

**PERFORMA PETA KENDALI *DOUBLE*  
*EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE*  
DALAM MONITORING PERGESERAN  
*MEAN* PROSES  
(Studi Kasus: Produksi Cacat Butsudan di PT. Maruki  
International Indonesia)**

**SKRIPSI**



**SONYA**

**H051181023**

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DEPARTEMEN STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
JANUARI 2023**

**PERFORMA PETA KENDALI *DOUBLE*  
*EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE*  
DALAM MONITORING PERGESERAN  
*MEAN* PROSES  
(Studi Kasus: Produksi Cacat Butsudan di PT. Maruki  
International Indonesia)**



**SKRIPSI**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

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

**SONYA**

**H051181023**

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

**MAKASSAR**

**JANUARI 2023**

**LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN**

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

**Performa Peta Kendali *Double Exponentially Weighted Moving Average* dalam Monitoring Pergeseran Mean Proses (Studi Kasus: Produksi Cacat Butsudan di PT. Maruki International Indonesia)**

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

Makassar, 11 Januari 2023



**Sonva**

**NIM H051181023**

**PERFORMA PETA KENDALI *DOUBLE EXPONENTIALLY  
WEIGHTED MOVING AVERAGE* DALAM MONITORING  
PERGESERAN *MEAN* PROSES  
(Studi Kasus: Produksi Cacat Butsudan di PT. Maruki  
International Indonesia)**

Disetujui Oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama



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

Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.

NIP. 19750429 200003 2 001

NIP. 19620926 198702 2 001

Ketua Program Studi



Dr. Nurfitri Sunusi, S.Si., M.Si.

NIP. 19720117 199703 2 002

Pada 11 Januari 2023

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Sonya  
NIM : H051181023  
Program Studi : Statistika  
Judul Skripsi : Performa Peta Kendali *Double Exponentially Weighted Moving Average* dalam Monitoring Pergeseran *Mean* Proses  
(Studi Kasus: Produksi Cacat Butsudan di PT. Maruki International Indonesia)

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

### DEWAN PENGUJI

1. Ketua : Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si. (.....) 
2. Sekretaris : Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si. (.....) 
3. Anggota : Drs. Raupong, M.Si. (.....) 
4. Anggota : Sitti Sahrman, S.Si., M.Si. (.....) 

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 11 Januari 2023

## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Segala puji hanya bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis sampai saat ini. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada baginda tercinta Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa sallam*, kepada para keluarga dan sahabat Rasulullah. *Alhamdulillahirobbil'aalamiin*, berkat nikmat kesehatan baik itu berupa sehat fisik maupun akal pikiran, kesabaran dan kemudahan yang diberikan oleh Allah SWT, penulis mampu untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Performa Peta Kendali Double Exponentially Weighted Moving Average dalam Monitoring Pergeseran Mean Proses (Studi Kasus: Produksi Cacat Butsudan di PT. Maruki International Indonesia)*” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penyelesaian penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan doa dari berbagai pihak baik secara moril maupun materi sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan di waktu yang terbaik menurut Allah. Penulis tidak akan sampai pada titik ini, jikalau tanpa dukungan dan bantuan dari pihak yang selalu ada, peduli dan menyayangi penulis. Oleh karena itu, penulis haturkan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya serta penghargaan yang setinggi-tingginya untuk orang tua penulis, Ayahanda **Lamaniambo, S.E.** dan Ibunda terkasih, **Hj. Hasni** yang telah memberikan dukungan penuh, pengorbanan, kesabaran hati, kasih sayang dan doa yang senantiasa dilangitkan untuk penulis. Kakakku serta suaminya, **Ns. Nila Andriani, S.Kep.** dan **Ridwan, S.H.**, terima kasih telah menjadi kakak yang sangat baik, selalu ada dan selalu memberikan dukungan baik batin dan juga raga untuk penulis serta untuk keluarga besarku, terima kasih atas doa dan dukungannya selama ini. **Aufa Eliya Febriola** dan **Faqih Hasbi Bayanaka** sebagai pelengkap dan penyemangat penulis. Terima kasih atas doa, kasih sayang dan dukungan kalian kepada penulis.

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

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin berserta seluruh jajarannya.
2. **Bapak Dr. Eng. Amiruddin**, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. **Ibu Dr. Nurtiti Sunusi S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Departemen Statistika, segenap Dosen Pengajar dan Staf yang telah membekali ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Statistika.
4. **Ibu Dr. Erna Tri Herdiani, S.Si., M.Si.**, selaku Pembimbing Utama dan **Ibu Dr. Dr. Georgina Maria Tinungki, M.Si.**, selaku Pembimbing Pendamping. Terima kasih telah meluangkan waktu dan pemikirannya di tengah berbagai kesibukan dan prioritasnya untuk senantiasa memberikan arahan, dorongan, dan motivasi kepada penulis mulai dari awal hingga selesainya penulisan tugas akhir ini.
5. **Bapak Drs. Raupong, M.Si.** dan **Ibu Sitti Sahrinan, S.Si., M.Si.**, selaku Tim Penguji yang telah memberikan saran dan kritikan yang mendorong penulis untuk menyusun tugas akhir ini dengan baik dan benar.
6. **Bapak Drs. Raupong, M.Si.**, selaku Penasehat Akademik penulis. Terima kasih atas segala bantuan, nasehat serta motivasi yang selalu diberikan kepada Penulis selama menjalani pendidikan di Departemen Statistika.
7. Bapak dan ibu dosen Fakultas MIPA yang telah mengajarkan ilmu pengetahuan sehingga dapat dijadikan dasar dalam penulisan skripsi ini.
8. **PT. Maruki International Indonesia** yang telah membantu dalam penyediaan data untuk melakukan penelitian ini.
9. Keluargaku tercinta, terima kasih telah memberikan banyak doa, dukungan, dan motivasi hingga penulis dapat menyelesaikan studi.
10. Sahabat-sahabatku yang telah penulis anggap sebagai saudara, **Mince Katrina Falensya Sidupa, Iin Indarti, Reza Maragareta** dan **St. Nuralifsyah**, terima kasih masih selalu ada dan percaya, selalu memberikan motivasi, doa serta mengajarkan berbagai hal yang sangat bermanfaat di dunia dan akhirat.
11. **Fiska Evryan** selaku sahabat perkuliahan sekaligus telah menjadi saudara di perantauan, terima kasih atas dukungan dan semangat yang telah diberikan.

**Fitra Damayanti** dan **Muh. Ishak** terima kasih untuk bantuan, dukungan dan setiap cerita cita dan dukanya sehingga memberi kesan perkuliahan yang berwarna.

12. **Anita, Andini, Paisa, Ulya, Aul** dan **Rosha** selaku sahabat berorganisasi penulis, terima kasih untuk dukungan, motivasi, canda dan tawa yang diberikan serta selalu menjadi pendengar yang baik.
13. Teman-teman **Statistika 2018, Victor, Hidayah, Iffa, Yuyu, Isra', Sisi, Kholifah, Wardah, Manto** dan semua teman-teman Statistika 2018 yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, terima kasih atas segala cerita dan kenangannya, senang bisa mengenal kalian semua.
14. **Keluarga Besar UKM Radio Kampus EBS FM Unhas**, terima kasih telah menjadi “rumah kedua” di rantauan, tempat yang banyak memberikan pengetahuan baru serta pengalaman yang sangat berkesan dan tentunya bermanfaat untuk penulis. Spesial juga untuk **Rekaman 2020** tersayang, terima kasih untuk hal-hal baik yang diberikan, semoga kasih sayang selalu kebersamai.
15. Teman-teman dan keluarga baru **KKN 106 SULTRA 1** terimakasih telah membantu dan menjalin hubungan yang baik selama dan setelah menjalani proses KKN.
16. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, semoga segala dukungan dan partisipasi yang diberikan kepada penulis bernilai ibadah disisi Allah SWT.

Akhir kata, terima kasih dan rasa syukur tak henti-hentinya penulis ucapkan, besar harapan agar tulisan ini memberikan manfaat untuk berbagai pihak.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Makassar, 11 Januari 2023



Sonya

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

---

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

Nama : Sonya  
NIM : H051181023  
Program Studi : Statistika  
Departemen : Statistika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis Karya : Skripsi

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

**“Performa Peta Kendali *Double Exponentially Weighted Moving Average* dalam Monitoring Pergeseran *Mean* Proses (Studi Kasus: Produksi Cacat Butsudan di PT. Maruki International Indonesia)”**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Makassar pada tanggal, 11 Januari 2023

Yang menyatakan



(Sonya)

## ABSTRAK

Kualitas merupakan hal yang cukup penting dalam suatu perusahaan sehingga perlu dilakukan pengendalian kualitas sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas suatu produk. Salah satu metode pengendalian kualitas yang digunakan adalah peta kendali yang merupakan sebuah grafik yang menunjukkan sebuah proses dalam keadaan terkendali atau tidak. Peta kendali yang umum digunakan adalah peta kendali Shewhart, tetapi peta kendali ini dinilai kurang sensitif dalam mendeteksi pergeseran kecil. Peta kendali *exponentially weighted moving average* (EWMA) merupakan peta kendali alternative untuk mengatasi kelemahan peta kendali Shewhart. Peta kendali *double exponentially weighted moving average* (DEWMA) merupakan hasil pengembangan dari peta kendali EWMA dengan meningkatkan proses *exponential smoothing* yang bertujuan untuk mendapatkan peta kendali yang memiliki kesensitifan lebih baik dalam mendeteksi pergeseran kecil dibandingkan dengan peta kendali EWMA. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui performa peta kendali DEWMA dalam mendeteksi pergeseran kecil pada proses produksi butsudan di PT. Maruki International Indonesia yang dibandingkan dengan peta kendali EWMA. Hasil yang diperoleh yaitu peta kendali EWMA dan peta kendali DEWMA menunjukkan bahwa proses dalam keadaan tidak terkendali dengan peta kendali DEWMA mampu mendeteksi *out of control* yang relatif banyak. Berdasarkan nilai *average run length* (ARL), peta kendali DEWMA memiliki nilai ARL yang relatif lebih kecil untuk setiap nilai  $\lambda$  dan  $k$  yang digunakan dibandingkan dengan peta kendali EWMA sehingga dapat disimpulkan bahwa performa peta kendali DEWMA lebih baik dalam mendeteksi pergeseran *mean* proses yang kecil daripada peta kendali EWMA berdasarkan jumlah data yang *out of control* dan nilai ARL.

**Kata Kunci** : ARL, EWMA, DEWMA, Pergeseran *Mean* Proses, Peta Kendali

## ABSTRACT

*Quality is quite important in a company so it is necessary to do quality control as an effort to improve the quality of a product. One of the quality control methods used is a control chart which is a graph showing whether a process is under control or not. The control chart that is commonly used is the Shewhart control chart, but this control chart is considered less sensitive in detecting small shifts. control exponentially weighted moving average chart is an alternative control chart to overcome the weaknesses of the Shewhart control chart. Double exponentially weighted moving average (DEWMA) control chart is the result of the development of the EWMA control chart by improving the exponential smoothing which aims to obtain a control chart that has better sensitivity in detecting small shifts compared to the EWMA control chart. This research was conducted to determine the performance of the DEWMA control chart in detecting small shifts in the butsudan production process at PT. Maruki International Indonesia compared to the EWMA control chart. The results obtained, namely the EWMA control chart and the DEWMA control chart show that the process is in an uncontrolled state with the DEWMA control chart capable of detecting of out of control a relatively large number. Based on the average run length (ARL) value, the DEWMA control chart has relatively smaller ARL values for each  $\lambda$  and  $k$  is used compared to the EWMA control chart so it can be concluded that the performance of the DEWMA control chart is better in detecting small shifts in the mean than the control chart EWMA is based on the amount of data that is out of control and the ARL value.*

**Keywords:** *ARL, EWMA, DEWMA, Small Shift, Control Chart*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEOTENTIKAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING</b> ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Peta Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average</i> .....	5
2.2 Peta Kendali <i>Double Exponentially Weighted Moving Average</i> .....	10
2.3 Uji Normalitas .....	11

2.4 <i>Average Run Length</i> .....	11
2.5 PT. Maruki International Indonesia.....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	14
3.1 Sumber Data .....	14
3.2 Variabel Penelitian.....	14
3.3 Langkah Analisis .....	14
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	15
4.1 Uji Normalitas .....	15
4.2 Penentuan Batas Kendali Peta Kendali <i>Double Exponentially Weighted Moving Average</i> .....	15
4.3 Penerapan Peta Kendali pada Data Cacat Produksi Butsudan PT. Maruki Internasional Indonesia.....	20
4.4 Perbandingan Performa Peta Kendali <i>Double Exponentially Weighted Moving Average</i> dan Peta Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average</i> Berdasarkan Nilai <i>Average Run Length</i> .....	31
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	33
5.1 Kesimpulan .....	33
5.2 Saran .....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	34
<b>LAMPIRAN</b> .....	36

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Uji Kolmogorov-Simirnov .....	15
<b>Tabel 4.2</b> Perbandingan Nilai ARL Peta Kendali EWMA dan Peta Kendali DEWMA .....	31

**DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar 4.1</b> Peta Kendali EWMA untuk $\lambda = 0,1$ .....	21
<b>Gambar 4.2</b> Peta Kendali EWMA untuk $\lambda = 0,2$ .....	22
<b>Gambar 4. 3</b> Peta Kendali EWMA untuk $\lambda = 0,3$ .....	23
<b>Gambar 4.4</b> Peta Kendali EWMA untuk $\lambda = 0,4$ .....	24
<b>Gambar 4.5</b> Peta Kendali EWMA untuk $\lambda = 0,5$ .....	24
<b>Gambar 4.6</b> Peta Kendali DEWMA untuk $\lambda = 0,1$ .....	26
<b>Gambar 4.7</b> Peta Kendali DEWMA untuk $\lambda = 0,2$ .....	27
<b>Gambar 4.8</b> Peta Kendali DEWMA untuk $\lambda = 0,3$ .....	28
<b>Gambar 4.9</b> Peta Kendali DEWMA untuk $\lambda = 0,4$ .....	29
<b>Gambar 4.10</b> Peta Kendali DEWMA untuk $\lambda = 0,5$ .....	29

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b>	Data Remaking Produksi Butsudan PT. International Indonesia Periode Januari 2017 – Desember 2021.....	37
<b>Lampiran 2.</b>	Uji Kolmogorov-Smirnov.....	39
<b>Lampiran 3.</b>	Peta Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average</i> untuk $\lambda = 0.1$ .....	40
<b>Lampiran 4.</b>	Peta Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average</i> untuk $\lambda = 0.2$ .....	41
<b>Lampiran 5.</b>	Peta Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average</i> untuk $\lambda = 0.3$ .....	42
<b>Lampiran 6.</b>	Peta Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average</i> untuk $\lambda = 0.4$ .....	43
<b>Lampiran 7.</b>	Peta Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average</i> untuk $\lambda = 0.5$ .....	44
<b>Lampiran 8.</b>	Peta Kendali <i>Double Exponentially Weighted Moving Average</i> $\lambda = 0.1$ .....	45
<b>Lampiran 9.</b>	Peta Kendali <i>Double Exponentially Weighted Moving Average</i> $\lambda = 0.2$ .....	46
<b>Lampiran 10.</b>	Peta Kendali <i>Double Exponentially Weighted Moving Average</i> $\lambda = 0.3$ .....	47
<b>Lampiran 11.</b>	Peta Kendali <i>Double Exponentially Weighted Moving Average</i> $\lambda = 0.4$ .....	48
<b>Lampiran 12.</b>	Peta Kendali <i>Double Exponentially Weighted Moving Average</i> $\lambda = 0.5$ .....	49
<b>Lampiran 13.</b>	Perhitungan Nilai ARL Peta Kendali <i>Exponentially Weighted Moving Average</i> .....	50
<b>Lampiran 14.</b>	Perhitungan Nilai ARL Peta Kendali <i>Double Exponentially Weighted Moving Average</i> .....	52

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini persaingan industri semakin ketat, menyebabkan perusahaan-perusahaan berlomba-lomba untuk membuat produk yang baik. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi seperti saat ini membuat dunia usaha menjadi semakin kompetitif dibanding sebelumnya. Setiap pelaku bisnis yang ingin mendapatkan perhatian lebih oleh masyarakat umum perlu memberikan perhatian penuh terhadap kualitas produk yang diciptakannya. Salah satu cara untuk dapat bersaing di dunia industri dan memiliki prospek keberhasilan jangka panjang yaitu suatu perusahaan mampu menghasilkan produk yang berkualitas tinggi.

Suatu perusahaan harus memiliki jaminan kualitas terhadap produk yang dihasilkan, sehingga produk yang diperoleh merupakan produk yang baik yang mampu memenuhi kebutuhan konsumen dengan spesifikasi yang baik. Dengan demikian suatu perusahaan dapat mempertahankan konsumennya serta tidak menutup kemungkinan bertambahnya konsumen baru. Kondisi seperti inilah yang membuat upaya pengendalian kualitas merupakan hal yang cukup penting bagi suatu perusahaan untuk terus meningkatkan kualitas produk yang dihasilkannya.

PT. Maruki International Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur dengan produk utama yang dihasilkan yaitu butsudan. Perusahaan ini berorientasi ekspor dengan bahan baku sebagian diimpor sehingga sistem produksi butsudan yaitu berdasarkan pesanan dari kantor pusat yang terletak di Jepang. Proses produksi menjadi hal yang sangat penting untuk menjaga kepercayaan dan kepuasan pelanggan serta meminimalisir kerugian yang dapat dialami perusahaan. *Remaking* adalah istilah untuk produk yang dikembalikan karena cacat, dimana hal ini merupakan masalah yang cukup sering dihadapi oleh perusahaan. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan suatu metode penanganan dalam proses produksi atau yang dikenal dengan pengendalian kualitas.

Montgomery (1990) mengatakan pengendalian kualitas merupakan kegiatan keteknikan dan manajemen yang meliputi mengukur kualitas produk, kemudian membandingkannya dengan standar kualitas yang telah ditetapkan, dilanjutkan dengan melakukan tindakan jika terdapat kualitas produk yang tidak

sesuai dengan standar yang telah ditetapkan sebelumnya. Pengendalian kualitas statistik merupakan salah satu cara dalam pengendalian kualitas dengan mengontrol variasi yang terjadi selama proses produksi.

Metode statistika yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pengendalian kualitas proses produksi adalah peta kendali. Peta kendali merupakan metode yang digunakan untuk memonitoring proses produksi dan pengendalian kualitas serta untuk melihat kualitas hasil proses produksi apakah terkendali secara statistik (Hamsah *et al.*, 2019). Peta kendali yang umum digunakan adalah peta kendali Shewhart. Dalam melakukan pengendalian proses, peta kendali Shewhart hanya menggunakan informasi dari nilai data terakhir dan mengabaikan informasi lain yang terdapat dalam keseluruhan data sehingga informasi karakteristik hasil produksi tidak berhubungan antara titik data yang satu dengan yang lainnya. Hal ini membuat peta kendali Shewhart relatif tidak sensitif dalam mendeteksi pergeseran kecil yaitu pergeseran yang terjadi senilai  $\leq 1,5\sigma$  (Montgomery, 2009).

Salah satu peta kendali alternatif yang dikembangkan untuk mengatasi kelemahan dari peta kendali Shewhart adalah peta kendali *exponentially weighted moving average* (EWMA). Peta kendali tersebut dianggap dapat mendeteksi kemungkinan adanya pergeseran *mean* proses yang kecil (Montgomery, 2009). Peta kendali *double exponentially weighted moving average* (DEWMA) merupakan hasil pengembangan dari peta kendali EWMA dengan meningkatkan proses *exponential smoothing* yang bertujuan untuk mendapatkan peta kendali yang memiliki kesensitifan lebih baik dalam mendeteksi pergeseran *mean* proses yang kecil dibandingkan dengan peta kendali EWMA (Adeoti, 2018).

Penelitian sebelumnya mengenai pengendalian kualitas statistik untuk pergeseran kecil menggunakan peta kendali telah dilakukan para peneliti. Hakam (2017) melakukan penelitian dengan membandingkan peta kendali *cumulative sum* (CUSUM) dan peta kendali EWMA yang diterapkan pada produksi pipa besi pada PT. Pacific Angkasa Abadi. Hasilnya menunjukkan peta kendali EWMA memberikan hasil yang lebih baik karena dapat mendeteksi 6 plot yang *out of control* dibandingkan dengan peta kendali CUSUM. Selanjutnya, Wijayanti *et al.* (2020) melakukan penelitian dengan membandingkan kinerja peta kendali CUSUM dan peta kendali EWMA. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa peta kendali

EWMA lebih efektif dalam mendeteksi tanda pergeseran *mean* daripada peta kendali CUSUM. Hamsah *et al.* (2019) melakukan penelitian dengan menerapkan peta kendali EWMA dan peta kendali DEWMA dalam pengendalian kualitas produk mie pada UD. Sinar Sulawesi. Hasil yang diperoleh menunjukkan data produksi mie tidak terdapat data yang *out of control* baik pada peta kendali EWMA maupun peta kendali DEWMA.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk mengetahui performa peta kendali DEWMA dalam monitoring pergeseran *mean* proses produksi butsudan di PT. Maruki International Indonesia.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana mendapatkan peta kendali *double exponentially weighted moving average* pada data jumlah cacat produksi butsudan PT. Maruki International Indonesia?
2. Bagaimana performa peta kendali *double exponentially weighted moving average* dalam monitoring pergeseran *mean* proses produksi butsudan di PT. Maruki International Indonesia?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang akan diselesaikan, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mendapatkan peta kendali *double exponentially weighted moving average* dan menerapkannya pada data jumlah cacat produksi butsudan PT. Maruki International Indonesia.
2. Memperoleh performa peta kendali *double exponentially weighted moving average* dalam monitoring pergeseran *mean* proses produksi butsudan di PT. Maruki International Indonesia.

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah ruang lingkupnya terbatas pada beberapa hal yaitu:

1. Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu data yang digunakan adalah data jumlah cacat produksi *butsudan* PT. Maruki International Indonesia berdasarkan inspeksi bulanan mulai Januari 2017 – Desember 2021.
2. Nilai  $\lambda$  yang digunakan yaitu  $\lambda = 0.1$ ,  $\lambda = 0.2$ ,  $\lambda = 0.3$ ,  $\lambda = 0.4$  dan  $\lambda = 0.5$
3. Nilai  $k$  yaitu konstanta pergeseran *mean* yang digunakan yaitu  $k = 0; 0.25; 0.5; 0.75; 1; 0.15$

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini yaitu:

1. Memberikan manfaat khususnya untuk bidang statistika dalam memperoleh pengetahuan mengenai perbandingan metode pengendalian kualitas, yaitu dengan peta kendali *double exponentially weighted moving average* dan peta kendali *exponentially weighted moving average*.
2. Dapat dijadikan sebagai masukan atau saran kepada pihak perusahaan dalam menentukan rancangan pengendalian kualitas sebagai upaya peningkatan kualitas produk.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Peta Kendali *Exponentially Weighted Moving Average*

Peta kendali *exponentially weighted moving average* (EWMA) pertama kali digagas oleh Roberts pada tahun 1959 yang digunakan dalam memonitor proses dan mendeteksi adanya sebab khusus yang dapat dilihat dari adanya pergeseran terus menerus dalam suatu proses (Nelwati *et al.*, 2019). Peta kendali EWMA merupakan salah satu peta kendali alternatif dalam mendeteksi pergeseran proses yang relatif kecil. Cara kerja peta kendali ini yaitu dengan menggunakan sampel-sampel sebelumnya untuk menjadi titik pengamatan yang nantinya akan diamati pada grafik.

Jika diasumsikan pengamatan dari proses dengan variabel  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ , maka EWMA didefinisikan sebagai berikut (Wijayanti *et al.*, 2020):

$$Y_i = \lambda X_i + (1 - \lambda)Y_{i-1}; i = 1, 2, \dots, n \quad (2.1)$$

dengan:

$Y_i$  = nilai EWMA pada waktu ke  $i$

$X_i$  = nilai pengamatan pada waktu ke  $i$

$\lambda$  = parameter pembobot dengan  $0 < \lambda < 1$

$n$  = banyaknya pengamatan

Ketika  $i = 1$  maka  $Y_{i-1} = Y_{1-1} = Y_0$  di mana  $Y_0$  merupakan nilai awal yang digunakan untuk mendapatkan nilai EWMA pada sampel pertama. Nilai  $Y_0$  dapat berasal dari nilai rata-rata hasil pengamatan, yaitu (Montgomery, 1990):

$$Y_0 = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.2)$$

Persamaan (2.1) dapat dijabarkan sebagai berikut:

Misal  $i = 1$ , maka

$$\begin{aligned} Y_1 &= \lambda X_1 + (1 - \lambda)Y_{1-1} \\ &= \lambda X_1 + (1 - \lambda)Y_0 \end{aligned}$$

Untuk  $i = 2$ , maka

$$\begin{aligned}
 Y_2 &= \lambda X_2 + (1 - \lambda)Y_{2-1} \\
 &= \lambda X_2 + (1 - \lambda)Y_1 \\
 &= \lambda X_2 + (1 - \lambda)[\lambda X_1 + (1 - \lambda)Y_0] \\
 &= \lambda X_2 + \lambda(1 - \lambda)X_1 + (1 - \lambda)^2 Y_0
 \end{aligned}$$

Untuk  $i = 3$ , maka

$$\begin{aligned}
 Y_3 &= \lambda X_3 + (1 - \lambda)Y_{3-1} \\
 &= \lambda X_3 + (1 - \lambda)Y_2 \\
 &= \lambda X_3 + (1 - \lambda)[\lambda X_2 + \lambda(1 - \lambda)X_1 + (1 - \lambda)^2 Y_0] \\
 &= \lambda X_3 + \lambda(1 - \lambda)X_2 + \lambda(1 - \lambda)^2 X_1 + (1 - \lambda)^3 Y_0
 \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk  $i = 3, 4, 5, \dots, n$  diperoleh bentuk matematis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Y_i &= \lambda X_i + \lambda(1 - \lambda)X_{i-1} + \lambda(1 - \lambda)^2 X_{i-2} + \dots + \lambda(1 - \lambda)^{i-2} X_2 \\
 &\quad + \lambda(1 - \lambda)^{i-1} X_1 + (1 - \lambda)^i Y_0
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

Persamaan (2.3) dapat disederhanakan sebagai berikut:

$$Y_i = \lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j X_{i-j} + (1 - \lambda)^i Y_0 \tag{2.4}$$

Berdasarkan uraian di atas, dapat dilihat terdapat pergerakan average untuk setiap  $i$ . Selain itu, pada persamaan (2.3) terlihat bobot menurun secara eksponensial dari rata-rata subgroup sebelumnya ke rata-rata subgroup terbaru, yaitu  $\lambda(1 - \lambda)^0, \lambda(1 - \lambda)^1, \lambda(1 - \lambda)^2, \dots, \lambda(1 - \lambda)^{i-2}, \lambda(1 - \lambda)^{i-1}$ . Pada  $Y_i$  terdapat pergerakan average serta bobot yang mengalami perubahan secara eksponensial, sehingga  $Y_i$  disebut exponentially weighted moving average (EWMA).

Montgomery (2009) menyebutkan bahwa EWMA juga memiliki nilai pemusatan dan penyebaran. Nilai pemusatan dari EWMA merupakan nilai mean

sedangkan nilai penyebaran merupakan nilai variansi. Nilai mean dari peta kendali EWMA merupakan hasil dari ekspektasi  $Y_i$  dengan nilai rata-rata yang diharapkan adalah nilai  $Y_0$ .

$$\begin{aligned}
 E[Y_i] &= E \left[ \lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1-\lambda)^j X_{i-j} + (1-\lambda)^i Y_0 \right] \\
 &= E \left[ \lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1-\lambda)^j X_{i-j} \right] + E[(1-\lambda)^i Y_0] \\
 &= \lambda E[X_1 + (1-\lambda)^1 X_{i-1} + (1-\lambda)^2 X_{i-2} + (1-\lambda)^3 X_{i-3} + \dots + \\
 &\quad (1-\lambda)^{i-1} X_1] + (1-\lambda)^i Y_0 \\
 &= \lambda(E[X_i] + E[(1-\lambda)^1 X_{i-1}] + E[(1-\lambda)^2 X_{i-2}] \\
 &\quad + E[(1-\lambda)^3 X_{i-3}] + \dots + E[(1-\lambda)^{i-1} X_1]) + (1-\lambda)^i Y_0 \\
 &= \lambda(E[X_i] + (1-\lambda)^1 E[X_{i-1}] + (1-\lambda)^2 E[X_{i-2}] + \\
 &\quad (1-\lambda)^3 E[X_{i-3}] + \dots + E(1-\lambda)^{i-1} [X_1]) + (1-\lambda)^i Y_0 \quad (2.5)
 \end{aligned}$$

Untuk setiap sampel, nilai yang diharapkan merupakan nilai  $Y_0$  atau secara matematis berarti untuk setiap sampel  $i$ , dengan  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ , maka  $E[X_i] = Y_0$ . Sehingga diperoleh  $E[X_1] = E[X_2] = \dots = [X_{i-1}] = E[X_i] = Y_0$ . Selanjutnya Persamaan (2.5) menjadi:

$$\begin{aligned}
 E[Y_i] &= \lambda \{ Y_0 + (1-\lambda)^1 Y_0 + (1-\lambda)^2 Y_0 + (1-\lambda)^3 Y_0 + \dots + \\
 &\quad (1-\lambda)^{i-1} Y_0 \} + (1-\lambda)^i Y_0 \\
 E[Y_i] &= \lambda(1 + (1-\lambda)^1 + (1-\lambda)^2 + (1-\lambda)^3 + \dots + \\
 &\quad (1-\lambda)^{i-1}) Y_0 + (1-\lambda)^i Y_0 \quad (2.6)
 \end{aligned}$$

$(1 + (1-\lambda)^1 + (1-\lambda)^2 + (1-\lambda)^3 + \dots + (1-\lambda)^{i-1})$  pada Persamaan (2.6) membentuk deret geometri dengan nilai awal  $a = 1$ ,  $r = (1-\lambda)$  dan  $n = i$ , sehingga diperoleh:

$$S_n = \frac{a(1-r^n)}{(1-r)}, r \neq 1$$

$$\sum_{j=0}^{i-1} (1-\lambda)^j = \frac{1(1-(1-\lambda)^i)}{1-(1-\lambda)}$$

$$= \frac{(1 - (1 - \lambda)^i)}{\lambda} \quad (2.7)$$

Substitusikan persamaan (2.7) ke persamaan (2.6), maka diperoleh:

$$\begin{aligned} E[Y_i] &= \lambda(1 + (1 - \lambda)^1 + (1 - \lambda)^2 + (1 - \lambda)^3 + \dots + \\ &\quad (1 - \lambda)^{i-1})Y_0 + (1 - \lambda)^i Y_0 \\ &= \lambda Y_0 \left[ \frac{(1 - (1 - \lambda)^i)}{\lambda} \right] + (1 - \lambda)^i Y_0 \\ &= Y_0(1 - (1 - \lambda)^i) + (1 - \lambda)^i Y_0 \\ &= Y_0 - Y_0(1 - \lambda)^i + (1 - \lambda)^i Y_0 \\ &= Y_0 \end{aligned}$$

Sehingga nilai *mean* dari EWMA adalah  $Y_0$ . Setelah memperoleh nilai *mean* dari EWMA, selanjutnya menentukan nilai variansi dari EWMA.

$$\begin{aligned} \sigma_{Y_i}^2 &= \text{var}(Y_i) \\ &= \text{var}(\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j X_{i-j} + (1 - \lambda)^i Y_0) \\ &= \text{var}(\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j X_{i-j}) + \text{var}((1 - \lambda)^i Y_0) \\ &\quad + 2\text{cov}(\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j X_{i-j}, (1 - \lambda)^i Y_0) \end{aligned} \quad (2.8)$$

karena  $\text{var}(c) = 0$  untuk  $c$  adalah konstanta maka  $\text{var}((1 - \lambda)^i Y_0) = 0$  dan karena untuk setiap  $X_i$  dengan  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  diasumsikan independen, maka  $\text{cov}(\lambda \sum_{k=0}^{i-1} (1 - \lambda)^k X_{i-k}, (1 - \lambda)^i Z_0) = 0$ . Sehingga Persamaan (2.8) menjadi:

$$\begin{aligned} \sigma_{Y_i}^2 &= \text{var}(\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j X_{i-j}) + 0 + 2(0) \\ &= \text{var}(\lambda \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j X_{i-j}) \\ &= \lambda^2 \text{var}(\sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^j X_{i-j}) \\ &= \lambda^2 \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^{2j} \text{var}(X_{i-j}) \\ &= \lambda^2 \sum_{j=0}^{i-1} (1 - \lambda)^{2j} \sigma_{X_i}^2 \end{aligned} \quad (2.9)$$

Persamaan (2.9) di atas dapat dilihat bahwa terdapat bentuk  $\sum_{j=0}^{i-1} (1-\lambda)^{2j}$  yang merupakan bentuk deret geomteri dengan nilai awal  $a = 1$ ,  $r = (1-\lambda)^2$  dan  $n = i$ , sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned}
 S_n &= \frac{a(1-r^n)}{(1-r)} \\
 &= \frac{1(1-(1-\lambda)^{2i})}{1-(1-\lambda)^2} \\
 &= \frac{(1-(1-\lambda)^{2i})}{1-(1-2\lambda+\lambda^2)} \\
 &= \frac{1-(1-\lambda)^{2i}}{2\lambda-\lambda^2} \tag{2.10}
 \end{aligned}$$

Substitusi Persamaan (2.10) ke Persamaan (2.9), sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{Y_i}^2 &= \lambda^2 \sum_{j=0}^{i-1} (1-\lambda)^{2j} \sigma_{X_i}^2 \\
 &= \lambda^2 \sigma_{X_i}^2 \left[ \frac{1-(1-\lambda)^{2i}}{2\lambda-\lambda^2} \right] \\
 \sigma_{Y_i}^2 &= \lambda \sigma_{X_i}^2 \left[ \frac{1-(1-\lambda)^{2i}}{2-\lambda} \right]
 \end{aligned}$$

Jika dimisalkan  $\sigma_{X_i}^2 = \sigma^2$ , maka variansi dari EWMA adalah sebagai berikut:

$$\sigma_{Y_i}^2 = \frac{\lambda \sigma^2 (1-(1-\lambda)^{2i})}{2-\lambda} \tag{2.11}$$

Batas kendali peta kendali EWMA yaitu batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 BKA &= Y_0 + L\sigma_{Y_i} \\
 &= Y_0 + L \sqrt{\frac{\lambda \sigma^2 (1-(1-\lambda)^{2i})}{2-\lambda}}
 \end{aligned}$$

$$= Y_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda(1 - (1 - \lambda)^{2i})}{2 - \lambda}} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} BKB &= Y_0 - L\sigma_{Y_i} \\ &= Y_0 - L \sqrt{\frac{\lambda\sigma^2(1 - (1 - \lambda)^{2i})}{2 - \lambda}} \\ &= Y_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda(1 - (1 - \lambda)^{2i})}{2 - \lambda}} \end{aligned} \quad (2.13)$$

## 2.2 Peta Kendali *Double Exponentially Weighted Moving Average*

Peta kendali *Double Exponentially Weighted Moving Average* (DEWMA) pertama kali diperkenalkan oleh Shamma S.E dan Shamma A.K pada tahun 1991, dimana peta kendali DEWMA merupakan pengembangan dari peta kendali EWMA yang bertujuan untuk mendeteksi pergeseran nilai rata-rata dalam proses yang lebih kecil. Hal ini dilakukan dengan pengambilan sampel secara berurutan dengan masing-masing berukuran  $n$  dari suatu proses dimana pengamatan berdistribusi secara independen dan identik (iid) di bawah asumsi normalitas (Adeoti & Malela-Majika, 2019). Nilai DEWMA didefinisikan sebagai berikut:

$$Z_i = \lambda Y_i + (1 - \lambda)Z_{i-1} ; i = 1, 2, \dots, n \quad (2.14)$$

dengan:

$Z_i$  = nilai DEWMA pada waktu ke  $i$

$Y_i$  = nilai EWMA pada waktu ke  $i$

$\lambda$  = parameter pembobot dengan  $0 < \lambda < 1$

$n$  = banyaknya pengamatan

Untuk pembuktian nilai *mean* dan variansi dari DEWMA diperlukan persamaan yang digunakan oleh Alkahtani (2013) yang ditunjukkan pada Persamaan (2.15) dan Persamaan (2.16).

$$\sum_{k=1}^n ka^k = \frac{a(1-a^n)}{(1-a)^2} - \frac{na^{n+1}}{1-a} \quad (2.15)$$

$$\sum_{k=1}^n k^2 a^k = \frac{a+a^2-(n+1)^2 a^{n+1}+(2n^2+2n-1)a^{n+2}-n^2 a^{n+3}}{(1-a)^3} \quad (2.16)$$

### 2.3 Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan sebuah uji yang bertujuan untuk mengetahui apakah data sampel yang telah diperoleh berdistribusi normal atau tidak. Pengujian normalitas data dapat menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Proses pengujian normalitas adalah sebagai berikut (Hanusz & Tarasińska, 2015):

Hipotesis:

$H_0$ : data berdistribusi normal

$H_1$ : data tidak berdistribusi normal

Statistik Uji:

$$D = \max \left\{ \left| F(x_i) - \frac{i-1}{n} \right|, \left| \frac{1}{n} - F(x_i) \right| \right\} \quad (2.17)$$

Kriteria pengujian:

Jika  $D < D_{\alpha,n}$  dimana  $D$  merupakan deviasi maksimum dan  $D_{\alpha,n}$  merupakan nilai tabel Kolmogorov-Smirnov atau  $P - value > 0,05$ , maka  $H_0$  diterima, yang berarti data berdistribusi normal.

### 2.4 Average Run Length

Kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja peta kendali adalah dengan mengukur seberapa cepat peta kendali tersebut menangkap sinyal *out of control*. Peta kendali yang lebih cepat mendeteksi sinyal *out of control* disebut lebih sensitif terhadap perubahan proses. Salah satu cara untuk mengukur kinerja peta kendali adalah dengan menggunakan nilai *Average Run Length* (ARL). ARL adalah banyaknya rata-rata atau sampel yang diperlukan sebelum suatu titik atau sampel menunjukkan keadaan tidak terkendali. Jika proses dalam keadaan *in control* maka digunakan  $ARL_0$ , sehingga  $ARL_0$  akan memiliki nilai yang lebih besar sedangkan  $ARL_1$  akan bernilai lebih kecil apabila dalam keadaan *out of control* (Montgomery, 2009).

Nilai ARL terbagi menjadi dua, yaitu pada saat kondisi *in control* dan pada saat *out of control* yang masing-masing ditunjukkan pada persamaan (2.19) dan persamaan (2.20) berikut

$$ARL_0 = \frac{1}{\Pr(\text{menolak } H_0 | H_0 \text{ benar})} = \frac{1}{\alpha} \quad (2.18)$$

$$ARL_1 = \frac{1}{\Pr(\text{menerima } H_0 | H_0 \text{ salah})} = \frac{1}{(1 - \beta)} \quad (2.19)$$

dengan  $H_0$  merupakan proses dalam keadaan *in control*. Pada  $ARL_0$ ,  $\alpha$  merupakan probabilitas kesalahan tipe I (menyatakan keadaan tidak terkendali padahal keadaan tersebut terkendali) atau probabilitas suatu titik rata-rata sampel berada di luar batas kendali pada saat proses terkendali,  $\alpha$  juga disebut sebagai probabilitas *false alarm*. Untuk  $ARL_1$  nilai  $1 - \beta$  merupakan probabilitas kesalahan tipe II (menyatakan keadaan terkendali padahal keadaan tersebut tidak terkendali) atau probabilitas suatu titik rata-rata sampel berada di dalam batas kendali saat proses tidak terkendali (Singgih *et al.*, 2000).

Jika digunakan kesalahan tipe II yaitu  $ARL_1$  seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.20) dengan  $\beta$  merupakan probabilitas bahwa pergeseran proses tidak terdeteksi pada sampel pertama sehingga peluang bahwa pergeseran proses terdeteksi pada sampel pertama adalah  $1 - \beta$ , maka untuk memperoleh nilai  $\beta$  dapat dinyatakan sebagai berikut Montgomery., 2012):

$$\beta = \Pr(BKB \leq X \leq BKA | \mu = \mu_0 + k\sigma) \quad (2.20)$$

karena  $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ , persamaan (2.21) menjadi:

$$\begin{aligned} \beta &= \Pr\left(\frac{BKB - \mu}{\sigma} \leq \frac{X - \mu}{\sigma} \leq \frac{BKA - \mu}{\sigma} \mid \mu = \mu_0 + k\sigma\right) \\ &= \Pr\left(\frac{BKB - \mu}{\sigma} \leq Z \leq \frac{BKA - \mu}{\sigma} \mid \mu = \mu_0 + k\sigma\right) \\ &= \Pr\left(\frac{BKB - (\mu_0 + k\sigma)}{\sigma} \leq Z \leq \frac{BKA - (\mu_0 + k\sigma)}{\sigma}\right) \\ \beta &= \left(\Pr\left(Z \leq \frac{BKA - (\mu_0 + k\sigma)}{\sigma}\right) - \Pr\left(Z \leq \frac{BKB - (\mu_0 + k\sigma)}{\sigma}\right)\right) \end{aligned} \quad (2.21)$$

dimana  $BKA = \frac{\sum_{i=1}^n BKA_i}{m}$  yang merupakan rata-rata dari batas kendali atas yang diperoleh pada setiap peta kendali berdasarkan lamda yang telah ditentukan dan

$BKB = \frac{\sum_{i=1}^n BKB_i}{m}$  merupakan nilai rata-rata batas kendali bawah yang diperoleh pada setiap peta kendali berdasarkan lamda yang telah ditentukan.

## 2.5 PT. Maruki International Indonesia

PT. Maruki international Indonesia berdiri pada tanggal 18 Juni 1997, yang sebelumnya dengan nama, PT. Tokai Material Indonesia, pada tanggal 14 Januari 2003 berubah nama menjadi PT. Maruki International Indonesia. Proses awal berdirinya perusahaan ini menemui tantangan yang cukup berat, karena saat itu perekonomian di Asia mengalami krisis yang cukup dahsyat, tak terkecuali Indonesia. Dengan strategi dan perencanaan yang tepat oleh para perintisnya maka pembangun industri ini tetap berjalan baik ditengah guncangan ekonomi dan krisis moneter yang melanda negeri ini.

Produk utama yang dihasilkan adalah butsudan, furniture spesifik dengan nilai budaya dan seni yang tinggi, karena terkait dengan budaya masyarakat Jepang. Oleh mereka, Butsudan dijadikan sebagai media untuk berkomunikasi dengan para leluhur sehingga ditempatkan secara khusus dan bahkan menjadi simbol kelas sosial masyarakatnya. Tidak heran bila Butsudan memiliki variasi harga dari yang nilai jutaan rupiah hingga puluhan juta rupiah. Bahan baku utama pembuatan Butsudan adalah kayu, dengan berbagai jenis,bersumber dari dalam dan luar negeri. Jenis bahan baku dalam negeri berupa kayu Ebony dan Nyato yang berasal dari wilayah Sulawesi.