



TUGAS AKHIR - KS184822

**PENGENDALIAN KUALITAS GARAM KONSUMSI
BERYODIUM DI PT GARAM (PERSERO)
MENGUNAKAN DIAGRAM *MAXIMUM
MULTIVARIATE EXPONENTIAL WEIGHTED
MOVING AVERAGE (MAX-MEWMA)***

**WILDY FACHRIZAL
NRP 062116 4000 0059**

**Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Mashuri, M.T.**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**



TUGAS AKHIR - KS184822

**PENGENDALIAN KUALITAS GARAM KONSUMSI
BERYODIUM DI PT GARAM (PERSERO)
MENGUNAKAN DIAGRAM *MAXIMUM
MULTIVARIATE EXPONENTIAL WEIGHTED
MOVING AVERAGE (MAX-MEWMA)***

**WILDY FACHRIZAL
NRP 062116 4000 0059**

**Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Mashuri, M.T.**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - KS184822

**SALT QUALITY CONTROL OF IODIZED
CONSUMPTION IN PT GARAM (PERSERO)
USING MAXIMUM MULTIVARIATE
EXPONENTIAL WEIGHTED MOVING AVERAGE
(MAX-MEWMA)**

**WILDY FACHRIZAL
SN 062116 4000 0059**

**Supervisor
Dr. Muhammad Mashuri, M.T.**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALYTICS
INSTITUTE TECHNOLOGY OF SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

PENGENDALIAN KUALITAS GARAM KONSUMSI BERYODIUM DI PT GARAM (PERSERO) MENGUNAKAN DIAGRAM KENDALI *MAXIMUM MULTIVARIATE EXPONENTIAL WEIGHTED MOVING AVERAGE (MAX-MEWMA)*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Statistika
pada

Program Studi Sarjana Departemen Statistika
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Wildy Fachrizal

NRP. 062116 4000 0059

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Muhammad Mashuri, M.T.

NIP. 19620408 198701 1 001

(*Mashuri*)



Mengetahui,
Kepala Departemen Statistika

Drs. Dra. Kartika Fithriasari, M.Si.

NIP. 19691212 199303 2 002

SURABAYA, AGUSTUS 2020

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENGENDALIAN KUALITAS GARAM KONSUMSI
BERYODIUM DI PT GARAM (PERSERO)
MENGUNAKAN DIAGRAM *MAXIMUM
MULTIVARIATE EXPONENTIAL WEIGHTED MOVING
AVERAGE (MAX-MEWMA)***

Nama Mahasiswa : Wildy Fachrizal
NRP : 062116 4000 0059
Departemen : Statistika
Dosen Pembimbing : Dr. Muhammad Mashuri, M.T.

Abstrak

PT Garam (Persero) merupakan satu-satunya perusahaan yang berada di bawah naungan BUMN dalam memproduksi, mendistribusikan dan memasarkan garam. Salah satu produk yang dihasilkan adalah garam konsumsi beryodium dimana dalam produksinya dilakukan pengujian dan pengamatan secara rutin, namun metode yang dilakukan belum terlalu mendalam dan hanya dilakukan berdasarkan kebutuhan saja. Akan dilakukan penelitian secara statistik untuk menjawab permasalahan tersebut dengan menggunakan 3 variabel utama dalam mempengaruhi kualitas garam yaitu kadar air (H_2O), kadar garam ($NaCl$) dan kadar Iodium sebagai Kalium Iodat (KIO_3) menggunakan diagram kendali Max-MEWMA. Pada periode produksi tahun 2019, dengan batas kendali atas 3,1119 diketahui fase satu telah terkendali secara statistik pada iterasi ke-3, pada fase dua juga telah terkendali secara statistik. Pada periode produksi tahun 2020, dengan batas kendali atas 3,14081 fase satu proses telah terkendali secara statistik pada iterasi ke-2, sedangkan pada fase dua proses belum terkendali secara statistik. Deteksi variabel penyebab out of control didapatkan bahwa pada periode produksi tahun 2019 variabel kadar air (H_2O) memiliki kontribusi terbesar pada proses out of control. Sedangkan pada periode produksi tahun 2020 variabel kadar garam ($NaCl$) memiliki kontribusi terbesar penyebab out of control. Hal ini diperkuat oleh 6 faktor penyebab terjadinya out of control yaitu man, methods, material, measurement, machine, dan environment. Sedangkan pada uji kapabilitas proses, untuk kedua periode produksi telah presisi namun belum akurat sehingga disimpulkan bahwa proses produksi masih belum kapabel.

Kata Kunci : Analisis Kapabilitas, Diagram Kendali, Garam Konsumsi Beryodium, Max-MEWMA.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

SALT QUALITY CONTROL OF IODIZED CONSUMPTION IN PT GARAM (PERSERO) USING MAXIMUM MULTIVARIATE EXPONENTIAL WEIGHTED MOVING AVERAGE (MAX-MEWMA)

Name : Wildy Fachrizal
Student Number : 062116 4000 0059
Department : Statistics
Supervisor : Dr. Muhammad Mashuri, M.T.

Abstract

PT Garam (Persero) is the only company that is under the auspices of BUMN in producing, distributing and marketing salt. One of the products produced is iodized consumption salt in which production is routinely tested and observed, but the method is not very deep and only done based on the needs. Statistical research will be conducted to answer the problem using 3 main variables in affecting the quality of salt, water content (H₂O), salt content (NaCl) and Iodine levels as potassium Iodate (KIO₃) using the control chart Max-MEWMA. In production period in 2019, with a control limit of 3.1119 known phase one has been statistically controlled in the 3th iteration, in phase Two has also been statistically controlled. In the production period of 2020, with a control limit of the 3.14081 phase one process was statistically controlled in the 2nd iteration, while in phase two of the process had not been statistically controlled. Detection of the cause of out-of-control variables gained that in the production period of 2019 years the Water content variable (H₂O) has the largest contribution to the out-of-control process. While in the production period of the year 2020 variable Salt levels (NaCl) has the biggest contribution to the cause of out of control. This is reinforced by 6 factors causing out of control of man, methods, material, measurement, machine, and environment. While in test the process capability, for both production period has been preside but not yet accurate so it was concluded that the production process is still not capable.

Keywords : *Capability Analysis, Control Chart, Iodized Salt, Max-MEWMA.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, karunia serta pertolongan-Nya yang tak pernah henti diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“Pengendalian Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Di PT Garam (Persero) Menggunakan Diagram *Maximum Multivariate Exponential Weighted Moving Average (Max-MEWMA)*”** dengan baik, lancar, dan tepat waktu.

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan bukan tanpabantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Muhammad Mashuri, M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu dan dengan sangat sabar memberikan bimbingan, saran, dukungan serta motivasi selama penyusunan Tugas Akhir.
2. Dr. Drs. Agus Suharsono, M.S. dan Wibawati, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji yang telah banyak memberi masukan kepada penulis.
3. Dr. Dra. Kartika Fithriasari, M.Si. selaku kepala Departemen Statistika ITS.
4. Dr. Santi Wulan Purnami, S.Si., M.Si. selaku Sekertaris Departemen I Statistika ITS yang telah memberikan fasilitas, sarana, dan prasarana.
5. Prof. Dr. Drs. I Nyoman Budiantara, M.Si. selaku dosen wali yang telah banyak memberikan saran dan arahan dalam proses belajar di Departemen Statistika.
6. Kedua orang tua, atas segala do'a, nasehat, kasih sayang, dan dukungan yang diberikan kepada penulis demi kesuksesan dan kebahagiaan penulis.
7. Sahabat-sahabat penulis, Moch. Jefry Nudin, Amelia Kurnia Salwa, Erika Adhistry, Niam Zuhdi Yulianto, Marita Qurratul Nadiyah, Marham Baihaqi dan Asva Abadilah Rouhan yang selama ini telah membantu, mendukung, dan mendengarkan keluh kesah penulis selama masa perkuliahan berlangsung.

8. Kakak angkatan, Tb. Elgi Syahputra dan Imam Rais Afandy yang sangat membantu dalam proses transfer ilmu Tugas Akhir ini.
9. Teman-teman Statistika ITS angkatan 2016, Trigger, yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama ini.
10. Teman-teman HIMASTA-ITS 2018/2019 dan FORKAMP 2017/2018, yang selama perkuliahan ini memberikan banyak pengalaman dan pembelajaran, serta mendukung penulis dalam mengembangkan *softskill*.
11. Semua pihak yang turut membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Besar harapan penulis untuk mendapatkan kritik dan saran yang membangun sehingga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang terkait.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan.....	7
1.4 Manfaat.....	7
1.5 Batasan Masalah.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Uji Dependensi Antar Variabel	9
2.2 Uji Distribusi Normal Multivariat	9
2.3 Pengendalian Kualitas	10
2.4 Diagram Kendali <i>Maximum Multivariate</i> <i>Exponential Weighted Moving Average (Max-</i> <i>MEWMA)</i>	11
2.5 Diagram <i>Ishikawa</i>	14
2.6 Kapabilitas Proses	15
2.7 Garam	18
2.8 Profil PT Garam (Persero)	18
2.9 Proses Produksi Garam Konsumsi Beryodium	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Sumber Data	23
3.2 Variabel Penelitian	23
3.3 Struktur Data.....	24
3.4 Langkah Analisis.....	25
3.5 Diagram Alir	28

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Karakteristik Kualitas Garam Konsumsi Beryodium	29
4.2 Pemeriksaan Dependensi Antar Variabel	33
4.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat	34
4.4 Diagram Kendali <i>Maximum Multivariate</i> <i>Exponential Weighted Moving Average (Max-</i> <i>MEWMA)</i>	35
4.4.1 Penentuan Interval Keputusan (h)	35
4.4.2 Pengendalian Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Fase I Periode 2019.....	37
4.4.3 Pengendalian Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Fase II Periode 2019	43
4.4.4 Pengendalian Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Fase I Periode 2020.....	44
4.4.5 Pengendalian Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Fase II Periode 2020	48
4.5 Identifikasi <i>Out of control</i>	49
4.5.1 Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of control</i>	49
4.5.2 Identifikasi Penyebab <i>Out of control</i> menggunakan Diagram <i>Ishikawa</i>	56
4.6 Analisis Kapabilitas Proses Kualitas Garam Konsumsi Beryodium.....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN.....	68
BIODATA PENULIS.....	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram <i>Ishikawa</i>	15
Gambar 2.2	Logo PT Garam (Persero)	19
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 4.1	Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2019.....	40
Gambar 4.2	Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2019 (1)	41
Gambar 4.3	Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2019 (2)	42
Gambar 4.4	Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2019 (3)	43
Gambar 4.5	Diagram Kendali Max-MEWMA Fase II Periode 2019.....	44
Gambar 4.6	Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2020.....	45
Gambar 4.7	Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2020 (1)	46
Gambar 4.8	Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2020 (2)	47
Gambar 4.9	Diagram Kendali Max-MEWMA Fase II Periode 2020.....	48
Gambar 4.10	Identifikasi <i>Out of control</i> Kadar Air dan Kadar Garam Periode 2019.....	50
Gambar 4.11	Identifikasi <i>Out of control</i> Kadar Air dan Kadar Garam Periode 2020.....	51
Gambar 4.12	Identifikasi <i>Out of Control</i> Kadar Air dan Kadar Iodium Periode 2019.....	52
Gambar 4.13	Identifikasi <i>Out of control</i> Kadar Air dan Kadar Iodium Periode 2020	53
Gambar 4.14	Identifikasi <i>Out of control</i> Kadar Garam dan Kadar Iodium Periode 2019.....	54
Gambar 4.15	Identifikasi <i>Out of control</i> Kadar Garam dan Kadar Iodium Periode 2020.....	55

Gambar 4.16 Diagram *Ishikawa* Proses Produksi Garam
Konsumsi Beryodium 57

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Variabel Penelitian.....	24
Tabel 3.2	Struktur Data	25
Tabel 4.1	Karakteristik Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Periode Produksi Tahun 2019 Fase I	30
Tabel 4.2	Karakteristik Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Periode Produksi Tahun 2019 Fase II	30
Tabel 4.3	Karakteristik Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Periode Produksi Tahun 2020 Fase I	31
Tabel 4.4	Karakteristik Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Periode Produksi Tahun 2020 Fase II	32
Tabel 4.5	Hasil Uji KMO dan Bartlett Periode 2019	33
Tabel 4.6	Hasil Uji KMO dan Bartlett Periode 2020.....	34
Tabel 4.7	<i>Shapiro-Wilk Normality Test</i> Periode 2019	34
Tabel 4.8	<i>Shapiro-Wilk Normality Test</i> Periode 2020	34
Tabel 4.9	Hasil ARL Menggunakan Simulasi Periode 2019 ...	36
Tabel 4.10	Hasil ARL Menggunakan Simulasi Periode 2020 ..	37
Tabel 4.11	Identifikasi Distribusi Variabel Penelitian	59
Tabel 4.12	Kapabilitas Proses Secara Univariat Periode 2019.	60
Tabel 4.13	Kapabilitas Proses Secara Univariat Periode 2020.	61

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data Penelitian Periode Produksi Tahun 2019 ..	69
Lampiran 2.	Data Penelitian Periode Produksi Tahun 2020 ..	70
Lampiran 3.	Perhitungan Mi Periode Produksi 2019 Fase I ..	71
Lampiran 4.	Perhitungan Mi Periode Produksi 2019 Fase I Perbaikan 1	72
Lampiran 5.	Perhitungan Mi Periode Produksi 2019 Fase I Perbaikan 2	72
Lampiran 6.	Perhitungan Mi Periode Produksi 2019 Fase I Perbaikan 3	73
Lampiran 7.	Perhitungan Mi Periode Produksi 2019 Fase II.	74
Lampiran 8.	Perhitungan Mi Periode Produksi 2020 Fase I..	74
Lampiran 9.	Perhitungan Mi Periode Produksi 2020 Fase I Perbaikan 1	75
Lampiran 10.	Perhitungan Mi Periode Produksi 2020 Fase I Perbaikan 2	76
Lampiran 11.	Perhitungan Mi Periode Produksi 2020 Fase II..	76
Lampiran 12.	Pengujian Asumsi Diagram Kendali	77
Lampiran 13.	Syntax R Pembuatan plot Diagram Kendali.....	78
Lampiran 14.	Simulasi Perhitungan Batas Kendali Atas.....	78
Lampiran 15.	Perhitungan Mi Kadar Air dan Kadara Garam..	79
Lampiran 16.	Perhitungan Mi Kadar Air dan Kadar Iodium ...	80
Lampiran 17.	Perhitungan Mi Kadar Air dan Kadar Iodium (lanjutan).....	81
Lampiran 18.	Perhitungan Mi Kadar Air dan Kadar Iodium (lanjutan).....	82
Lampiran 19.	Perhitungan Mi Kadar Garam dan Kadar Iodium.....	82
Lampiran 20.	Perhitungan Mi Kadar Garam dan Kadar Iodium (lanjutan).....	83
Lampiran 21.	<i>Output</i> Minitab Kapabilitas Proses	84
Lampiran 22.	Surat Keterangan Publikasi Data.....	87

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor industri adalah salah satu sektor yang berkembang di Indonesia pada beberapa tahun terakhir. Berdasarkan data BPS, diketahui jumlah industri di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya, hingga pada tahun 2019 Indonesia memiliki kurang lebih 33.923 perusahaan di bidang Industri (BPS, 2019). Menurut data terbaru dari BPS, pada tahun 2019 terdapat tiga sektor yang berkontribusi besar terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia pada kuartal pertama 2019 salah satunya adalah sektor industri dengan kontribusi paling besar yaitu 20,07%. Dalam dunia industri, hal utama yang sangat diperhatikan untuk bersaing adalah kualitas atau mutu produk dan produktivitas industri itu sendiri. Kemampuan perusahaan industri untuk menghasilkan produk barang atau jasa yang bermutu tinggi adalah kunci untuk dapat bersaing dan memiliki prospek keberhasilan perusahaan dalam jangka panjang. Kualitas dapat diartikan sebagai keseluruhan sifat produk atau pelayanan yang berpengaruh pada kemampuannya untuk memberikan kepuasan kepada konsumen dalam memenuhi kebutuhan, dimana mutu dan kualitas merupakan salah satu faktor yang menentukan penilaian kepuasan konsumen (Kotler, 2005).

Kualitas sebuah produk dikatakan baik apabila di dalam produk tersebut dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan dari pelanggan yang dapat digunakan sebagai batas spesifikasi dalam penentuan kualitas produk tersebut, batas kontrol sebuah produk berupa proses yang diberikan oleh produsen terhadap konsumen sebagai pembentukan standar kualitas sebuah produk. Selain itu, kesesuaian dengan prosedur yang ada dilakukan untuk menjaga kualitas dari produk yang dihasilkan. Industri garam merupakan salah satu industri strategis yang banyak digunakan baik untuk kebutuhan konsumsi sehari-hari mengandung yodium, sebagai bahan baku kegiatan industri seperti penggunaan pada bahan pembuatan minuman isotonik, pada industri pengasinan dan pengawetan ikan, pada pengeboran minyak, katalisator pembuatan

kertas, dan masih banyak kegunaan lainnya. Indonesia termasuk salah satu negara yang memiliki garis pantai yang banyak sehingga memiliki potensi yang besar untuk industri produksi garam. Kementerian Koordinator (Kemenko) Maritim RI telah mencatat kebutuhan garam industri di Indonesia mencapai 4,4 juta ton setiap tahunnya, tapi pada saat ini produksi garam industri di Indonesia hanya 2,2 juta ton setiap tahunnya.

PT Garam (Persero) merupakan satu-satunya perusahaan yang berada di bawah naungan Badan Usaha Milik Negara dalam memproduksi, mendistribusikan dan memasarkan garam dengan memberikan mutu terbaik dengan kandungan yodium yang tinggi. Struktur organisasi PT Garam (Persero) dibagi menjadi delapan biro dan divisi, salah satu biro yang dimiliki adalah biro Penelitian dan Pengembangan yang bertugas untuk merencanakan dan menyelenggarakan kebijakan perusahaan di bidang penelitian dan pengembangan meliputi produksi dan teknik, pemasaran, umum, dan usaha guna memberi nilai tambah bagi perusahaan dengan melakukan kajian pengembangan industri garam, turunan garam, pemasaran, dan usaha lainnya. PT Garam (Persero) dalam pengadaan garam dibagi menjadi 2 macam yaitu Garam Bahan Baku dan Garam Olahan. Garam bahan baku banyak digunakan untuk kepentingan perindustrian, baik dalam skala besar atau kecil. Garam olahan yang dihasilkan oleh PT Garam bermacam-macam mulai dari garam yang dikembangkan sebagai solusi banyaknya masyarakat yang cenderung mengalami "*Over Sodium/Natrium*" yang berakibat pada hilangnya keseimbangan Sodium dan Potasium dalam tubuh seperti garam LoSoSa. Garam ini dapat memelihara kestabilan tekanan darah, menghambat pengeroposan tulang, menyerap alkohol dan kafein dalam tubuh dan mencegah serangan jantung mendadak. Contoh selanjutnya adalah garam produksi yang diproses menggunakan teknologi pengolahan yang menjamin higienitas produk dan kandungan yodium yang cukup, sehingga dapat membantu mencegah terjadinya penyakit gondok, kretin dan penurunan IQ serta menambah rasa lezat pada makanan. Untuk menjamin kualitas dan kandungan yang ada pada garam olahan tersebut, biro penelitian dan pengembangan PT Garam (Persero) melakukan pengujian dan pengamatan secara rutin

terhadap produksi garam tersebut, namun dalam penggunaan metode pada pengujian belum terlalu mendalam dan hanya dilakukan berdasarkan kebutuhan saja.

Pengendalian kualitas statistik merupakan alat statistika yang mampu mengontrol dan memonitor suatu produk atau proses produksi agar sesuai dengan ketentuan yang diberlakukan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk melakukan tindakan tersebut adalah diagram kendali. Diagram kendali merupakan salah satu metode diagram yang digunakan untuk mengetahui apakah suatu proses telah terkendali secara statistik atau tidak. Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, selama ini pada produk garam konsumsi beryodium di PT Garam (Persero) belum dilakukan pengendalian kualitas secara statistik, selain itu pengujian yang dilakukan hanya dilakukan pada data univariat yaitu pengujian pada setiap variabel pengamatan dimana hasil dari analisis kurang merepresentasikan kualitas dari garam. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pengujian statistik yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik kualitas garam yang di produksi. Penelitian ini juga dilakukan sebagai bentuk informasi dan rekomendasi pada PT Garam (Persero) untuk memaksimalkan kualitas dari garam konsumsi beryodium, maka dari itu akan dilakukan pengendalian kualitas secara statistik. Pada kasus kali ini, metode yang dapat digunakan adalah diagram kendali multivariat karena variabel yang digunakan untuk menguji karakteristik kualitas ada lebih dari satu.

Penelitian mengenai kualitas garam juga pernah dilakukan oleh Fuziati (2010) dimana pada penelitiannya dilakukan perbaikan proses produksi garam konsumsi beryodium dari sumur air garam yang menunjukkan hasil bahwa semua parameter uji telah memenuhi syarat mutu SNI 01-3556-2000 dimana garam konsumsi beryodium mengandung KIO_3 sebesar 38,05 mg/Kg tanpa melalui proses iodasi, NaCl sebesar 95,75%. Penelitian mengenai kualitas garam juga dilakukan oleh Pakaya (2015) pada mutu garam tradisional di Desa Siduwonge Kecamatan Randangan Kabupaten Pohuwato Provinsi Gorontalo yang menghasilkan bahwa dengan uji organoleptik menunjukkan garam dengan lama pengeringan 3 hari memiliki bau, rasa, dan warna yang hampir sama dengan garam pembanding, sedangkan kandungan KIO_3 dan

NaCl belum memenuhi SNI. Selanjutnya Dinnur (2020) juga melakukan penelitian tentang penerapan *Good Manufacturing Practices* (GMP) dalam produksi garam konsumsi beryodium di UKM Brondong Lamongan dengan hasil dari uji laboratorium belum memenuhi syarat SNI yaitu kadar air (H_2O) 9,02%, kadar NaCl 99,67%, dan kadar iodium 10,89 mg/Kg.

Diagram kendali memiliki berbagai macam metode. Salah satu metode yang paling efektif untuk memonitor rata-rata dan varians proses yakni diagram kendali Max-MEWMA. Diagram kendali Max-MEWMA merupakan diagram kendali hasil perkembangan dari diagram kendali MEWMA, dimana dalam penggunaannya bisa lebih efektif karena memonitor rata-rata dan varians proses secara simultan dalam satu diagram (Xie, 1999). Selain itu, pergeseran variansi pada diagram kendali Max-MEWMA bisa berpengaruh terhadap batas kontrol diagram rata-rata. Pada kondisi ini diagram simultan lebih cocok digunakan dengan struktur data subgrup. Karena pada penelitian ini data yang digunakan merupakan data subgrup, maka pemilihan diagram kendali Max-MEWMA merupakan metode yang paling cocok digunakan. Penggunaan diagram kendali multivariat ini dapat mendeteksi adanya pergeseran proses yang disebabkan penyebab-penyebab khusus sedini mungkin, sehingga dapat segera dilakukan perbaikan. Penelitian mengenai diagram kendali Max-MEWMA telah dilakukan oleh (Gasghei & Amiri, 2017) terkait perbandingan diagram kendali Max-MEWMA dan Max-CUSUM menunjukkan bahwa dalam mendeteksi pergeseran elemen varians kovarians matriks, diagram kendali Max-MEWMA lebih baik daripada diagram kendali Max-MCUSUM, dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa hasil analisis dari diagram kendali Max-MEWMA lebih memuaskan dilihat dari pergeseran kecil dan besar.

Pengendalian kualitas pada penelitian ini akan dilakukan secara statistik pada produk garam konsumsi beryodium di PT Garam (Persero) menggunakan diagram kendali. Menurut Badan Standarisasi Nasional (2010) garam yang digunakan dalam produk makanan didefinisikan sebagai pangan yang komponen utamanya yaitu natrium klorida (NaCl) dan difortifikasi oleh senyawa iodium dengan penambahan kalium iodat (KIO_3). Oleh karena itu dari 8

variabel pengukuran yang diuji secara rutin, akan digunakan 3 variabel yaitu variabel Kadar Air (H_2O), Kadar NaCl dan Kadar Iodium sebagai Kalium Iodat (KIO_3). Ketiga variabel tersebut merupakan variabel utama dimana pengamatan yang dilakukan lebih intensif daripada variabel- variabel lainnya. Kadar air suatu garam sangat penting bagi kualitas garam, karena jika kadar air pada garam melebihi ketentuan yang ada maka kualitas dari garam akan menurun. Kadar NaCl sendiri merupakan komponen utama dalam pembuatan garam konsumsi beryodium, begitu pula kadar iodium pada garam yang memiliki fungsi sangat penting. Iodium adalah unsur kimia yang sangat penting terutama pada garam konsumsi. Iodium memiliki karakteristik sangat mudah menguap dan mudah larut dalam air. Rendahnya kadar iodium pada garam, disebabkan karena penambahan iodium kurang dari jumlah yang sudah ditentukan serta berkurangnya kadar iodium yang terjadi selama penyimpanan (Giondi, Karnakar, Kapil, & Jagannathan, 1995). Berdasarkan penjelasan sebelumnya kadar iodium pada garam merupakan salah satu variabel utama dalam menguji kualitas garam yang akan dipasarkan.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis untuk periode produksi tahun 2019 dan tahun 2020. Analisis dilakukan untuk setiap periode waktu produksi disebabkan pada bulan Januari tahun 2020 terjadi *maintenance* pada alat yang digunakan dalam proses produksi garam konsumsi beryodium yang memungkinkan terjadinya perbedaan yang cukup signifikan pada proses produksi yang dilakukan oleh perusahaan. Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah diagram kendali Max-MEWMA karena struktur data yang digunakan berupa subgrup dan menggunakan tiga variabel kriteria kualitas produk. Selain itu pada proses produksi yang terjadi di PT Garam (Persero) sering terjadi *over* dan *low capacity* pada kandungan senyawa yang dicampurkan sehingga memungkinkan terjadinya pergeseran proses baik dari *means* maupun *varians*. Diagram kendali Max-MEWMA lebih sensitif dalam mendeteksi adanya pergeseran proses kecil secara multivariat, sehingga nantinya dapat diketahui apakah produksi garam konsumsi beryodium mengalami pergeseran proses atau tidak yang nantinya dapat digunakan sebagai bentuk evaluasi untuk

menghasilkan produksi garam konsumsi beryodium yang stabil dan berkualitas sesuai spesifikasi yang telah ditentukan. Apabila terjadi pergeseran proses produksi, perlu juga dilakukan analisis menggunakan diagram *ishikawa* untuk mengetahui lebih jelas apa saja faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya pergeseran proses.

Analisis kapabilitas proses dilakukan setelah analisis kondisi *out of control* sudah teratasi atau sudah berada di dalam batas kendali yang sudah didapatkan. Analisis kapabilitas proses dilakukan untuk mengukur kemampuan proses produksi garam konsumsi beryodium dalam menghasilkan produk yang memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan (Montgomery, 2013). Hasil dari analisis kapabilitas proses ini juga bertujuan untuk mencegah terjadinya produk cacat atau produk di luar spesifikasi lebih banyak untuk kedepannya. Hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi variabilitas dalam proses manufaktur. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai *continuous improvement* pada PT Garam (Persero) sebagai pertimbangan dalam pengambilan keputusan dalam proses produksi maupun pengendalian kualitas yang dilakukan oleh perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dalam penelitian ini. Permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengendalian kualitas secara statistik produk garam konsumsi beryodium di PT Garam (Persero) menggunakan diagram kendali *Maximum Multivariate Exponential Weighted Moving Average* (Max-MEWMA) pada periode produksi tahun 2019 dan tahun 2020?
2. Bagaimana analisis penyebab terjadinya masalah kecacatan pada proses produksi garam konsumsi beryodium di PT Garam (Persero) pada periode produksi tahun 2019 dan tahun 2020?
3. Bagaimana analisis kapabilitas proses pada proses produksi garam konsumsi beryodium di PT Garam pada periode produksi tahun 2019 dan tahun 2020?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendeteksi kestabilan proses produksi garam konsumsi beryodium melalui monitoring rata-rata dan variansi pada karakteristik kualitas garam konsumsi beryodium periode produksi tahun 2019 dan tahun 2020 secara multivariat.
2. Menganalisa masalah dan faktor-faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya kecacatan pada proses produksi garam konsumsi beryodium selama periode produksi tahun 2019 dan tahun 2020 di PT Garam (Persero).
3. Mengetahui kestabilan proses produksi dari hasil analisis menggunakan uji kapabilitas pada proses produksi garam konsumsi beryodium di PT Garam (Persero).

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi untuk PT Garam (Persero) dalam mengontrol kualitas garam konsumsi beryodium dan dapat memahami metode statistika yang digunakan dalam melakukan pengawasan terhadap produksi garam. Pengendalian kualitas proses secara statistik dapat mendeteksi pergeseran proses, yang selanjutnya diharapkan dapat digunakan sebagai *continuous improvement* pada PT Garam (Persero).

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan didalam penelitian ini adalah salah satu produk di PT Garam (Persero) yaitu garam konsumsi beryodium yang diproduksi selama 2 periode. Periode produksi tahun 2019 yaitu data dari bulan Mei sampai Desember 2019 dan periode produksi tahun 2020 yaitu data dari bulan Januari hingga April 2020. Variabel pada penelitian ini adalah variabel yang digunakan sebagai tolok ukur utama dalam penentuan kualitas garam konsumsi beryodium yaitu kadar air (H_2O), kadar garam ($NaCl$), dan kadar iodium (KIO_3).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai pengendalian kualitas, diagram kendali *Maximum Multivariate Exponential Weighted Moving Average* (Max-MEWMA), diagram *ishikawa*, kapabilitas proses, garam, serta proses pembuatannya.

2.1 Uji Dependensi Antar Variabel

Metode *Bartlett* akan digunakan untuk menguji korelasi antar variabel karakteristik kualitas produk. Uji *Bartlett Sphericity* merupakan pengujian yang digunakan untuk mengetahui apakah matrik korelasi sama dengan matrik identitas, serta untuk mengetahui apakah terdapat hubungan (korelasi) antar variabel. Hipotesis dan statistik uji dari pengujian korelasi yang digunakan adalah sebagai berikut (Morrison, 2013).

$H_0: \boldsymbol{\rho} = \mathbf{I}$ (tidak ada korelasi antar karakteristik kualitas)

$H_1: \boldsymbol{\rho} \neq \mathbf{I}$ (terdapat korelasi antar karakteristik kualitas)

Statistik uji:

$$\chi^2 = - \left(n - 1 - \frac{2p+5}{6} \right) \ln |\mathbf{R}|, \quad (2.1)$$

dengan:

n : jumlah observasi ($i = 1, 2, \dots, n$)

p : jumlah karakteristik kualitas ($k = 1, 2, \dots, p$)

\mathbf{R} : matriks korelasi dari masing–masing karakteristik

$|\mathbf{R}|$: determinan matriks korelasi

Dari hipotesis dan statistik uji diatas, dapat diketahui bahwa daerah penolakan H_0 yaitu apabila nilai $\chi^2 \geq \chi^2_{(\alpha, \frac{1}{2}p(p-1))}$ pada taraf

signifikan α atau $p - value < \alpha$ sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan antar variabel

2.2 Uji Distribusi Normal Multivariat

Pengujian normal multivariat dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil pengamatan mengikuti distriubusi normal atau tidak. Suatu pengamatan X_1, X_2, \dots, X_n berdistribusi normal multivariat dengan parameter $\boldsymbol{\mu}$ dan $\boldsymbol{\Sigma}$ jika memiliki fungsi densitas sebagai berikut (Razali & Wah, 2011).

$$f(X) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2} (X-\mu)^T \Sigma^{-1} (X-\mu)}. \quad (2.2)$$

Pengujian distribusi normal multivariat dilakukan dengan pengujian *Saphiro-Wilks* menggunakan hipotesis sebagai berikut (Alva & Estrada, 2009).

H_0 : data berdistribusi normal multivariat

H_1 : data tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik uji:

$$W^* = \frac{1}{D} [\sum_{i=1}^n a_i \bar{X}_i - X_i]^2, \quad (2.3)$$

dimana D memiliki fungsi sebagai berikut.

$$D = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2, \quad (2.4)$$

dengan a_i adalah koefisien *Saphiro-Wilk*. Variabel-variabel dikatakan mengikuti pola distribusi normal multivariat jika nilai statistik uji mendekati 1, sebaliknya jika nilai statistik uji kecil atau jauh dari 1 maka dikatakan tidak mengikuti distribusi normal multivariat. Selain itu data dapat dikatakan berdistribusi normal multivariat jika $p - value > \alpha$ pada tingkat signifikansi α .

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas proses merupakan alat penyelesaian sebuah masalah untuk mencapai proses yang stabil serta mampu mengurangi variabilitas (Montgomery, 2013). *Statistical Process Control* (SPC) digunakan untuk menggambarkan variabilitas yang dapat dikendalikan (Iriawan, 2006). Salah satu alat SPC adalah

Diagram kendali (*control chart*). Diagram kendali merupakan metode statistik yang bertujuan untuk membedakan adanya variasi atau penyimpangan karena adanya sebab umum dan sebab khusus.

Diagram kendali terdiri dari tiga bagian yaitu batas kendali atas (*upper center line*), garis tengah (*center line*), dan batas kendali bawah (*lower center line*). Proses dikatakan dalam keadaan terkendali jika titik pengamatan terletak diantara batas kendali atas dan batas kendali bawah, sebaliknya jika titik-titik pengamatan berada di luar batas kendali maka proses dikatakan tidak terkendali (Montgomery, 2013). Berdasarkan karakteristik kualitas, Diagram

kendali dibedakan menjadi dua macam yaitu diagram kendali atribut dan diagram kendali variabel.

Diagram kendali variabel adalah diagram kendali yang digunakan untuk mengukur *mean* dan variabilitas proses dari suatu karakteristik kualitas, seperti dimensi, berat, atau volume. Diagram kendali variabel dibagi menjadi diagram kendali univariat dan diagram kendali multivariat. Diagram kendali univariat digunakan apabila hanya terdapat satu karakteristik kualitas, sedangkan diagram kendali multivariat digunakan apabila terdapat dua atau lebih karakteristik kualitas (Heizer & Render, 2011). Salah satu diagram kendali multivariat yang digunakan untuk mengendalikan rata-rata dan varians suatu proses adalah MEWMA (Montgomery, 2013).

Pengendalian kualitas menggunakan diagram kendali biasanya dilakukan dengan menggunakan dua fase. Fase pertama digunakan untuk mengumpulkan informasi hasil pengamatan ketika proses berlangsung dalam keadaan normal. Pada fase ini nilai batas kendali atas maupun batas kendali bawah dihasilkan dari data pengamatan. Ketika terdapat pengamatan yang mengalami *out of control* maka perlu dicari penyebabnya, kemudian dihapus dan dilakukan perhitungan kembali. Pada fase kedua dilakukan pengawasan menggunakan hasil perhitungan pada batas kendali fase satu yang sudah berada pada keadaan *in control* (Montgomery, 2013).

2.4 Diagram Kendali *Maximum Multivariate Exponential Weighted Moving Average* (Max-MEWMA)

Metode ini merupakan pengembangan metode MEWMA dimana analisis dilakukan dengan memonitor rata-rata dan varians dari sebuah proses. Dalam metode ini, asumsi dari sebuah proses dengan karakteristik kualitas p dilambangkan dengan X , dengan $X \sim N_p(\mu, \Sigma)$ dan X_{i1}, \dots, X_{in} , dengan $i = 1, 2, \dots, n$ adalah sampel ke- i untuk ukuran sampel n yang dibuat dari proses. Misalkan μ_0 dan Σ_0 menjadi vektor rata-rata dan matriks kovarians yang diinginkan masing-masing. Asumsikan bahwa vektor acak X_{ij} tidak saling tergantung satu sama lain, baik dalam sampel dan diantara sampel.

Pertama untuk menganalisis vektor rata-rata proses. Diketahui $\bar{\mathbf{X}} = n^{-1} \sum_{j=1}^n X_{ij}$ menjadi vektor rata-rata sampel per subgroup. Sehingga nilai statistik Z_i pada diagram kendali Max-MEWMA didefinisikan sebagai berikut.

$$\mathbf{Z}_i = (1 - \lambda)\mathbf{Z}_{i-1} + \lambda(\bar{\mathbf{X}} - \boldsymbol{\mu}_0), \quad (2.5)$$

dengan \mathbf{Z}_0 adalah titik awal dan $\boldsymbol{\mu}_0$ adalah vektor rata-rata sampel total. λ adalah nilai pembobot parameter yang bernilai $0 \leq \lambda \leq 1$. Ketika nilai $\mu = \mu_0$ maka nilai titik awal $Z_0 = 0$ sehingga didapatkan nilai

$$E(\mathbf{Z}_i) = 0$$

dan

$$Cov(\mathbf{Z}_i) = \frac{\lambda[1 - (1 - \lambda)^{2i}]}{n(2 - \lambda)} \Sigma,$$

karena itu,

$$\mathbf{Z}_i \sim N_k(\boldsymbol{\mu} - \boldsymbol{\mu}_0, Cov(\mathbf{Z}_i))$$

dan

$$T_i = \frac{n(2-\lambda)}{\lambda[1-(1-\lambda)^{2i}]} \mathbf{Z}_i^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{Z}_i \sim \chi_{k, \delta^2}^2, \quad (2.6)$$

dengan $Cov(\cdot)$ adalah fungsi kovarians dari sebuah distribusi multivariat, $\boldsymbol{\Sigma}^{-1}$ adalah invers dari $\boldsymbol{\Sigma}$, selanjutnya k dan δ^2 masing-masing merupakan derajat kebebasan dan parameter *non centrality* dari distribusi *chi-square* dengan nilai $\delta^2 = \left\{ \frac{n(2-\lambda)}{\lambda[1-(1-\lambda)^{2i}]} \right\} (\boldsymbol{\mu} - \boldsymbol{\mu}_0)^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} (\boldsymbol{\mu} - \boldsymbol{\mu}_0)$.

Statistik diagram kendali Max-MEWMA untuk memantau proses vektor rata-rata didefinisi sebagai berikut.

$$U_i = \phi^{-1} \left[H_k \left\{ \frac{n(2-\lambda)}{\lambda[1-(1-\lambda)^{2i}]} \mathbf{Z}_i^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} \mathbf{Z}_i \right\} \right], \quad (2.7)$$

dengan $H_k(\cdot)$ adalah fungsi distribusi *chi-square* dengan k adalah derajat kebebasan. $\phi(\cdot)$ adalah fungsi distribusi normal standar dan

ϕ^{-1} adalah invers dari $\phi(\cdot)$. Untuk memonitor diagram kendali Max-MEWMA pada proses variabilitas, didefinisikan sebagai berikut.

$$W_i = \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i) \sum_0^{-1} (X_{ij} - \bar{X}_i), \quad (2.8)$$

dimana $W_i \sim X^2_{k, n-1}$ ketika $\sum = \sum_0$. Nilai statistik Y_i pada diagram kendali Max-MEWMA didefinisikan sebagai berikut.

$$Y_i = (1 - \lambda)Y_{i-1} + \lambda\phi^{-1}\{H_{k, (n-1)}(W_i)\}, \quad (2.9)$$

dengan Y_0 adalah titik awal dan λ adalah *smoothing* parameter yang bernilai $0 \leq \lambda \leq 1$. Ketika variabilitas proses terkendali ($\sum = \sum_0$) dan $Y_0 = 0$, Maka sebagai berikut.

$$E(Y_i) = 0$$

dan

$$Var(Y_i) = \frac{\lambda[1-(1-\lambda)^{2i}]}{2-\lambda}. \quad (2.10)$$

Sebuah statistik diagram kendali Max-MEWMA untuk memantau proses variabilitas didefinisikan sebagai berikut.

$$V_i = \sqrt{\frac{2-\lambda}{\lambda[1-(1-\lambda)^{2i}]}} Y_i. \quad (2.11)$$

Diketahui bahwa statistik uji U_i dan V_i masing-masing bersifat independent. Ketika $\mu = \mu_0$, $\sum = \sum_0$, $Z_0 = 0$, dan $Y_0 = 0$, maka kedua U_i dan V_i mengikuti distribusi normal standar. Sehingga berdasarkan U_i dan V_i , statistik baru untuk multivariat *single chart* akan didefinisikan sebagai berikut.

$$M_i = \max \{|U_i|, |V_i|\}. \quad (2.12)$$

Karena M_i adalah maksimum U_i dan V_i , yaitu berdasarkan nilai absolut dari dua Statistik uji *Multivariate Exponential Weighted Moving Average* (MEWMA). Maka hal itu wajar untuk menyebutkan diagram baru yaitu diagram Max-MEWMA (Chen, Cheng, & Xie, 2005). Berdasarkan statistik uji U_i dan V_i akan mengikuti distribusi normal standar maka sesuai dengan referensi

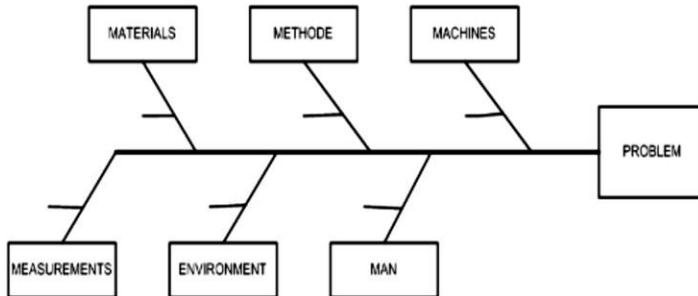
Montgomery (2013) bahwa MEWMA *robust* terhadap asumsi distribusi normal. Nilai besar M_i untuk diagram Max-MEWMA menunjukkan bahwa proses vektor rata-rata dan/atau matriks kovarians telah bergeser dari μ_0 atau Σ_0 . Di sisi lain, nilai minimum dari M_i adalah *non-negative*, keadaan awal dari diagram kendali Max-MEWMA hanya didasarkan pada bagian atas batas kendali (h). Jika $M_i > h$, maka proses berada di luar batas kendali dimana nilai $h > 0$ dipilih untuk mencapai nilai ARL tertentu sebagai batas kendali atas dari diagram kendali ini.

Penentuan batas kendali atas didapatkan melalui pendekatan dengan kriteria nilai *Average Run Length* (ARL). ARL merupakan rata-rata jumlah titik yang harus diplotkan hingga didapatkan titik *out of control* pertama (Montgomery, 2013). ARL untuk diagram kendali multivariat bisa sangat rumit jika perubahan matriks kovarians proses diperhatikan. Bahkan untuk diagram $|S|$ yang banyak digunakan, tampak tidak ada yang mengevaluasi kinerja ARL yang dihasilkan dari struktur kompleks dari matriks kovarians proses. Penggunaan ARL untuk diagram Max-MEWMA diberikan sehubungan dengan nilai μ , k , n yang berbeda. Pergeseran dalam proses rata-rata vektor dan perubahan dalam proses matriks kovarians. Untuk diagram Max-MEWMA tidak ada cara langsung untuk menghitung ARL sehingga untuk memperoleh nilainya diperlukan 10.000 simulasi yang harus dilakukan (Lowry, 1989). Pada penelitian tersebut, nilai ARL terkendali yang digunakan sebesar 370.

2.5 Diagram *Ishikawa*

Diagram sebab akibat (*ishikawa*) atau juga bisa disebut *fishbone* (diagram tulang ikan) adalah salah satu metode di dalam meningkatkan kualitas. Diagram sebab akibat merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi, memilah, dan menampilkan berbagai akar permasalahan suatu masalah dengan membangkitkan ide-ide yang menggambarkan hubungan antara masalah dengan faktor-faktor penyebab yang dapat mempengaruhi adanya masalah tersebut, sehingga dapat memudahkan peneliti untuk mengatasinya. Diagram ini pertama kali diperkenalkan oleh Kaoru *Ishikawa*. Diagram *ishikawa* terdiri dari 6 bagian yang dikenal dengan 5M+1E

yaitu *methode, machine, men, measurement, material, dan environment* (Heizer & Render, 2011).



Gambar 2.1 Diagram *Ishikawa*
(Sumber: Montgomery, 2013)

Selain itu diagram *ishikawa* juga dapat digunakan sebagai pedoman untuk berdiskusi dan mengambil kebijakan sebagai penanganan kompleks (Gustami, 2011).

2.6 Kapabilitas Proses

Statistical Process Control (SPC) tidak mampu menganalisis secara kuantitatif suatu proses yang sedang berjalan, karena SPC hanya memantau proses yang sedang berjalan. Proses berjalan secara kapabel atau tidak dapat diketahui dari nilai indeks kapabilitas proses. Kapabilitas proses adalah kemampuan suatu proses untuk beroperasi sesuai dengan standar yang ditentukan (Montgomery, 2013). Kapabilitas proses penting untuk penilaian dan peningkatan kualitas proses produksi. Suatu proses produksi berjalan secara kapabel apabila nilai $C_p \geq 1$. *Multivariate Proses Capability Indices* (MPCI) menunjukkan seberapa baik sebuah proses manufaktur dapat menemui batas spesifikasi ketika karakteristik kualitas memiliki korelasi (Raissi, 2009). Perhitungan indeks kapabilitas multivariat dapat dilakukan pada saat proses dalam keadaan terkendali dan asumsi data sudah terpenuhi. Untuk menghitung indeks kapabilitas proses, sebagian besar industri biasanya menganggap bahwa distribusi proses mengikuti distribusi normal. Namun, dalam keadaan sebenarnya sebagian besar proses pengendalian kualitas tidak memenuhi asumsi normalitas sehingga

akurasi indeks kapabilitas proses diragukan karena tidak benar-benar mencerminkan kinerja dari proses produksi yang dilakukan. Dalam kasus ini, apabila proses produksi tidak memenuhi asumsi normalitas maka perlu dilakukan analisis kapabilitas proses pada data non-normal. Pertama perlu dilakukan identifikasi data untuk mengetahui distribusi yang sesuai dengan data. Setelah diketahui jenis distribusi data, maka dilakukan analisis kapabilitas proses untuk data non-normal sesuai dengan distribusi dari setiap data.

Proses dikatakan kapabel apabila dalam keadaan terkendali, memenuhi batas spesifikasi, serta tingkat presisi dan akurasi tinggi. Berdasarkan standar 3-sigma, suatu produk dikatakan mampu apabila memiliki indeks kapabilitas lebih dari 1. Jika proses dalam keadaan terkendali maka indeks yang digunakan adalah C_p dan C_{pk} , sedangkan untuk proses yang tidak dalam keadaan terkendali maka indeks yang digunakan adalah P_p dan P_{pk} (Montgomery, 2013). Hal ini dikarenakan nilai varians ketika proses dalam kondisi tidak terkendali, varians tidak dapat ditaksir dari nilai sampel. C_p dan C_{pk} mempertimbangkan deviasi rata-rata dalam sub kelompok rasional. Perhitungan nilai standar deviasi dengan menggunakan konstanta ($\sigma = \frac{R}{d_2}$), yang hanya mempertimbangkan faktor penyebab umum (Montgomery, 2013). Sedangkan nilai dari P_p dan P_{pk} mengatur penyimpangan berdasarkan data yang diteliti, dengan menghitung nilai standar deviasi total yang mempertimbangkan faktor penyebab khusus dan penyebab umum. Perhitungan C_p dan C_{pk} serta P_p dan P_{pk} adalah sebagai berikut.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (2.13)$$

Dalam pengaplikasiannya, proses standar deviasi σ hampir selalu diketahui dan harus diestimasi. Untuk mengestimasi σ digunakan standar deviasi sampel s dengan rumus sebagai berikut.

$$\hat{\sigma} = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (2.14)$$

Untuk spesifikasi satu arah digunakan C_{pu} dan C_{pl} dengan rumus sebagai berikut.

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}, C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad (2.15)$$

Indeks C_p tidak memperhitungkan perbedaan rata-rata proses terhadap rata-rata spesifikasi. C_{pk} merupakan perbaikan dari C_p dengan rumus sebagai berikut

$$C_{pk} = \min (C_{pu}, C_{pl}). \quad (2.16)$$

Jika $C_p = C_{pk}$, maka proses terpusat di rata-rata spesifikasi. Perhitungan indeks C_p dan C_{pk} untuk data multivariat dapat dihitung sebagai berikut.

$$MC_p = \sum_{i=1}^p W_i P_p(X_i) \quad (2.17)$$

$$MC_{pk} = \sum_{i=1}^p W_i P_{pk}(X_i). \quad (2.18)$$

Ketika proses dalam keadaan tidak terkendali maka digunakan rumus P_p dan P_{pk} dengan rumus sebagai berikut.

$$\hat{P}_p = \frac{USL - LSL}{6s}, \quad (2.19)$$

dimana s adalah standar deviasi dari semua data yaitu

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (2.20)$$

Untuk P_{pk} dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$P_{pk} = \min \left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right). \quad (2.21)$$

Perhitungan indeks P_p dan P_{pk} untuk data multivariat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$MP_{pk} = \sum_{i=1}^p W_i P_{pk}(X_i). \quad (2.22)$$

$$MP_p = \sum_{i=1}^p W_i P_p(X_i). \quad (2.23)$$

MP_p dan MP_{pk} berturut – turut merupakan bentuk P_p dan P_{pk} dalam keadaan multivariat dengan W_i merupakan pembobot berdasarkan tingkat kepentingan dengan $\sum_{k=1}^p W_k = 1$. Nilai pembobot W_i disesuaikan dengan pembobot dari masing – masing

karakteristik kualitas yang ditentukan oleh perusahaan, jika tidak ada maka pembobot dianggap sama (Raissi, 2009).

2.7 Garam

Garam adalah benda padatan bewarna putih berbentuk kristal yang merupakan kumpulan senyawa dengan sebagian besar terdiri dari *Natrium Chlorida* (>80%), serta senyawa–senyawa lain seperti *Magnesium Chlorida*, *Magnesium Sulfat*, *Calcium Chlorida*. Garam mempunyai sifat karakteristik *hidroskopis* yang berarti mudah menyerap air, tingkat kepadatan sebesar 0,8 – 0,9 dan titik lebur pada tingkat suhu 801°C (Subiyantoro, 2001). Garam merupakan salah satu bahan kimiawi untuk stabilisasi tanah lempung, struktur garam (NaCl) meliputi *anion* ditengah dan *kation* menempati pada rongga *octahedral*. Larutan garam juga merupakan suatu elektrolit yang mempunyai gerakan *brown* dipermukaan yang lebih besar dari gerakan *brown* pada air murni sehingga bisa menurunkan air dan larutan, ini menambah gaya kohesi antar partikel sehingga ikatan antar partikel lebih rapat (Bowles, 1986). Selain itu larutan garam bisa mempermudah didalam memadatkan tanah (Ingles & Metcalf, 1972). Penambahan garam dapur pada tanah menunjukkan semakin besar prosentase garam pada tanah dapat memperbaiki sifat-sifat fisis dan sifat-sifat mekanis tanah lempung (Ramadhan & Setyawan, 2013) dan dapat juga memperbaiki sifat-sifat tanah lempung *ekspansif* (Sudjianto, 2007). Penggunaan garam anorganik pada tanah *ekspansif* dapat menurunkan nilai kepadatan kering maksimum, sedangkan kekuatan tanah melalui uji tekan bebas dan uji CBR rendaman meningkat (Aschuri, 2013).

2.8 Profil PT Garam (Persero)

PT Garam (Persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara yang dimiliki dan dikusai sepenuhnya oleh Negara. Cikal bakal didirikannya perusahaan ini bermula pada tahun 1921, saat pertama kali Pemerintah Kolonial Belanda mulai mendirikan perusahaan dengan nama Jawatan Regie Garam. Perusahaan sudah mengalami perubahan nama dari tahun ke tahun dan hingga pada tahun 1991 berubah nama menjadi PT Garam (Persero) yang manajemennya di bawah Departemen Perindustrian dan berdasarkan PP No.12/1991. Pada tahun 1998, setelah reformasi, PT Garam (Persero) berada di

bawah Kementerian BUMN. PT Garam (Persero) bergerak di bidang pembuatan garam, baik garam olahan untuk dikonsumsi masyarakat maupun garam industri untuk keperluan bahan baku pabrik. PT Garam (Persero) tetap mempertahankan mutu serta kualitas produksi khususnya produk yang dikonsumsi masyarakat dan menjaga tingkat prosentase kandungan yodium pada produk mereka. Dengan tujuan agar mengurangi penyakit kekurangan yodium pada masyarakat, umumnya masyarakat tingkat menengah dan bawah. Dengan tidak mengurangi mutunya PT Garam (Persero) mampu bersaing dengan industri swasta sejenis. Dalam pengadaan garam, perusahaan ini membagi produk garam menjadi 2 macam yaitu Garam Bahan Baku dan Garam Olahan. Salah satu garam olahan yang diproduksi di PT Garam (Persero) adalah jenis garam konsumsi beryodium.



Gambar 2.2 Logo PT Garam (Persero)
(Sumber: www.ptgaram.com)

2.9 Proses Produksi Garam Konsumsi Beryodium

Garam konsumsi selain harus memenuhi persyaratan kadar NaCl minimal 94,7%, juga harus mengandung iodium berkisar 30-80 ppm (30-80 mg iodium dalam 1 kg garam) dengan kadar air laut sebesar 5%. Perlunya penambahan iodium ini (ditambahkan dalam bentuk KIO_3 kalium iodat) dimaksudkan untuk mencukupi kebutuhan dari tubuh manusia akan zat iodium. Apabila tubuh kekurangan zat ini akan menyebabkan membesarnya kelenjar Thyroid yang lebih dikenal dengan penyakit gondok.

Garam konsumsi didasarkan pada dasar hukum Keputusan Presiden Republik Indonesia No 69/1994 tentang pengadaan garam beryodium serta SK Memperindag No. 77/M/SK/5/1995 tentang persyaratan teknis pengolahan, pengawasan dan pelabelan garam beryodium, memberikan petunjuk teknis untuk pengadaan garam beryodium yang memenuhi syarat.

Proses produksi pembuatan garam berkonsumsi beryodium membutuhkan bahan baku berupa garam, kalium iodat (KIO_3) dan air. Proses produksi garam beryodium terbagi menjadi 4 tahapan, yaitu:

1. Proses Pencucian Garam

Pencucian garam dimaksudkan untuk membersihkan garam dari kotoran yang terkandung dalam garam, karena secara alami bahan baku pembuatan garam berasal dari alam yang dapat mengandung pasir, lumpur serta kandungan kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Sulfat (SO_4) dan senyawa tak larut lainnya. Berikut adalah proses pencucian garam.

- a. Sebagai larutan pencuci digunakan larutan garam jenuh atau Brine dengan kepekatan antara 20-25 Be dengan kandungan magnesium (Mg) maks 10 PPM. Perbandingan larutan pencuci terhadap garam minimal 1:6.
- b. Larutan garam dapat dibuat pada bak-bak dari tembok semen yang saling dihubungkan dengan selang. Selang tersebut berfungsi agar larutan dapat mengalir dari bak awal ke bak akhir secara limpahan (*overflow*).
- c. Sebelum dilakukan pencucian, gumpalan garam di pecah terlebih dahulu dengan crusher sambil dialiri larutan pencuci, selanjutnya garam dimasukkan ke area pencucian (*prewasher*) kemudian masuk ke *washer classifier*.
- d. Larutan pencucian dari bak penampung dapat didaur ulang untuk mencuci kristal garam yang telah digiling. Sedangkan larutan pencucian yang sudah pekat (melebihi 25 Be) perlu digulirkan dengan air tawar atau air laut.
- e. Pencucian garam dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa peralatan mekanis yang juga biasa digunakan

untuk mencuci garam seperti *Static Drainer*, *Screw Conveyor* atau *Mixing Chamber*.

2. Iodisasi

Iodisasi ialah proses pencampuran iodium pada garam. Kadar iodium pada garam yang baik adalah 50 ppm per kilogram garam. Pencampuran antara garam, kalium iodat dan air harus dilakukan hingga homogen di dalam mesin iodisasi. Pada proses ini, jumlah kandungan air sangat berpengaruh terhadap kandungan iodium yang dapat diikat oleh garam. Apabila kadar air pada garam terlalu banyak maka jumlah iodium yang terdapat dalam garam akan berkurang, begitu juga sebaliknya. Oleh karena itu, proses ini perlu dilakukan secara benar dan teliti agar menghasilkan garam yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

3. Proses Pengeringan / Penirisan Garam

Pengeringan garam dilakukan dengan maksud agar Lindi garam yang masih tercampur dengan air agar tuntas, dengan cara ditiriskan dan air yang masih ada dapat hilang, sehingga kualitas garam menjadi lebih tinggi. Pengeringan garam dapat dilakukan dengan bantuan alat *Centritue* untuk mengurangi kandungan air, sehingga mempersingkat waktu pengeringan. Untuk mendapatkan kadar air 5%, dilakukan pengeringan lanjutan, seperti dalam tungku putar atau *Oven*.

4. Pengemasan

Tahap akhir yang harus dilakukan adalah pengemasan garam. Syarat dari kemasan yang baik adalah kemasan atau wadah harus tertutup rapat, kedap air serta memiliki ketebalan plastik sekitar 0,45 sampai 0,6 mm dengan warna transparan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Sumber data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari bagian Biro Penelitian dan Pengembangan yang khusus menangani bagian *Quality Control*. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah hasil pengamatan yang diambil selama 2 periode produksi yaitu pada bulan Mei 2019 hingga Desember 2019 untuk periode pertama dan pada bulan Februari 2020 hingga April 2020 untuk periode kedua. Data yang tersedia terdiri atas 8 variabel yang merupakan kandungan yang terdapat di dalam garam konsumsi beryodium. Namun unit penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah kadar air (H_2O), kadar garam ($NaCl$) dan kadar Iodium sebagai Kalium Iodat (KIO_3) dimana ketiga variabel tersebut merupakan variabel utama yang digunakan untuk mengetahui kualitas dari garam tersebut dan pengamatan yang dilakukan lebih rutin daripada variabel yang lainnya. Pengamatan karakteristik kualitas ketiga unit penelitian tersebut dilakukan sebanyak 3 shift dalam satu hari dimana setiap shift berlangsung selama 8 jam. Shift pertama dilaksanakan pada jam 08.00 - 16.00, shift kedua dilaksanakan pada jam 16.00 - 24.00 dan shift ketiga dilaksanakan pada jam 24.00 - 08.00. Setiap shift dilakukan pengambilan sebanyak 1 sampel sehingga dalam satu hari total terdapat 3 sampel. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 fase dimana pada periode produksi tahun 2019 fase I adalah data pengamatan sebelum mesin mengalami *error* sedangkan fase II adalah data pengamatan setelah mesin mengalami *error*. Pada periode produksi tahun 2020 fase I adalah data pengamatan pada bulan Februari dan Maret sedangkan fase II adalah pengamatan pada bulan April.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan adalah karakteristik kualitas produksi garam konsumsi beryodium yang dihasilkan oleh PT Garam (Persero) yang berupa kedua unit penelitian dalam pengujian kualitas produksi yaitu kadar air (H_2O), kadar garam

(NaCl), dan kadar iodium (KIO_3) dengan definisi operasional yaitu sebagai berikut.

1. Kadar air (H_2O) adalah sejumlah air yang terkandung di dalam suatu benda seperti tanah (yang disebut juga kelembaban tanah), bebatuan, bahan pertanian, garam, dan sebagainya. Kadar air digunakan secara luas dalam bidang ilmiah dan teknik, disajikan dalam rasio yang dimulai dari 0 (kering total) hingga nilai jenuh air dimana semua pori terisi air. Nilainya bisa secara *volumetrik* ataupun *gravimetrik* (massa), baik dalam basis basah atau basis kering.
2. Kadar garam (NaCl) adalah kandungan senyawa yang terbentuk dari kation Na^+ dan anion Cl^- . NaCl juga sering disebut garam dapur (NaCl) yang diproduksi dari air laut yang diuapkan dan di keringkan diterik matahari.
3. Kadar KIO_3 adalah kandungan iodium yang difortifikasikan kedalam garam dalam bentuk Kalium Iodat (KIO_3) bersifat sangat mudah menguap dan mudah larut dalam air. Iodium sendiri adalah unsur kimia yang tergolong unsur halogen yang terdapat dalam bentuk iodida dari air laut yang terasimilasi dengan rumput laut, sendawa chili, tanah kaya nitrat (dikenal sebagai kalis, yakni batuan sedimen kalsium karbonat yang keras), air garam dari air laut yang disimpan, dan di dalam air payau dari sumur minyak dan garam.

Setiap variabel memiliki satuan dan batas spesifikasi yang telah ditetapkan berdasarkan ketentuan dari pihak perusahaan mengenai garam konsumsi beryodium yang disajikan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel	Karakteristik Kualitas	Satuan	Batas Spesifikasi
X_1	Kadar air (H_2O)	%	0 – 0,5
X_2	Kadar garam (NaCl)	%	98 – 99,5
X_3	Kadar iodium (KIO_3)	mg/kg	30 – 80

3.3 Struktur Data

Struktur data yang digunakan pada penelitian kualitas garam konsumsi beryodium di PT Garam (Persero) ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Struktur Data

Fase	Observasi ke-(Subgrup)	Sampel	Karakteristik Kualitas			
			Kadar H ₂ O (X ₁)	Kadar NaCl (X ₂)	Kadar KIO ₃ (X ₃)	
1	1	1	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	$x_{1,3}$	
		2	$x_{2,1}$	$x_{1,1}$	$x_{1,3}$	
		3	$x_{3,1}$	$x_{3,2}$	$x_{3,3}$	
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
	i	j	$x_{ij,1}$	$x_{ij,2}$	$x_{ij,3}$	
		⋮	⋮	⋮	⋮	
		⋮	⋮	⋮	⋮	
	n	1	$x_{n,1}$	$x_{n,2}$	$x_{n,3}$	
		2	$x_{2n,1}$	$x_{2n,2}$	$x_{2n,3}$	
		3	$x_{3n,1}$	$x_{3n,2}$	$x_{3n,3}$	
	2	1	1	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	$x_{1,3}$
			2	$x_{2,1}$	$x_{1,1}$	$x_{1,3}$
3			$x_{3,1}$	$x_{3,2}$	$x_{3,3}$	
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	
i		j	$x_{ij,1}$	$x_{ij,2}$	$x_{ij,3}$	
		⋮	⋮	⋮	⋮	
		⋮	⋮	⋮	⋮	
n		1	$x_{n,1}$	$x_{n,2}$	$x_{n,3}$	
		2	$x_{2n,1}$	$x_{2n,2}$	$x_{2n,3}$	
		3	$x_{3n,1}$	$x_{3n,2}$	$x_{3n,3}$	

3.4 Langkah Analisis

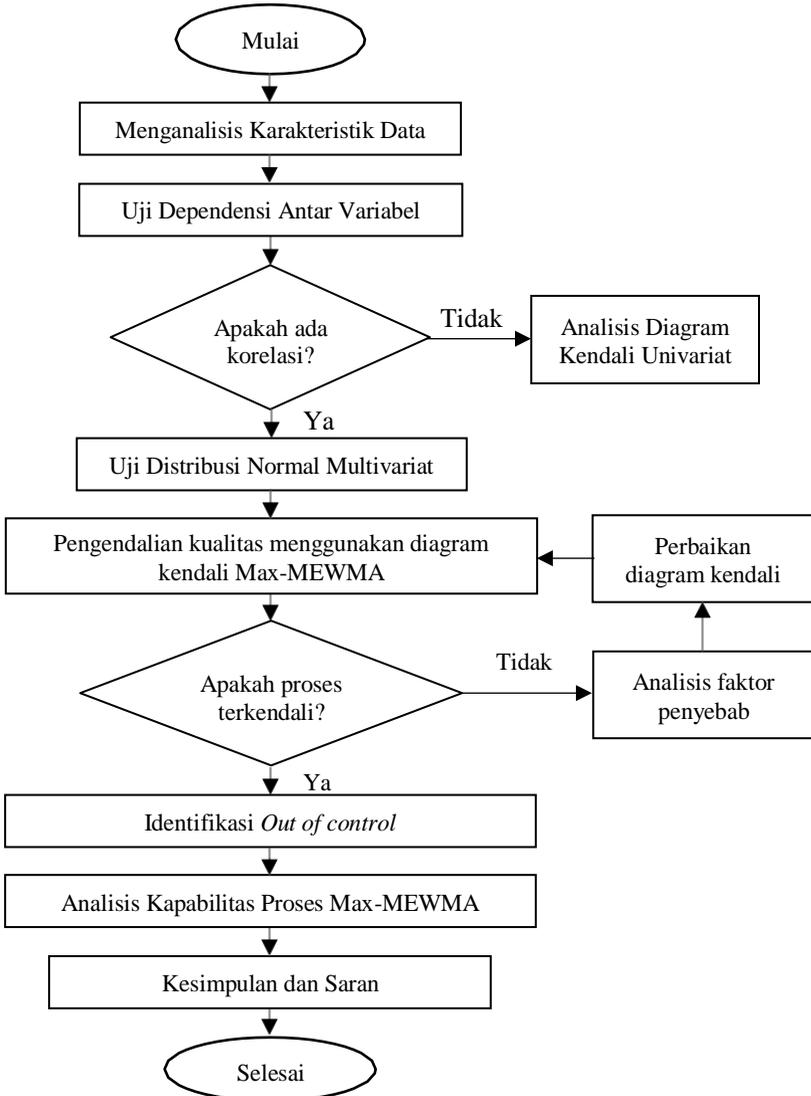
Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada poin-poin berikut ini.

1. Mendeskripsikan data pada masing-masing variabel dengan menggunakan statistika deskriptif untuk mengetahui karakteristik dari setiap variabel kualitas produk garam konsumsi beryodium
2. Melakukan pengujian dependensi variabel dengan menggunakan uji *Bartlett* pada variabel kadar air (H_2O), kadar garam ($NaCl$), dan kadar iodium (KIO_3) untuk mengetahui adanya hubungan antar variabel
3. Melakukan uji asumsi normal multivariat pada variabel kadar air, kadar $NaCl$ dan kadar iodium (KIO_3) untuk mengetahui apakah kedua variabel mengikuti distribusi normal multivariat atau tidak.
4. Melakukan pengontrolan rata-rata dan variabilitas proses pada variabel dengan menggunakan diagram kendali Max-MEWMA. Statistik uji diagram kendali Max-MEWMA berturut-turut yaitu M_i , diplotkan terhadap titik sampel. Titik pengamatan diplotkan menggunakan symbol berupa titik.
 - a. Menetapkan parameter μ_0 nilai dari *mean* vektor dan nilai matriks kovarians Σ_0 .
 - b. Jika μ_0 tidak diketahui, substitusi \bar{X} untuk μ_0 dan jika Σ_0 tidak diketahui, substitusi S untuk Σ_0 . Dimana \bar{X} dan S adalah sampel vektor rata-rata dan rata-rata sampel matriks kovarians masing-masing.
 - c. Untuk masing-masing sampel, hitung Z_i dengan $Z_0 = 0$ sebagai nilai awal dan hitung Y_i dengan $Y_0 = 0$ sebagai nilai awal.
 - d. Hitung nilai M_i dan bandingkan dengan nilai h yang merupakan interval keputusan atau batas atas.
 - e. Menghitung nilai h dengan cara sebagai berikut.
 1. Membangkitkan 10000 data yang berdistribusi normal multivariat dengan *mean* dan matriks kovarians bernilai sama dengan data produksi fase I.

2. Menghitung nilai statistik M_i dengan mengambil sebanyak 1000 sampel dari data hasil pembangkitan menggunakan persamaan (2.12).
 3. Menentukan nilai inisiasi awal sebagai batas kendali atas (h) menggunakan nilai M_i yang didapatkan dari perhitungan pada data fase I.
 4. Menghitung *Run Length* (RL), kemudian didapatkan jumlah sampel sehingga ditemukan nilai M_i pertama yang lebih besar daripada batas kendali atas yang telah ditentukan sebelumnya.
 5. Melakukan perhitungan RL sebanyak 100 kali kemudian dirata-rata. Dengan menggunakan nilai α 0,0027 maka ARL yang digunakan sebagai tolok ukur nilai batas atas (h) sebesar 370. Apabila nilai rata-rata RL yang didapatkan lebih kecil dari 370 maka nilai batas kendali atas harus dinaikkan lebih besar dari nilai sebelumnya, begitupula sebaliknya. Nilai batas kendali atas akan terpilih apabila nilai rata-rata RL sebesar 370 atau mendekati nilai tersebut.
- f. Membuat diagram kendali dengan menggunakan nilai M_i yang diperoleh dari nilai maksimum $|U_i|$ atau $|V_i|$ lalu plotkan pada diagram dengan batas kendali h .
 - g. Apabila keduanya $|U_i| \geq h$ dan $|V_i| \geq h$ hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi pergeseran proses pada kedua *mean* vektor dan matriks kovarians.
5. Jika proses tidak terkendali maka dilakukan identifikasi dengan mendeteksi variabel utama penyebab pengamatan *out of control*, kemudian dilanjutkan dengan mengidentifikasi sumber penyebab *out of control* pada proses produksi dengan diagram *ishikawa*.
 6. Melakukan analisis kapabilitas Max-MEWMA pada proses produksi untuk mengukur kinerja proses produksi garam konsumsi beryodium.
 7. Membuat interpretasi dan mengambil kesimpulan dan saran.

3.5 Diagram Alir

Diagram alir dari tahapan penelitian produk garam konsumsi beryodium di PT Garam (Persero) dijabarkan sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Garam konsumsi beryodium merupakan salah satu produk dari PT. Garam (Persero) yang berfokus pada kualitas garam dan kandungan di dalamnya yang dapat mencegah terjadinya berbagai penyakit. Dalam melakukan pengendalian kualitas, PT Garam (Persero) hanya melakukan pengendalian kualitas melalui uji lab dan analisis secara univariat untuk setiap variabel yang diamati dengan batas spesifikasi ditetapkan oleh perusahaan. Pengendalian kualitas pada garam konsumsi beryodium dilakukan pada 8 variabel pengujian. Namun, pada penelitian kali ini akan digunakan 3 variabel utama yaitu kadar air (H_2O), kadar garam ($NaCl$) dan kadar iodium sebagai kalium iodat (KIO_3) untuk menggambarkan bagaimana kualitas garam konsumsi beryodium di PT Garam (Persero). Pengendalian kualitas yang akan dilakukan pada penelitian kali ini adalah diagram kendali multivariat, karena ketiga variabel yang akan digunakan memiliki hubungan satu sama lain dan memiliki pergeseran proses yang terbilang kecil. Diagram kendali yang akan digunakan adalah Max-MEWMA karena lebih sensitif untuk mendeteksi pergeseran proses. Penelitian ini dilakukan agar perusahaan memiliki *early warning system* terutama untuk meminimalisir adanya kerugian yang bisa terjadi selama proses produksi yang dilakukan oleh perusahaan.

4.1 Karakteristik Kualitas Garam Konsumsi Beryodium

Kualitas garam dikatakan baik apabila karakteristik variabel yang digunakan berada dalam batas spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan. Untuk mengetahui bagaimana kondisi dari karakteristik kualitas setiap variabel yang digunakan, maka dilakukan analisis statistika deskriptif yang dilakukan selama periode produksi tahun 2019 mulai bulan Mei hingga bulan Desember dan periode produksi tahun 2020 mulai bulan Februari hingga April pada produksi garam konsumsi beryodium. Untuk yang pertama adalah deskripsi karakteristik kualitas garam konsumsi beryodium yang diproduksi selama periode tahun 2019 digambarkan pada tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Karakteristik Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Periode Produksi Tahun 2019 Fase I

Variabel	Mean	Var	Min	Median	Max
Kadar H ₂ O	0,09	0,002	0,03	0,09	0,31
Kadar NaCl	99,31	0,121	98,24	99,46	99,73
Kadar KIO ₃	63,12	39,372	48,13	61,21	118,40

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui karakteristik kualitas garam konsumsi beryodium pada masing-masing variabel untuk data fase I. Jika dilihat dari nilai rata-rata dari variabel kadar air (H₂O), kadar garam (NaCl) dan kadar iodium (KIO₃) pada fase I, semuanya berada di dalam batas spesifikasi yang sudah ditetapkan perusahaan. Jika dilihat dari nilai maksimal setiap variabelnya, terdapat beberapa titik pengamatan yang berada diluar batas tersebut seperti variabel NaCl dan KIO₃. Nilai maksimum pada variabel kadar garam (NaCl) adalah sebesar 99,73% dan pada variabel iodium (KIO₃) adalah sebesar 118,4 mg/Kg sedangkan batas spesifikasi pada variabel kadar garam (NaCl) sebesar 99,5% dan pada variabel iodium (KIO₃) sebesar 80 mg/Kg. Selain itu, juga dapat diketahui bahwa variabel iodium (KIO₃) memiliki nilai varians yang besar yaitu 39,372. Nilai ini sangat besar jika dibandingkan dengan dua variabel lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pada periode produksi dari bulan Mei sampai Oktober 2019 memiliki jarak antar data yang relatif besar atau bisa disebut dengan heterogen.

Selanjutnya juga dilakukan deskripsi karakteristik untuk kualitas garam konsumsi beryodium pada periode produksi tahun 2019 fase II, yaitu periode bulan November hingga bulan Desember tahun 2019 yang disajikan pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Karakteristik Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Periode Produksi Tahun 2019 Fase II

Variabel	Mean	Var	Min	Median	Max
Kadar H ₂ O	0,140	0,005	0,05	0,11	0,39
Kadar NaCl	99,495	0,007	99,31	99,47	99,67
Kadar KIO ₃	61,689	40,807	46,55	61,21	83,23

Berdasarkan Tabel 4.2 di atas, dapat diketahui karakteristik kualitas garam konsumsi beryodium periode produksi tahun 2019 pada fase II untuk setiap variabel. Dilihat dari nilai rata-rata ketiga variabel berada di dalam batas spesifikasi dari perusahaan. Namun, jika dilihat nilai maksimal setiap variabelnya, terdapat beberapa pengamatan yang berada di luar batas spesifikasi yang telah ditentukan. Nilai maksimum pada variabel kadar air (H_2O) sebesar 0,39% variabel kadar garam ($NaCl$) sebesar 99,67% sedangkan variabel kadar iodium (KIO_3) sebesar 83,23 mg/Kg. Dari ketiga variabel, diketahui bahwa pada variabel kadar garam ($NaCl$) dan kadar iodium (KIO_3) nilai maksimalnya bernilai lebih tinggi jika dibandingkan dengan batas spesifikasi atas yang dimiliki perusahaan yaitu sebesar 99,5% untuk variabel kadar garam ($NaCl$) dan sebesar 80 mg/Kg untuk variabel kadar iodium (KIO_3). Selain itu, jika dilihat nilai variansnya, variabel kadar iodium (KIO_3) memiliki nilai varians terbesar jika dibandingkan dengan dengan kedua variabel lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pada variabel kadar iodium periode produksi bulan November hingga bulan Desember 2019 masih cenderung heterogen.

Selanjutnya dilakukan analisis statistika deskriptif kualitas garam konsumsi beryodium periode produksi tahun 2020. Berikut adalah hasil analisis statistika deskriptif untuk periode produksi tahun 2020 fase I yang ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Karakteristik Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Periode Produksi Tahun 2020 Fase I

Variabel	Mean	Var	Min	Median	Max
Kadar H_2O	0,21	0,003	0,09	0,21	0,37
Kadar $NaCl$	99,52	0,048	98,30	99,53	99,74
Kadar KIO_3	64,47	48,184	40,01	65,07	88,52

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui karakteristik kualitas garam konsumsi beryodium pada masing-masing variabel untuk data fase I periode produksi tahun 2020. Jika dilihat dari nilai rata-rata dari variabel kadar air (H_2O), kadar garam ($NaCl$) dan kadar iodium (KIO_3) pada fase I, diketahui bahwa nilai rata-rata kadar garam ($NaCl$) berada di luar batas spesifikasi yang sudah

ditetapkan perusahaan. Dengan nilai rata-rata kadar garam (NaCl) sebesar 99,52% sedangkan batas spesifikasi dari perusahaan sebesar 99,5%. Jika ditinjau dari nilai maksimal setiap variabelnya, terdapat beberapa titik pengamatan yang berada diluar batas tersebut seperti variabel NaCl dan KIO_3 . Nilai maksimum pada variabel kadar garam (NaCl) data fase I adalah sebesar 99,74% dan pada variabel iodium (KIO_3) adalah sebesar 88,52 mg/Kg sedangkan batas spesifikasi pada variabel kadar garam (NaCl) sebesar 99,5% dan pada variabel iodium (KIO_3) sebesar 80 mg/Kg. Selain itu juga dapat diketahui bahwa variabel iodium (KIO_3) memiliki nilai varians yang besar yaitu 48,18. Nilai ini sangat besar jika dibandingkan dengan dua variabel lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa pada periode produksi dari bulan Februari sampai Maret 2020 memiliki jarak antar data yang relatif besar atau bisa disebut dengan heterogen.

Selanjutnya dilakukan analisis statistika deskriptif untuk mengetahui karakteristik untuk kualitas garam konsumsi beryodium pada periode produksi tahun 2020 fase II yaitu periode bulan April 2020 yang disajikan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Karakteristik Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Periode Produksi Tahun 2020 Fase II

Variabel	Mean	Var	Min	Median	Max
Kadar H_2O	0,198	0,002	0,08	0,21	0,27
Kadar NaCl	99,468	0,029	98,48	99,53	99,66
Kadar KIO_3	63,837	49,034	44,46	65,07	78,12

Karakteristik kualitas garam konsumsi beryodium pada masing-masing variabel untuk data fase II periode produksi tahun 2020 dapat dilihat pada Tabel 4.4 di atas. Jika dilihat dari nilai rata-rata dari variabel kadar air (H_2O), kadar garam (NaCl) dan kadar iodium (KIO_3) pada fase I, ketiga variabel tersebut sudah berada di dalam batas spesifikasi yang sudah ditetapkan perusahaan. Selanjutnya ditinjau dari nilai maksimal setiap variabelnya, diketahui bahwa variabel NaCl berada diluar batas spesifikasi dari perusahaan. Nilai maksimum pada variabel kadar garam (NaCl) data fase I adalah sebesar 99,66% sedangkan batas spesifikasi pada

variabel kadar garam (NaCl) sebesar 99,5%. Selain itu, ditinjau dari nilai varians setiap variabel, diketahui bahwa variabel kadar iodium (KIO_3) memiliki nilai varians yang sangat besar jika dibandingkan dengan dua variabel lainnya yaitu 49,034. Nilai ini menunjukkan bahwa pada periode produksi bulan April 2020 memiliki sebaran data yang heterogen.

4.2 Pemeriksaan Dependensi Antar Variabel

Sebelum dilakukan analisis lebih lanjut pada kaulitas garam konsumsi beryodium menggunakan metode Max-MEWMA, perlu dilakukan uji asumsi dependensi terlebih dahulu untuk mengetahui apakah variabel karakteristik kualitas garam konsumsi beryodium memenuhi asumsi dan penelitian dapat dilanjutkan. Variabel karakteristik yang digunakan pada penelitian ini adalah kadar air (H_2O), kadar garam (NaCl) dan kadar iodium (KIO_3). Digunakan uji KMO dan *Bartlett* untuk mengetahui dependensi antar variabel. Berikut adalah hasil uji asumsi dependensi untuk kualitas garam konsumsi beryodium periode produksi tahun 2019.

Tabel 4.5 Hasil Uji KMO dan *Bartlett* Periode 2019

	<i>Chi-square</i>	8,643
<i>Bartlett Test</i>	<u>Df</u>	<u>3</u>
	Sig.	0,034

Berdasarkan nilai *Chi-square* sebesar 8,643 pada tabel 4.2, diketahui bahwa nilainya lebih besar dari nilai *Chi-square* tabel atau sebesar 7,815. Karena nilai *Chi-square* hitung lebih besar dari nilai pada tabel, maka dapat disimpulkan bahwa ketiga variabel karakteristik kualitas garam konsumsi beryodium saling dependen. Selain dilihat dari nilai *Chi-square*, uji asumsi dependensi data juga dapat dilihat dari nilai *p-value*. Nilai *p-value* yang didapatkan adalah sebesar 0,034 dengan nilai taraf signifikan sebesar 5%. Karena nilai *p-value* lebih kecil dari nilai taraf signifikan, maka dapat disimpulkan bahwa variabel saling dependen. Hal ini memperkuat asumsi dependensi bahwa ketiga variabel memiliki hubungan satu sama lain atau saling dependen. Selanjutnya dilakukan uji dependensi variabel karakteristik kualitas garam konsum beryodium untuk priode produksi tahun 2020 ditunjukkan pada Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6 Hasil Uji KMO dan *Bartlett* Periode 2020

	<i>Chi-square</i>	8,004
<i>Bartlett Test</i>	Df	3
	Sig.	0,046

Berdasarkan Tabel 4.6, didapatkan nilai *Chi-square* sebesar 8,004. Jika dibandingkan dengan nilai *Chi-square* tabel sebesar 7,815 dapat disimpulkan bahwa ketiga variabel karakteristik kualitas garam konsumsi beryodium saling dependen. Jika dilihat dari nilai *p-value*, dapat dilihat bahwa nilai *p-value* sebesar 0,046 jika dibandingkan dengan nilai signifikan sebesar 5%, maka dapat disimpulkan bahwa ketiga variabel saling dependen. Dari hasil uji asumsi yang dilakukan, dapat menjelaskan bahwa ketiga variabel karakteristik kualitas garam konsumsi beryodium memiliki hubungan antar satu sama lain.

4.3 Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

Setelah uji asumsi dependensi terpenuhi, dilanjutkan dengan pemeriksaan distribusi normal multivariat pada ketiga variabel karakteristik kualitas garam konsumsi beryodium, yaitu variabel kadar air (H_2O), kadar garam ($NaCl$) dan kadar iodium (KIO_3). Uji normal multivariat dilakukan dengan menggunakan uji *Saphiro-Wilk*. Berikut adalah hasil uji normal multivariat untuk data periode produksi tahun 2019.

Tabel 4.7 *Shapiro-Wilk Normality Test* Periode 2019

Statistik <i>W</i>	<i>p-value</i>
0,788	0,000

Pada Tabel 4.7, menunjukkan bahwa nilai *p-value* dari uji *Shapiro-Wilk* terhadap data kualitas garam konsumsi beryodium memiliki nilai yang sangat kecil mendekati nilai 0 atau lebih kecil dari nilai *alpha* 5% sehingga didapatkan keputusan tolak H_0 yang berarti data kualitas garam konsumsi beryodium tidak mengikuti distribusi normal multivariat. Sedangkan untuk periode produksi tahun 2020 ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.8 *Shapiro-Wilk Normality Test* Periode 2020

Statistik <i>W</i>	<i>p-value</i>
0,459	0,000

Pada periode produksi tahun 2020, didapatkan nilai *p-value* dari uji *Shapiro-Wilk* data kualitas garam konsumsi beryodium bernilai lebih kecil dari nilai *alpha* yaitu 5% menunjukkan bahwa

data kualitas garam konsumsi beryodium tidak mengikuti distribusi normal multivariat. Karena pada penelitian ini data yang digunakan tidak mengikuti distribusi normal multivariat, maka digunakan diagram kendali Max-MEWMA karena diagram tersebut *robust* terhadap ketidak normalan sebuah data sehingga penelitian dapat dilanjutkan.

4.4 Diagram Kendali *Maximum Multivariate Exponential Weighted Moving Average* (Max-MEWMA)

Pengendalian kualitas pada garam konsumsi beryodium dilakukan dengan menggunakan diagram kendali *maximum multivariate weight moving average* atau Max-MEWMA. Batas kendali pada diagram kendali ini hanya menggunakan batas kendali atas (h) dalam memonitoring proses secara multivariat. Dalam kasus data multivariat, signifikansi sebuah proses dilihat dari besarnya pergeseran vector rata-rata dan matriks kovarians dari target yang diamati, dengan demikian arah pergeseran tidak memiliki pengaruh yang penting. Nilai dari diagram kendali Max-MEWMA didapatkan dengan menggunakan nilai maksimal dari jumlah nilai rata-rata dan varians yang dihitung.

Proses dianggap dalam keadaan terkendali apabila titik pengamatan berada di bawah interval keputusan (h) begitu pula sebaliknya, proses dikatakan tidak terkendali apabila titik pengamatan berada di atas interval keputusan (h). Statistik M_i akan besar ketika vector *mean* proses jauh dari nilai μ_0 atau ketika variabilitas proses jauh dari nilai Σ . Nilai M_i yang kecil menunjukkan bahwa proses berada dalam keadaan terkendali secara statistik. Karena nilai $M_i \geq 0$, maka hanya digunakan batas kontrol atas (h) yang di dapatkan menggunakan simulasi dengan membangkitkan sebanyak 10000 data random dengan nilai rata-rata dan matriks kovarians menggunakan data karakteristik garam konsumsi beryodium pada fase I. Penentuan interval keputusan dilakukan dengan cara sebagai berikut.

4.4.1 Penentuan Interval Keputusan (h)

Penentuan batas kendali atas dapat dilakukan dengan pendekatan nilai *Average Run Length* atau ARL. *Average Run Length* (ARL) merupakan nilai rata-rata jumlah titik yang harus

diplotkan hingga didapatkan hasil titik *out of control* pertama (Montgomery, 2013). Langkah pertama yang harus dilakukan adalah membangkitkan sebanyak 10.000 data dengan parameter *mean* dan matriks varian-kovarian dari data pengamatan. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel *random* sebanyak 3000 data dari total 10.000 data untuk dilanjutkan ke perhitungan ARL. Sebelum menjalankan program ARL, perlu ditetapkan batas kontrol untuk diagram kendali Max-MEWMA.

Pada saat menjalankan perhitungan ARL, apabila terdapat pengamatan yang keluar dari batas kontrol maka dilakukan pencatatan terhadap jumlah titik yang akan diplotkan hingga mendapatkan titik *out of control* pertama. Langkah tersebut dilakukan berulang sebanyak 100 kali kemudian dirata-rata. Hasil rata-rata tersebut dinamakan ARL. Apabila nilai ARL berada di bawah 370, maka dilakukan perhitungan kembali seperti langkah awal hingga mendapatkan nilai 370 atau yang mendekati, dengan nilai batas kontrol yang digunakan berbeda dengan perhitungan pertama. Apabila nilai yang didapatkan belum mencapai 370 maka dilakukan pengulangan kembali menggunakan langkah yang sama dengan batas kontrol yang berbeda dengan sebelumnya.

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada periode produksi tahun 2019 didapatkan hasil yang ditampilkan pada tabel 4.9 sebagai berikut.

Tabel 4.9 Hasil ARL Menggunakan Simulasi Periode 2019

Interval Keputusan (h)	Average Run Length (ARL)
3,111	366,15
3,1119	370,06
3,11196	372,73
3,112	374,21

Pada Tabel 4.9, dapat kita amati bahwa semakin tinggi nilai interval keputusan (h) yang diambil, maka nilai ARL juga semakin tinggi, apabila nilai interval keputusan (h) semakin kecil maka nilai ARL juga semakin kecil. Setelah dilakukan simulasi, dengan menggunakan nilai interval keputusan (h) sebesar 3,1119 didapatkan nilai *average run length* (ARL) sebesar 370,06 sehingga dapat diputuskan interval keputusan yang digunakan pada pengendalian kualitas garam konsumsi beryodium periode

produksi tahun 2019 sebesar 3,1119. Pada periode produksi tahun 2020 simulasi dilakukan dan menghasilkan perhitungan yang ditampilkan pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Hasil ARL Menggunakan Simulasi Periode 2020

Interval Keputusan (h)	Average Run Length (ARL)
3,14000	367,54
3,14080	369,34
3,14081	370,01
3,14090	377,28

Berdasarkan Tabel 4.10, dapat diketahui bahwa dengan nilai interval keputusan 3,14081 didapatkan nilai *average run length* (ARL) sebesar 370,01. Dari perhitungan diatas dapat diputuskan bahwa interval keputusan (h) yang akan digunakan pada pengendalian kualitas garam konsumsi beryodium menggunakan diagram kendali Max-MEWMA adalah sebesar 3,1119 untuk periode produksi tahun 2019 dan sebesar 3,14081 untuk periode produksi tahun 2020.

4.4.2 Pengendalian Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Fase I Periode 2019

Pengendalian kualitas garam konsumsi beryodium fase I dilakukan untuk mengetahui kestabilan proses produksi garam konsumsi beryodium. Setelah diketahui nilai interval keputusan (h) sebesar 3,1119. Selanjutnya dilakukan pengendalian kualitas menggunakan diagram kendali Max-MEWMA pada fase I yang merupakan data kualitas garam konsumsi beryodium pada bulan Mei 2019 hingga Oktober 2019 yaitu sebanyak 84 data dengan setiap subgrupnya berisi 3 data pengamatan. Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan nilai parameter. Dalam penelitian ini diketahui bahwa k merupakan karakteristik kualitas yang digunakan berupa 3 variabel yaitu kadar air (H_2O), kadar garam ($NaCl$) dan kadar iodium (KIO_3). Langkah selanjutnya menentukan nilai μ_0 , yaitu *mean* dari data fase I yaitu 0,0923 untuk variabel kadar air (H_2O), 99,392 untuk variabel kadar garam ($NaCl$) dan 61,768 untuk variabel iodium (KIO_3). Langkah selanjutnya adalah penentuan nilai parameter matriks *variance covariance* (Σ_0) dari data fase I. Bobot (λ) yang digunakan adalah 0,2 dengan nilai awal diagram kendali MEWMA yang ditentukan

adalah $Z_0 = 0$ dan $Y_0 = 0$. Setelah parameter ditentukan, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai vektor rata-rata (U_i) dan variabilitas proses (V_i).

Nilai vektor rata-rata proses didapatkan dengan melakukan perhitungan nilai Z_i dan T_i . Nilai Z_i didapatkan sesuai dengan persamaan (2.5). didapatkan nilai Z_i sebagai berikut untuk observasi ke- $i = 1$.

$$\begin{aligned} Z_1 &= (1 - \lambda)Z_0 + \lambda(\bar{X} - \mu_0) \\ &= ((1 - 0,2)Z_0 + 0,2 [(99,39) - (99,312)]) = [0,0163] \\ &\quad \begin{matrix} 0,103 & 0,0923 & 0,0022 \\ 64,73 & 63,121 & 0,3218 \end{matrix} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai Z_i , selanjutnya dilakukan perhitungan T_i sesuai dengan persamaan (2.6) dengan $n = 3$. Maka didapatkan nilai T_i sebagai berikut untuk observasi ke- $i = 1$.

$$\begin{aligned} T &= \frac{n(2 - \lambda)}{\lambda[1 - (1 - \lambda)^{2 \times 1}]} Z^T \Sigma^{-1} Z \\ &= \frac{3(2 - 0,2)}{0,2[1 - (1 - 0,2)^2]} \begin{bmatrix} 0,0022 & 483,78 & -8,556 & 0,337 \\ 0,0163 & [-8,556 & 8,4775 & 0,0287] \\ 0,3218 & 0,337 & 0,0287 & 0,0258 \end{bmatrix} \\ &\quad \begin{matrix} 0,0022 \\ [0,0163] \\ 0,3218 \end{matrix} \\ &= 0,5572 \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai vektor rata-rata (U_i) sesuai dengan persamaan (2.7), didapatkan nilai vektor rata-rata (U_i) sebagai berikut untuk observasi ke- $i = 1$.

$$\begin{aligned} U_1 &= \phi^{-1} \left[H_k \left\{ \frac{n(2-\lambda)}{\lambda[1-(1-\lambda)^{2 \times 1}]} Z^T \Sigma^{-1} Z \right\} \right] \\ &= \phi^{-1} [H_k \{0,5572\}] \\ &= -1,3174 \\ |U_i| &= 1,13174 \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya mencari nilai variabilitas proses (V_i) dengan melakukan perhitungan nilai W_i dan Y_i . Nilai W_i didapatkan sesuai dengan persamaan (2.8) maka diperoleh nilai W_i sebagai berikut, untuk observasi ke- $i = 1$.

$$W = \sum_{j=1}^n (X_{1j} - \bar{X}_1) \Sigma^{-1} (X_{1j} - \bar{X}_1)$$

$$\begin{aligned}
& \begin{matrix} 0,09 & 0,103 & 483,78 & -8,556 & 0,337 & 0,09 \\ = \Sigma [(99,46) & (99,393)] & [-8,556 & 8,4775 & 0,0287] & [(99,46) - \\ & 61,21 & 64,73 & 0,337 & 0,0287 & 0,0258 & 61,21 \\ & 0,103 \\ & (99,393)] \\ & 64,73 \\ = 8,7447 \end{matrix}
\end{aligned}$$

Setelah menghitung nilai W_i , selanjutnya dilakukan perhitungan nilai Y_i sesuai dengan persamaan (2.9) dengan $n = 3$. Didapatkan nilai Y_i sebagai berikut untuk observasi ke- $i = 1$.

$$\begin{aligned}
Y_1 &= (1 - \lambda)Y_{1-1} + \lambda\phi^{-1}\{H_{k,(n-1)}(W_1)\} \\
&= (1 - 0,2)Y_0 + 0,2\phi^{-1}\{H_{k,(n-1)}(8,7447)\} \\
&= 0,1767
\end{aligned}$$

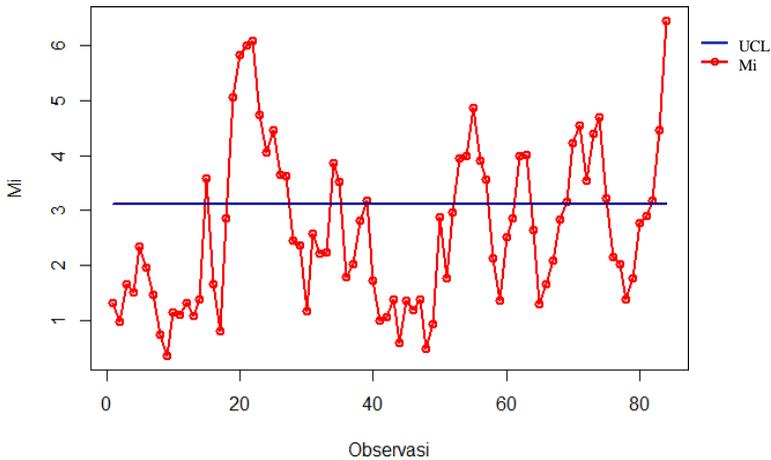
Selanjutnya menghitung nilai variabilitas proses (V_i) sesuai dengan persamaan (2.11) didapatkan nilai variabilitas proses (V_i) sebagai berikut untuk observasi ke- $i = 1$.

$$\begin{aligned}
V_1 &= \sqrt{\frac{2-\lambda}{\lambda[1-(1-\lambda)^{2x_1}]} Y_1} \\
&= \sqrt{\frac{2-0,2}{0,2[1-(1-0,2)^2]} 0,1767} \\
&= 0,8836 \\
|V_1| &= 0,8836
\end{aligned}$$

Setelah semua langkah-langkah di atas dilakukan, dilanjutkan dengan memploting data dengan mengambil nilai maksimum dari nilai U_i dan V_i sesuai dengan persamaan (2.12) sehingga didapatkan nilai M_i untuk data observasi ke- $i = 1$ adalah $\max\{|U_1|, |V_1|\} = 1,3174$. Nilai M_i seterusnya dapat dilihat pada lampiran.

Nilai M_i dapat menunjukkan apakah proses berada didalam keadaan terkendali atau tidak. Apabila nilai M_i kecil dan berada di bawah batas interval keputusan maka proses berada dalam keadan terkendali dan begitu pula sebaliknya. Apabila M_i lebih dari interval keputusan (h) maka terjadi pergeseran proses. Setelah diketahui adanya pergeseran proses, dilakukan perbaikan untuk mengatasinya kemudian dilakukan perhitungan statistik MEWMA menggunakan hasil perbaikan data. Didapatkan diagram kendali

Max-MEWMA pada data fase I yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut.

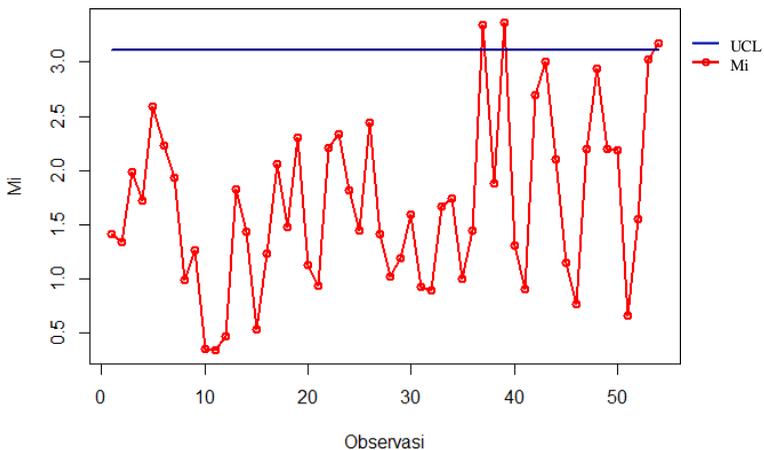


Gambar 4.1 Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2019

Sumbu horizontal diagram kendali Max-MEWMA kualitas garam konsumsi beryodium pada fase I menunjukkan banyaknya pengamatan yang dilakukan dan sumbu vertikal menunjukkan nilai M_i yang diplot untuk setiap titiknya, sedangkan garis sumbu biru merupakan UCL atau interval keputusan seperti pada Gambar 4.1. Nilai interval keputusan (h) sebesar 3,1119 sehingga menandakan bahwa proses belum terkendali secara statistik. Hal tersebut dapat dilihat pada diagram kendali Max-MEWMA dimana ada sebanyak 30 titik yang berada di atas garis UCL yaitu M_{15} , M_{19} sampai M_{27} , M_{34} , M_{35} , M_{39} , M_{53} sampai M_{57} , M_{62} , M_{63} , M_{69} sampai M_{75} dan M_{82} sampai M_{84} . Hal ini menunjukkan adanya pergeseran *mean* proses pada titik M_{83} dan M_{84} , sedangkan titik observasi yang lain menunjukkan adanya pergeseran dari variabilitas proses. Setelah mengetahui pengamatan yang keluar dari interval keputusan, selanjutnya dilakukan identifikasi penyebab terjadinya *out of control* yang menyebabkan adanya *mean* dan varians yang tidak terkendali secara statistik. Setelah melakukan diskusi dengan pihak perusahaan, diketahui bahwa pada saat melakukan pengamatan pada variabel-variabel yang diteliti terutama pada variabel kadar air (H_2O) dan kadar iodium (KIO_3), dimana terjadi pemanasan

yang berlebihan pada saat proses pembakaran yang menyebabkan pencampuran garam dengan senyawa lainnya kurang sempurna.

Setelah dilakukan diskusi dan diketahui penyebabnya, maka pengamatan yang mengalami *out of control* dihilangkan dari perhitungan untuk mendapatkan proses produksi yang *in control*. Hasil diagram kendali Max-MEWMA yang terbentuk setelah menghilangkan pengamatan yang *out of control* ditunjukkan pada Gambar 4.2 berikut.

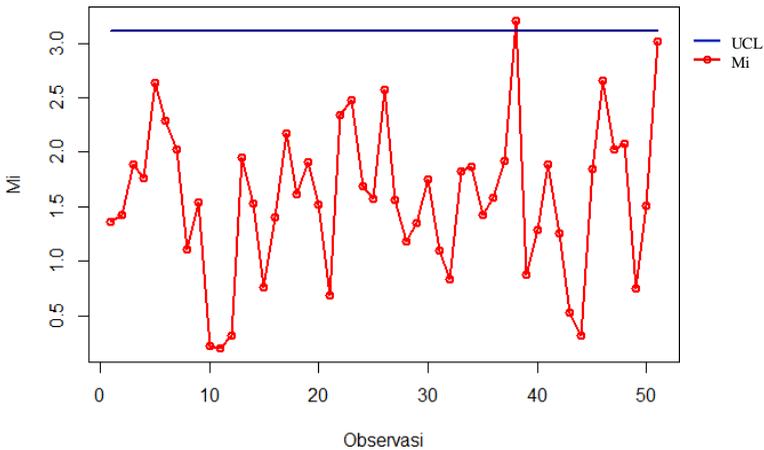


Gambar 4.2 Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2019 (1)

Setelah menghilangkan pengamatan yang *out of control* dengan menghapus 30 titik pengamatan yang berada di luar batas kendali, didapatkan diagram kendali Max-MEWMA seperti pada gambar 4.2 dimana titik plot merah menunjukkan nilai M_i , dan garis biru menunjukkan nilai interval keputusan (h) yang bernilai sama dengan sebelumnya. Diketahui bahwa diagram kendali masih belum terkendali secara statistik ditunjukkan dengan adanya titik pengamatan yang *out of control*. Diketahui bahwa masih terdapat 3 titik observasi yang *out of control* yaitu M_{37} , M_{39} dan M_{54} yang menunjukkan adanya pergeseran pada varians. Setelah mengetahui adanya pengamatan yang *out of control*, dilanjutkan dengan mengidentifikasi apa penyebab terjadinya data *out of control* yang menyebabkan proses belum terkendali secara statistik. Setelah dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan, disimpulkan bahwa

adanya pengaruh persebaran data dari variabel KIO_3 yang besar yang disebabkan terjadi *error* pada alat pengukur ketika proses pengamatan dilakukan oleh pihak perusahaan.

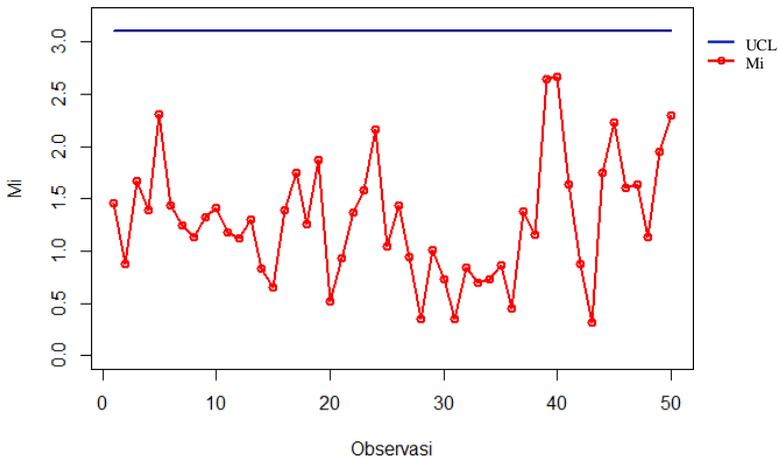
Proses yang dilakukan setelah menghilangkan penyebab pengamatan yang *out of control* dari perhitungan adalah membuat diagram kendali Max-MEWMA baru untuk mengetahui apakah proses sudah terkendali secara statistik atau tidak. Berikut adalah diagram kendali Max-MEWMA yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. dengan hasil iterasi yang ditampilkan dalam lampiran.



Gambar 4.3 Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2019 (2)

Setelah dilakukan perbaikan pada diagram kendali Max-MEWMA dengan mendeteksi sebanyak 33 pengamatan yang *out of control* dan menghapus semua data yang menyebabkan *out of control* tersebut, nilai M_i diplotkan kembali pada diagram kendali yang dilambangkan dengan titik merah dan garis biru sebagai batas interval keputusan, ternyata masih ditemukan satu pengamatan yang masih berada di atas batas kendali yaitu M_{38} yang menunjukkan adanya pergeseran proses varians yang juga disebabkan oleh persebaran data dari variabel KIO_3 yang besar, sehingga perlu dilakukan penghapusan untuk mendapatkan diagram kendali Max-MEWMA yang sudah terkendali secara statistik. Setelah dilakukan penghapusan pada pengamatan yang menyebabkan *out of control*,

didapatkan diagram kendali Max-MEWMA baru yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 sebagai berikut.



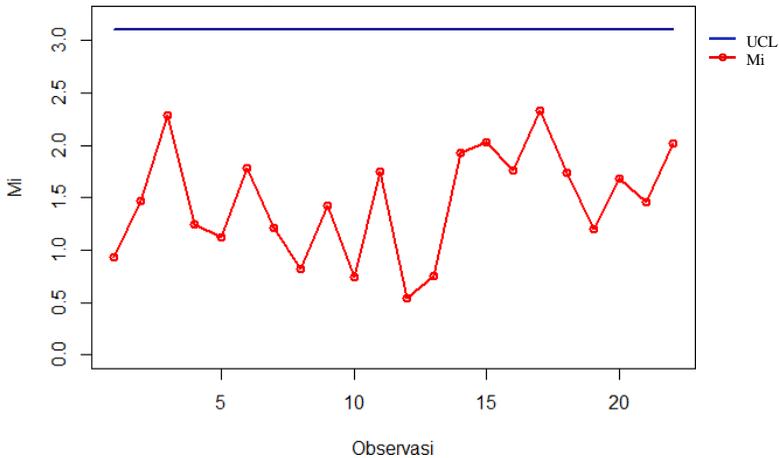
Gambar 4.4 Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2019 (3)

Perbaikan diagram kendali Max-MEWMA yang terakhir ini dengan menghapus pengamatan yang *out of control* menghasilkan pengamatan yang seluruhnya berada di bawah batas kendali seperti pada diagram diatas dimana nilai M_i yang dilambangkan dengan titik-titik merah berada dibawah nilai interval keputusan (h) yang ditunjukkan oleh garis biru. Didapatkan diagram kendali Max-MEWMA yang terkendali secara statistik seperti gambar di atas. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi pergeseran baik pada rata-rata maupun varians dari proses yang dilakukan. Sehingga kualitas garam konsumsi beryodium pada fase I menggunakan diagram kendali Max-MEWMA telah terkendali secara statistik. Selanjutnya dilakukan pengendalian kualitas garam konsumsi beryodium pada fase II.

4.4.3 Pengendalian Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Fase II Periode 2019

Pengendalian kualitas garam konsumsi beryodium fase II dilakukan untuk memonitoring apakah proses produksi sudah stabil atau tidak. Data yang digunakan untuk pengendalian kualitas garam konsumsi beryodium fase II ini adalah data produksi pada bulan November 2019 hingga Desember 2019 yaitu sebanyak 22

data dengan 3 subgrup. Batas kendali atau interval keputusan (h) yang digunakan adalah batas kendali yang didapatkan pada diagram kendali Max-MEWMA fase I dengan parameter *means* dan varians dari data fase I. Didapatkan diagram kendali Max-MEWMA fase II sebagai berikut.



Gambar 4.5 Diagram Kendali Max-MEWMA Fase II Periode 2019

Diagram kendali Max-MEWMA untuk fase II menunjukkan banyaknya pengamatan yang dilakukan sedangkan sumbu vertikal menunjukkan nilai M_i yang diplot pada diagram berupa titik-titik merah, sedangkan garis sumbu biru merupakan nilai UCL atau interval keputusan (h) seperti pada Gambar 4.5. Dapat diketahui bahwa proses produksi dari garam konsumsi beryodium sudah terkendali secara statistik, hal ini dapat ditunjukkan oleh diagram kendali Max-MEWMA diatas dimana semua titik observasi (M_i) telah berada di bawah batas kendali atau interval keputusan (h) yang bernilai 3,1119. Sehingga untuk kualitas garam konsumsi beryodium PT Garam (Persero) pada fase II dengan menggunakan perhitungan diagram kendali Max-MEWMA dapat disimpulkan telah terkendali secara statistik.

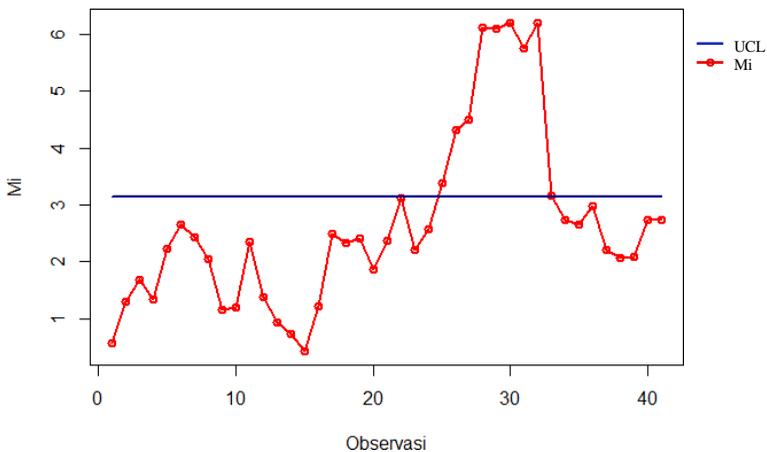
4.4.4 Pengendalian Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Fase I Periode 2020

Pada periode produksi tahun 2020 fase I merupakan data kualitas garam konsumsi beryodium pada bulan Februari 2020

hingga Maret 2020 yaitu sebanyak 41 data dengan setiap subgrupnya berisi 3 data pengamatan. Dengan melakukan langkah perhitungan yang sama seperti pada periode produksi tahun 2019 didapatkan nilai nilai U_i dan V_i pada observasi ke- $i = 1$ adalah sebesar $U_1 = 0,0671$ dan $V_1 = 0,5705$.

Setelah semua langkah-langkah perhitungan dilakukan, dilanjutkan dengan memploting data dengan mengambil nilai maksimum dari nilai U_i dan V_i sesuai dengan persamaan (2.12). Berdasarkan hasil pemilihan nilai M_i maka untuk data observasi ke- $i = 1$ didapatkan nilai sebesar $\max\{|U_1|, |V_1|\} = 0,5705$. Nilai M_i seterusnya akan ditampilkan pada lampiran.

Selanjutnya memplotkan nilai M_i pada diagram kendali untuk mengetahui apakah terjadi pergeseran proses pada produksi garam konsumsi beryodium periode 2020 baik dalam *mean* atau varians. Didapatkan diagram kendali Max-MEWMA pada data fase I yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 berikut.

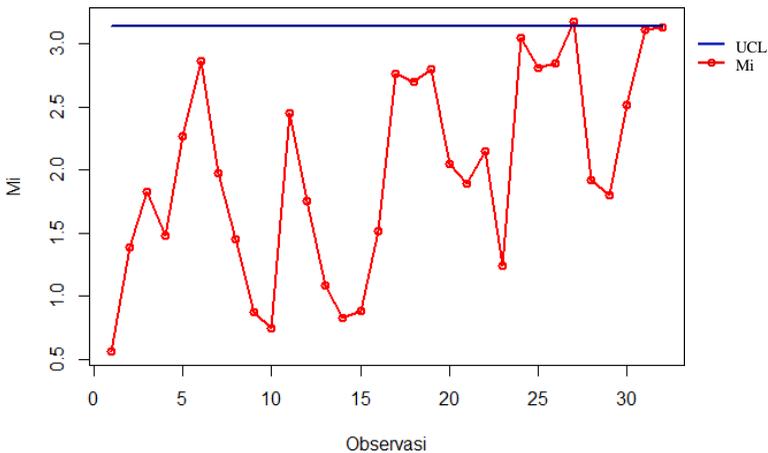


Gambar 4.6 Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2020

Berdasarkan gambar diagram kendali Max-MEWMA yang dihasilkan, sumbu vertikal menunjukkan nilai M_i yang diplot untuk setiap titiknya, sedangkan garis sumbu biru merupakan UCL atau interval keputusan. Gambar 4.6 dapat menunjukkan bahwa proses produksi garam konsumsi beryodium belum terkendali secara statistisk. Hal tersebut dikarenakan terdapat titik observasi (M_i)

yang berada di atas nilai batas kendali atau interval keputusan (h) yaitu sebesar 3,14081. Diketahui bahwa sebanyak 9 observasi berada di atas batas kendali yaitu pada titik pengamatan M_{25} sampai M_{33} yang menunjukkan terjadinya pergeseran varians proses. Selanjutnya dilakukan diskusi dengan pihak perusahaan untuk mengetahui faktor yang menyebabkan *out of control*. Setelah dilakukan diskusi pada saat proses produksi bulan Maret terjadi penyumbatan pada aliran produksi yang menyebabkan senyawa yang dicampurkan tidak sesuai dengan takaran yang seharusnya digunakan.

Proses yang dilakukan setelah menghilangkan penyebab pengamatan *out of control* dari perhitungan adalah membuat diagram kendali Max-MEWMA dari data yang tersisa dan akan disajikan pada Gambar 4.7 sebagai berikut.

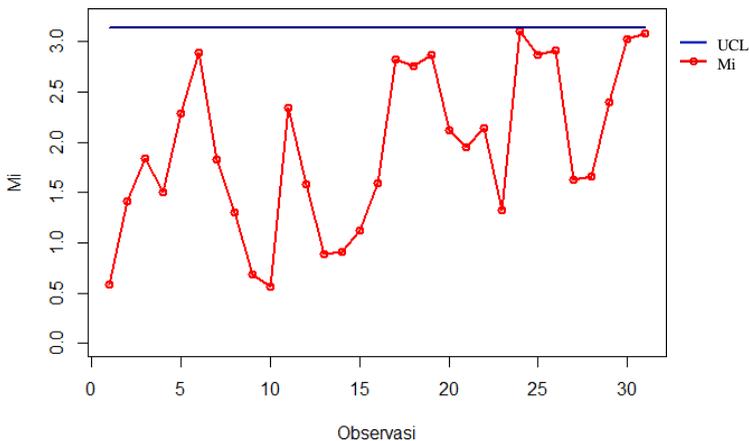


Gambar 4.7 Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2020 (1)

Setelah dilakukan perbaikan terhadap diagram kendali Max-MEWMA dengan menghapus pengamatan yang menyebabkan terjadinya *out of control*, ternyata masih ditemukan satu titik observasi yang berada di atas batas kendali yaitu titik observasi (M_i) ke-27 yang disimbolkan dengan $M_{27} \geq h$ yaitu $3,182 \geq 3,14081$ yang menunjukkan pergeseran varians proses. Setelah melakukan diskusi dengan pihak perusahaan diketahui bahwa faktor penyebab terjadinya *out of control* pada titik observasi

tersebut yaitu adanya kebocoran pada pompa yang digunakan sehingga terjadi *over value* senyawa-senyawa yang dicampurkan salah satunya seperti pencampuran senyawa iodium.

Proses selanjutnya adalah menghilangkan pengamatan yang *out of control* dari perhitungan untuk mendapatkan proses produksi yang terkontrol. Setelah menghilangkan pengamatan yang *out of control*, didapatkan diagram kendali Max-MEWMA baru yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 berikut.

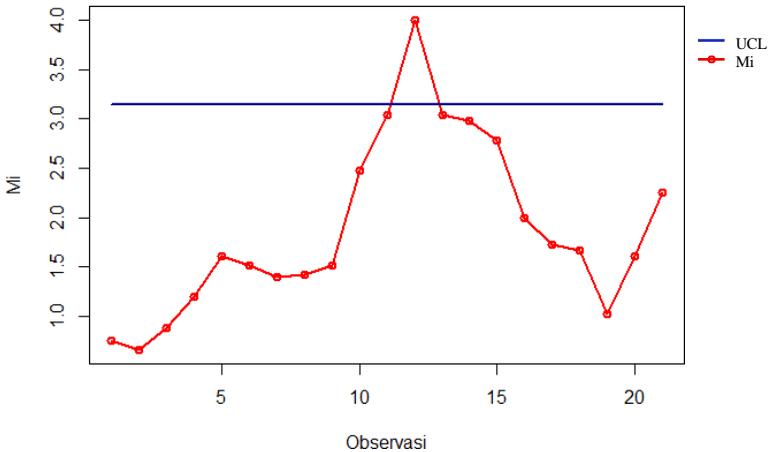


Gambar 4.8 Diagram Kendali Max-MEWMA Fase I Periode 2020 (2)

Setelah dilakukan perbaikan pada diagram kendali Max-MEWMA untuk kedua kalinya dengan menghapus sebanyak 10 titik observasi yang menyebabkan *out of control* didapatkan diagram kendali Max-MEWMA yang sudah terkontrol secara statistik seperti pada Gambar 4.8. Dengan menggunakan batas kendali sebesar 3,14081 yang ditunjukkan sebagai garis sumbu biru, semua titik observasi yang dilambangkan dengan titik merah berada di bawah batas kendali, sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas garam konsumsi beryodium fase I menggunakan diagram kendali Max-MEWMA terkontrol secara statistik. Selanjutnya untuk memonitoring proses produksi pada fase I, dilakukan pengendalian kualitas garam konsumsi beryodium untuk fase II.

4.4.5 Pengendalian Kualitas Garam Konsumsi Beryodium Fase II Periode 2020

Data yang digunakan untuk pengendalian kualitas garam konsumsi beryodium pada fase II ini adalah data produksi Selama bulan April 2020 yaitu sebanyak 21 data dengan masing-masing terdiri dari 3 subgrup. Batas kendali atau interval keputusan (h) yang digunakan adalah batas kendali yang didapatkan pada diagram kendali Max-MEWMA fase I dengan parameter *means* dan varians dari data fase I. Didapatkan diagram kendali Max-MEWMA fase II yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 sebagai berikut.



Gambar 4.9 Diagram Kendali Max-MEWMA Fase II Periode 2020

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat diketahui sumbu vertikal menunjukkan nilai M_i yang diplot untuk setiap titiknya, sedangkan garis sumbu biru merupakan UCL atau interval keputusan (h) yang bernilai sama dengan fase I. Diagram kendali Max-MEWMA pada fase II untuk kualitas garam konsumsi beryodium periode produksi tahun 2020 tidak terkendali secara statistik karena masih terdapat satu titik observasi yang berada di atas interval keputusan (h) yang disebabkan karena adanya pergeseran varians proses. Berdasarkan hasil diskusi dengan pihak perusahaan diketahui bahwa pada titik pengamatan tersebut terjadi karena adanya penurunan performa mesin yang menyebabkan hasil pengukuran yang kurang akurat.

4.5 Identifikasi *Out of control*

Berdasarkan pengendalian kualitas yang dilakukan pada fase II, terdapat titik pengamatan yang berada di atas batas kendali atau interval keputusan (h) yang menyebabkan proses produksi garam konsumsi beryodium tidak terkendali secara statistik. Selain itu pada statistika deskriptif dua dari tiga variabel memiliki nilai maksimum di atas batas spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi *out of control* pada setiap variabel secara multivariat untuk mengetahui variabel mana saja yang paling berpengaruh terhadap penyebab terjadinya *out of control* serta menggunakan diagram *ishikawa* untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya *out of control* selama proses produksi berlangsung.

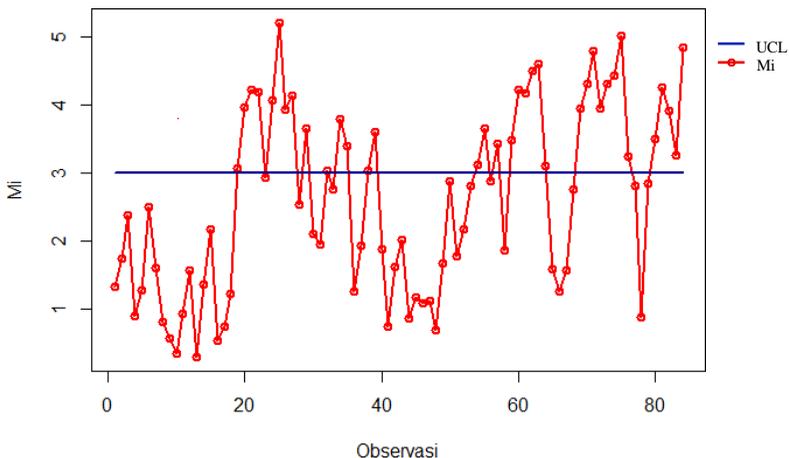
4.5.1 Identifikasi Variabel Penyebab *Out of control*

Pengendalian kualitas statistik secara multivariat akan menjadi lebih maksimal apabila variabel yang menyebabkan terjadinya *out of control* diketahui sehingga perusahaan dapat melakukan perbaikan dan antisipasi yang lebih sistematis untuk mengatasi variabel yang menyebabkan *out of control* tersebut. Analisis penyebab terjadinya *out of control* dapat menggunakan beberapa metode seperti melakukan PCA pada ketiga variabel dan analisis menggunakan pasangan setiap variabel yang diteliti menggunakan perhitungan secara statistik sesuai dengan metode yang digunakan. Pada penelitian ini, untuk mengetahui variabel yang memiliki kontribusi paling besar terjadinya *out of control* maka dilakukan monitoring stabilitas proses secara multivariat dengan membentuk diagram kendali Max-MEWMA dari setiap pasang variabel yang diteliti. Pasangan variabel yang terbentuk antara lain kadar air dan kadar garam, kadar air dan kadar iodium serta pasangan kadar garam dan kadar iodium. Untuk melakukan analisis ini diperlukan acuan data yang memiliki pergeseran proses yang cukup besar baik secara *means* ataupun varians, sehingga data yang digunakan pada analisis ini adalah data pada fase I karena dari kedua periode produksi data fase I memiliki jumlah pengamatan *out of control* yang cukup banyak, sehingga akan mempermudah analisis untuk mengetahui variabel mana yang paling dominan

dalam menyebabkan terjadinya *out of control* pada pengamatan. Berikut merupakan proses analisis perhitungan diagram kendali Max-MEWMA yang dihasilkan dari pasangan variabel-variabel yang telah ditentukan.

A. Diagram Kendali Max-MEWMA Kadar Air dan Kadar Garam

Analisis pertama dilakukan dengan membuat diagram kendali antara variabel kadar air (H_2O) dan kadar garam ($NaCl$) untuk periode produksi pada tahun 2019. Dengan menggunakan simulasi yang sama dengan perhitungan pada diagram kendali Max-MEWMA fase I didapatkan nilai batas kendali 3,00007. Dengan hasil perhitungan M_i yang ditampilkan pada lampiran. Hasil proses produksi dari dua variabel tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.10 sebagai berikut.

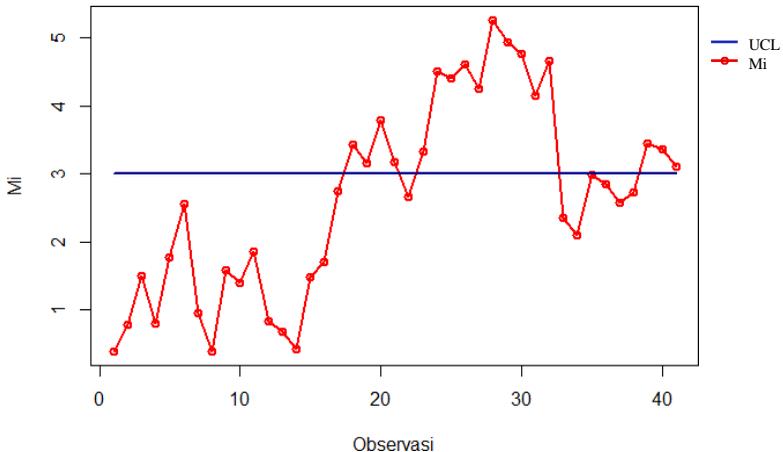


Gambar 4.10 Identifikasi *Out of control* Kadar Air dan Kadar Garam Periode 2019

Berdasarkan hasil proses produksi dari variabel kadar air dan kadar garam, didapatkan grafik kendali Max-MEWMA seperti Gambar 4.10 dimana sumbu horizontal menunjukkan banyaknya pengamatan pada fase I dan sumbu vertikal merupakan hasil dari perhitungan nilai M_i yang diplotkan pada setiap titik, sedangkan garis biru merupakan nilai dari batas kendali atas atau interval keputusan (h) yaitu sebesar 3,00007. Dapat dilihat pada diagram di atas, sebanyak 36 titik pengamatan berada di luar batas kendali

atas, berdasarkan analisis pada diagram kendali Max-MEWMA fase I, titik tersebut diketahui juga keluar dari batas kendali. Titik pengamatan yang berada di luar batas kendali adalah titik M_{83} dan M_{84} yang menunjukkan terjadinya pergeseran pada *mean* proses. Sedangkan titik pengamatan lainnya menyebabkan pergeseran variabilitas proses.

Selanjutnya untuk diagram kendali Max-MEWMA dari hasil analisis antara kadar air dan kadar garam pada periode produksi tahun 2020 dengan nilai batas kendali yang di dapatkan dari hasil simulasi sebesar 3,00407 ditunjukkan pada Gambar 4.11 berikut. Dengan nilai setiap M_i disajikan pada lampiran.

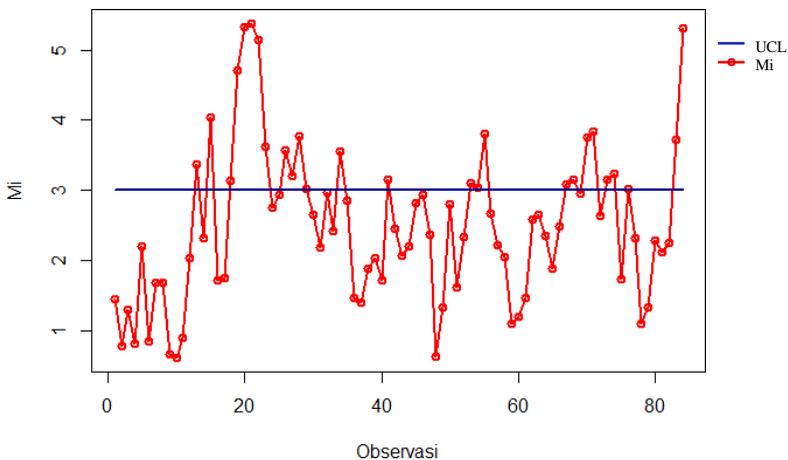


Gambar 4.11 Identifikasi *Out of control* Kadar Air dan Kadar Garam Periode 2020

Berdasarkan hasil proses produksi untuk periode 2020, didapatkan grafik kendali Max-MEWMA seperti pada Gambar 4.11. Diketahui bahwa dari 41 titik pengamatan, sebanyak 17 titik berada di luar batas kendali atas atau interval keputusan (h). berdasarkan diagram kendali Max-MEWMA periode produksi tahun 2020 pada fase I, titik tersebut juga keluar dari batas kendali. Titik pengamatan yang berada di luar batas kendali adalah M_{18} sampai M_{21} , M_{23} sampai M_{32} , dan M_{39} sampai M_{41} dimana semua titik pengamatan tersebut menunjukkan adanya pergeseran secara variabilitas proses pada produksi garam konsumsi beryodium.

B. Diagram Kendali Max-MEWMA Kadar Air dan Kadar Iodium

Analisis selanjutnya adalah membuat diagram kendali Max-MEWMA antara variabel kadar air (H_2O) dan kadar iodium (KIO_3) tanpa mengikut sertakan variabel kadar garam ($NaCl$). Pertama melakukan analisis untuk periode produksi tahun 2019 dengan melakukan simulasi perhitungan ARL untuk mendapatkan batas kendali atas atau interval keputusan (h), maka didapatkan nilai batas kendali yaitu sebesar 3,001. Hasil proses produksi menggunakan diagram kendali Max-MEWMA dari variabel kadar air (H_2O) dan kadar iodium (KIO_3) dapat ditunjukkan pada Gambar 4.12 sebagai berikut.

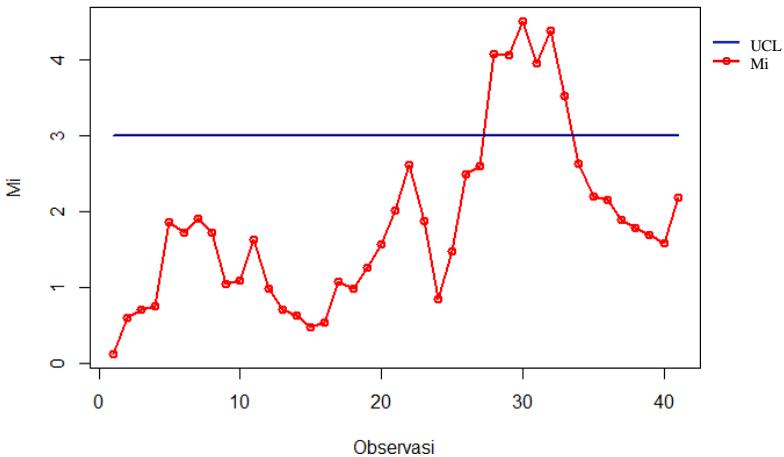


Gambar 4.12 Identifikasi *Out of control* Kadar Air dan Kadar Iodium Periode 2019

Berdasarkan hasil proses produksi dari variabel kadar air (H_2O) dan kadar iodium (KIO_3), didapatkan diagram kendali Max-MEWMA seperti pada Gambar 4.12. Tanpa adanya variabel kadar garam ($NaCl$), diketahui sebanyak 26 titik pengamatan berada di luar batas kendali atas. Sama seperti analisis yang dilakukan antara kadar air (H_2O) dan kadar garam ($NaCl$), berdasarkan hasil analisis yang dihasilkan pada diagram kendali Max-MEWMA fase I periode produksi tahun 2019, titik pengamatan tersebut juga keluar dari batas kendali. Titik pengamatan yang berada di luar batas

kendali antara lain M_{83} dan M_{84} dimana menunjukkan adanya pergeseran pada *mean* proses selama proses produksi berlangsung, sedangkan 24 titik pengamatan lainnya menandakan adanya pergeseran pada variabilitas proses pada produksi garam konsumsi beryodium.

Selanjutnya analisis diagram kendali Max-MEWMA untuk variabel kadar air dan kadar iodium untuk periode produksi tahun 2020 dengan nilai batas kendali sebesar 3,00011 yang di dapatkan dari hasil simulasi menggunakan perhitungan ARL. Diagram kendali Max-MEWMA hasil analisis ditunjukkan pada Gambar 4.13 berikut.

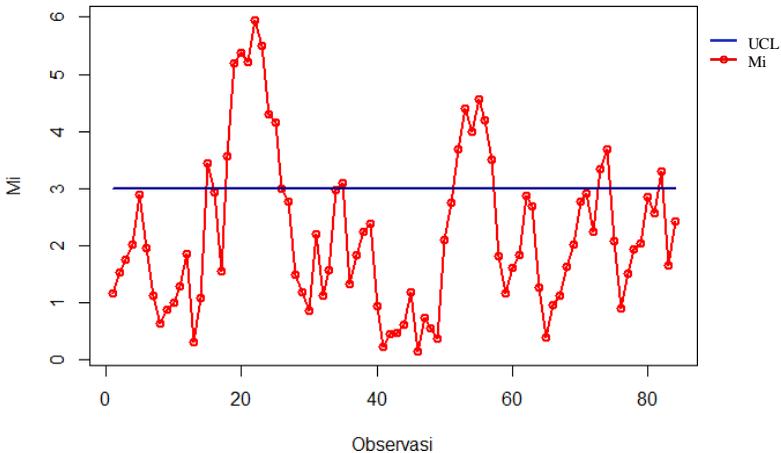


Gambar 4.13 Identifikasi *Out of control* Kadar Air dan Kadar Iodium Periode 2020

Berdasarkan hasil proses produksi untuk periode tahun 2020, didapatkan grafik kendali Max-MEWMA seperti pada Gambar 4.13. Diketahui bahwa terdapat 6 titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atas. Berdasarkan dari hasil analisis pada diagram kendali Max-MEWMA fase I untuk periode produksi tahun 2020, titik tersebut juga keluar dari batas kendali yang sudah ditentukan. Titik pengamatan yang berada di luar batas kendali yaitu M_{28} sampai M_{33} dimana semua titik pengamatan tersebut menunjukkan adanya pergeseran variabilitas proses pada proses produksi garam konsumsi beryodium,

C. Diagram Kendali Max-MEWMA Kadar Garam dan Kadar Iodium

Identifikasi ketiga dilakukan dengan memonitoring diagram kendali Max-MEWMA antara variabel kadar garam (NaCl) dan kadar iodium (KIO_3), tanpa mengikutkan variabel kadar air (H_2O). Nilai batas kendali atas atau interval keputusan (h) didapatkan dengan menggunakan perhitungan simulasi ARL dan didapatkan nilai sebesar 3,0001. setelah didapatkan nilai batas kendali, dilanjutkan dengan membuat diagram kendali Max-MEWMA antara variabel kadar garam (NaCl) dan kadar iodium (KIO_3) yang ditampilkan pada Gambar 4.14 sebagai berikut.

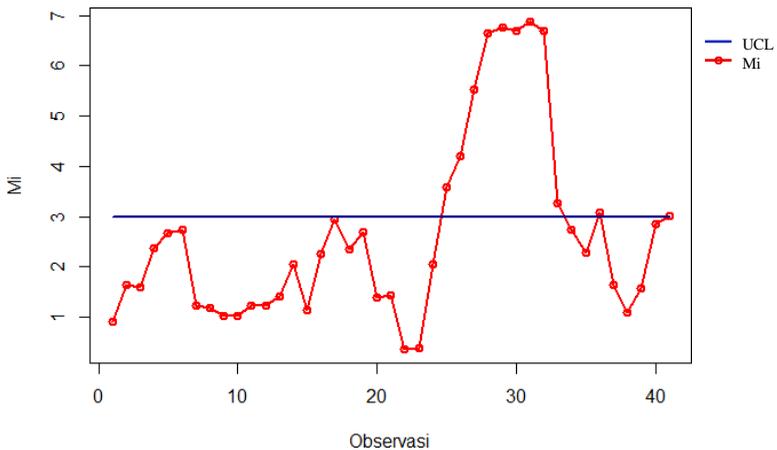


Gambar 4.14 Identifikasi *Out of control* Kadar Garam dan Kadar Iodium Periode 2019

Gambar 4.14 merupakan diagram kendali Max-MEWMA hasil analisis antara kadar garam (NaCl) dan kadar iodium (KIO_3) tanpa mengikutkan variabel kadar air (H_2O). Dari diagram kendali di atas terdapat sebanyak 19 titik pengamatan yang melebihi batas kendali yang sudah ditentukan melalui simulasi ARL yaitu sebesar 3,0001. Berdasarkan hasil analisis diagram kendali Max-MEWMA pada fase I untuk periode produksi tahun 2019 menggunakan ketiga variabel, diketahui bahwa semua titik pengamatan tersebut juga melebihi batas kendali atas yang sudah ditentukan. Titik pengamatan yang berada di luar batas kendali semuanya

menunjukkan bahwa proses produksi garam konsumsi beryodium mengalami pergeseran variabilitas proses.

Selanjutnya analisis diagram kendali Max-MEWMA antara variabel kadar garam (NaCl) dan variabel iodium (KIO_3) tanpa mengikut sertakan variabel kadar air (H_2O) untuk periode produksi tahun 2020 dengan nilai batas kendali yang didapatkan dari hasil simulasi mengguankan perhitungan nilai ARL yaitu sebesar 3,0003. Diagram kendali Max-MEWMA hasil analisis dapat ditunjukkan pada Gambar 4.15 sebagai berikut.



Gambar 4.15 Identifikasi *Out of control* Kadar Garam dan Kadar Iodium Periode 2020

Berdasarkan hasil proses produksi dari variabel kadar garam dan kadar iodium, didapatkan diagram kendali Max-MEWMA seperti pada Gambar 4.15. Tanpa adanya variabel kadar garam, sebanyak 11 titik pengamatan berada di luar batas kendali atas, berdasarkan analisis yang dihasilkan pada diagram kendali Max-MEWMA fase I, titik pengamatan tersebut juga keluar dari batas kendali. Titik pengamatan yang berada di luar batas kendali semuanya mengalami pergeseran variabilitas proses.

Setelah dilakukan identifikasi variabel penyebab *out of control* dengan cara menganalisis setiap pasang variabel yang diteliti secara bergantian. Didapatkan hasil bahwa ketiga variabel menyebabkan terjadinya titik *out of control* pada pengamatan

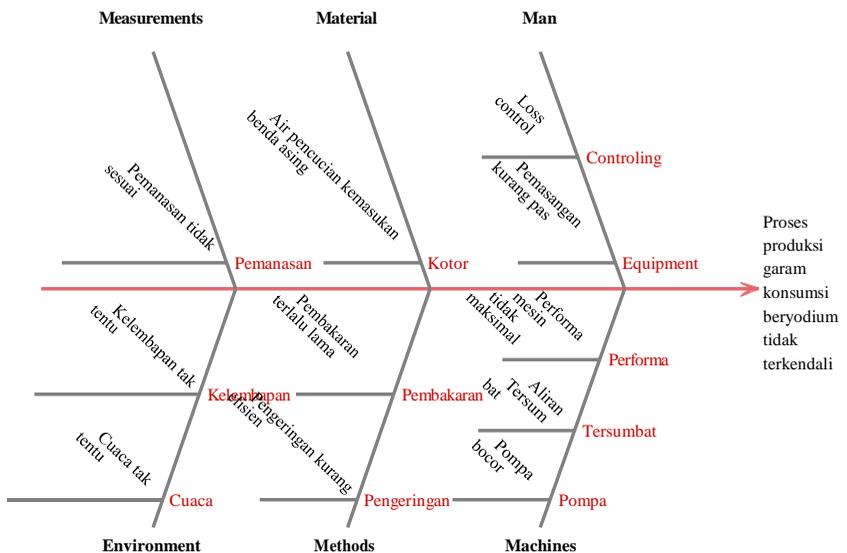
produksi garam konsumsi beryodium fase I. Untuk periode produksi tahun 2019, dari ketiga variabel tersebut dapat disimpulkan bahwa variabel yang paling dominan menyebabkan terjadinya *out of control* adalah variabel kadar air (H_2O) karena jika dipasangkan dengan kedua variabel lainnya menyebabkan titik *out of control* yang paling banyak dan merupakan titik yang *out of control* pada diagram kendali Max-MEWMA fase I dengan menggunakan ketiga variabel penelitian. Selanjutnya untuk periode produksi tahun 2020 dapat disimpulkan bahwa variabel kadar garam ($NaCl$) memiliki kontribusi yang besar dalam terjadinya pengamatan yang *out of control*. Hal tersebut juga dapat dilihat pada analisis sebelumnya, dimana jika dibandingkan dengan dua variabel lainnya, variabel kadar garam ($NaCl$) memiliki titik *out of control* paling banyak, dan titik-titik pengamatan tersebut juga berada di atas batas kendali pada diagram kendali Max-MEWMA fase I untuk periode produksi tahun 2020.

4.5.2 Identifikasi Penyebab *Out of control* menggunakan Diagram Ishikawa

Pengendalian kualitas pada produksi garam konsumsi beryodium dilakukan dengan mendeteksi adanya pergeseran proses baik dari rata-rata ataupun variabilitas proses di dalam satu diagram kendali yaitu diagram kendali Max-MEWMA. Batas kendali atau interval keputusan (h) pada diagram kendali ini diperoleh dari hasil simulasi yaitu sebesar 3,1119 untuk periode produksi tahun 2019 dengan nilai ARL sebesar 370,06 dan sebesar 3,14081 untuk periode produksi tahun 2020 dengan nilai ARL sebesar 370,01. Dari hasil perhitungan yang diperoleh, baik pada periode produksi tahun 2019 dan periode produksi tahun 2020 keduanya tidak terkendali secara statistik dikarenakan terdapat titik observasi yang berada di atas interval keputusan (h). Hal ini menunjukkan bahwa pada produksi garam konsumsi beryodium telah terjadi pergeseran proses pada rata-rata dan varians.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka perlu dilakukan perbaikan pada proses produksi garam konsumsi beryodium untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan. Untuk

mengetahui faktor apa saja yang perlu diperhatikan untuk mengatasi pergeseran proses yang terjadi maka dibuatlah diagram *ishikawa* atau juga bisa disebut diagram sebab akibat. Diagram *ishikawa* digunakan untuk mengetahui penyebab terjadinya kecacatan pada produk selama proses produksi dilakukan. Setelah melakukan beberapa diskusi dengan pihak perusahaan, didapatkan enam faktor penyebab utama yang terdiri dari *man*, *methods*, *material*, *measurement*, *machine*, dan *environment*. Dari keenam faktor tersebut dibentuk diagram *ishikawa* yang ditampilkan pada Gambar 4.16 berikut.



Gambar 4.16 Diagram *Ishikawa* Proses Produksi Garam Konsumsi Beryodium

Berdasarkan diagram *ishikawa* yang dihasilkan, diketahui terdapat enam faktor yang menyebabkan proses produksi garam konsumsi beryodium tidak terkendali. Pada faktor *environment* atau lingkungan yang berada di sekitar pabrik bisa disebabkan oleh kondisi cuaca yang tidak menentu, pada saat musim kemarau cuaca kadang sangat panas dan kadang mendung sehingga dalam proses produksi menyebabkan hal yang tidak diinginkan terutama terhadap kandungan kadar air yang ada pada garam, begitu pula pada saat musim penghujan dimana sering terjadi hujan yang dapat

menyebabkan terjadinya kelembapan di sekitar tempat produksi sering menyebabkan terjadinya *over value* pada kadar air sehingga pada proses pencampuran dengan senyawa lain mengalami beberapa gangguan dalam takarannya. Faktor selanjutnya adalah *Man* atau faktor yang berasal dari manusia yaitu operator melakukan *loss control* terhadap pengecekan setiap sparepart mesin yang digunakan seperti kurang kencangnya pemasangan baut pada mesin yang dapat menyebabkan penurunan *performance* dari mesin. Selain itu juga kurang tepatnya pemasangan *equipment* pada bagian area pencucian yang dapat menyebabkan pencucian yang kurang maksimal pada garam. Namun faktor *Man* merupakan faktor yang jarang terjadi pada saat proses produksi berlangsung.

Faktor berikutnya adalah *Method* sering terjadi pembakaran yang terlalu lama pada saat proses pengeringan sehingga menyebabkan pengeringan garam yang kurang efisien yang berdampak pada banyaknya senyawa yang tidak terikat sempurna pada proses pengkristalan garam. Kemudian faktor *measurement* antara lain pemanasan yang tidak sesuai dengan kebutuhan menyebabkan produk garam yang dihasilkan tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh perusahaan.

Selanjutnya adalah faktor *material*, dimana pada proses awal produksi pada saat pencucian garam bahan yang akan diolah terdapat benda-benda asing seperti debu yang masih bisa masuk yang menyebabkan bahan dasar yang digunakan menjadi kurang bersih. Faktor terakhir yang menyebabkan terjadinya pergeseran proses adalah *machine* dimana selama proses produksi terjadi aliran yang tersumbat pada saat proses pencampuran garam dengan senyawa yang dibutuhkan seperti iodium sehingga menyebabkan iodium yang dicampurkan tidak sesuai dengan takaran, begitupula pada bagian pompa juga tidak jarang mengalami kebocoran sehingga menyebabkan gangguan seperti terjadinya kandungan iodium yang melampaui takaran yang sudah diperhitungkan. Selain itu performa mesin kadang mengalami penurunan performa pada saat proses produksi berlangsung.

4.6 Analisis Kapabilitas Proses Kualitas Garam Konsumsi Beryodium

Kapabilitas proses digunakan untuk mengetahui bagaimana kinerja proses produksi suatu perusahaan secara keseluruhan dalam memenuhi batas spesifikasi yang sudah ditentukan. Karena data penelitian yang digunakan tidak mengikuti distribusi normal multivariat, maka dalam analisis kapabilitas kali ini dilakukan pengujian terhadap data non-normal, sehingga perlu dilakukan identifikasi distribusi terlebih dahulu untuk mengetahui distribusi dari setiap variabel yang akan dianalisis. Identifikasi distribusi dilakukan dengan menggunakan bantuan dari *software EasyFit*. Didapatkan hasil dari identifikasi distribusi dari setiap variabel sebagai berikut.

Tabel 4.11 Identifikasi Distribusi Variabel Penelitian

Periode	Variabel	Distribusi
2019	Kadar Air (H ₂ O)	<i>Loglogistic</i>
	Kadar Garam (NaCl)	<i>Loglogistic</i>
	Kadar Iodium (KIO ₃)	<i>Gamma</i>
2020	Kadar Air (H ₂ O)	<i>Weibull</i>
	Kadar Garam (NaCl)	<i>Loglogistic</i>
	Kadar Iodium (KIO ₃)	<i>Weibull</i>

Setelah distribusi untuk setiap variabel diketahui, maka dilanjutkan dengan melakukan perhitungan kapabilitas proses non-normal. Proses produksi garam konsumsi beryodium dikatakan kapabel apabila hasil pengukuran dari produksi garam konsumsi beryodium secara keseluruhan berada didalam batas spesifikasi yang telah ditentukan, dengan nilai indeks kapabilitas yang lebih dari 1. Indeks yang digunakan untuk mengukur kapabilitas proses dalam penelitian ini adalah P_p dan P_{pk} . Hal ini dikarenakan proses produksi dalam keadaan tidak terkendali secara statistik. Proses dapat dikatakan kapabel apabila masing-masing nilai dari setiap variabel memiliki nilai yang lebih besar dari 1.

Perhitungan kapabilitas proses dilakukan secara univariat dan multivariat. Perhitungan secara univariat dilakukan pada masing-masing variabel sesuai dengan persamaan (2.19) dan (2.21). Berikut adalah perhitungan indeks kapabilitas proses secara univariat pada periode produksi tahun 2019.

Tabel 4.12 Kapabilitas Proses Secara Univariat Periode 2019

Variabel	P_p	P_{pk}
Kadar Air (H ₂ O)	0,92	0,85
Kadar Garam (NaCl)	0,91	0,10
Kadar Iodium (KIO ₃)	1,40	0,80

Berdasarkan hasil perhitungan kapabilitas proses secara univariat pada Tabel 4.11, untuk nilai P_p variabel H₂O sebesar 0,92, karena nilainya lebih kecil dari 1 maka secara univariat kinerja proses untuk variabel H₂O belum memiliki presisi yang baik, jika dilihat dari nilai P_{pk} untuk variabel H₂O juga memiliki nilai yang lebih kecil dari 1 yang menunjukkan bahwa kinerja proses kandungan air pada kualitas garam konsumsi beryodium belum memiliki tingkat akurasi sesuai dengan batas spesifikasi yang ditentukan.

Sementara itu nilai P_p dan P_{pk} untuk variabel NaCl memiliki nilai sebesar 0,91 dan 0,10. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada kualitas garam konsumsi beryodium periode produksi tahun 2019 secara univariat tidak memiliki presisi dan akurasi yang baik, sedangkan untuk nilai P_p dan P_{pk} untuk variabel KIO₃ yaitu 1,40 dan 0,80 menunjukkan bahwa secara univariat telah presisi namun tidak akurat, sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerja proses secara univariat belum kapabel.

Selanjutnya dilakukan analisis kapabilitas proses secara multivariat yaitu menggunakan nilai dari indeks MP_p dan MP_{pk} sesuai dengan persamaan (2.22) dan persamaan (2.23). karena variabel yang digunakan ada 3, maka digunakan bobot sebesar 0,333 didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut.

$$MP_p = (0,333 \times 0,92) + (0,333 \times 0,91) + (0,333 \times 1,40) = 1,08$$

$$MP_{pk} = (0,333 \times 0,85) + (0,333 \times 0,10) + (0,333 \times 0,80) = 0,58$$

Berdasarkan hasil analisis secara multivariat, didapatkan nilai MP_p dan MP_{pk} yang didapatkan masing-masing sebesar 1,08 dan 0,58 dengan menggunakan bobot sebesar 0,333. Dapat diketahui untuk nilai MP_p bernilai lebih dari 1 sedangkan untuk nilai MP_{pk} bernilai kurang dari 1. Hal tersebut menunjukkan bahwa secara multivariat kinerja proses memiliki presisi yang baik

berarti proses produksi yang dilakukan sudah sesuai dengan ketentuan dan standar yang ada pada perusahaan, namun secara akurasi masih kurang baik berarti pendataan yang dilakukan masih kurang akurat pada ketiga variabel yang disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi selama proses produksi. Sehingga dapat dikatakan bahwa proses produksi produk garam konsumsi beryodium di PT Garam (Persero) untuk periode produksi tahun 2019 masih belum kapabel.

Selanjutnya melakukan perhitungan kapabilitas proses untuk kualitas garam konsumsi beryodium untuk periode produksi tahun 2020. Berikut adalah hasil perhitungan kapabilitas proses secara univariat untuk masing-masing variabel.

Tabel 4.13 Kapabilitas Proses Secara Univariat Periode 2020

Variabel	P_p	P_{pk}
Kadar Air (H ₂ O)	1,61	1,29
Kadar Garam (NaCl)	1,54	0,00
Kadar Iodium (KIO ₃)	1,21	0,81

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan pada tabel 4.12 diketahui bahwa untuk variabel kadar air (H₂O), kadar garam (NaCl), dan kadar iodium (KIO₃) berturut-turut memiliki nilai P_p dan P_{pk} masing-masing sebesar (1,61;1,29), (1,54;0,00), dan (1,21;0,81). Dari nilai P_p dapat disimpulkan bahwa secara univariat kinerja proses untuk ketiga variabel telah presisi karena ketiganya bernilai lebih dari 1. Selanjutnya dilihat dari nilai P_{pk} hanya variabel H₂O yang bernilai lebih dari 1 sehingga kinerja proses untuk variabel H₂O telah memiliki akurasi yang baik, sedangkan variabel NaCl dan KIO₃ belum memiliki akurasi yang baik.

Setelah dilakukan perhitungan kapabilitas proses secara univariat, dilanjutkan analisis kapabilitas proses secara multivariat menggunakan MP_p dan MP_{pk} dengan pembobotan yang sama seperti sebelumnya didapatkan hasil sebagai berikut.

$$MP_p = (0,333 \times 1,61) + (0,333 \times 1,54) + (0,333 \times 1,21) = 1,45$$

$$MP_{pk} = (0,333 \times 1,29) + (0,333 \times 0,00) + (0,333 \times 0,81) = 0,69$$

Berdasarkan hasil analisis secara multivariat, didapatkan nilai MP_p dan MP_{pk} masing-masing sebesar 1,45 dan 0,69, diengan

nilai MP_p yang lebih dari 1 menunjukkan bahwa secara multivariat kinerja proses memiliki presisi yang baik berarti proses produksi yang dilakukan sudah sesuai dengan ketentuan dan standar yang ada pada perusahaan, namun dari segi akurasi masih belum baik berarti pendataan yang dilakukan pada ketiga variabel masih kurang akurat yang disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi selama proses produksi. Sehingga dapat dikatakan bahwa proses produksi garam konsumsi beryodium di PT Garam (Persero) untuk periode produksi tahun 2020 juga masih belum kapabel.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis pengendalian proses menggunakan diagram kendali Max-MEWMA dengan penerapan fase I dan fase II. Dengan menggunakan nilai pembobotan sebesar 0,2 pada fase I untuk periode produksi tahun 2019 diagram kendali belum terkendali secara statistik, didapatkan terkendali pada iterasi ke-3 setelah menghilangkan sebanyak 34 pengamatan. Pada fase II dengan menggunakan batas kendali atas yang sama dengan fase I didapatkan hasil bahwa proses telah terkendali secara statistik. Sedangkan pada periode produksi tahun 2020, fase I belum terkendali secara statistik, terkendali pada iterasi ke-2 setelah menghilangkan sebanyak 10 pengamatan. Sedangkan pada fase II belum terkendali secara statistik yang disebabkan adanya penurunan performa pada mesin. Pengamatan yang berada di luar batas kendali menunjukkan bahwa adanya garam konsumsi beryodium yang belum memenuhi batas spesifikasi dari perusahaan.
2. Pada identifikasi variabel penyebab *out of control* dengan cara melakukan perhitungan diagram kendali Max-MEWMA untuk setiap pasangan variabel yang diteliti secara bergantian. Dari ketiga variabel yang diteliti didapatkan bahwa untuk periode produksi tahun 2019 variabel kadar air (H_2O) merupakan variabel yang berkontribusi besar dalam menyebabkan terjadinya *out of control*, sedangkan pada periode produksi tahun 2020 variabel kadar garam ($NaCl$) adalah variabel yang memiliki kontribusi besar terjadinya pengamatan *out of control*. Hal tersebut dapat diketahui dengan melihat jumlah titik *out of control* dari setiap pasangan variabel dan diperkuat dengan adanya 6 faktor penyebab utama terjadinya proses produksi yang tidak terkendali yang

terdiri dari *man, methods, material, measurement, machine,* dan *environment*.

3. Pada hasil analisis kapabilitas proses yang dilakukan untuk mengukur kinerja proses produksi garam konsumsi beryodium didapatkan hasil bahwa dari perhitungan secara multivariat menggunakan indeks MP_p dan MP_{pk} pada periode produksi tahun 2019 menunjukkan nilai sebesar 1,08 dan 0,58 yang menunjukkan bahwa proses produksi secara presisi telah baik namun secara akurasi masih belum baik. Sedangkan pada periode produksi tahun 2020 nilai MP_p dan MP_{pk} sebesar 1,45 dan 0,69 yang menunjukkan bahwa secara presisi proses produksi sudah baik, namun secara akurasi masih belum baik. Hal ini menunjukkan bahwa pada kedua periode produksi garam konsumsi beryodium di PT Garam (Persero) tidak kapabel dan perlu adanya perbaikan pada proses produksi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan kepada PT Garam (Persero) yaitu analisis secara statistik perlu dilakukan secara rutin dan berkala agar pihak perusahaan bisa mengetahui dan mengevaluasi apakah proses produksi yang dilakukan sudah baik atau tidak. Selain itu, pihak perusahaan perlu melakukan perbaikan proses pengendalian pada produksi garam konsumsi beryodium terutama pada variabel yang memiliki dampak besar terjadinya *out of control*. Perlu adanya analisis reliabilitas untukantisipasi sedini mungkin terjadinya masalah baik dalam segi alat yang digunakan, *human error*, maupun kondisi lingkungan sekitar tempat produksi agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Alva, J., & Estrada, E. (2009). A Generalization of Saphiro Wilk's Test for Multivariate-Normality. *Communication in Statistics-Theory and Methods*, 38(11). 1870-1883.
- Aschuri, I. (2013). *Perbaikan Tanah Ekspansif Dengan Menggunakan Garam Anorganik (Studi Kasus Tanah Cikampek)*. Bandung: ITENAS.
- BPS. (2019). *Perbaikan Tanah Ekspansif Dengan Menggunakan Garam Anorganik (Studi Kasus Cikampek)*. Jakarta: CV. Rasoki Putra Utama.
- Buku Panduan Pembuatan Garam Bermutu (2002). Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Nonhayati. Proyek Riset Kelautan dan Perikanan.
- Bowles, J. E. (1986). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknik Tanah*, Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Chen, G., Cheng, S., & Xie, H. (2005). A New Multivariate Control Chart for Monitoring Both Location and Dispersion. *Communications in Statistics Simulation and Computation*, 201-217.
- Dinnur, I. & Efendy, M. (2020). Penerapan Good Manufacturing Practices (GMP) Dalam Produksi Garam Konsumsi Beryodium Di UKM Brondong Lamongan, *Juvenil Vol. 1, No. 1*, 1-8
- Fauziati, Adiningsih, F., Sulharman (2010). Perbaikan Proses Produksi Garam Konsumsi Beryodium Dari Sumur Air Garam Untuk Masyarakat Perbatasan Utara Kalimantan Timur. *Jurnal Riset Industri Vol. IV No. 3*, 25-30.
- Gasghei, R., & Amiri, A. (2017). Transaction E: Industrial Engineering 24. *Scientia Irenica*, 2605-2622.
- Giondi, G., Karnakar, M., Kapil, U., & Jagannathan, J. (1995). Estimation of Losses of Iodine During Different Cooking Procedures. *Clinical Nutrition 1*, 225-228.
- Gustami, E. (2011). *Alat-Alat Perbaikan Kualitas*. Jakarta: Graha Ilmu.

- Heizer, J., & Render, B. (2011). *Operation Management Tenth Edition ed.* New Jersey: Pearson Education.
- Ingles, O. G., & Metcalf, J. (1972). *Soil Stabilization Principles and Practice.* Melbourne: Pty. Limited.
- Iriawan, N. (2006). *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14.* Yogyakarta: Andi Offset.
- Kotler, P. (2005). *Manajemen Pemasaran jilid I dan II.* Jakarta: PT. Indeks.
- Lowry, J. M. (1989). *A Multivariate Exponentially Weighted Moving Average Control Chart.* United State of America: University of South Louisiana.
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control. Sevent Edition.* United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Morrison, F. (1990). *Multivariate Statistical Methods Fourth Edition ed.* United State of America: The Wharton School University of Pennsylvania.
- Pakaya, N. K., Sulistijowati, R., & Dali, F. A. (2015). Analisis Mutu Garam Tradisional di Desa Siduwonge Kecamatan Randangan Kabupaten Pohuwato Provinsi Gorontalo, *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan. Volume 3, No. 1,* 1-6
- Raissi, S. (2009). Multivariate Process Capability Indices on the Presence of Priority for Quality Characteristics. *Journal of Industrial Engineering International, Vol 5, No 19,* 27-36.
- Ramadhan, R., & Setyawan, M. (2013). *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur.* Skripsi S-1 Teknik Sipil Universitas Mulawarman Samarinda KalTim.
- Razali, M., & Wah, Y. (2011). Power Comparisons of Saphiro-Wilks, Kolmogorov-Smirnov, Liliefors, and Anderson-Darling Test. *Journal of Statistical Modeling and Analysis, II(1),* 21-23.
- Ridgon, S.E., & Champ, C. W. (1987). *Multivariate Geometric Moving Average Charts.* San Fransisco: Joint Statistical Meeting.

- Subhan, (2014). *Analisis Kandungan Iodium Dalam Garam Butiran Konsumsi Yang Beredar Di Pasar Kota Ambon*, Ambon: Jurnal Fikratuna Volume 6, Nomor 2.
- Subiyantoro, S. (2001). *Mengenal Lebih Jauh Tentang Garam*. Jawa Timur: BPP Banyuwangi.
- Sudjianto, A. T. (2007). Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur (NaCl). *Jurnal Teknik Sipil Vol. 8 No. 1*, 53-63.
- Tomiyasu, T., Sakamoto, H., and Yonehara, N. (1994). *Differential Determination of Iodine and Iodide by a Kinetic-Catalytic Methode, Analytical Science, J*, 293-297
- Xie, H. (1999). Contribution to Qualimetry. *National Library of Canada*, 1-181.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Penelitian Periode Produksi Tahun 2019

Tanggal	Shift	H ₂ O %	NaCl (dry basic) %	KIO ₃ (ppm)
5/5/2019	1	0.09	99.46	61.21
	2	0.19	99.56	59.33
	3	0.03	99.16	73.65
5/6/2019	1	0.06	99.23	66.75
	2	0.05	99.22	64.72
	3	0.12	99.49	65.92
5/7/2019	1	0.09	99.46	61.21
	2	0.09	99.46	61.21
	3	0.12	98.99	65.92
5/8/2019	1	0.13	99.58	59.33
	2	0.06	99.23	65.26
	3	0.16	99.51	66.75
5/9/2019	1	0.09	99.46	61.21
	2	0.07	99.22	63.18
	3	0.03	99.37	59.37
5/10/2019	1	0.05	99.42	55.93
	2	0.05	99.23	64.72
	3	0.04	99.43	74.76
5/11/2019	1	0.06	99.23	63.73
	2	0.06	99.19	57.32
	3	0.07	98.27	63.18
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
12/5/2019	1	0.09	99.46	61.21
	2	0.15	99.52	71.2
	3	0.09	99.46	61.21

Lampiran 2. Data Penelitian Periode Produksi Tahun 2020

Tanggal	Shift	H2O %	NaCl (dry basic) %	KIO3 (ppm)
2/3/2020	1	0.24	99.67	55.62
	2	0.32	99.64	65.07
	3	0.21	99.41	65.07
2/4/2020	1	0.26	99.48	63.76
	2	0.29	99.61	65.07
	3	0.19	99.6	58.65
2/5/2020	1	0.21	99.53	65.07
	2	0.2	99.55	59.32
	3	0.27	99.7	72.15
2/6/2020	1	0.21	99.53	65.07
	2	0.21	99.53	65.07
	3	0.37	99.74	65.07
2/7/2020	1	0.32	99.57	55.83
	2	0.27	99.65	59.97
	3	0.28	99.69	65.07
2/8/2020	1	0.25	99.66	65.07
	2	0.25	99.57	55.83
	3	0.21	99.53	65.07
2/10/2020	1	0.22	98.35	55.83
	2	0.24	99.63	54.02
	3	0.13	99.52	50.02
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4/30/2020	1	0.16	99.2	78.12
	2	0.16	99.23	57.67
	3	0.24	99.4	45.78

Lampiran 3. Perhitungan Mi Periode Produksi 2019 Fase I

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	1.3174	29	2.3678	57	3.5728
2	0.9739	30	1.1734	58	2.1284
3	1.6583	31	2.5878	59	1.3717
4	1.5163	32	2.2130	60	2.5200
5	2.3555	33	2.2438	61	2.8485
6	1.9580	34	3.8607	62	3.9819
7	1.4780	35	3.5119	63	4.0120
8	0.7437	36	1.7822	64	2.6529
9	0.3592	37	2.0285	65	1.3066
10	1.1623	38	2.8059	66	1.6677
11	1.1066	39	3.1878	67	2.0855
12	1.3313	40	1.7224	68	2.8459
13	1.0860	41	0.9923	69	3.1656
14	1.3807	42	1.0615	70	2.8459
15	3.5906	43	1.3848	71	3.1656
16	1.6742	44	0.5894	72	4.2243
17	0.8031	45	1.3551	73	4.5397
18	2.8548	46	1.1946	74	3.5373
19	5.0533	47	1.3909	75	4.3847
20	5.8320	48	0.4826	76	4.6863
21	5.9878	49	0.9292	77	3.2241
22	6.0742	50	2.8851	78	2.1476
23	4.7389	51	1.7654	79	2.0307
24	4.0610	52	2.9673	80	1.3773
25	4.4646	53	3.9513	81	1.7661
26	3.6432	54	3.9861	82	2.7833
27	3.6188	55	4.8591	83	2.9108
28	2.4472	56	3.9109	84	3.1766

Lampiran 4. Perhitungan Mi Periode Produksi 2019 Fase I
Perbaikan 1

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	1.4086	19	2.3043	37	3.3443
2	1.3408	20	1.1258	38	1.8742
3	1.9883	21	0.9325	39	3.3698
4	1.7179	22	2.2033	40	1.3110
5	2.5903	23	2.3379	41	0.9039
6	2.2304	24	1.8167	42	2.6948
7	1.9325	25	1.4461	43	3.0014
8	0.9892	26	2.4428	44	2.1041
9	1.2598	27	1.4077	45	1.1496
10	0.3467	28	1.0164	46	0.7662
11	0.3379	29	1.1879	47	2.1968
12	0.4670	30	1.5933	48	2.9405
13	1.8251	31	0.9232	49	2.1993
14	1.4311	32	0.8868	50	2.1894
15	0.5265	33	1.6631	51	0.6595
16	1.2273	34	1.7385	52	1.5471
17	2.0617	35	1.0007	53	3.0273
18	1.4717	36	1.4413	54	3.1698

Lampiran 5. Perhitungan Mi Periode Produksi 2019 Fase I
Perbaikan 2

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	1.3650	5	2.6382	9	1.5442
2	1.4223	6	2.2911	10	0.2201
3	1.8848	7	2.0202	11	0.2001
4	1.7584	8	1.1055	12	0.3179

Lampiran 5. Perhitungan Mi Periode Produksi 2019 Fase I
Perbaikan 2 (lanjutan)

i	Mi	i	Mi	i	Mi
13	1.9516	26	2.5702	39	0.8720
14	1.5314	27	1.5584	40	1.2892
15	0.7623	28	1.1820	41	1.8844
16	1.4083	29	1.3495	42	1.2598
17	2.1751	30	1.7469	43	0.5260
18	1.6129	31	1.1029	44	0.3182
19	1.9089	32	0.8370	45	1.8431
20	1.5142	33	1.8211	46	2.6621
21	0.6855	34	1.8683	47	2.0289
22	2.3436	35	1.4232	48	2.0807
23	2.4747	36	1.5830	49	0.7481
24	1.6871	37	1.9167	50	1.5073
25	1.5761	38	3.2095	51	3.0138

Lampiran 6. Perhitungan Mi Periode Produksi 2019 Fase I
Perbaikan 3

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	1.4627	11	1.1759	21	0.9363
2	0.8809	12	1.1227	22	1.3706
3	1.6702	13	1.3072	23	1.5805
4	1.3883	14	0.8298	24	2.1597
5	2.3116	15	0.6472	25	1.0467
6	1.4381	16	1.3929	26	1.4395
7	1.2467	17	1.7474	27	0.9387
8	1.1328	18	1.2576	28	0.3540
9	1.3279	19	1.8681	29	1.0056
10	1.4114	20	0.5224	30	0.7302

Lampiran 6. Perhitungan Mi Periode Produksi 2019 Fase I
Perbaikan 3 (lanjutan)

i	Mi	i	Mi	i	Mi
31	0.3479	38	1.1605	46	1.6058
32	0.8453	39	2.6512	47	1.6343
33	0.7016	40	2.6676	48	1.1385
34	0.7328	41	1.6408	49	1.9495
35	0.8689	42	0.8737	50	2.2994
36	0.4456	43	0.3189		
37	1.3819	44	1.7504		

Lampiran 7. Perhitungan Mi Periode Produksi 2019 Fase II

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	0.9288	9	1.4221	17	2.3292
2	1.4686	10	0.7433	18	1.7442
3	2.2894	11	1.7479	19	1.1956
4	1.2408	12	0.5369	20	1.6840
5	1.1264	13	0.7481	21	1.4599
6	1.7793	14	1.9291	22	2.0145
7	1.2099	15	2.0267		
8	0.8150	16	1.7657		

Lampiran 8. Perhitungan Mi Periode Produksi 2020 Fase I

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	0.57055	6	2.66350	11	2.35819
2	1.30582	7	2.42904	12	1.38446
3	1.68371	8	2.04919	13	0.93906
4	1.34675	9	1.16353	14	0.73130
5	2.22284	10	1.20200	15	0.42496

Lampiran 8. Perhitungan Mi Periode Produksi 2020 Fase I
(lanjutan)

i	Mi	i	Mi	i	Mi
16	1.21598	25	3.37844	34	2.74555
17	2.48948	26	4.31549	35	2.66438
18	2.33536	27	4.50748	36	2.98633
19	2.41646	28	6.11924	37	2.20779
20	1.86126	29	6.11115	38	2.06413
21	2.37309	30	6.21234	39	2.09427
22	3.13213	31	5.76666	40	2.73638
23	2.21822	32	6.19614	41	2.73475
24	2.58261	33	3.15766		

Lampiran 9. Perhitungan Mi Periode Produksi 2020 Fase I
Perbaikan 1

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	0.55963	12	1.75824	23	1.23712
2	1.38612	13	1.08216	24	3.05098
3	1.82967	14	0.82522	25	2.80694
4	1.47858	15	0.88269	26	2.85253
5	2.26631	16	1.51617	27	3.18196
6	2.86877	17	2.76276	28	1.92344
7	1.97285	18	2.69784	29	1.79744
8	1.45445	19	2.80035	30	2.52114
9	0.87421	20	2.05162	31	3.11855
10	0.74836	21	1.89137	32	3.13671
11	2.45357	22	2.15046		

Lampiran 10. Perhitungan Mi Periode Produksi 2020 Fase I
Perbaikan 2

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	0.58498	12	1.58344	23	1.32918
2	1.41587	13	0.88835	24	3.11190
3	1.84532	14	0.91410	25	2.87147
4	1.50268	15	1.12627	26	2.91718
5	2.29233	16	1.59694	27	1.62410
6	2.89598	17	2.82432	28	1.66306
7	1.82727	18	2.76067	29	2.39666
8	1.29746	19	2.86568	30	3.02594
9	0.69043	20	2.11880	31	3.07830
10	0.55865	21	1.95040		
11	2.34457	22	2.14694		

Lampiran 11. Perhitungan Mi Periode Produksi 2020 Fase II

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	0.75903	8	1.41677	15	2.78651
2	0.65767	9	1.51056	16	1.99391
3	0.88368	10	2.48174	17	1.72563
4	1.20073	11	3.03967	18	1.67340
5	1.60526	12	4.00538	19	1.02038
6	1.51522	13	3.03401	20	1.61079
7	1.39947	14	2.97581	21	2.25028

Lampiran 12. Pengujian Asumsi Diagram Kendali

- a. Pengujian Dependensi menggunakan Uji Bartlett pada Data Produksi Periode 2019

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.542
	Approx. <i>Chi-square</i>	8.643
Bartlett's Test of Sphericity	Df	3
	Sig.	.034

- b. Pengujian Dependensi menggunakan Uji Bartlett pada Data Produksi Periode 2020

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.506
	Approx. <i>Chi-square</i>	8.004
Bartlett's Test of Sphericity	Df	3
	Sig.	.046

- c. Syntax R Pengujian Normalitas Data

```
#Data 2019 fase 1
data1 <- read.csv("D: fase 1 2019.csv",header=T)
data2 <- data.matrix(data1)
datauji <- t(data2[1:252,1:3])
library(mvnormtest)
mshapiro.test(datauji)
```

Lampiran 13. Syntax R Pembuatan plot Diagram Kendali

```
#Data 2019 fase 1
Mi <- read.csv("D: fase 1 2019.csv",header=T)
Observasi=cbind(1:nrow(Mi))
Data=data.frame(Observasi,Mi$Mi,Mi$UCL)
View(Data)
colnames(Data)=c("Observasi","Mi","UCL")

#Menggambar Diagram
plot(Data$Observasi,Data$Mi,type =
"o",col="red",xlab = "Observasi", ylab = "Mi",
lwd = 2)
lines(Data$UCL,col="dark blue", lwd = 2)
```

Lampiran 14. Simulasi Perhitungan Batas Kendali Atas

1. Membangkitkan 10000 data random yang berdistribusi normal multivariat dengan menggunakan *mean* dan matriks kovarians bernilai sama dengan nilai pada data produksi fase I.
2. Menghitung nilai statistik M_i dengan mengambil sebanyak 1000 sampel dari data hasil pembangkitan menggunakan persamaan (2.12).
3. Menentukan nilai inisiasi awal sebagai batas kendali atas (h) dengan menggunakan nilai M_i yang didapatkan dari perhitungan pada data fase I.
4. Menghitung Run Length (RL), kemudian didapatkan jumlah sampel sehingga ditemukan nilai M_i pertama yang lebih besar daripada batas kendali atas yang telah ditentukan sebelumnya.
5. Melakukan perhitungan RL sebanyak 100 kali kemudian dirata-rata. Dengan menggunakan nilai alpha 0,0027 maka ARL yang digunakan sebagai tolok ukur penentuan nilai h sebesar 370. Apabila nilai rata-rata RL yang didapatkan lebih kecil dari 370 maka batas kendali atas harus dinaikkan dari nilai sebelumnya, namun apabila nilai rata-ratanya lebih besar dari 370, maka nilai batas kendali atas harus diturunkan sampai nilai rata-ratanya RL bernilai atau mendekati 370.
6. Nilai batas kendali atas yang terpilih adalah ketika nilai batas kendali tersebut memiliki nilai rata-rata RL sebesar 370.

Lampiran 15. Perhitungan Mi Kadar Air dan Kadara Garam

A. Periode Produksi Tahun 2019

I	Mi	i	Mi	i	Mi
1	1.31974	29	3.65228	57	3.42246
2	1.73915	30	2.11119	58	1.85787
3	2.38354	31	1.95470	59	3.47762
4	0.89129	32	3.02693	60	4.21613
5	1.27129	33	2.76405	61	4.16775
6	2.50225	34	3.78660	62	4.49201
7	1.60826	35	3.39997	63	4.60873
8	0.81605	36	1.26164	64	3.09756
9	0.56926	37	1.93871	65	1.57938
10	0.34290	38	3.03585	66	1.25454
11	0.93245	39	3.60730	67	1.56647
12	1.57633	40	1.87391	68	2.74960
13	0.29202	41	0.74175	69	3.94576
14	1.35960	42	1.62696	70	4.31442
15	2.17231	43	2.01220	71	4.79219
16	0.54009	44	0.85703	72	3.95214
17	0.73858	45	1.16874	73	4.31198
18	1.22774	46	1.07893	74	4.43232
19	3.07062	47	1.12462	75	5.00974
20	3.97099	48	0.69407	76	3.24336
21	4.21370	49	1.66983	77	2.80606
22	4.18524	50	2.88064	78	0.88869
23	2.92953	51	1.78126	79	2.83648
24	4.06245	52	2.17768	80	3.50493
25	5.20928	53	2.80587	81	4.25525
26	3.92692	54	3.12193	82	3.91485
27	4.14142	55	3.65536	83	3.25096
28	2.53409	56	2.88152	84	4.84698

B. Periode Produksi Tahun 2020

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	0.38784	15	1.48248	29	4.93401
2	0.78083	16	1.71108	30	4.76138
3	1.50577	17	2.74395	31	4.14748
4	0.79804	18	3.43174	32	4.66575
5	1.78083	19	3.15616	33	2.35597
6	2.55914	20	3.79265	34	2.10223
7	0.95650	21	3.17842	35	2.98987
8	0.38991	22	2.65898	36	2.84903
9	1.59438	23	3.33635	37	2.57331
10	1.40116	24	4.51444	38	2.72525
11	1.85963	25	4.41661	39	3.44955
12	0.82790	26	4.60694	40	3.36605
13	0.67962	27	4.25837	41	3.11425
14	0.42946	28	5.26980		

Lampiran 16. Perhitungan Mi Kadar Air dan Kadar Iodium

A. Periode Produksi Tahun 2019

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	1.44727	12	2.03588	23	3.61832
2	0.77468	13	3.36416	24	2.75533
3	1.29069	14	2.30974	25	2.92921
4	0.79993	15	4.04697	26	3.56364
5	2.20138	16	1.71544	27	3.19615
6	0.83730	17	1.75193	28	3.77120
7	1.68383	18	3.13592	29	3.02158
8	1.67876	19	4.70728	30	2.65437
9	0.65078	20	5.33307	31	2.18892
10	0.60456	21	5.38603	32	2.97082
11	0.89737	22	5.14468	33	2.42316

Lampiran 17. Perhitungan Mi Kadar Air dan Kadar Iodium
(lanjutan)

i	Mi	i	Mi	i	Mi
34	3.55404	51	1.61930	68	3.15148
35	2.84725	52	2.33183	69	2.95907
36	1.45344	53	3.09997	70	3.75053
37	1.40123	54	3.02755	71	3.84382
38	1.88628	55	3.80155	72	2.64137
39	2.03879	56	2.67091	73	3.14609
40	1.71906	57	2.22028	74	3.23019
41	3.14628	58	2.05004	75	1.72601
42	2.44914	59	1.08481	76	3.02362
43	2.06945	60	1.19693	77	2.31338
44	2.19661	61	1.46372	78	1.09374
45	2.81385	62	2.58633	79	1.33075
46	2.93072	63	2.64309	80	2.28730
47	2.35878	64	2.34281	81	2.10734
48	0.62834	65	1.87900	82	2.24928
49	1.32840	66	2.48812	83	3.72221
50	2.79694	67	3.08265	84	5.31582

B. Periode Produksi Tahun 2020

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	0.11737	8	1.72651	15	0.47531
2	0.59963	9	1.04509	16	0.52946
3	0.70573	10	1.08825	17	1.07694
4	0.75792	11	1.63724	18	0.98479
5	1.85800	12	0.97691	19	1.25720
6	1.72821	13	0.70773	20	1.56891
7	1.91083	14	0.63491	21	2.01723

Lampiran 18. Perhitungan Mi Kadar Air dan Kadar Iodium
(lanjutan)

i	Mi	i	Mi	i	Mi
22	2.61133	29	4.07448	36	2.16180
23	1.88327	30	4.52092	37	1.89303
24	0.84045	31	3.96452	38	1.78655
25	1.47729	32	4.38597	39	1.69315
26	2.48824	33	3.52825	40	1.59180
27	2.59736	34	2.63163	41	2.18311
28	4.08694	35	2.20219		

Lampiran 19. Perhitungan Mi Kadar Garam dan Kadar Iodium

A. Periode Produksi Tahun 2019

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	1.16264	18	3.56779	35	3.09352
2	1.52379	19	5.18988	36	1.32141
3	1.74688	20	5.38500	37	1.83539
4	2.02648	21	5.21154	38	2.23958
5	2.89212	22	5.95545	39	2.37961
6	1.96210	23	5.49590	40	0.94169
7	1.12403	24	4.29410	41	0.21541
8	0.63714	25	4.15368	42	0.44347
9	0.87265	26	2.99316	43	0.46879
10	0.99517	27	2.77503	44	0.61089
11	1.29157	28	1.49224	45	1.17401
12	1.86269	29	1.18593	46	0.14066
13	0.30365	30	0.85570	47	0.73044
14	1.08477	31	2.20529	48	0.55083
15	3.45226	32	1.13099	49	0.37787
16	2.93951	33	1.57617	50	2.09954
17	1.53994	34	2.97147	51	2.75553

Lampiran 20. Perhitungan Mi Kadar Garam dan Kadar Iodium
(lanjutan)

i	Mi	i	Mi	i	Mi
52	3.68930	63	2.68175	74	3.68164
53	4.41006	64	1.26992	75	2.07683
54	3.99546	65	0.39439	76	0.89413
55	4.56865	66	0.96344	77	1.49986
56	4.20119	67	1.11496	78	1.92621
57	3.50550	68	1.63829	79	2.03903
58	1.82241	69	2.01488	80	2.84878
59	1.16671	70	2.76849	81	2.57637
60	1.60234	71	2.90447	82	3.30776
61	1.83444	72	2.25047	83	1.64566
62	2.86969	73	3.34048	84	2.43503

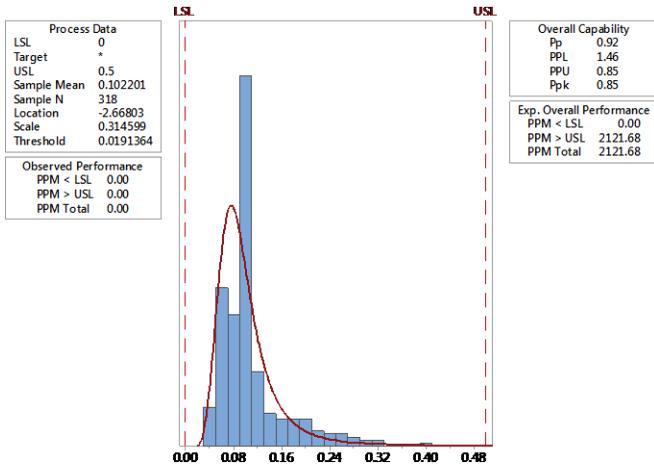
B. Periode Produksi Tahun 2020

i	Mi	i	Mi	i	Mi
1	0.91449	15	1.15046	29	6.77109
2	1.64035	16	2.26751	30	6.70145
3	1.60060	17	2.93987	31	6.88442
4	2.36485	18	2.34457	32	6.68816
5	2.66403	19	2.68785	33	3.27325
6	2.73287	20	1.38762	34	2.73846
7	1.22697	21	1.43126	35	2.27910
8	1.17555	22	0.35848	36	3.07196
9	1.01692	23	0.39504	37	1.64572
10	1.01617	24	2.04610	38	1.08886
11	1.22807	25	3.58697	39	1.57919
12	1.22856	26	4.19875	40	2.84307
13	1.41459	27	5.52631	41	3.01966
14	2.06476	28	6.64172	29	6.77109

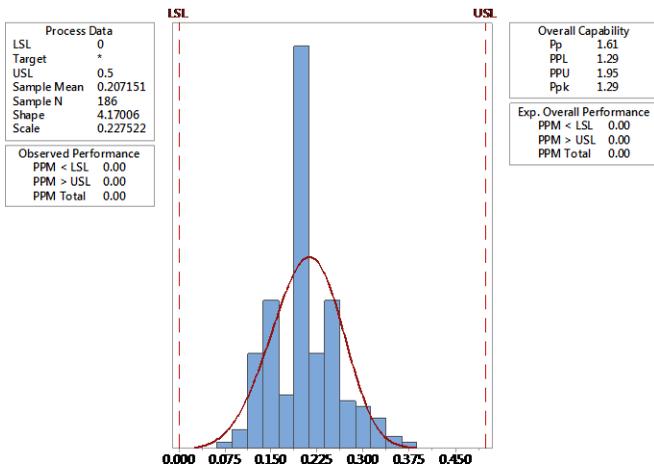
Lampiran 21. Output Minitab Kapabilitas Proses

A. Kapabilitas Proses Kadar Air (H₂O)

- Periode Produksi Tahun 2019

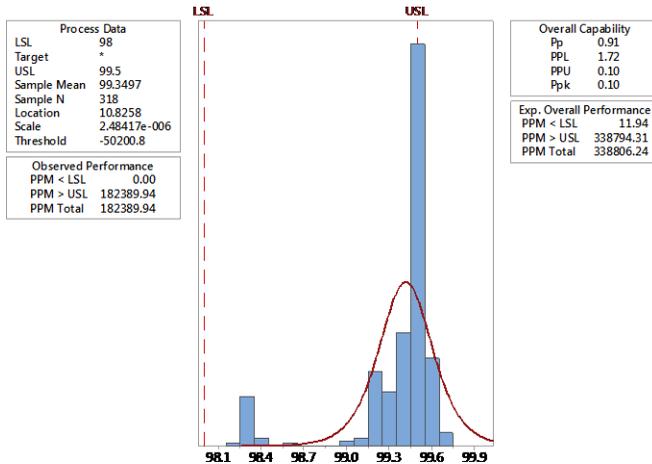


- Periode Produksi Tahun 2020

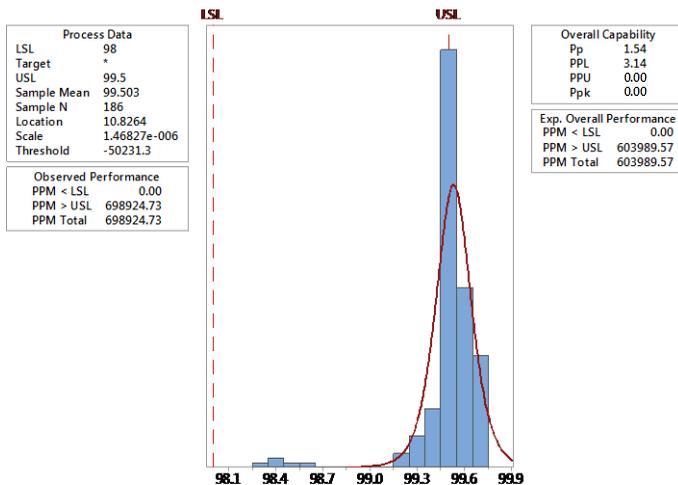


B. Kapabilitas Proses Kadar Garam (NaCl)

- Periode Produksi Tahun 2019

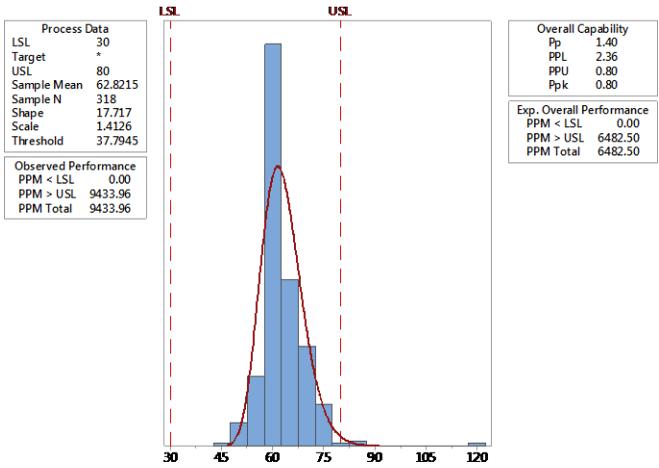


- Periode Produksi Tahun 2020

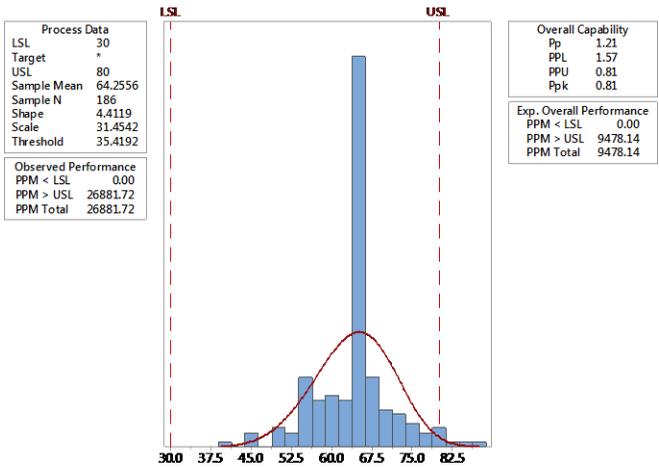


C. Kapabilitas Proses Variabel Kadar Iodium (KIO3)

- Periode Produksi Tahun 2019



- Periode Produksi Tahun 2020



Lampiran 22. Surat Keterangan Publikasi Data



SURAT KETERANGAN DATA PENELITIAN
 Nomor : 001 /LAB/PIB/VI/ 2020

Surat yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : ARIE ENGGAR FITRI
 Jabatan : Manajer Laboratorium PT. Garam (Persero)

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : WILDY FACHRIZAL
 NRP : 062116 4000 0059
 Universitas : INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Adalah benar bahwa yang bersangkutan telah mendapatkan data laboratorium dalam rangka penulisan skripsinya yang berjudul PENGENDALIAN KUALITAS GARAM KONSUMSI BERYODIUM DI PT GARAM (PERSERO) MENGGUNAKAN GRAFIK KENDALI MAXIMUM MULTIVARIATE EXPONENTIAL WEIGHTED MOVING AVERAGE (MAX-MEWMA)

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dipergunakan seperlunya.

Sumenep, 17 Juni 2020
 PT Garam (Persero)



ARIENGGAR FITRI
 Manajer Laboratorium



Kantor Direksi : Jl. Arief Rachman Hakim no. 93 Surabaya, Telp. (031)59375778, Fax. (031)5937578-82, Fax. (031) 5937583
 Kantor Pusat : Jl. Raya Kallangati 9 Sumenep-Madura, Telp. (0328) 662416-662381, Fax. (0328)662461
 Home page : <http://www.ptgaram.com> - Email : sekretariat@ptgaram.com

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Wildy Fachrizal dilahirkan di Kabupaten Pamekasan pada 12 September 1997. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Panaguan 2, SMPN 5 Pamekasan, dan SMAN 3 Pamekasan. Kemudian penulis diterima sebagai Mahasiswa Departemen Statistika ITS melalui jalur SBMPTN pada tahun 2016. Selama masa perkuliahan, penulis aktif di berbagai kepanitiaan antara lain CERITA 2018, PRS 2019, ITS EXPO 2018, GERIGI ITS

2017 dan 2018, serta beberapa kepanitiaan lainnya. Selain itu, penulis juga aktif dalam organisasi yang menaungi Departemen Statistika yaitu HIMASTA-ITS sebagai staff departmen kesenian dan olahraga HIMASTA-ITS 2017/2018 dan ketua departmen kesenian dan olahraga HIMASTA-ITS 2018/2019. Selama menjalani masa perkuliahan, penulis diberi kesempatan untuk menjadi 19th winner pada acara *Global Ideapreneur Week* di Malaysian Global Innovation & Creativity Centre (MAGIC) pada tahun 2018. Selain itu, penulis juga mempunyai pengalaman mengikuti beberapa kegiatan *survey* yang dilakukan oleh MPM Honda Surabaya, Trans TV, PDAM Jawa Timur, serta Bank Indonesia sebagai pengaplikasian ilmu statistika. Selain itu, penulis juga diberi kesempatan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Jakarta untuk melaksanakan kerja praktik selama satu bulan setengah pada tahun 2019. Apabila pembaca ingin memberi kritik dan saran serta diskusi lebih lanjut mengenai topik Tugas Akhir ini, dapat menghubungi kontak penulis melalui email wildyfch@gmail.com atau nomor telepon 085258417726.