan variabilitas proses, salah satunya peta kendali  $\bar{X}S$  namun peta kendali  $\bar{X}S$  hanya efektif ketika data penelitian memiliki nilai yang pasti dan tidak ambigu 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  $UCL_N$ . Penelitian ini bertujuan untuk membentuk peta kendali  $\bar{X}S$  berdasarkan pendekatan *Neutrosophic* pada data suhu Kota Makassar dan membandingkan dengan peta kendali *Classic*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peta kendali  $\bar{X}S$  *Neutrosophic* OOC sebanyak 7 data sedangkan peta kendali *classic* hanya 1 data yang OOC, maka peta kendali  $\bar{X}S$  *Neutrosophic* dianggap lebih peka mendeteksi pergeseran proses. Begitupun dengan nilai ARL *Neutrosophic* yang relatif kecil daripada peta kendali  $\bar{X}S$  *Classic* yang menunjukkan bahwa performa  $\bar{X}S$  *Neutrosophic* lebih baik dari peta kendali  $\bar{X}S$  *Classic*.

**Kata kunci** : Pengendalian kualitas, peta kendali  $\bar{X}S$ , *Neutrosophic*, ARL

**ABSTRACT**

*Control charts are generally used to monitor process averages and variability, one of which is the cannot be ascertained due to various factors. One method that can be applied when measurement results cannot be determined with certainty is to use a neutrosophic statistical approach. The Neutrosophic control chart is considered controlled when the value is between  $LCL_N$  and  $UCL_N$ . This research aims to form an  $\bar{X}S$  control chart based on the Neutrosophic approach on Makassar City temperature data and compare it with the Classic control chart. The results of this research show that the  $\bar{X}S$  Neutrosophic OOC control chart has 7 data while the classic control chart only has 1 OOC data, so the  $\bar{X}S$  Neutrosophic control chart is considered more sensitive in detecting process shifts. Likewise, the Neutrosophic ARL value is relatively small compared to the  $\bar{X}S$  Classic control chart, which shows that the performance of the  $\bar{X}S$  Neutrosophic is better than the  $\bar{X}S$  Classic control chart.*

**Keywords:** *Quality Control,  $\bar{X}S$  Control Chart, Neutrosophic, ARL*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Pengendalian Kualitas Statistik.....	4
2.2 Peta Kendali .....	5
2.3 Peta Kendali $\bar{X} - S$ .....	6
2.4 Konsep Neutrosophic .....	7
2.5 Peta Kendali $\bar{X} - S$ <i>Neutrosophic</i> .....	11

2.6 Peta Kendali <i>Classic</i> .....	11
2.7 <i>Average Run Length</i> .....	12
2.8 Suhu .....	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
3.1 Sumber Data.....	14
3.2 Identifikasi Variabel.....	14
3.3 Tahapan Analisis.....	14
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>17</b>
4.1 Penentuan Batas Kendali $\bar{X} - S$ <i>Neutrosophic</i> .....	17
4.2 Studi Kasus .....	19
4.3 Perbandingan Peta Kendali $\bar{X} - S$ <i>Neutrosophic</i> dengan Peta Kendali $\bar{X} - S$ <i>Classic</i> .....	27
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>31</b>
5. 1 Kesimpulan .....	31
5.2 Saran .....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>36</b>

**DAFTAR GAMBAR**

**Gambar 4.1** Peta Kendali  $\bar{X} S$  Neutrosophic Data Simulasi ..... 22

**Gambar 4.2** Peta Kendali  $\bar{X} S$  Neutrosophic Data Simulasi (Revisi)..... 23

**Gambar 4.3** Peta Kendali  $\bar{X} S$  Classic Data Monitoring..... 24

**Gambar 4.4** Peta Kendali  $\bar{X} S$  Neutrosophic Data Monitoring..... 26

**Gambar 4.5**  $\bar{X} S$  Peta Kendali Classic Data Monitoring..... 27

**Gambar 4.6** ARL Peta Kendali  $\bar{X} S$  Neutrosophic dengan Peta Kendali  $\bar{X} S$  Classic..... 30

**DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1.** Data Suhu Kota Makassar Periode 1 Januari 2022– 31 Oktober 2023.....37

**Lampiran 2.** *Mean dan Standar Deviasi* Data Suhu Kota Makassar Periode 1 Januari – 31 Desember 2022.....55

**Lampiran 3.** Nilai – nilai konstanta  $C_4$  .....56

**Lampiran 4.** Bagan Kendali  $\bar{X} S$  *Neutrosophic* Data Monitoring.....57

**Lampiran 5.** Bagan Kendali  $\bar{X} S$  *Classic* Data Monitoring.....60

## BAB 1

### 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. Selanjutnya langkah-langkah perbaikan yang sesuai akan diambil jika terdapat perbedaan antara kinerja yang sebenarnya dengan standar yang telah ditetapkan (Bakhtiar dkk., 2013). Salah satu teknik yang sering digunakan dalam memonitoring kualitas suatu produk dan 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. Peta kendali terdiri dari dua jenis yaitu peta kendali variabel dan peta kendali atribut (Tanti Octavia dkk., 2000). Salah satu jenis peta kendali yang paling sering digunakan yaitu peta kendali variabel  $\bar{X} - S$ .

Peta kendali  $\bar{X} - S$  merupakan peta kendali yang digunakan untuk memantau dan mengendalikan rata-rata dan variabilitas dalam proses dan memastikan bahwa proses tersebut berada dalam kendali statistik (Montgomery, 2008), peta kendali  $\bar{X} - S$  merupakan peta kendali yang dianggap lebih sensitif dalam mendeteksi perubahan pada proses produksi dibandingkan dengan peta kendali variabel lainnya (Tanti Octavia & Joni Cenderakiawan, 1999). Namun peta kendali  $\bar{X} - S$  hanya efektif ketika data penelitian memiliki nilai yang pasti dan tidak ambigu 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*.

*Statistik neutrosophic* merupakan bentuk pengembangan dari *classical statistics* yang sesuai ketika digunakan untuk data dengan nilai yang tidak pasti (Wibawati dkk., 2022). *Neutrosophic* memiliki dua nilai yaitu *lower* dan *upper*. *Lower* menunjukkan nilai terkecil dari hasil suatu pengukuran, sedangkan *upper*

adalah nilai terbesar. 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. 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 memonitoring proses produksi diantaranya yaitu desain diagram kontrol S untuk data *neutrosophic* pada industri manufaktur dan penelitian tersebut membuktikan bahwa performa peta kendali S *Neutrosophic* memiliki performa yang lebih baik dari peta kendali *Classic* (Khan dkk., 2020). Aslam juga melakukan penelitian dalam pemantauan suhu dengan menggunakan spesifikasi *Moving Average* dalam situasi ketidakpastian (Aslam dkk., 2023). Kemudian (Wibawati dkk., 2022) juga 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.

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, maka penulis tertarik untuk mengkaji tentang peta kendali *neutrosophic*  $\bar{X} - S$  dengan berdasarkan uraian yang telah dijelaskan maka dalam penelitian ini penulis akan mengkaji tentang perancangan peta kendali  $\bar{X} - S$  *Neutrosophic* dengan judul **“Penerapan Peta Kendali  $\bar{X} - S$  *Neutrosophic* pada Data Suhu Kota Makassar”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang maka permasalahan yang akan dirumuskan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan peta kendali  $\bar{X} - S$  berdasarkan pendekatan *Neutrosophic* ?
2. Bagaimana perbandingan performa peta kendali  $\bar{X} - S$  *Neutrosophic* dengan peta kendali *classic*?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu pembahasan hanya akan di fokuskan pada pengendalian proses statistik untuk data *neutrosophic*. Data dikontrol menggunakan grafik pengendali  $\bar{X} - S$  *neutrosophic* dengan menggunakan data suhu Kota Makassar periode 1 Januari 2022 – 31 Oktober 2023.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh Peta Kendali  $\bar{X} - S$  berdasarkan pendekatan *neutrosophic*.
2. Memperoleh peta kendali efektif dari hasil perbandingan performa peta kendali  $\bar{X} - S$  *Neutrosophic* dengan peta kendali *classic*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini ialah dapat menambah wawasan keilmuan dan pengetahuan tentang peta kendali  $\bar{X} - S$  *neutrosophic*. Selain itu peta kendali  $\bar{X} - S$  *neutrosophic* dapat dijadikan masukan dan usulan untuk badan meteorologi dalam proses pengamatan suhu.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 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 (Jatmiko, 2009). 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 penca dan peta kendali (*control chart*) (Kuswara & Herwanto, 2022). Dari ketujuh alat pengendalian kualitas tersebut, peta kendali merupakan alat yang sering digunakan dan banyak mengalami perkembangan.

## 2.2 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 (Aslam dkk., 2023). 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 (Aslam dkk., 2023).

Peta kendali (*control chart*) merupakan alat yang digunakan untuk melihat dan mengevaluasi aktivitas atau proses dalam pengendalian kualitas secara statistika, sehingga dapat memecahkan masalah dan menghasilkan perbaikan kualitas. Peta kendali dapat menunjukkan adanya perubahan data dari waktu ke waktu, tetapi tidak menunjukkan penyebab penyimpangan (Ine Rahayu Purnamaningsih, 2021). Peta kendali terdiri dari tiga garis, di mana garis pusat, yang disebut sebagai *Center Line* (CL), mewakili nilai target dalam beberapa situasi. Sementara itu, dua garis lainnya merujuk pada *Upper Control Line* (UCL) dan *Lower Control Line* (LCL), mencerminkan karakteristik nilai dalam grafik yang menggambarkan status suatu proses (Abdullah, 2018). Peta kendali terbagi menjadi dua, yaitu peta kendali atribut dan peta kendali variabel. Peta kendali variabel adalah alat yang digunakan untuk mengatur proses dengan menggunakan data variabel seperti panjang, berat, suhu, dan variabel lainnya. Jenis peta kendali

variabel melibatkan peta kendali  $\bar{X} - R$  dan peta kendali  $\bar{X} - S$ . Sebaliknya, peta kendali atribut digunakan untuk mengontrol proses dengan data yang mengukur jumlah ketidaksesuaian. Contoh peta kendali atribut mencakup peta kendali  $p$ , peta kendali  $np$ , peta kendali  $c$ , dan peta kendali  $u$  (Kuswara & Herwanto, 2022).

### 2.3 Peta Kendali $\bar{X} - S$

Peta pengendali rata-rata merupakan peta kendali yang digunakan untuk memantau *mean* proses. Peta pengendali rata-rata menunjukkan apakah rata-rata produk yang dihasilkan sesuai dengan standar pengendalian yang digunakan perusahaan (Abdullah, 2018). Proses produksi dikatakan baik apabila produk yang dihasilkan berada disekitar garis pusat (*center line*). Namun, data yang berada di dalam peta pengendali statistik masih disebut sebagai berada dalam batas pengendalian statistik (*in statistical control*) walaupun terdapat penyimpangan yang disebabkan oleh penyebab umum. Sementara data yang berada di luar batas pengendali rata-rata tersebut pasti disebut sebagai (*out of statistikal control*) yang disebabkan oleh penyebab khusus (Abdullah, 2018).

Peta kendali  $\bar{X}$  merupakan peta kendali yang digunakan untuk memantau mean proses. Peta kendali  $\bar{X}$  menunjukkan apakah rata-rata produk yang dihasilkan sesuai dengan standar pengendalian yang digunakan perusahaan. Jika  $\mu$  dan  $\sigma$  diketahui, batas batas kendali pada peta kendali  $\bar{X}$  yaitu :

$$CL = E(\bar{X}) = \mu \quad (2.1)$$

$$UCL = \mu + 3\sigma\bar{x} = \mu + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.2)$$

$$LCL = \mu - 3\sigma\bar{x} = \mu - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.3)$$

Misalkan,  $A = \frac{3}{\sqrt{n}}$ , maka batas – batas kendali pada peta kendali  $\bar{X}$  dapat ditulis sebagai brikut:

$$CL = \mu \quad (2.4)$$

$$UCL = \mu + A\sigma \quad (2.5)$$

$$LCL = \mu - A\sigma \quad (2.6)$$

Jika  $\mu$  dan  $\sigma$  tidak diketahui, maka perlu dicari penaksir untuk parameter lokasi dan parameter skala. Penaksir *unbiased* untuk  $\mu$  dalam konstruksi peta kendali

*Shewhart* adalah  $\bar{X}$ . Sedangkan penaksir *unbiased* untuk  $\sigma$  adalah  $\frac{\bar{S}}{c_4}$  (Montgomery, 2008).

Batas – batas kendali pada peta kendali  $\bar{X}$  yaitu :

$$CL = \hat{\mu} = \bar{X} \quad (2.7)$$

$$UCL = \bar{X} + \frac{3\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} = \bar{X} + \frac{3}{\sqrt{n}c_4} \bar{S} = \bar{X} + \frac{3}{c_4\sqrt{n}} \bar{S} \quad (2.8)$$

$$LCL = \bar{X} - \frac{3\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} = \bar{X} - \frac{3}{\sqrt{n}c_4} \bar{S} = \bar{X} - \frac{3}{c_4\sqrt{n}} \bar{S} \quad (2.9)$$

Misalkan,  $A = \frac{3}{c_4\sqrt{n}}$ , maka batas – batas kendali pada peta kendali  $\bar{X}$  dapat ditulis sebagai berikut:

$$CL = \bar{X} \quad (2.10)$$

$$UCL = \bar{X} + A_3\bar{S} \quad (2.11)$$

$$LCL = \bar{X} - A_3\bar{S} \quad (2.12)$$

#### 2.4 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 (Aslam & Albassam, 2020). 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. Guna membedakan bilangan *neutrosophic* dengan bilangan lain, maka diberi indeks N (Wibawati et al., 2022). Misalkan  $X_N \in [X_L, X_U]$  merupakan bentuk dari variabel acak *neutrosophic* dengan nilai  $X_L$  merupakan nilai

minimum dan nilai  $X_U$  merupakan nilai maksimum dari interval ketidakpastian. Bentuk bilangan *neutrosophic* yaitu :

$$X_N = X_L + X_U I_N \quad (2.13)$$

$X_L$  menjadi bagian terdeterministik dan bagian yang tidak pasti yaitu  $X_U I_N$ ;  $I_N \in [I_L, I_U]$ , dengan  $I_N \in [I_L, I_U]$  merupakan interval ketidakpastian (Aslam & Albassam, 2020). Nilai atas dari interval ketidakpastian dirumuskan dengan  $I_U = \left[ \frac{X_{iU} - X_{iL}}{X_{iU}} \right]$  dalam hal ini, interval ketidakpastian yang terkait dengan setiap elemennya adalah  $I_N \in \left[ 0, \frac{X_{iU} - X_{iL}}{X_{iU}} \right]$  (Afzal dkk., 2022).  $n_N \in [n_L, n_U]$  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:

$$\mu_N \in \left[ \frac{\sum_{i=1}^{N_L} X_L}{N_L}, \frac{\sum_{i=1}^{N_U} X_U}{N_U} \right]; \mu_N \in [\mu_L, \mu_U] \quad (2.14)$$

$$\sigma_N \in \left[ \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_L} (X_L - \mu_L)^2}{N_L - 1}}, \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_U} (X_U - \mu_U)^2}{N_U - 1}} \right]; \sigma_N \in [\sigma_L, \sigma_U] \quad (2.15)$$

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;

$$\bar{X}_N \in \left[ \frac{\sum_{i=1}^{n_L} \bar{X}_L}{n_L}, \frac{\sum_{i=1}^{n_U} \bar{X}_U}{n_U} \right]; \mu_N \in [\mu_L, \mu_U] \quad (2.16)$$

$$S_N \in \left[ \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_L} (X_L - \bar{X}_L)^2}{n_L - 1}}, \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_U} (X_U - \bar{X}_U)^2}{n_U - 1}} \right]; S_N \in [S_L, S_U] \quad (2.17)$$

Berdasarkan angka *neutrosophic*  $a + bI$ , dengan  $a, b$  adalah bilangan real dan  $I$  adalah ketidakpastian (*Indeterminacy*), maka untuk menghitung *mean neutrosophic* dan standar deviasi *neutrosophic* berdasarkan persamaan (2.16) dan (2.17), maka perhitungan *mean neutrosophic* dan standar deviasi *neutrosophic* dari bilangan *neutrosophic* akan disimulasikan pada pembahasan berikut. Diketahui empat nilai *neutrosophic* akan dihitung nilai *Mean* ( $\mu_N$ ) dan *Standar Deviasi* ( $S_N$ ).

$$N_1 = -2 - 4I$$

$$N_2 = -1 + 0I$$

$$N_3 = 3 + 5I$$

$$N_4 = 6 + 7I$$

Mean neutrosophic :

$$\mu_N = \frac{(-2 - 4I) + (-1 + 0I) + (3 + 5I) + (6 + 7I)}{4}$$

$$\mu_N = \frac{-2 - 1 + 3 + 6}{4} + \frac{-4 + 0 + 5 + 7}{4} I = 1,5 + 2I$$

Standar deviasi *neutrosophic*:

Perhitungan standar deviasi dapat diperoleh dengan menghitung terlebih dahulu deviasi setiap bilangan *neutrosophic* terhadap rata-rata:

$$(-2 - 4I) - (1,5 + 2I) = -3,5 - 6I$$

$$(-1 + 0I) - (1,5 + 2I) = -2,5 - 2I$$

$$(3 + 5I) - (1,5 + 2I) = 1,5 + 3I$$

$$(6 + 7I) - (1,5 + 2I) = 4,5 + 5I$$

Setelah mendapatkan nilai deviasi maka dihitung akar dari deviasi tersebut:

$$\begin{aligned} (-3,5 - 6I)^2 &= (-3,5^2) + 2(-3,5)(-6)I + (-6)^2I^2 \\ &= 12,25 + 42I + 36I^2 = 12,25 + 42I + 36I = 12,25 + 78I \end{aligned}$$

$$(-2,5 - 2I)^2 = 6,25 + 14I$$

$$(1,5 + 3I)^2 = 2,25 + 18I$$

$$(4,5 + 5I)^2 = 20,25 + 70I$$

Dengan menggunakan persamaan berikut maka standar deviasi dapat diperoleh dengan;

$$(a + bI)^2 = a^2 + 2abI + b^2I \quad (2.18)$$

atau

$$(a + bI)^2 = a^2 + (2ab + b^2)I \quad (2.19)$$

$$S_N = \sqrt{\frac{(12,25 + 78I) + (6,25 + 14I) + (2,25 + 18I) + (20,25 + 70I)}{4}}$$

$$S_N = \sqrt{10,25 + 45I}$$

Menghitung akar kuadrat dari suatu angka *neutrosophic* dapat dinyatakan hasilnya sebagai  $x + yI$  dengan menentukan nilai  $x$  dan  $y$ :

$$\sqrt{10,25 + 45I} = x + yI$$

$$10,25 + 45I = x^2 + (2xy + y^2)I$$

$$\begin{cases} \sqrt{10,25} = x^2 & (2.20) \\ 45 = 2xy + y^2 & (2.21) \end{cases}$$

Karena standar deviasi bernilai positif maka nilai  $x$  yang diambil yaitu:

$$x = +\sqrt{10,25} \approx 3,20$$

Setelah memperoleh nilai  $x$  maka masukan nilai  $x$  tersebut ke persamaan (2.21):

$$45 = 2(3,20)y + y^2$$

$$y^2 + 6,4y - 45 = 0$$

Kemudian digunakan rumus persamaan kuadrat untuk memperoleh nilai  $y$ :

$$y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (2.22)$$

Diperoleh nilai  $y$  sebagai berikut dengan menggunakan persamaan (2.22)

$$y = \frac{-6,4 + \sqrt{6,4^2 - 4(1)(-45)}}{2(1)} \approx 0,64$$

Oleh karena itu, standar deviasi dari empat nilai *neutrosophic* tersebut yaitu:

$$S_N = 3,20 + 0,64I$$

## 2.5 Peta Kendali $\bar{X} S$ Neutrosophic

Suatu proses dikatakan berada dalam kendali (*in control*) ketika  $LCL_N < \bar{X}_N < UCL_N$  dan jika tidak memenuhi syarat tersebut dikatakan proses berada diluar kendali (*Out Of Control*). Pada peta kendali *neutrosophic* terdapat 2 batas pengendali yaitu *Lower Control Limit Neutrosophic* ( $LCL_N$ ) dan *Upper Control Limit Neutrosophic* ( $UCL_N$ ). Kedua batas pengendali tersebut dapat dinyatakan dengan:

$$UCL_N = \bar{X}_N + k_N \left( \frac{\bar{S}_N}{C_4 \sqrt{n_N}} \right) \quad (2.23)$$

$$LCL_N = \bar{X}_N - k_N \left( \frac{\bar{S}_N}{C_4 \sqrt{n_N}} \right) \quad (2.24)$$

dengan,

$UCL_N$  : *Upper Control Limit Neutrosophic*

$LCL_N$  : *Lower Control Limit Neutrosophic*

$\bar{X}_N$  : Rata – Rata *neutrosophic* dari setiap subgroup pengamatan

$k_N$  : koefisien grafik control *neutrosophic*

$\bar{S}_N$  : Simpangan baku *neutrosophic* setiap subgroup pengamatan

$C_4$  : faktor yang digunakan dalam hubungan penarikan sampel

$n_N$  : Jumlah sampel *neutrosophic*

## 2.6 Peta Kendali *Classic*

Pada pendekatan statistic klasik, proses tetap menggunakan nilai titik tetap karena data berada dalam bentuk interval. Oleh karena itu, digunakan rumus rata-rata untuk mengubah data dengan nilai titik interval menjadi nilai titik tetap, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$X_i = \frac{X_L + X_U}{2} \quad (2.25)$$

Nilai  $X_i$  merupakan nilai interval dengan nilai  $X_L$  merupakan nilai bawah dan  $X_U$  sebagai nilai atas. Setelah mengubah data interval kedalam bentuk data

klasik maka di plotkan data tersebut ke dalam peta kendali klasik  $\bar{X}$  peta kendali  $\bar{X}$  batas pengendalinya yaitu:

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S} \quad (2.26)$$

$$CL = \bar{\bar{X}} \quad (2.27)$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S} \quad (2.28)$$

### 2.7 Average Run Length

ARL adalah jumlah rata-rata titik yang harus digambar sebelum suatu titik menunjukkan kondisi di luar control (Montgomery, 2008). ARL berfungsi untuk membandingkan kinerja berbagai peta kendali dan memungkinkan untuk menemukan parameter yang optimal. ARL terbagi menjadi 2 yaitu (ARL *in control*) dan ARL *out of control*) dengan rumus sebagai berikut:

$$ARL_0 = \frac{1}{P(\text{tolak } H_0 | H_0 \text{ benar})} = \frac{1}{\alpha} \quad (2.29)$$

$$ARL_1 = \frac{1}{P(\text{terima } H_0 | H_0 \text{ benar})} = \frac{1}{1 - \beta} \quad (2.30)$$

$H_0$  merupakan proses dalam kondisi terkendali (*in control*) dengan nilai  $\alpha$  merupakan probabilitas kesalahan tipe I, yaitu menyatakan proses dalam keadaan tidak terkendali (*out of control*) namun kenyataannya proses dalam keadaan terkendali (*in control*). Sedangkan  $\beta$  adalah probabilitas kesalahan tipe II, yaitu menyatakan proses dalam keadaan terkendali (*in control*) padahal proses dalam keadaan tidak terkendali (*out of control*). Maka  $ARL_0$  merupakan banyaknya titik sampel yang digambarkan sebelum satu titik menunjukkan keadaan tidak terkendali (*out of control*) pada saat proses dalam kondisi terkendali (*in control*). Sedangkan  $ARL_1$  dapat diartikan sebagai rata-rata titik pengamatan yang diplot sampai ditemukannya pengamatan yang tidak terkendali (*out of control*) pada saat proses dalam keadaan tidak terkendali (*out of control*).

### 2.8 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 (Makokha & Shisanya, 2010). Salah satu konsekuensi dari masalah ini adalah kenaikan suhu permukaan lingkungan perkotaan secara konsisten (Figuerola & Mazzeo, 1998). 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 (Zannah & Sudarti, 2022). 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 (Malino dkk., 2021).