

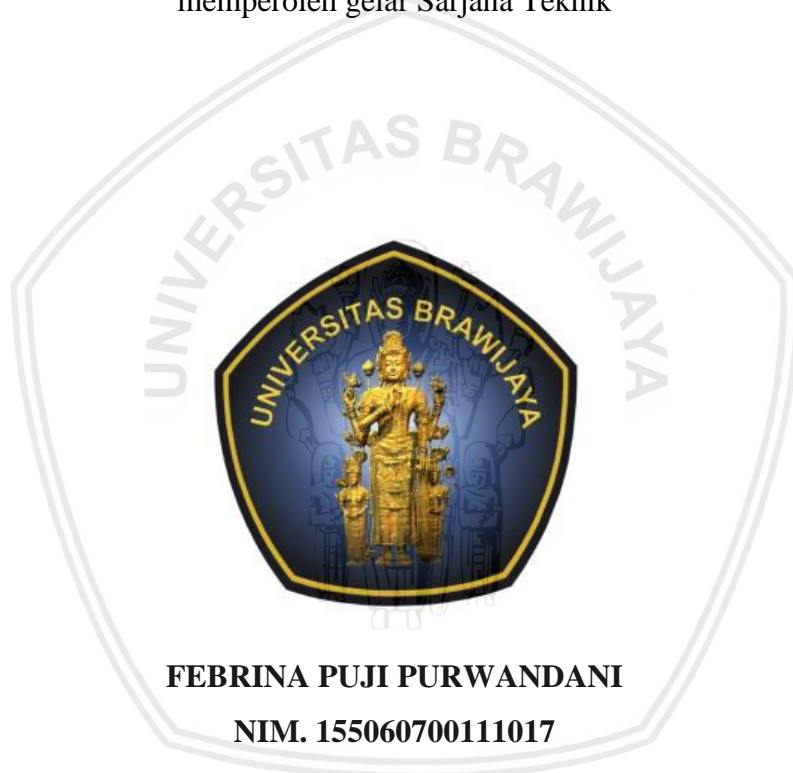
**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS DENGAN MENERAPKAN
METODE *SIX SIGMA* PADA PRODUK WAFER GO! JUMBO
CHOCOLATE**

(Studi Kasus di PT Siantar Top, Tbk)

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FEBRINA PUJI PURWANDANI

NIM. 155060700111017

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2019

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang karena atas limpahan berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik. Laporan skripsi ini berjudul **“Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menerapkan Metode *Six Sigma* Pada Produk Wafer Go! Jumbo Chocolate (Studi Kasus di PT Siantar Top, Tbk)”** yang disusun sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Segala bentuk hambatan dan rintangan telah dilalui dalam menyelesaikan skripsi ini. Hal ini tidak lepas dari dukungan moral maupun materi dari berbagai pihak yang telah berjasa dalam membantu penulis selama ini. Meskipun ucapan terima kasih terasa belum cukup untuk membalas semua bantuan yang telah diberikan, namun pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Joko Purwanto dan Ibu Pujiningsih yang selalu menghantarkan doa, cinta, semangat, dan dukungan, serta kedua kakak yang saya cintai, Mbak Dhevy dan Mbak Ayu, yang selalu memberikan motivasi dan senyuman untuk segera menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Ir. Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D. selaku ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya yang selalu memberikan bimbingan untuk membantu penulis dalam menyelesaikan studi.
3. Ibu Rahmi Yuniarti, ST., MT. selaku sekretaris Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya yang selalu memberikan bimbingan kepada penulis agar dapat menyelesaikan studi..
4. Bapak Ir. Nasir Widha Setyanto, ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu dalam memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran dan ketelatenan, motivasi, arahan, dan masukan yang berharga serta memacu semangat penulis dalam mengerjakan skripsi.
5. Ibu Agustina Eunike, ST., MT., M.BA. selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi kepada penulis agar dapat menyelesaikan studi dengan baik.
6. Ibu Debrina Puspita Andriani, ST., M.Eng. selaku Kepala Laboratorium Statistik dan Rekayasa Kualitas yang telah dengan ikhlas dan sabar memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis untuk terus mengembangkan diri selama menjabat sebagai

asisten di Laboratorium Statistik dan Rekayasa Kualitas hingga selesai masa studi penulis.

7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri yang telah dengan ikhlas memberikan ilmu yang sangat berharga bagi penulis selama menuntut ilmu serta Bapak dan Ibu Staff Jurusan Teknik Industri yang banyak membantu dalam urusan kegiatan akademik maupun non akademik selama penulis menjalani studi di Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
8. Jajaran pimpinan beserta seluruh karyawan PT Siantar Top, Tbk yang telah memberikan tempat dan waktu dalam pengambilan data dan membantu penulis selama melakukan penelitian skripsi di lapangan.
9. Asisten Laboratorium Statistik dan Rekayasa Kualitas angkatan 2015 (Bimo, Zaki, Harry, Charlie, Firda, Shintya, Tara, dan Ansop), serta angkatan 2016 (Mahe, Yayan, Alfian, Rheza, Ninin, Vina, Widya, Azizah, dan Uci) yang telah bersedia untuk mendengarkan segala keluh kesah penulis dan berkembang bersama selama menjabat sebagai asisten, serta keluarga besar Laboratorium Statistik dan Rekayasa Kualitas yang selalu dengan senang hati berbagi informasi dan pengalaman selama masa perkuliahan hingga saat ini.
10. Yuni, Bela, Vania, Kiki, Vinda, dan Alvi yang selalu bersedia menemani penulis dalam suka dan duka, bersedia menjadi tempat penulis untuk berkeluh kesah dan memberikan semangat selama menjalani masa perkuliahan.
11. Seluruh teman-teman Teknik Industri Angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan dan doa dalam penyelesaian skripsi penulis.
12. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan baik langsung maupun tidak langsung terutama teman-teman terdekat yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang selalu mendukung sehingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari banyaknya kekurangan pada skripsi ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan, referensi, dan pengalaman, sehingga penulis membutuhkan saran dan masukan untuk memperbaiki penelitian ini di masa depan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun semua pihak yang membutuhkan.

Malang, November 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
RINGKASAN	xi
SUMMARY	xiii
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Identifikasi Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.4 Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.5 Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.6 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
2.2 Pengendalian Kualitas	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 Pengertian Pengendalian	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 Pengertian Kualitas	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Pengertian Pengendalian Kualitas	Error! Bookmark not defined.
2.3 <i>Six Sigma</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Sejarah <i>Six Sigma</i>	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Konsep <i>Six Sigma</i>	Error! Bookmark not defined.
2.4 Tahapan Implementasi Pengendalian Kualitas dengan <i>Six Sigma</i>	Error!
Bookmark not defined.	
2.4.1 <i>Define</i> (Mendefinisikan)	Error! Bookmark not defined.
2.4.1.1 <i>Flowchart</i>	Error! Bookmark not defined.
2.4.1.2 <i>Critical-to-Quality</i> (CTQ)	Error! Bookmark not defined.
2.4.1.3 <i>Defect</i>	Error! Bookmark not defined.
2.4.2 <i>Measure</i> (Mengukur)	Error! Bookmark not defined.
2.4.2.1 Diagram Pareto	Error! Bookmark not defined.
2.4.2.2 Peta Kendali	Error! Bookmark not defined.
2.4.2.3 Perhitungan <i>Defect Per Million Opportunities</i> (DPMO) dan <i>Sigma Level</i>	Error! Bookmark not defined.
2.4.2.4 Perhitungan Kapabilitas Proses ...	Error! Bookmark not defined.
2.4.3 <i>Analyze</i> (Menganalisis)	Error! Bookmark not defined.
2.4.4 <i>Improve</i> (Meningkatkan)	Error! Bookmark not defined.
2.4.4.1 <i>Preventive Maintenance</i>	Error! Bookmark not defined.
2.4.4.2 <i>Time Between Failure</i> dan <i>Time To Repair</i>	Error! Bookmark not defined.
not defined.	
2.4.4.3 Penentuan Jenis Distribusi	Error! Bookmark not defined.
2.4.4.4 <i>Mean Time Between Failure</i> (MTBF)	Error! Bookmark not defined.
defined.	
2.4.4.5 <i>Mean Time To Repair</i> (MTTR) ...	Error! Bookmark not defined.



2.4.4.6	Model Matematis Tindakan Perawatan.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.4.7	<i>Checksheet</i>	Error! Bookmark not defined.
2.4.5	<i>Control</i> (Mengendalikan).....	Error! Bookmark not defined.
BAB III	METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1	Jenis Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.3	Tahap Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3.1	Tahap Pendahuluan	Error! Bookmark not defined.
3.3.2	Tahap Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
3.3.3	Tahap Pengolahan Data.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.4	Analisis dan Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
3.3.5	Kesimpulan dan Saran.....	Error! Bookmark not defined.
3.4	Diagram Alir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1	Gambaran Umum Perusahaan	Error! Bookmark not defined.
4.1.1	Profil Perusahaan.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.2	Visi dan Misi Perusahaan.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.3	Struktur Organisasi.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.4	Nilai-Nilai Perusahaan	Error! Bookmark not defined.
4.2	Tahap <i>Define</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	Tahapan Proses Produksi	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	Identifikasi <i>Critical-to-Quality</i> (CTQ).....	Error! Bookmark not defined.
4.2.3	Identifikasi Produk <i>Defect</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3	Tahap <i>Measure</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.1	Pengukuran Karakteristik Kualitas Pada Tingkat Proses	Error! Bookmark not defined.
4.3.2	Identifikasi Faktor Kunci yang Berpengaruh Terhadap <i>Critical-to-Quality</i> dengan Diagram Pareto	Error! Bookmark not defined.
4.3.3	Pengukuran Karakteristik Kualitas Pada Tingkat <i>Output</i> Menggunakan Peta Kendali X – S	Error! Bookmark not defined.
4.3.4	Pengukuran Kinerja <i>Baseline</i> dengan <i>Defect Per Million Opportunities</i> (DPMO) dan <i>Sigma Level</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.5	Pengukuran Kapabilitas Proses	Error! Bookmark not defined.
4.4	Tahap <i>Analyze</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4.1	Diagram Sebab-Akibat Faktor Homogenitas Visual <i>Cutting</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4.2	Diagram Sebab-Akibat Faktor Temperatur Adonan	Error! Bookmark not defined.
4.4.3	Diagram Sebab-Akibat Faktor Homogenitas Isi Krim Cokelat	Error! Bookmark not defined.
4.5	Tahap <i>Improve</i>	Error! Bookmark not defined.
4.6	Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
BAB V	PENUTUP	Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN





DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Jumlah Sampel dan Produk Cacat pada Setiap Karakteristik Kualitas Wafer Go! Jumbo Chocolate Periode April-September 2018 (dalam satuan <i>pieces</i>)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.1	Penelitian Terdahulu.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.2	Simbol-Simbol pada Flowchart.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.3	Hubungan Nilai Indeks Kapabilitas Proses dan Kinerja Proses.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1	Komposisi Pemegang Saham per 31 Desember 2014.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2	<i>Critical-to-Quality</i> (CTQ) Wafer Go! Jumbo Chocolate	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3	Spesifikasi Faktor yang Berpengaruh pada CTQ Wafer Go! Jumbo Chocolate.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.4	Data Sampel dan Cacat pada Produk Go! Jumbo Chocolate pada Bulan April 2019 (satuan <i>pieces</i>)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.5	Frekuensi Faktor <i>Critical-to-Quality</i> pada Panjang Wafer Tidak Sesuai Standar	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.6	Frekuensi Faktor <i>Critical-to-Quality</i> pada Berat <i>Base</i> Wafer Tidak Sesuai Standar.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.7	Frekuensi Faktor <i>Critical-to-Quality</i> pada Berat Total Wafer Tidak Sesuai Standar.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.8	Nilai <i>Defect Per Million Opportunities</i> dan <i>Sigma Level</i>	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.9	Nilai Kapabilitas Proses	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.10	Data <i>Time Between Failure</i> (TBF) (satuan jam)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.11	Data <i>Time To Repair</i> (TTR) (satuan jam)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.12	Parameter Distribusi Data <i>Time Between Failure</i> (TBF)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.13	Nilai <i>Mean Time Between Failure</i> (MTBF) (satuan jam)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.14	Parameter Distribusi Data <i>Time To Repair</i> (TTR)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.15	Nilai <i>Mean Time To Repair</i> (MTTR) (satuan jam)	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.16	Biaya Tenaga Kerja Perawatan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.17	Hasil Perhitungan Biaya Perbaikan <i>Failure</i> Komponen .	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.18	Interval Waktu Optimal Tindakan Perawatan ...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.19	Perhitungan Total Biaya Perawatan Komponen	Error! Bookmark not defined.





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram pareto	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2	Diagram sebab-akibat	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3	<i>Checksheets</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.1	Struktur organisasi PT Siantar Top, Tbk	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.2	Alur proses produksi wafer Go! Jumbo Chocolate	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3	Diagram pareto faktor panjang wafer tidak sesuai standar	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4	Diagram pareto faktor berat <i>base</i> wafer tidak sesuai standar	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.5	Diagram pareto faktor berat total wafer tidak sesuai standar	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.6	Peta kendali <i>X</i> panjang wafer	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.7	Peta kendali <i>S</i> panjang wafer	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.8	Peta kendali <i>X</i> berat <i>base</i> wafer	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.9	Peta kendali <i>S</i> berat <i>base</i> wafer	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.10	Peta kendali <i>X</i> berat total wafer	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.11	Peta kendali <i>S</i> berat total wafer	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.12	Diagram sebab-akibat visual <i>cutting</i> tidak homogen .	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.13	Diagram sebab-akibat temperatur adonan tinggi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.14	Diagram sebab-akibat isi krim coklat tidak homogen	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.15	Input data <i>time between failure</i> (TBF) pada <i>worksheet</i> Minitab 18	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.16	Pengujian distribusi data <i>time between failure</i> (TBF) pada Minitab 18	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.17	Kotak dialog <i>Distribution ID Plot-Right Censoring</i> pada Minitab 18..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.18	Hasil pengujian distribusi data <i>time between failure</i> komponen pisau <i>cutting</i> pada Minitab 18	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.19	Hasil pengujian distribusi data <i>time between failure</i> komponen sensor <i>cutting</i> pada Minitab 18	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.20	Hasil pengujian distribusi data <i>time between failure</i> komponen kondensor pada Minitab 18	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.21	Hasil pengujian distribusi data <i>time between failure</i> komponen pompa <i>filler</i> pada Minitab 18	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.22	Penentuan parameter distribusi data <i>time between failure</i> (TBF) pada Minitab 18	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.23	Kotak dialog <i>Distribution Overview Plot-Right Censoring</i> pada Minitab 18	Error! Bookmark not defined.



- Gambar 4.24 Hasil penentuan parameter distribusi data *time between failure* komponen pisau *cutting* pada Minitab 18..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.25 Hasil penentuan parameter distribusi data *time between failure* komponen sensor *cutting* pada Minitab 18..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.26 Hasil penentuan parameter distribusi data *time between failure* komponen kondensor pada Minitab 18..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.27 Hasil penentuan parameter distribusi data *time between failure* komponen pompa *filler* pada Minitab 18..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.28 Hasil pengujian distribusi data *time to repair* komponen pisau *cutting* pada Minitab 18..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.29 Hasil pengujian distribusi data *time to repair* komponen sensor *cutting* pada Minitab 18..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.30 Hasil pengujian distribusi data *time to repair* komponen kondensor pada Minitab 18..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.31 Hasil pengujian distribusi data *time to repair* komponen pompa *filler* pada Minitab 18..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.32 Hasil penentuan parameter distribusi data *time to repair* komponen pisau *cutting* pada Minitab 18..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.33 Hasil penentuan parameter distribusi data *time to repair* komponen sensor *cutting* pada Minitab 18..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.34 Hasil penentuan parameter distribusi data *time to repair* komponen kondensor pada Minitab 18..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.35 Hasil penentuan parameter distribusi data *time to repair* komponen pompa *filler* pada Minitab 18..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.36 Lembar evaluasi peserta pelatihan..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.37 Daftar riwayat *preventive maintenance* mesin..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.38 Daftar riwayat *breakdown* mesin..... **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pengukuran Tingkat Proses	109
Lampiran 2. Konstanta Peta Kendali Variabel	115
Lampiran 3. Data Peta Kendali \bar{X} dan Peta Kendali S untuk Panjang Wafer	119
Lampiran 4. Data Peta Kendali \bar{X} dan Peta Kendali S untuk Berat <i>Base</i> Wafer.....	121
Lampiran 5. Data Peta Kendali \bar{X} dan Peta Kendali S untuk Berat Total Wafer	123
Lampiran 6. Data <i>Time Between Failure</i> dan <i>Time To Repair</i>	125
Lampiran 7. Tabel Fungsi Gamma.....	127





Halaman ini sengaja dikosongkan

RINGKASAN

Febrina Puji Purwandani, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Agustus 2019, *Analisis Pengendalian Kualitas dengan Menerapkan Metode Six Sigma pada Produk Wafer Go! Jumbo Chocolate (Studi Kasus di PT Siantar Top, Tbk)*, Dosen Pembimbing: Nasir Widha Setyanto.

PT Siantar Top, Tbk merupakan salah satu perusahaan nasional yang bergerak di bidang pangan dengan hasil produk berupa makanan ringan, salah satunya wafer Go! Jumbo Chocolate. Berdasarkan data historis perusahaan selama bulan April – September 2018, masih banyak ditemukan beberapa jenis *defect* pada produk. Maka, diperlukannya tindakan perbaikan untuk meningkatkan kualitas dari proses produksi wafer Go! Jumbo Chocolate.

Tindakan perbaikan pada proses produksi dilakukan dengan menggunakan metode analisis *Six Sigma* (DMAIC). Tahap pertama (*define*) menjelaskan alur proses produksi, menentukan *Critical-to-Quality* (CTQ) beserta faktor yang mempengaruhinya, dan mengidentifikasi jenis *defect* yang muncul. Tahap *measure* melakukan pengukuran pada tingkat proses, identifikasi faktor kunci dengan diagram pareto, pengukuran tingkat *output* dengan peta kendali $\bar{X} - S$, pengukuran *Defect per Million Opportunities* (DPMO), *sigma level*, dan kapabilitas proses. Tahap *analyze* dilakukan dengan menggunakan bantuan diagram sebab-akibat. Terakhir, tahap *improve* dilakukan dengan metode yang sesuai untuk memperbaiki permasalahan yang ditemukan.

Pada tahap *define*, setelah mendefinisikan tahap produksi dan menentukan *Critical-to-Quality* (CTQ) yang berkaitan dengan jenis *defect* beserta faktor yang mempengaruhi CTQ tersebut, kemudian mengidentifikasi jenis *defect* yang kemungkinan muncul. Tahap *measure* melakukan pengukuran tingkat proses pada bulan April 2019 dan ditemukan 3 jenis *defect* pada sampel produk, yakni panjang tidak sesuai standar 30 *pieces*, berat *base* tidak sesuai standar 37 *pieces*, dan berat total wafer tidak sesuai standar 114 *pieces*. Lalu, pemilihan faktor kunci dengan diagram pareto menghasilkan panjang wafer dipengaruhi oleh homogenitas visual *cutting*, berat *base* wafer oleh temperatur adonan, dan berat total wafer oleh homogenitas isi krim dan visual *cutting*, kemudian dilakukan pengukuran tingkat *output* dengan peta kendali $\bar{X} - S$, perhitungan *Defect per Million Opportunities* (DPMO) yang memperoleh nilai 57.460,3175 dan *sigma level* sebesar 3,1484, serta pengukuran indeks kapabilitas proses dengan hasil 1,0495. Pada tahap *analyze*, dilakukan dengan menggunakan diagram sebab-akibat pada masing-masing faktor kunci ditinjau dari aspek manusia, mesin, material, dan metode. Berdasarkan hasil analisis dan diskusi dengan pihak perusahaan, maka ditentukan bahwa faktor manusia dan metode yang menjadi fokus untuk dibawa ke tahap *improve* karena melihat tingkat kepentingan dan keparahannya. Di tahap *improve* dilakukan *preventive maintenance* dengan penentuan interval waktu dilakukannya perawatan rutin dengan pisau *cutting* setiap 681,44 jam, sensor *cutting* setiap 794,70 jam, kondensor setiap 1.852,27 jam, dan penggantian *seal* pompa *filler* setiap 2.019,39 jam, menambahkan 2 mesin *Air Conditioner* (AC) untuk membantu proses *aging* adonan, memperbaharui rentang spesifikasi produk dengan panjang wafer menjadi 11,8-12,1 cm, berat *base* wafer 3,5-3,8 gram, dan berat total wafer 10,6-10,8 gram, mengadakan pelatihan karyawan *maintenance* secara bertahap, dan penyusunan daftar riwayat *preventive maintenance* dan *breakdown* mesin.

Kata kunci: Makanan Ringan, Pengendalian Kualitas, *Six Sigma*, *Preventive Maintenance*



Halaman ini sengaja dikosongkan

SUMMARY

Febrina Puji Purwandani, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, August 2019, *Analysis of Quality Control by Applying Six Sigma Method to Wafer Product Go! Jumbo Chocolate (Case Study at PT Siantar Top, Tbk)*, Academic Supervisor: Nasir Widha Setyanto.

PT Siantar Top, Tbk is one of the national companies engaged in the field of food products in the form of snacks, one of which is Go! Jumbo Chocolate. Based on historical company data from April to September 2018, there are still many types of defects found in the product. Therefore, it is necessary to take corrective actions to improve the quality of the production process of wafer Go! Jumbo Chocolate.

Corrective actions in the production process are carried out using the Six Sigma analysis method (DMAIC). The first phase (define) explains the flow of the production process, determines Critical-to-Quality (CTQ) along with the factors that influence it, and identifies the types of defects that arise. The measure phase takes measurements at the process level, identifies key factors with pareto diagram, measures the output level with the $\bar{X} - S$ control chart, measures Defect per Million Opportunities (DPMO), sigma level, and process capability. The analyze phase is done using the help of a cause-effect diagram. Finally, the improve phase is carried out with an appropriate method to fix the problems found.

In the define phase, after defining the production stages and determining the Critical-to-Quality (CTQ) and the factors that influence the CTQ, then identify the type of defects that is likely to arise. The measure phase commits a measurement at the level process in April 2019 and found three types of defect in product sample, consist of 30 pieces not according to the length standard, 37 pieces not according to the base weight standard, and 114 pieces not according to the total weight standard. Then, the selection result of key factors with pareto diagrams shows that wafer length influenced by visual homogeneity of cutting, wafer base weight influenced by dough temperature, and wafer total weight influenced by visual homogeneity of cutting and homogeneity of cream contents, then measuring the output level with $\bar{X} - S$ control chart, the calculation of Defect per Million Opportunities (DPMO) which obtained a value of 57.460,3175 and a sigma level of 3,1484, also a measurement of the process capability index which obtained a value of 1.0495. In the analyze phase, it is carried out by using cause-effect diagrams on each key factors in terms of human, machine, material, and method aspects. Based on the results of the analysis and discussion with the company, it was determined that the human and methods aspects that were the focus to be taken to the improve phase due to their importance and severity. In the improve phase, preventive maintenance is carried out by determining the time interval for routine maintenance with the cutting blade every 684.87 hours, cutting sensors every cutting sensors every 814.75 hours, condenser every 847.16 hours, and replacement of the filler pump seal every 1,588.73 hours, adding 2 pieces of Air Conditioner (AC) to help the aging process of the dough, renewing the range of product specifications with wafer length to 11,8-12,1 cm, wafer base weight to 3,5-3,8 grams, and wafer total weight to 10,6-10,8 grams, providing gradually training for maintenance employees, and compiling a list of preventive maintenance and engine breakdown history.

Keywords: Snacks, Quality Control, Six Sigma, Preventive Maintenance



Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU. No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 25 November 2019

Mahasiswa



Febrina Puji Purwandani

NIM. 155060700111017

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS DENGAN MENERAPKAN METODE *SIX SIGMA* PADA PRODUK WAFER GO! JUMBO CHOCOLATE (Studi Kasus di PT Siantar Top, Tbk)

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FEBRINA PUJI PURWANDANI
NIM. 155060700111017

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui dosen pembimbing
pada tanggal 25 November 2019

Dosen Pembimbing

Ir. Nasir Widha Setyanto, ST., MT.
NIP. 19700914 200501 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan



Ir. Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19741115 200604 1 002

BAB I PENDAHULUAN

Sebelum melakukan kegiatan penelitian, diperlukan penentuan hal-hal penting sebagai dasar pelaksanaan penelitian. Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang dilaksanakannya penelitian, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan, tujuan, serta manfaat penelitian.

1.1 Latar Belakang

Tatanan kehidupan dunia saat ini telah mengalami perubahan di segala bidang sebagai akibat dari teknologi dan informasi yang saat ini telah berkembang pesat. Perubahan ini menuntut adanya kebebasan interaksi yang ada di dunia tanpa mengenal batas negara termasuk dalam kegiatan bisnis, industri, dan perdagangan. Adanya peristiwa ini, memunculkan pasar bebas di dunia, sehingga persaingan antar perusahaan menjadi semakin ketat. Oleh karena itu, agar dapat bertahan dalam menghadapi persaingan di era industrialisasi, perusahaan harus dapat menjalankan strategi bisnisnya secara optimal. Salah satunya dengan melakukan upaya peningkatan mutu, produktivitas, dan efisiensi serta melibatkan karyawan dalam menyelesaikan masalah yang ada di perusahaan dapat menjadi strategi bagi perusahaan agar dapat bertahan. Perubahan ini membawa dampak pula terhadap peradaban manusia di mana telah memicu peningkatan kebutuhan atau keinginan konsumen terhadap suatu produk ataupun layanan yang semakin bervariasi. Hal itu menjadi sebuah tantangan bagi perusahaan untuk dapat memenuhi kebutuhan tersebut secara efektif dan efisien guna memperoleh keuntungan serta kepuasan pelanggan.

Menurut Oakland (1993), faktor penting yang menentukan sukses atau tidaknya suatu usaha adalah kualitas (*quality*), keandalan (*reability*), harga (*cost*), dan pengiriman (*delivery*). Faktor penting yang mempengaruhi konsumen dalam keputusan pemilihan produk atau layanan adalah kualitas. Ketika suatu perusahaan berfokus pada peningkatan kualitas, maka akan terjadi peningkatan kinerja. Karenanya, pelaku bisnis harus memberikan perhatian penuh terhadap masalah kualitas produk atau layanan.

Perhatian terhadap kualitas memberikan dampak positif bagi pelaku usaha, yaitu dampak terhadap biaya produksi dan dampak terhadap pendapatan (Gaspersz, 2005). Dampak positif terhadap biaya-biaya produksi terjadi melalui proses pembuatan produk atau

pelayanan yang memiliki derajat konformasi yang tinggi sesuai dengan standar. Dampak positif terhadap pendapatan terjadi melalui peningkatan penjualan dari produk atau layanan yang berkualitas. Suatu perusahaan dikatakan berkualitas apabila perusahaan tersebut memiliki proses produksi yang baik dan terkendali. Oleh karena itu, kualitas menjadi faktor utama dalam penentuan keberhasilan suatu usaha dalam persaingan di kancah nasional maupun internasional.

Upaya perbaikan dan peningkatan kualitas produk atau layanan harus dilakukan secara menyeluruh terhadap semua proses produksi. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses produksi antara lain bahan (*material*), dana (*money*), tenaga kerja (*man power*), metode (*method*), serta peralatan dan mesin (*machines*). Apabila salah satu faktor produksi tersebut mengalami kekurangan akan dapat mengganggu proses produksi bahkan dapat menjadi penyebab adanya produk cacat.

Menurut Hansen & Mowen (2001), produk cacat adalah produk yang tidak memenuhi spesifikasinya. Adanya produk cacat akan mempengaruhi terhadap biaya kualitas, *image* perusahaan, dan kepuasan pelanggan. Tidak hanya produk yang berkualitas saja yang akan menjadi incaran konsumen, tetapi juga harga yang lebih murah dan memiliki pelayanan yang lebih baik. Oleh karena itu, perusahaan harus melakukan perbaikan dan pengendalian terhadap kualitas produknya.

PT Siantar Top, Tbk merupakan salah satu perusahaan nasional yang bergerak di bidang industri makanan ringan. Perusahaan ini terdapat di beberapa daerah, salah satunya di Waru, Sidoarjo. Berbagai merek makanan ringan seperti wafer, biskuit, mie, dan kerupuk telah diproduksi oleh perusahaan ini. Beberapa merek produk tersebut, antara lain Go! Malkist, Go! Potato, Goriorio, Go! Jumbo Chocolate, French Fries 2000, Tic Tac, O'Potato, Twistko, Laeanet, mie Gemez Enaak, dan mie Spix. PT Siantar Top, Tbk memiliki 6 (enam) divisi operasional, yaitu Divisi Gudang, Divisi Keteknikan, Divisi Produksi, Divisi PPIC, Divisi Personalia, dan Divisi Logistik. Untuk Divisi Produksi sendiri terdiri dari 5 (lima) bagian, yaitu divisi bagian biskuit dan wafer, divisi bagian mie 1 dan 2, *hall 1 (packing middle low)*, divisi bagian *hall 2* (pengolahan *crackers* dan *extruder french fries*), divisi bagian *hall 3 (packing middle up)*, dan divisi bagian *tovie and dry mix*.

Peningkatan kualitas terhadap produk sangat penting agar PT Siantar Top, Tbk dapat terus mempertahankan eksistensinya di pasar. Menurut Tjipto (200), produk dapat dikatakan sebagai produk berkualitas apabila memiliki karakteristik yang dapat memenuhi kebutuhan pelanggan sehingga dapat mencapai kepuasan dari pelanggan tersebut. Penelitian ini berfokus pada produk wafer Go! Jumbo Chocolate karena merupakan salah satu produk yang

menghasilkan cacat produk yang cukup tinggi dan masih terus dalam tahap pengembangan dan perbaikan kualitas. Apabila cacat produk ini tidak segera dikendalikan secara tepat dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan.

Proses produksi wafer Go! Jumbo Chocolate ini melalui beberapa tahap. Tahap yang pertama yaitu persiapan bahan baku di mana bahan-bahan ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan *work order* yang telah ditetapkan oleh divisi *Research and Development*. Bahan baku yang telah ditimbang, kemudian dipindahkan ke stasiun *mixing* adonan. Di stasiun ini, material dicampur dan diaduk hingga menjadi adonan yang sesuai dengan kriteria. Selain *mixing* adonan, di stasiun ini juga dilakukan *mixing* krim coklat. Setelah adonan dan krim coklat selesai diaduk, selanjutnya dipindahkan ke stasiun *baking*. Adonan akan dioven dan digulung hingga membentuk silinder dan kemudian diinjeksikan dengan krim coklat. Setelah terisi dengan krim coklat, wafer berbentuk silinder ini akan dipotong sepanjang 11,7 - 12,5 cm. Selepas melalui proses-proses tersebut, Divisi *Quality Control (QC)* akan melakukan inspeksi terhadap kualitas wafer Go! Jumbo Chocolate dengan mengambil lima sampel sebanyak minimal lima kali pada setiap *shift*-nya. Kecuali untuk *shift* yang hanya menghabiskan sisa adonan dari *shift* sebelumnya, pengambilan sampel tidak harus sebanyak lima kali. Pengambilan sampel produk cacat ini dilakukan dengan rentang minimal setiap satu jam selama *shift* berjalan. Proses inspeksi ini untuk mengetahui ada tidaknya wafer yang mengalami cacat. Cacat pada wafer dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu cacat variabel dan cacat atribut. Kategori cacat variabel terdiri dari panjang, diameter, berat *base*, dan berat total wafer setelah diisi dengan krim di mana keempatnya tidak sesuai dengan standar. Khusus untuk inspeksi berat *base* wafer, operator akan mematikan sementara mesin pompa *inject* krim, sehingga dapat menghasilkan wafer *roll* tanpa krim. Sedangkan, kategori cacat atribut terdiri dari warna wafer yang gosong dan wafer yang remuk. Sesaat akan memasuki proses pengemasan, operator penyortiran hanya akan memisahkan produk yang mengalami cacat atribut saja dan meletakkannya pada kantong plastik. Pihak QC hanya mendata produk yang mengalami cacat variabel dan masih belum mendata berapa banyaknya wafer yang mengalami cacat atribut dikarenakan wafer ini sebagian masih akan digunakan kembali sebagai bahan campuran untuk adonan wafer berikutnya.

Penelitian ini difokuskan pada pengendalian kualitas *output* produk jenis variabel karena untuk mengetahui kemampuan proses produksi yang dimiliki oleh perusahaan saat ini, apakah telah mengalami peningkatan yang memerlukan adanya pembaharuan standar kualitas atau tidak serta usaha yang perlu dilakukan untuk memenuhi standar tersebut. Selain itu, dengan berfokus pada jenis variabel akan memastikan produk yang diterima oleh

pelanggan lebih berkualitas karena produk cacat variabel ini masih bisa diloloskan dibanding dengan cacat atribut yang sudah langsung disingkirkan saat pengecekan.

Tabel 1.1 menyajikan data produk cacat kategori variabel pada wafer Go! Jumbo Chocolate di mana data-data ini diukur dalam satuan kuantitatif. Jumlah sampel serta produk cacat yang terambil pada wafer Go! Jumbo Chocolate selama bulan April-September 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.1 di bawah ini.

Tabel 1.1
Jumlah Sampel dan Produk Cacat pada Setiap Karakteristik Kualitas Wafer Go! Jumbo Chocolate Periode April-September 2018 (dalam satuan *pieces*)

Bulan	Jumlah Sampel Produk	Panjang Wafer Tidak Sesuai Standar	Diameter Wafer Tidak Sesuai Standar	Berat Base Wafer Tidak Sesuai Standar	Berat Total Wafer Tidak Sesuai Standar	Persentase Total Cacat
April	1.475	82	3	105	202	26,58%
Mei	1.275	96	6	77	185	28,55%
Juni	2.275	175	16	242	284	31,52%
Juli	725	74	9	71	129	39,03%
Agustus	1.300	69	218	110	187	44,92%
September	1.025	140	70	62	143	40,49%
Total	8.075	636	322	667	1.130	
Persentase		7,88 %	3,99 %	8,26 %	13,99 %	

Sumber: PT Siantar Top, Tbk (Dokumentasi)

Tabel 1.1 memaparkan data jumlah sampel yang diambil oleh perusahaan pada bulan April sebanyak 1.475 *pieces* wafer yang di antaranya memiliki panjang yang tidak sesuai standar sebanyak 82 *pieces*, diameter wafer tidak sesuai standar sebanyak 3 *pieces*, berat *base* tidak sesuai standar sebanyak 105 *pieces*, dan berat total tidak sesuai standar sebanyak 202 *pieces*, begitupun dengan bulan lainnya. Total jumlah sampel yang telah diambil dari bulan April hingga September 2018 sebanyak 8.075 *pieces*. Maka, diperoleh persentase jenis cacat panjang wafer tidak sesuai standar sebesar 7,88% diperoleh dari total panjang wafer yang tidak sesuai standar sebanyak 636 *pieces* dibagi dengan 8.075 dikali 100%. Kemudian, diameter wafer tidak sesuai standar sebesar 3,99%, berat *base* wafer tidak sesuai standar sebesar 8,26%, dan berat total wafer tidak sesuai standar yang memiliki persentase terbesar sebanyak 13,88%. Apabila jenis cacat ini tidak segera dikendalikan akan berdampak pada keuntungan perusahaan yang mengalami penurunan.

Proses peningkatan kualitas yang selama ini telah dilakukan oleh perusahaan apabila terjadi cacat variabel dikarenakan kinerja peralatan mesin yang tidak sesuai adalah dengan menghentikan sementara proses produksi guna memperbaiki mesin tersebut. Apabila ditemukan cacat atribut seperti wafer remuk dikarenakan adonan yang terlalu lembek,

perusahaan akan mencoba untuk mengganti formula resep wafer. Tindakan pengendalian kualitas tersebut dirasa kurang optimal dikarenakan terbukti masih adanya wafer yang cacat dalam jumlah yang cukup tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan adanya tindakan penanganan terkait kualitas yang lebih baik dan efektif.

Salah satu cara pengendalian kualitas yang dapat digunakan, yaitu metode *Six Sigma*. *Six Sigma* merupakan salah satu alternatif dalam pengendalian kualitas dalam bidang manajemen kualitas. Salah satu visi dari *Six Sigma* ini yaitu mencapai target dengan terjadinya 3,4 kegagalan dari sejuta kesempatan (Gasperz, 2005). Semakin tinggi target *sigma* yang dicapai, maka semakin baik kinerja dari perusahaan tersebut. Istilah *Six Sigma* diciptakan oleh *Motorola Company* dengan tujuan mengurangi variabilitas dan perbaikan umum. Proses perbaikan kualitas *Six Sigma* ini terdiri dari 5 (lima) proses, yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control* atau biasa disingkat DMAIC. *Six Sigma* digunakan untuk mengerti dan memahami bagaimana kinerja proses produksi, mengidentifikasi, menganalisis, dan memperbaiki proses produksi yang menjadi akar penyebab terjadinya cacat tersebut, hingga menemukan cara untuk mencegah kembali terjadinya permasalahan pada proses produksi yang berdampak pada kualitas produk.

Penerapan metode *Six Sigma* pada PT Siantar Top, Tbk diawali dengan mendefinisikan alur produksi, mengidentifikasi *Critical-to-Quality* (CTQ) dan faktor yang mempengaruhinya, mengidentifikasi jenis *defect*, melakukan pengukuran tingkat proses, menentukan faktor kunci dengan diagram *pareto*, melakukan pengukuran tingkat *output* dengan peta kendali, menghitung *defect per million opportunities* (DPMO), *sigma level*, dan kapabilitas proses, menemukan dan menganalisis sumber permasalahan dengan diagram sebab-akibat, serta yang terakhir melakukan perbaikan terhadap permasalahan yang ditemukan. Metode *Six Sigma* diharapkan dapat membawa perusahaan pada tingkat kecacatan produk yang kecil bahkan menuju *zero defect*. Kemudian, perusahaan dapat merumuskan proses produksi yang lebih efisien sesuai dengan kondisi lapangan dan kemampuan sumber daya yang dimiliki, sehingga akan meningkatkan keuntungan dan mengurangi biaya kualitas yang harus dikeluarkan oleh perusahaan apabila terdapat produk cacat. Selain itu, perusahaan dapat semakin meningkatkan posisi pasarnya dalam persaingan yang kompetitif sebagai perusahaan yang berkualitas.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat diketahui masalah yang ada dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Tingginya persentase produk cacat pada wafer Go! Jumbo Chocolate yang diproduksi oleh PT Siantar Top, Tbk
2. Belum diketahuinya faktor-faktor utama yang menjadi penyebab cacat pada wafer Go! Jumbo Chocolate yang diproduksi oleh PT Siantar Top, Tbk
3. Proses pengendalian kualitas pada produk wafer Go! Jumbo Chocolate yang masih belum optimal sehingga masih terus menghasilkan produk cacat.

1.3 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah dalam penelitian ini.

1. Berapakah nilai *Defect per Million Opportunities* (DPMO), nilai *sigma*, dan indeks kapabilitas proses produksi wafer Go! Jumbo Chocolate?
2. Apa saja faktor-faktor utama yang menyebabkan cacat produk dalam proses produksi wafer Go! Jumbo Chocolate?
3. Bagaimana rekomendasi perbaikan terhadap penyebab kecacatan produk wafer Go! Jumbo Chocolate yang harus dilakukan oleh PT Siantar Top, Tbk?

1.4 Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan masalah dalam penelitian ini.

1. Objek yang diteliti hanya cacat variabel pada wafer Go! Jumbo Chocolate yang diproduksi oleh PT Siantar Top, Tbk
2. Data hanya diambil pada proses produksi sebelum memasuki proses pengemasan.
3. Penelitian ini tidak membahas mengenai aspek biaya.
4. Penelitian ini hanya dilakukan sampai dengan tahap *improve* pada tahapan DMAIC.

1.5 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dilakukannya penelitian ini.

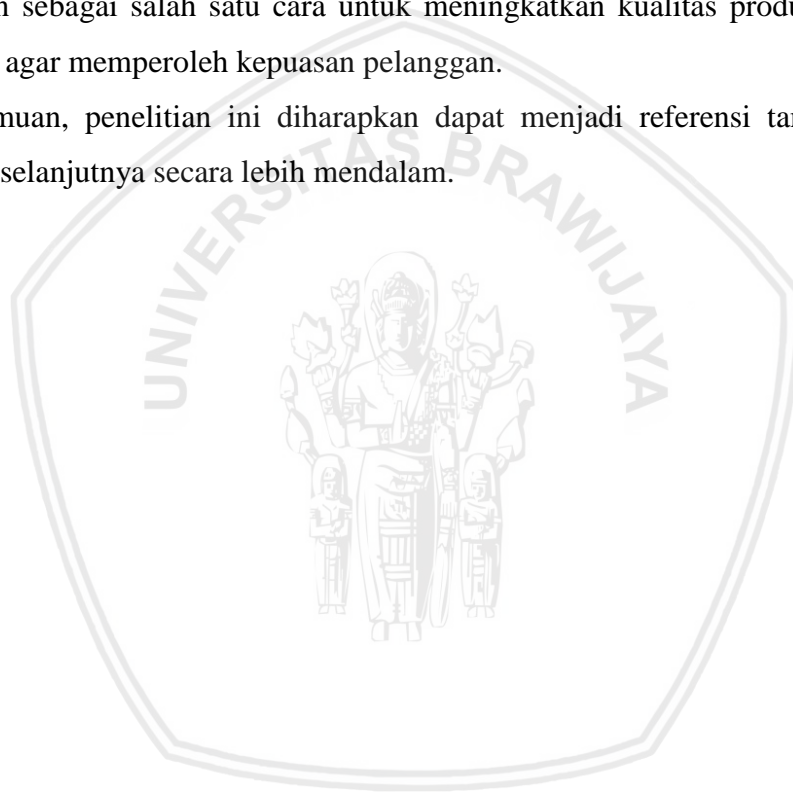
1. Mengetahui nilai *Defect per Million Opportunities* (DPMO), nilai *sigma*, dan kapabilitas proses produksi wafer Go! Jumbo Chocolate.
2. Mengetahui faktor-faktor utama yang menyebabkan cacat produk dalam proses produksi wafer Go! Jumbo Chocolate berdasarkan analisis diagram sebab-akibat.

3. Memberikan rekomendasi perbaikan terhadap penyebab kecacatan produk wafer Go! Jumbo Chocolate yang harus dilakukan oleh PT Siantar Top, Tbk

1.6 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan dari penelitian, maka manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti, penelitian ini diharapkan dapat menjadi metode pembelajaran dalam melakukan penelitian terhadap manajemen kualitas.
2. Bagi perusahaan, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi perusahaan sebagai salah satu cara untuk meningkatkan kualitas produk wafer yang dihasilkan agar memperoleh kepuasan pelanggan.
3. Bagi keilmuan, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi tambahan untuk penelitian selanjutnya secara lebih mendalam.





Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada sebuah penelitian perlu dilakukan analisis kritis terkait hubungan antara artikel jurnal dari para peneliti sebelumnya dengan penelitian ini. Selain itu pada bab ini berisi kerangka teoritis yang menjadi dasar yang relevan mengenai pengendalian kualitas.

2.1 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu mengenai pengendalian kualitas produk maupun proses yang menerapkan metode *Six Sigma* yang dijadikan referensi pada penelitian ini. Selain itu, beberapa penelitian terdahulu dapat digunakan untuk mengevaluasi penelitian orang lain untuk mencari celah perbedaan dengan yang dilakukan saat ini.

1. Utami, Choiri, & Kusuma (2015) meneliti tentang penerapan *Six Sigma* dalam perbaikan kualitas produk kertas. Terdapat 4 jenis kualitas kertas yang diteliti jumlah *defect*-nya, di mana ditemukan jumlah terjadinya *defect* yang paling tinggi berada pada kertas kualitas B, yaitu *grammature* yang tidak sesuai standar dan *brightness* yang tidak sesuai standar. Untuk *brightness* yang tidak sesuai standar disebabkan oleh faktor konsentrasi *surfactant*, faktor *consistency pulp*, dan interaksi antara kedua faktor tersebut yang sangat berpengaruh pada tingkat *brightness* produk Prima 58/54. Sedangkan, pada *grammature* yang tidak sesuai standar disebabkan karena *open slice* pada *Head Box* yang tidak stabil menyebabkan *pulp* yang disebarkan di *wire* tidak sesuai standar. Rekomendasi perbaikan pada segi *brightness* dilakukan dengan mengatur konsentrasi *surfactant* dan *consistency pulp* masing-masing sebesar 0,8%. Sedangkan pada segi *grammature* dilakukan dengan melakukan *Consistency Regulating Control (CRC)*.
2. Wulandari, Novareza, & Setyanto (2016) melakukan penelitian pada proses *welding joint jacket* di pembuatan *jack up ring* dengan menerapkan metode *Six Sigma*. Pada masing-masing jenis *defect* yang diamati pada penelitian ini, ditemukan faktor penyebab terjadinya *defect* tersebut berdasarkan RPN pada FMEA. Untuk jenis *defect porosity* disebabkan oleh lingkungan kerja yang kurang sesuai. Untuk jenis *defect slag inclusion* disebabkan oleh parameter mesin yang kurang sesuai, dapat diatasi dengan membuat *check sheet* parameter *layer per layer* saat proses pengelasan. Untuk jenis *defect incomplete fusion* dan *incomplete penetration* sama-sama disebabkan karena kurangnya

kedisiplinan dari *welder*. Cara mengatasi untuk *defect incomplete fusion* dengan pembuatan prosedur pemilihan *welder* yang tepat sesuai WPQ. Sedangkan, untuk jenis *defect incomplete penetration* diatasi dengan mengkombinasikan jenis las yang sebelumnya SMAW menjadi GTAW-SMAW.

3. Kabir, Bobby, & Lutfi (2013) meneliti sebuah perusahaan pembuat kipas angin di Bangladesh menggunakan *Six Sigma* guna meningkatkan produktivitas. Hasil dari penelitian membuktikan bahwa terdapat beberapa masalah yang menyebabkan produktivitas perusahaan yang masih rendah. Salah satunya adalah material, peralatan, dan barang dalam proses yang masih berantakan. Untuk mengatasi material dan peralatan yang berantakan adalah dengan menggunakan 5S agar mudah menemukan alat yang dibutuhkan. Sedangkan untuk barang dalam proses yang berantakan, menggunakan metode *supermarket* untuk mengurangi perpindahan yang tidak dibutuhkan. Selain itu, juga menggunakan *line balancing* untuk menyusun pekerjaan dalam satu baris dan meminimalkan jumlah stasiun kerja. Untuk meningkatkan produktivitas perusahaan, juga harus diterapkan *Kaizen* untuk perbaikan secara terus menerus.
4. Hakimi, Zahraee, & Rohani (2018) melakukan penelitian yang bertujuan pada peningkatan kualitas dalam proses produksi yogurt tawar melalui faktor-faktor yang mempengaruhi keasaman yogurt. Pentingnya tingkat keasaman dikarenakan secara langsung memengaruhi rasa yogurt dan bisa menjadi kriteria bagi konsumen untuk menilai apakah yogurt memiliki kualitas yang baik atau tidak. Untuk menentukan faktor-faktor yang secara signifikan mempengaruhi tingkat keasaman produk, maka digunakan desain eksperimen. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa terdapat dua faktor yang mempengaruhi secara signifikan, yaitu waktu inkubasi dan persentase lemak. Upaya dalam menjaga kestabilan pH yogurt agar pada rentang 4,49-4,53, yaitu dengan mengatur waktu inkubasi selama 12 jam dan persentase lemak 1,5.

Rincian secara ringkas mengenai penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1
 Penelitian Terdahulu

Penulis	Objek	Tahapan Six Sigma	Tools	Tujuan	Hasil
Utami, Choiri, & Kusuma (2015)	Jenis <i>defect</i> pada kertas yang memiliki jumlah terbesar di Departemen Paper Mill I PT Adiprima Suraprinta	DMAI	<i>Flowchart</i> , Diagram Batang, Peta Kendali, Diagram Sebab-Akibat, FMEA, Desain Eksperimen Faktorial	Menganalisis faktor penyebab <i>defect</i> terbesar pada kertas produk Prima 58/45	Berdasarkan diagram batang, jumlah <i>defect</i> yang terbesar terjadi pada kertas kualitas B berupa <i>grammature</i> tidak standar dan <i>brightness</i> tidak standar, serta diberikan rekomendasi perbaikan berdasarkan hasil desain eksperimen faktorial.
Wulandari, Novareza, Setyanto (2016)	Proses <i>welding joint jacket</i> pada pembuatan <i>jack up rig</i> di PT PAL Indonesia	DMAI	<i>Flowchart</i> , Peta Kendali, Diagram Sebab-Akibat, FMEA, <i>Checksheets</i>	Mengetahui faktor penyebab cacat dalam proses <i>welding</i> pada <i>joint jacket</i> .	Untuk masing-masing penyebab jenis cacat berdasarkan FMEA, yaitu <i>porosity</i> karena lingkungan kerja kurang sesuai, <i>slag inclusion</i> disebabkan parameter mesin kurang tepat, <i>incomplete penetration</i> dan <i>incomplete fusion</i> karena <i>welder</i> kurang disiplin. Lalu, diberikan saran untuk masing-masing penyebab tersebut.
Kabir, Bobby, & Lutfi (2013)	Proses produksi pembuatan kipas angin di Bangladesh	DMAIC	<i>Process Block Diagram</i> , Diagram Sebab-Akibat, 5S, <i>Supermarket</i> , <i>Line Balancing</i> , <i>Kaizen</i>	Meningkatkan produktivitas dalam pembuatan kipas angin	Produktivitas yang rendah dikarenakan material, peralatan, dan barang dalam proses yang masih berantakan. Metode perbaikan yang diterapkan berupa 5S, <i>supermarket</i> untuk mengurangi pekerjaan yang berulang dengan menghemat waktu, <i>line balancing</i> yang dapat meningkatkan produktivitas dengan mengurangi produk cacat, dan <i>kaizen</i> .

Penulis	Objek	Tahapan Six Sigma	Tools	Tujuan	Hasil
Hakimi, Zahraee, & Rohani (2018)	Proses produksi yogurt tawar di Iran	DMAIC	SIPOC <i>diagram</i> , Diagram Sebab-Akibat, Desain Eksperimen	Memenuhi keinginan pelanggan dalam peningkatan kualitas pada proses produksi yogurt tawar	Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu inkubasi dan persentase lemak merupakan faktor yang berpengaruh signifikan terhadap pH yogurt. Kemudian ditemukan pengaturan optimal untuk faktor tersebut, yaitu dengan melakukan inkubasi selama 12 jam dan menggunakan 1,5 persen lemak.
Penelitian ini	Wafer Go! Jumbo Chocolate di PT Siantar Top, Tbk	DMAI	<i>Flowchart</i> , Diagram Pareto, Peta Kendali Diagram Sebab-Akibat, <i>Preventive Maintenance</i> , <i>Checksheet</i>	Mengetahui faktor utama penyebab cacat produk pada wafer Go! Jumbo Chocolate	Panjang wafer, berat <i>base</i> wafer, dan berat total wafer yang tidak sesuai standar disebabkan oleh faktor homogenitas visual <i>cutting</i> , temperatur adonan, dan homogenitas isi krim coklat. Rekomendasi perbaikan yang diberikan berupa penerapan <i>preventive maintenance</i> terjadwal, pembaharuan spesifikasi, penambahan AC pada stasiun <i>mixing</i> adonan, adanya pelatihan bertahap, dan pencacatan riwayat <i>preventive maintenance</i> dan <i>breakdown</i> mesin.

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan upaya yang dilakukan oleh perusahaan agar barang dan jasa yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Setiap konsumen memiliki persepsi mengenai kualitas yang berbeda-beda. Konsumen akan secara subyektif mengatakan bahwa kualitas merupakan sesuatu yang sesuai dengan selera (*fitness for use*) di mana produk dapat dikatakan berkualitas apabila

memiliki kecocokan dengan penggunaannya. Persepsi lainnya mengatakan bahwa barang atau jasa yang berkualitas adalah yang dapat meningkatkan status penggunaannya. Ada juga persepsi di mana barang atau jasa tersebut dikatakan berkualitas apabila dapat memberikan manfaat pada penggunaannya (*measure of utility and usefulness*).

2.2.1 Pengertian Pengendalian

Pengendalian dan pengawasan menurut Assauri (2008) merupakan sebuah aktivitas untuk memastikan bahwa proses produksi berjalan sesuai dengan rencana, sehingga apabila terjadi masalah dapat segera diperbaiki dan mencapai tujuan yang telah ditentukan.

Sedangkan Gaspersz (2005) menyatakan bahwa pengendalian dapat diartikan sebagai kegiatan evaluasi agar dapat mengetahui perlunya dilakukan tindakan korektif hingga mengetahui kondisi proses yang mengalami variabilitas di mana variabilitas dikaitkan dengan adanya penyebab khusus yang terjadi pada suatu sistem konstan.

Berdasarkan pengertian yang telah diungkapkan di atas dapat disimpulkan bahwa pengendalian adalah kegiatan yang dilakukan oleh perusahaan untuk memantau dan menjamin bahwa seluruh aktivitas proses produksi berjalan sesuai dengan yang telah direncanakan di awal.

2.2.2 Pengertian Kualitas

Kualitas dari barang atau jasa dapat diartikan sebagai gambaran atau karakteristik secara menyeluruh yang dapat menunjukkan kemampuannya dalam memuaskan kebutuhan yang telah ditentukan maupun kebutuhan yang tersirat (Heizer & Render, 2008). Kualitas menjadi salah satu faktor penting yang menjadi pertimbangan dalam keputusan pembelian yang dilakukan oleh konsumen terhadap berbagai pilihan produk dan jasa yang bersaing. Fenomena ini terjadi tidak hanya pada konsumen individu, organisasi industri, toko ritel, bank lembaga keuangan, atau program ketahanan militer (Montgomery, 2009). Menurut Resmi (2011), kualitas produk dapat dilihat dari kesesuaian produk tersebut dalam memenuhi atau melampaui apa yang dibutuhkan oleh konsumen. Kesesuaian produk tersebut dapat dilihat dari lima karakter yang melekat pada produk tersebut, di antaranya:

1. Teknologi, mencerminkan daya tahan dari produk yang dihasilkan.
2. Psikologis, menunjukkan cita rasa maupun status yang mampu diberikan oleh produk tersebut.
3. Waktu, menunjukkan keandalan dari produk yang dihasilkan.
4. Kontraktual, menunjukkan jaminan atas produk yang telah dibeli.

5. Etika, menunjukkan pelayanan yang diberikan kepada konsumen, meliputi sopan santun, ramah, dan jujur.

Kesesuaian produk tersebut juga dapat dilihat berdasarkan dua ciri utama, yaitu karakteristik yang melekat pada produk mampu memenuhi keinginan konsumen dan produk tersebut tidak memiliki kekurangan apapun. Produk dapat disebut berkualitas tinggi jika karakteristik yang melekat pada produk tersebut bersifat khusus atau istimewa, berbeda dari produk yang lain dan mampu memenuhi keinginan konsumen sehingga dapat memberikan kepuasan pelanggan (Resmi, 2011).

Menurut Garvin (1987) dalam Montgomery (2009) mengidentifikasi 8 (delapan) dimensi untuk mengevaluasi kualitas dari suatu produk, antara lain:

1. Performansi (*Performance*)

Pelanggan potensial akan mengevaluasi produk untuk menentukan apakah produk yang akan dibeli dapat melakukan fungsi spesifik tertentu dan seberapa baik kinerja dari produk tersebut.

2. Keandalan (*Reliability*)

Pandangan pelanggan terhadap kualitas suatu produk juga dipengaruhi oleh keandalan produk tersebut. Pelanggan akan melihat seberapa sering produk tersebut mengalami kegagalan.

3. Daya Tahan (*Durability*)

Kualitas produk juga dilihat dari masa pakai produk yang efektif. Pelanggan jelas menginginkan produk dapat bekerja dalam jangka waktu yang panjang.

4. Kemampuan Pelayanan (*Serviceability*)

Pada saat ini, pandangan pelanggan terhadap penilaian kualitas suatu produk dipengaruhi oleh seberapa mudah, ekonomis, dan cepatnya perbaikan pada produk tersebut atau aktivitas perawatan rutin dapat mudah dilakukan.

5. Estetika (*Aesthetics*)

Estetika dari suatu produk juga menjadi faktor dalam penentuan kualitas suatu produk. Daya tarik visual seperti warna, bentuk, alternatif kemasan, karakteristik, dan fitur sensorik lainnya dapat menjadi sarana dalam membedakan dengan produk kompetitor.

6. Keistimewaan (*Features*)

Kualitas tinggi dari suatu produk juga sering kali diasosiasikan oleh pelanggan dengan adanya fitur tambahan di luar fitur atau kemampuan dasar dari produk tersebut.

7. Kualitas yang Dipersepsikan (*Perceived Quality*)

Pelanggan juga sering bergantung pada reputasi masa lalu perusahaan mengenai produk yang diproduksinya. Reputasi perusahaan ini dipengaruhi oleh adanya kegagalan produk yang sangat terlihat hingga perlu dilakukan penarikan produk gagal tersebut dari pasar dan bagaimana penanganan pelanggan terkait kualitas dari produk yang dilaporkan tersebut. Kualitas yang dirasakan, loyalitas pelanggan, dan bisnis memiliki kaitan yang sangat erat.

8. Kesesuaian Standar (*Conformance to Standards*)

Produk berkualitas juga dilihat sebagai produk yang benar-benar memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh perancang. Seberapa persis produk dibuat berdasarkan desainnya. Bagian yang diproduksi dengan tidak memenuhi persyaratan akan menyebabkan masalah kualitas ketika digunakan.

Kualitas barang atau jasa dipengaruhi oleh banyak tahapan kegiatan yang saling berhubungan, seperti desain, operasi produksi, atau jasa dan pemeliharannya (Pahan, 2005). Oleh karena itu, pemahaman dan peningkatan kualitas merupakan faktor utama demi kesuksesan, pertumbuhan bisnis, dan peningkatan daya saing (Montgomery, 2009).

2.2.3 Pengertian Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan sebuah proses perencanaan untuk menemukan cara yang paling ekonomis dan melaksanakannya sehingga dapat membuat barang yang bermanfaat dan dapat memenuhi ekspektasi pelanggan secara maksimal (Assauri, 1999). Pengendalian kualitas produk merupakan suatu sistem pengendalian yang dilakukan sejak tahap awal proses produksi sampai produk jadi, bahkan sampai proses pendistribusian kepada konsumen (Susetyo, Winarni, & Catur, 2011).

Dalam pengendalian kualitas dilakukan pemeriksaan serta pengujian karakteristik kualitas produk yang berguna untuk penilaian kemampuan proses produksinya yang dikaitkan dengan standar spesifikasi produk (Susetyo et al., 2011). Oleh karena itu, pengendalian kualitas wafer Go! Jumbo Chocolate yang dilakukan pada PT Siantar Top, Tbk adalah dengan memeriksa kualitas hasil *output* produk untuk dapat dijadikan pedoman dalam mengukur kinerja proses produksinya. Kualitas wafer Go! Jumbo Chocolate dikatakan baik apabila telah memenuhi standar spesifikasinya, sehingga kemampuan proses produksi juga dapat dikatakan baik apabila menghasilkan produk berkualitas yang sesuai standar.

Menurut Jozsef & Petruța (2014), pengendalian kualitas memiliki dua fungsi penting:

1. Fungsi kontrol, yang bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab yang telah menimbulkan kerusakan, produk yang ditolak, kekurangan, serta menetapkan langkah-langkah yang diperlukan untuk mencegah dan menghilangkan aspek negatif.
2. Fungsi perbaikan, yang mensyaratkan penelitian dan analisis keluhan, membuat studi banding terhadap produk sejenis, dan melakukan analisis teknis terhadap produk yang ditolak.

Pengendalian kualitas memerlukan pemahaman sehingga dapat dilaksanakan mulai tahap perancangan, produksi, inspeksi, hingga tahap pendistribusian ke konsumen. Menurut Schroeder (2000), untuk mengimplementasikan perencanaan, pengendalian, dan pengembangan kualitas dilakukan melalui beberapa langkah, antara lain:

1. Menentukan terlebih dahulu karakteristik dari kualitas produk yang dibuat.
2. Menentukan bagaimana cara mengukur setiap kualitas yang telah diputuskan di awal.
3. Menetapkan standar dari setiap karakteristik agar kualitas produk tidak mengalami variasi yang berlebihan.
4. Menentukan cara tes yang tepat untuk setiap standar.
5. Mencari kasus produk yang berkualitas rendah dan melakukan tindakan perbaikan dari penyimpangan-penyimpangan yang signifikan terhadap standar.
6. Terus menerus melakukan perbaikan (*continuous improvement*).

2.3 Six Sigma

Six Sigma merupakan suatu filosofi manajemen mutu dan metodologi yang berfokus pada pengurangan variasi, pengukuran cacat produk (per satu juta *output*/peluang) dan meningkatkan kualitas produk, proses, dan jasa (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2000). Penelitian ini menggunakan metode *Six Sigma* dengan mengukur banyaknya produk cacat dari wafer Go! Jumbo Chocolate beserta dengan peluangnya dan menemukan penyebab utama terjadinya variasi terhadap hasil wafer sehingga dapat menentukan tindakan perbaikan terhadap proses produksi yang akan berpengaruh pada kualitas produk.

2.3.1 Sejarah Six Sigma

Pada akhir tahun 1970-an, industri Jepang mengalami perkembangan yang pesat dan memiliki daya saing yang kuat dikarenakan kemampuan mereka dalam mengembangkan kompetensi inti dengan biaya yang lebih rendah, kualitas yang lebih tinggi, dan kecepatan yang lebih besar dari pesaing mereka. Pada periode ini, Motorola menghadapi persaingan yang ketat dari pasar global terutama dari pesaing Jepang. Langkah *benchmarking* diambil

oleh pihak Motorola terhadap industri elektronik Jepang, dan ternyata produk Jepang memiliki tingkat kualitas 6σ , sedangkan milik Motorola masih pada tingkat 4σ . Dari kelemahan tersebut, Motorola memulai perbaikan dengan menerapkan program *Six Sigma* dalam periode 5 tahun. Pada tahun 1981, Bob Galvin yang pada saat itu menjadi CEO Motorola menantang perusahaannya untuk mencapai peningkatan kinerja sepuluh kali lipat selama lima tahun tersebut (Omachonu & Ross, 2005).

Six Sigma di Motorola berfokus pada peningkatan dalam semua proses operasi agar menjadi lebih efektif dan efisien. Dalam empat tahun, Motorola berhasil melakukan pengurangan pada cacat produk dan waktu pembuatan. Prestasi puncaknya, ketika Motorola menjadi pemenang pada Malcolm Baldrige National Quality Award pada tahun 1988. Atas keberhasilan tersebut, IBM, Sony, dan Allied Signal mulai mengikuti Motorola untuk menerapkan program *Six Sigma*. Dalam sepuluh tahun Motorola mengklaim mampu menghemat hingga \$400 miliar (Aized, 2012).

2.3.2 Konsep *Six Sigma*

Pelanggan akan merasa puas apabila telah menerima nilai yang diharapkan oleh mereka. Perusahaan dapat mengharapkan bahwa 99,99966 persen dari spesifikasi yang diharapkan pelanggan akan ada pada produk barang atau jasa tersebut atau dapat diartikan bahwa hanya ditemukan 3,4 produk yang mengalami cacat dari satu juta kesempatan apabila produk diproses menggunakan kualitas pada level *Six Sigma*. Menurut Gaspersz (2002), *Six Sigma* dipandang sebagai pengendalian proses produksi yang berfokus pada pelanggan dengan memperhatikan kemampuan proses. Enam aspek kunci yang perlu diperhatikan dalam pengaplikasian konsep *Six Sigma*, yaitu:

1. Identifikasi pelanggan
2. Identifikasi produk
3. Identifikasi kebutuhan dalam memproduksi produk untuk pelanggan
4. Definisikan proses
5. Hindari kesalahan dalam proses dan hilangkan semua pemborosan yang ada
6. Meningkatkan proses secara terus menerus menuju target *Six Sigma*

Selain itu, terdapat juga enam aspek kunci yang perlu diperhatikan apabila konsep *Six Sigma* diterapkan pada industri manufaktur, yaitu:

1. Identifikasi karakteristik produk barang atau jasa yang akan memuaskan pelanggan berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan.

2. Mengklasifikasikan semua karakteristik kualitas yang telah teridentifikasi sebagai *Critical-to-Quality* (CTQ) individual.
3. Menentukan apakah setiap CTQ itu dapat dikendalikan melalui pengendalian material, mesin, proses kerja, dan sebagainya.
4. Menentukan batas maksimum toleransi untuk masing-masing CTQ sesuai keinginan pelanggan dengan menentukan nilai *Upper Central Limit* (UCL) dan *Lower Central Limit* (LCL).
5. Menentukan nilai maksimum standar deviasi dari variasi proses untuk masing-masing CTQ.
6. Mengubah desain produk dan/atau proses kerja sedemikian rupa agar mampu mencapai nilai target *Six Sigma*.

2.4 Tahapan Implementasi Pengendalian Kualitas dengan *Six Sigma*

Tahapan implementasi pengendalian kualitas dengan *Six Sigma* terdiri dari lima langkah, yaitu dengan menggunakan metode DMAIC (*Define, Measure, Analysis, Improve, dan Control*) (Pete & Holpp, 2002). DMAIC merupakan manajemen proses *Six Sigma* sistematis yang terinspirasi dari siklus PDCA Deming (*Plan, Do, Check, dan Act*) (Mandahawi, Fouad, & Obeidat, 2012).

2.4.1 *Define* (Mendefinisikan)



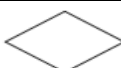






Fase ini merupakan langkah operasional awal berupa penetapan sasaran dari program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pendefinisian rencana-rencana tindakan dilakukan untuk melaksanakan peningkatan pada setiap proses bisnis. Pihak manajemen yang memegang tanggung jawab pada tahap pendefinisian proses bisnis ini (Gaspersz, 2005). Tiga aktivitas utama yang berkaitan dengan mendefinisikan proses bisnis dan sasaran pelanggan, yakni terdiri dari mendefinisikan proses inti dari bisnis, menentukan *output* dari proses inti maupun pelanggan yang akan dilayani, dan menciptakan alur dari proses inti tersebut.

2.4.1.1 *Flowchart*

Suatu proses dapat dijelaskan secara sistematis dan logis dengan menggunakan *flowchart*. *Flowchart* adalah sebuah bagan untuk menggambarkan algoritma atau urutan proses secara detail dengan menggunakan simbol-simbol tertentu dengan tujuan agar mudah dipahami (Andriani & Kusuma, 2018). Penggunaan *flowchart* ditujukan untuk membantu

dalam melakukan analisis yang berkaitan dengan optimasi atau perbaikan proses (Borror, 2008). Simbol-simbol yang biasa digunakan pada diagram alir ditunjukkan pada Tabel.2.2.

Tabel 2.2
Simbol-Simbol pada *Flowchart*

No	Simbol	Keterangan
1		Simbol proses dasar: simbol yang umum digunakan untuk menggambarkan operasi proses.
2		Simbol garis aliran: simbol yang menunjukkan arah tahapan pada sebuah proses. Garis ini menghubungkan elemen dari sistem.
3		Simbol keputusan: simbol yang menunjukkan titik keputusan yang merupakan keputusan tipe atribut seperti sukses-gagal atau ya-tidak.
4		Simbol <i>delay</i> atau <i>wait</i> : simbol yang menunjukkan aktivitas menunggu atau keterlambatan.
5		Simbol <i>connector</i> : simbol yang menghubungkan diagram alir pada halaman yang sama.
6		Simbol <i>offline connector</i> : simbol yang menghubungkan diagram alir pada halaman yang berbeda.
7		Simbol <i>input/output</i> : simbol yang menunjukkan masukan atau keluaran dari suatu sistem.
8		Simbol dokumen: simbol yang menunjukkan bahwa sistem mencetak keluaran dalam bentuk dokumen (melalui printer)
9		Simbol <i>terminal</i> : simbol yang menunjukkan awal dan akhir dari proses

Sumber: Andriani & Kusuma (2018)

2.4.1.2 Critical-to-Quality (CTQ)

Critical-to-Quality (QTC) merupakan kunci yang berhubungan secara langsung terhadap kebutuhan spesifik dari pelanggan. Kebutuhan spesifik ini dapat dibedakan menjadi persyaratan *output* dan persyaratan pelayanan (Pande et al., 2000). Penetapan CTQ harus disertai dengan pengukuran agar dapat dikuantifikasikan dalam angka dan tidak akan menimbulkan interpretasi yang berbeda karena proses CTQ ini akan berpengaruh langsung terhadap kualitas yang diinginkan. Dalam mengukur CTQ, terdapat dua aspek yang perlu diperhatikan, yakni aspek internal seperti tingkat kecacatan produk serta biaya kualitas untuk produk cacat dan aspek eksternal berupa kepuasan pelanggan, pangsa pasar, dan sebagainya. Proses identifikasi CTQ dilakukan untuk mengetahui karakteristik kualitas yang berpengaruh terhadap terjadinya cacat. Setelah mengidentifikasikan CTQ, kemudian menentukan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi masing-masing CTQ tersebut.

2.4.1.3 Defect

Menurut Gaspersz (2007), *defect* merupakan segala bentuk kegagalan yang terjadi dalam memenuhi spesifikasi atau ekspektasi pelanggan. *Defect* dibedakan menjadi dua, yaitu *defect* internal yang mengakibatkan adanya *scrap*, *rework*, dan *delay* karena kurangnya jumlah tenaga kerja, serta *defect* eksternal yang mengakibatkan adanya garansi akibat klaim dari pelanggan, perbaikan, dan pelayanan. Pendefinisian *defect* untuk mengetahui jenis-jenis cacat yang akan muncul pada produk. Setelah mengetahui jenis-jenis cacat dan perbedaannya, dapat dilakukan pengukuran terhadap jumlah terjadinya jenis cacat tersebut pada produk wafer Go! Jumbo Chocolate.

2.4.2 Measure (Mengukur)

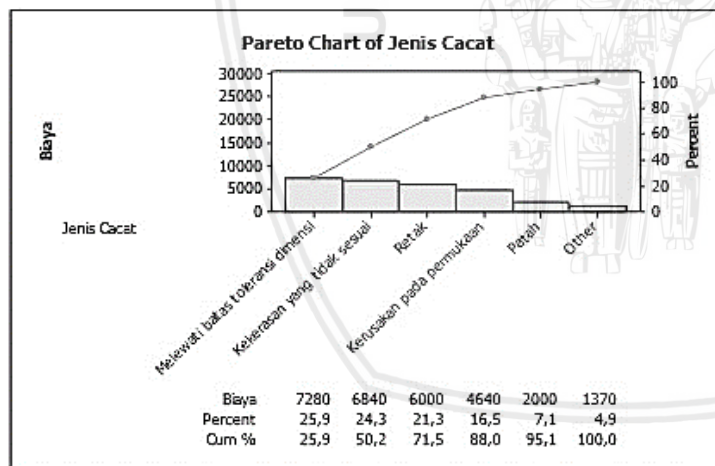
Fase *measure* merupakan tindak lanjut terhadap fase *define* dan merupakan langkah transisi yang menjembatani ke tahap berikutnya. Pada fase *measure* terdapat tiga hal pokok yang harus dilakukan, yaitu:

1. Menetapkan karakteristik kualitas kunci yang disertai dengan pengukuran yang dapat dikuantifikasikan dalam angka-angka agar tidak menimbulkan interpretasi yang salah bagi setiap orang yang terlibat dalam program *Six Sigma* dan menimbulkan kesulitan dalam mengukur karakteristik kualitas keandalan.
2. Mengembangkan rencana pengumpulan data, di mana pengukuran karakteristik kualitas dapat dilakukan pada tiga tingkat, antara lain:
 - a. Pengukuran pada tingkat proses dengan mengukur setiap aktivitas dalam proses dan karakteristik kualitas *input* yang diperoleh dari pemasok dan akan berpengaruh terhadap karakteristik kualitas *output* yang diinginkan.
 - b. Pengukuran pada tingkat *output* dengan mengukur karakteristik kualitas *output* yang dihasilkan dan membandingkannya dengan spesifikasi karakteristik kualitas yang diinginkan oleh pelanggan dengan menggunakan peta kendali $\bar{X} - S$.
 - c. Pengukuran pada tingkat *outcome* dengan mengukur bagaimana baiknya barang atau jasa yang dihasilkan itu memenuhi kebutuhan spesifik dan rasional dari pelanggan.
3. Mengukur kinerja *baseline* pada tingkat *output* di mana sebelum program *Six Sigma* dimulai dengan menghitung *Defect per Million Opportunities* (DPMO), kinerja yang sekarang harus diketahui terlebih dahulu melalui indeks kapabilitas proses, sehingga selama berlangsungnya program *Six Sigma* ini kemajuan yang dicapai dapat diukur.

2.4.2.1 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah suatu histogram yang menunjukkan distribusi frekuensi dari beberapa kategori faktor yang berkontribusi terhadap masalah mutu dan disusun mulai dari frekuensi terbesar hingga terkecil (Montgomery, 2009). Seorang ahli ekonomi asal Italia, yaitu Vilfredo Pareto pada abad ke-19 mengemukakan mengenai aturan 80/20. Aturan ini menjelaskan bahwa 80% masalah merupakan dampak dari 20% faktor penyebab masalah potensial. Kemudian, Juran dan Gryna mengadopsi aturan tersebut pada kualitas di tahun 1980 (Borrer, 2008). Prinsip pareto dalam peningkatan kualitas berarti bahwa dengan menangani sejumlah kecil faktor penyebab masalah dapat mengakibatkan peningkatan yang besar.

Diagram pareto dibuat untuk mengidentifikasi area *vital few* (hal penting yang sedikit) yang memiliki kontribusi besar dan memisahkan area *vital few* tersebut dari *trivial many* (hal sepele yang banyak) (Borrer, 2008). Menurut Tague (2005) dalam Andriani & Kusuma (2018), diagram pareto dapat digunakan untuk menganalisis data mengenai frekuensi dari banyak masalah dan mencari tahu masalah mana yang paling signifikan. Contoh diagram Pareto dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram pareto
Sumber: Zasadzien (2014)

2.4.2.2 Peta Kendali

Peta kendali adalah alat statistik yang sering digunakan untuk memantau kondisi produk yang dihasilkan oleh perusahaan (Andriani & Kusuma, 2018). Peta kendali ini dapat mendeteksi abnormalitas suatu proses dengan bantuan grafik garis dan dibuat untuk menghilangkan variasi tidak normal melalui pemisahan variasi yang disebabkan oleh penyebab khusus dari variasi yang disebabkan oleh penyebab umum.

Secara umum peta kendali dapat digolongkan dalam dua kategori, yaitu peta kendali variabel dan peta kendali atribut. Peta kendali variabel memiliki tipe data kontinyu dan datanya diperoleh sebagai hasil pengukuran. Sebagai contoh pengukuran berat, suhu, tekanan, dan lain-lain. Peta kendali atribut memiliki tipe data diskrit dan datanya diperoleh sebagai hasil perhitungan. Sebagai contoh menghitung jumlah cacat atau proporsi cacat produk (Trihendradi, 2006). Peta kendali yang digunakan pada penelitian ini yaitu peta kendali $\bar{X} - S$.

Peta kendali $\bar{X} - S$ digunakan apabila tipe data yang diamati adalah variabel dengan jumlah sampel pada subgrup lebih besar dari 10. Peta kendali $\bar{X} - S$ juga lebih sensitif terhadap adanya perubahan proses pada sampel yang berjumlah besar. Peta kendali \bar{X} untuk memantau rata-rata dari prosesnya, sedangkan peta kendali S untuk memantau variabilitas prosesnya. Untuk menghitung rata-rata dan standar deviasinya menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut.

$$\bar{x}_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \dots\dots\dots(2-1)$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \dots\dots\dots(2-2)$$

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2-3)$$

$$\bar{S} = \left[\frac{\sum_{i=1}^m (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^m n_i - m} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(2-4)$$

Sumber: Montgomery (2009)

dengan:

\bar{X} = rata-rata sampel setiap subgrup tanggal pengamatan

x_n = sampel ke-n pada setiap subgrup tanggal pengamatan

n = banyaknya sampel pada setiap subgrup tanggal pengamatan

$\bar{\bar{X}}$ = rata-rata besar dari rata-rata sampel setiap subgrup tanggal pengamatan

\bar{x}_m = rata-rata subgrup tanggal pengamatan ke-m

m = banyaknya subgrup tanggal pengamatan

S = standar deviasi setiap subgrup tanggal pengamatan

x_i = nilai sampel ke-i pada setiap subgrup tanggal pengamatan

\bar{x} = rata-rata sampel pada setiap subgrup tanggal pengamatan

\bar{S} = rata-rata dari standar deviasi

S_m = standar deviasi dari subgrup tanggal pengamatan ke-m

Menghitung batas kendali pada peta kendali \bar{X} .

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S} \dots\dots\dots (2-5)$$

$$CL = \bar{\bar{X}} \dots\dots\dots (2-6)$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S} \dots\dots\dots (2-7)$$

Sumber: Montgomery (2009)

Selanjutnya menghitung batas kendali pada peta kendali S.

$$UCL = B_4\bar{S} \dots\dots\dots (2-8)$$

$$CL = \bar{S} \dots\dots\dots (2-9)$$

$$LCL = B_3\bar{S} \dots\dots\dots (2-10)$$

Sumber: Montgomery (2009)

dengan:

UCL = *Upper Control Limit*

CL = *Center Line*

LCL = *Lower Control Limit*

A_3, B_3, B_4 = konstanta (Lampiran 2)

2.4.2.3 Perhitungan *Defect Per Million Opportunities (DPMO)* dan *Sigma Level*

Pada *Six Sigma* menggunakan satuan pengukuran *Defect Per Million Opportunities (DPMO)*. DPMO adalah jumlah total produk cacat yang diamati dibagi dengan jumlah total peluang atau kesempatan dan dinyatakan per satu juta (Gygi, DeCarlo, & Williams, 2005). Cara menghitung DPMO adalah sebagai berikut.

$$DPO (\text{Defect per Opportunity}) = \frac{\text{Banyaknya produk cacat hasil observasi}}{\text{Banyaknya peluang}} \dots\dots\dots (2-11)$$

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \dots\dots\dots (2-12)$$

Sumber: Gaspersz (2002)

Lalu mengonversikan nilai DPMO ke *sigma level* dengan menggunakan *Microsoft Excel* dengan persamaan 2.13.

$$\text{Sigma level} = \text{abs} \left(\text{normsinv} \left(\frac{DPMO}{1.000.000} \right) \right) + 1,5 \dots\dots\dots (2-13)$$

Sumber: Gaspersz (2002)

2.4.2.4 Perhitungan *Kapabilitas Proses*

Penerapan program *Six Sigma* dapat dikatakan berhasil apabila terjadi peningkatan kapabilitas proses sehingga dapat menghilangkan atau mengurangi banyaknya variabilitas pada proses produksi. Menurut Gaspersz (2002) dalam Novitasari (2015), kapabilitas proses

ini menunjukkan ukuran kinerja dari sebuah proses yang mampu menghasilkan produk sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan oleh pihak manajemen berdasarkan keinginan pelanggan. Rumus untuk menghitung nilai kapabilitas proses dengan menggunakan nilai *sigma* adalah sebagai berikut.

$$CP = \frac{\text{Sigma Level}}{3} \dots\dots\dots(2-14)$$

Sumber: Hariri, Astuti, & Ikasari (2013)

Menurut Kaya & Cengiz (2011), nilai indeks kapabilitas proses menyatakan bagaimana kinerja dari proses tersebut. Hubungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3
Hubungan Nilai Indeks Kapabilitas Proses dan Kinerja Proses

Kinerja Proses	Indeks Kapabilitas Proses
<i>Super excellent</i>	$Cp > 2,00$
<i>Excellent</i>	$1,67 \leq Cp \leq 2,00$
Memuaskan	$1,33 \leq Cp < 1,67$
Mampu	$1,00 \leq Cp < 1,33$
Tidak memadai	$0,67 \leq Cp < 1,00$
Buruk	$Cp < 0,67$

Sumber: Kaya & Cengiz (2011)

2.4.3 Analyze (Menganalisis)

Fase analyze merupakan waktu bagi tim profesional menguji data dan proses dengan menganalisis stabilitas dari kapabilitas atau kemampuan proses, serta mengidentifikasi sumber dan penyebab masalah kualitas yang ada dalam program *Six Sigma* (Gaspersz, 2002). Ada dua kategori teknik yang dapat digunakan untuk membantu tim dalam mengidentifikasi akar penyebab masalah, yaitu dengan analisis data dan analisis proses. Masing-masing teknik terdiri dari tiga tahap, yaitu eksplorasi, membuat hipotesis, dan verifikasi penyebab masalah.

Alat untuk membantu dalam memprioritaskan penyelesaian masalah dalam penelitian ini, yaitu dengan menggunakan diagram sebab-akibat untuk menunjukkan hasil *brainstorming* mengenai kemungkinan-kemungkinan akar penyebab masalah berdasarkan hasil eksplorasi yang telah dilakukan.

Diagram sebab-akibat sangat berguna dalam menganalisis dan meningkatkan langkah-langkah DMAIC yang diterapkan pada program *Six Sigma*. Diagram sebab-akibat adalah alat untuk menganalisis proses bisnis dan efektivitasnya dengan membuka berbagai kemungkinan penyebab masalah meskipun dalam situasi yang terkadang tidak jelas sekalipun (Montgomery, 2009). Diagram sebab-akibat juga biasa disebut dengan diagram tulang ikan dan ditemukan oleh Kaoru Ishikawa, seorang ahli statistik dan pengendalian

kualitas yang berasal dari Jepang. Diagram ini didefinisikan sebagai diagram tulang ikan karena sifat dan penampilan strukturalnya yang terlihat seperti kerangka ikan. Gambar struktur diagram sebab-akibat dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram sebab-akibat
Sumber: Bose (2012)

Masalah utama yang perlu diselesaikan diletakkan pada kepala diagram dan penyebabnya dimasukkan sebagai tulang, kemudian hal yang memiliki kemiripan dengan sub-penyebab diletakkan pada tulang yang lebih kecil. Ada enam kategori dari diagram sebab-akibat yang dikategorikan sebagai penyebab utama masalah, yakni personil, peralatan, bahan, lingkungan, proses, dan manajemen. Tahap akhir dari diagram ini adalah evaluasi komprehensif dari penyebab masalah utama dan juga mengungkapkan akar penyebabnya dengan baik (Bose, 2012).

2.4.4 Improve (Meningkatkan)

Fase *improve* adalah fase keempat di mana dilakukan penetapan dan pengimplementasian rencana tindakan perbaikan yang ada dalam setiap proyek *Six Sigma* guna menghilangkan akar-akar penyebab masalah utama (Gaspersz, 2002). Rencana perbaikan yang dibuat memamparkan mengenai sumber daya serta prioritas atau alternatif yang dilakukan. Tim peningkatan kualitas pada program *Six Sigma* harus kreatif dalam menciptakan rencana-rencana perbaikan agar lebih baik, efektif, dan efisien.

2.4.4.1 Preventive Maintenance

Menurut Mobley, Higgins, & Wikoff (2008), *preventive maintenance* adalah seperangkat tugas khusus yang dirancang untuk mencegah kebutuhan akan *corrective*

maintenance, serta memperpanjang masa manfaat aset modal dan alat bantu. Strategi *preventive maintenance* ini melibatkan kegiatan perbaikan dan penggantian sebelum terjadinya kegagalan peralatan. Tujuan dari *preventive maintenance* adalah untuk mengurangi tingkat atau frekuensi kegagalan mesin, sehingga dapat berkontribusi dalam mengurangi biaya, meminimalkan *downtime* mesin, serta meningkatkan produktivitas dan kualitas (Ahmad, Kamaruddin, Azid, & Almanar, 2011).

2.4.4.2 Time Between Failure dan Time To Repair

Time To Failure (TTF) adalah rentang waktu yang diperlukan ketika mesin pertama kali mengalami kerusakan dengan kerusakan berikutnya. Sedangkan, *Time To Repair* (TTR) adalah waktu yang diperlukan untuk memperbaiki mesin atau komponen yang rusak (Mutiarra, Rahman, & Hamdala, 2014). Menurut Wirawan (2012), perbedaan *Time To Failure* (TTF) dengan *Time Between Failure* (TBF) terletak pada komponennya. TTF digunakan untuk komponen yang tidak bisa diperbaiki dan harus diganti, sedangkan TBF untuk komponen yang bisa diperbaiki.

2.4.4.3 Penentuan Jenis Distribusi

Data *Time Between Failure* (TBF) dan *Time To Repair* (TTR) pertama kali harus ditentukan jenis distribusinya. Penentuan distribusi ini berguna untuk mengetahui pada periode kapan akan terjadi kegagalan kembali. Distribusi yang digunakan terdiri dari:

1. Distribusi *Weibull*

Time between failure menurut sistem fisika menunjukkan bahwa performansi sebuah mesin akan berkurang seiring dengan berjalannya waktu dan sering dimodelkan dengan distribusi *weibull*. Parameter pada distribusi *weibull* terdiri dari parameter β (*scale*) dan parameter θ (*shape*).

Mean Time Between Failure:

$$MTBF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \dots \dots \dots (2-15)$$

Mean Time To Repair:

$$MTTR = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \dots \dots \dots (2-16)$$

Dengan $\Gamma(x)$ adalah fungsi Gamma.

$$\Gamma(x) = \int_0^x y^{x-1} e^{-y} dy \dots \dots \dots (2-17)$$

Sumber: Ebeling (1997)

2. Distribusi Normal

Distribusi normal adalah salah satu distribusi yang paling umum dan paling penting dalam dunia statistik. Suatu data yang dipengaruhi oleh adanya variasi yang random dan tidak saling berpengaruh biasanya digambarkan dengan distribusi normal.

Mean Time Between Failure:

$$MTBF = \mu \dots\dots\dots (2-18)$$

Sumber: Ebeling (1997)

3. Distribusi *Exponential*

Distribusi *exponential* merupakan salah satu jenis distribusi yang paling banyak digunakan dengan bentuk distribusi yang memiliki kecondongan (*skewness*) yang signifikan. Parameter dalam distribusi *exponential* berupa rata-rata terjadinya kegagalan atau kerusakan yang disimbolkan dengan λ .

Mean Time Between Failure:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) dt = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots (2-19)$$

Sumber: Ebeling (1997)

4. Distribusi *Lognormal*

Distribusi *lognormal* biasanya digunakan untuk menggambarkan suatu data kegagalan yang berasal dari situasi yang sangat bervariasi. Parameter yang dimiliki oleh distribusi *lognormal* adalah parameter bentuk (s) dan parameter lokasi ($tmed$).

Mean Time Between Failure:

$$MTBF = tmed e^{\left(\frac{\sigma^2}{2}\right)} \dots\dots\dots (2-20)$$

Sumber: Rausand & Hoyland (2004)

2.4.4.4 *Mean Time Between Failure (MTBF)*

Mean Time Between Failure (MTBF) merupakan nilai rata-rata dari waktu yang dibutuhkan suatu mesin atau komponen untuk mengalami kerusakan selanjutnya. MTBF diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$Mean Time Between Failure = E(t) = \int_0^{\infty} t f(t) dt \dots\dots\dots (2-21)$$

Sumber: Ebeling (1997)

2.4.4.5 Mean Time To Repair (MTTR)

Mean Time To Repair (MTTR) merupakan nilai rata-rata dari waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi pada mesin atau komponen. Menurut Ebeling (1997), MTTR diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Mean Time To Repair} = \int_0^{\infty} th(t) dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt \dots\dots\dots(2-22)$$

Sumber: Ebeling (1997)

2.4.4.6 Model Matematis Tindakan Perawatan

Model matematis dalam penelitian ini untuk membantu dalam menghitung waktu interval perawatan dan total biaya perawatan. Cara memperoleh total biaya perawatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} TC &= C_f F_f + C_m F_m \\ &= C_f \left[\frac{1}{TM} \int_0^{TM} \lambda(t) dt \right] + C_m \left[\frac{1}{TM} \right] \\ &= \frac{1}{TM} \left[C_f \int_0^{TM} \lambda(t) dt + C_m \right] \dots\dots\dots(2-23) \end{aligned}$$

Agar memperoleh nilai TC yang paling rendah, maka $\frac{dT_c}{dT_m} = 0$, sehingga dapat diperoleh:

$$TM = \theta \left[\frac{C_p}{C_f(\beta-1)} \right]^{\frac{1}{\beta}} \dots\dots\dots(2-24)$$

$$C_f = C_r + MTTR(C_o + C_w) \dots\dots\dots(2-25)$$

$$C_o = \text{kecepatan produksi kg/jam} \times \text{harga produk/kg} \dots\dots\dots(2-26)$$

Sumber: Zahirah, Janti, & Prasetyawan (2015)

dengan:

C_f = biaya perbaikan akibat kegagalan pada setiap siklusnya

C_m = biaya yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan setiap siklusnya

TM = interval waktu optimal untuk melakukan *preventive maintenance* (dalam jam)

F_f = frekuensi terjadinya kegagalan

F_m = frekuensi tindakan perawatan

TC = total biaya perawatan

C_r = biaya penggantian komponen yang rusak

C_o = biaya kerugian produksi setiap jamnya

C_w = biaya tenaga kerja teknisi untuk melakukan perbaikan mesin setiap jamnya

2.4.4.7 Checksheet

Menurut Tague (2005) dalam Andriani & Kusuma (2018), *checksheet* merupakan sebuah lembar formulir yang dibuat secara terstruktur untuk digunakan dalam pengumpulan dan pengolahan data. *Checksheet* diperlukan untuk mengumpulkan data historis atau data operasi yang berada dalam proses pengendalian. Kumpulan data berorientasi waktu yang telah terangkum dalam *checksheet* sangat berharga untuk menganalisis tren atau pola dari data. Saat mendesain *checksheet* perlu memperhatikan tipe data yang akan dikumpulkan, bagian atau nomor operasi, tanggal, analisis, serta informasi lainnya yang dapat berguna untuk membantu dalam mendiagnosis penyebab kinerja yang buruk (Montgomery, 2009).

WEEKLY TALLY		OPERATOR _____	
WEEK ENDING _____	ERRORS	DESCRIPTION	ACTION
1. CONCENTRATION VARIATION a. Colorimeter drift b. Electrode failure c. Reagents d. Deformed tubes e. Oper/error/unauthorized	_____ _____ _____ _____ _____		
2. ALARM SYSTEM FAILURE a. PMC down b. Lockout	_____ _____		
3. RECIRCULATING PUMP FAILURE a. Air lock b. Impeller	_____ _____		
4. REAGENT REPLENISHING a. New reagent	_____		
5. TUBING MAINTENANCE a. Weekly maintenance b. Emergency maintenance	_____ _____		
6. ELECTRODE REPLACEMENT a. Routine maintenance	_____		
7. TEMPERATURE CONTROLLER a. Burned out heater b. Bad thermistors	_____ _____		
8. OXYGEN CONTROLLER a. Plates out b. Electrode replacement	_____ _____		
9. PARASTOLIC PUMP FAILURE a. Motor failure	_____		
10. ELECTRICAL FAILURE a. PV circuit card b. Power supply CL c. Colorimeter CL d. Motherboard	_____ _____ _____ _____		
11. PLATE-OUT RECIRCULATING a. Buildup at joints	_____		
TOTAL COUNT			

Gambar 2.3 Checksheet

Sumber: Montgomery (2009)

2.4.5 Control (Mengendalikan)

Fase *control* merupakan fase terakhir dalam upaya perbaikan dan peningkatan kualitas dalam program *Six Sigma* (Gaspersz, 2002). Hasil dari peningkatan kualitas tersebut harus didokumentasikan dan distandarkan agar menjadi pedoman kerja, kemudian hasil peningkatan yang telah distandarkan tersebut juga harus disebarluaskan ke seluruh organisasi, serta tanggung jawab dari tim *Six Sigma* diserahkan kepada penanggungjawab proses.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah langkah-langkah yang dilakukan untuk mengumpulkan data dan melakukan investigasi terhadap data tersebut untuk memperoleh informasi. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai gambaran rancangan penelitian agar proses penelitian dapat berjalan lancar dan sesuai dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai. Pada metode penelitian ini berisi langkah-langkah yang meliputi jenis penelitian, tempat dan waktu penelitian, jenis data, langkah-langkah penelitian, dan diagram alir penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan dari penelitian, maka jenis penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif dapat digunakan untuk menggambarkan, menguraikan, dan menjelaskan fenomena yang dialami oleh objek penelitian. Metode ini menjelaskan data atau objek penelitian secara alami, objektif, dan apa adanya (faktual) (Arifin & Matanggui, 2010). Penelitian deskriptif ini bertujuan untuk mengetahui sifat serta hubungan variabel dengan cara mengamati aspek-aspek tertentu secara lebih spesifik untuk memperoleh data sesuai dengan tujuan penelitian, di mana data tersebut akan diolah, dianalisis, dan diproses lebih lanjut menggunakan teori-teori yang telah dipelajari sehingga dapat ditarik kesimpulan. Selain itu, penelitian deskriptif dapat dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Metode kuantitatif merupakan metode yang didasarkan pada informasi numerik dan biasanya diasosiasikan dengan analisis statistik (Stokes, 2013).

Penelitian ini mendeskripsikan secara detail hal-hal yang berkaitan dengan proses produksi wafer, meliputi aktivitas-aktivitas proses produksi dan faktor-faktor yang mempengaruhi adanya penyimpangan terhadap produk wafer. Penelitian juga menggunakan metode kuantitatif karena terdapat beberapa uji statistik untuk mengolah data numerik yang diperoleh.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT Siantar Top, Tbk yang terletak di Jalan Tambak Sawah 21-23 Waru, Sidoarjo, Jawa Timur. Waktu pelaksanaan penelitian ini adalah pada bulan Maret 2019 – Agustus 2019.

3.3 Tahap Penelitian

Pada tahap penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang terdiri dari tahap pendahuluan, tahap pengumpulan, pengolahan data, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

3.3.1 Tahap Pendahuluan

Dalam tahap pendahuluan menjelaskan tentang tahap awal dalam pengumpulan informasi yang akan digunakan untuk mengidentifikasi latar belakang permasalahan, merumuskan, dan menetapkan tujuan dari penelitian dengan mempertimbangkan literatur-literatur yang ada.

Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan pada tahap pendahuluan.

1. Survei Pendahuluan

Penelitian dimulai dengan melakukan survei pendahuluan di PT Siantar Top, Tbk Waru-Sidoarjo. Survei pendahuluan ini penting dilakukan untuk dapat mengetahui kondisi perusahaan yang sebenarnya, sehingga dapat merumuskan permasalahan yang akan memudahkan penelitian ke depan. Kegiatan survei pendahuluan dilakukan melalui metode wawancara dengan kepala bagian produksi wafer dan kepala bagian *Quality Control* (QC) untuk mengidentifikasi permasalahan yang bisa diangkat menjadi topik penelitian.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari informasi tambahan dan landasan teori yang akan mendukung kegiatan penelitian. Literatur dapat diperoleh melalui buku, penelitian terdahulu, dan jurnal-jurnal penelitian. Pengambilan literatur tersebut juga akan membantu penentuan metode yang digunakan untuk pengendalian kualitas proses produksi yaitu *Six Sigma*.

3. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi dan perumusan masalah dilakukan untuk memberikan arahan yang jelas kepada peneliti dalam menentukan langkah-langkah selanjutnya. Masalah yang diselesaikan melalui penelitian yaitu terjadinya berbagai penyimpangan produk wafer selama proses produksi.

4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis penyimpangan atau cacat yang ada pada produk wafer yang diproduksi oleh PT Siantar Top, Tbk Mengetahui faktor-faktor penyebab kecacatan pada produk wafer. Menerapkan *Six Sigma* dalam mengendalikan kualitas produk wafer guna menekan terjadinya kerusakan produk.

3.3.2 Tahap Pengumpulan Data

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengumpulan dan pengolahan data.

1. Jenis Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian di PT Siantar Top, Tbk ini, yakni data kuantitatif. Data kuantitatif merupakan sebuah informasi yang diperoleh dari data dapat diukur dan biasanya dinyatakan dalam bentuk numerik/angka (Sugiyono, 2007).

2. Sumber Data

Berdasarkan cara pengambilannya, data yang dikumpulkan pada penelitian ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Menurut Sekaran (2011), pengertian data primer dan data sekunder adalah sebagai berikut.

- a. Data primer adalah data mengenai informasi yang berkaitan dengan variabel yang menjadi minat dalam tujuan spesifik penelitian dan diperoleh dari tangan pertama yakni peneliti sendiri. Data primer yang dikumpulkan pada penelitian ini antara lain:
 - 1) Alur proses produksi wafer Go! Jumbo Chocolate dengan mengunjungi lantai produksi sebanyak 3 kali.
 - 2) Kriteria *Critical-to-Quality* (CTQ) yang ditentukan berdasarkan hasil *brainstorming* dengan Ketua Divisi *Quality Control* (QC).
 - 3) Data realisasi produk wafer dan *defect* pada bulan April 2019.
 - 4) Akar-akar penyebab masalah pada diagram sebab-akibat.
- b. Data sekunder adalah data mengenai informasi yang diperoleh dari sumber-sumber yang telah ada, bisa berupa dokumentasi perusahaan, publikasi oleh pemerintah, media, situs web, dan sebagainya. Data sekunder yang dikumpulkan pada penelitian ini antara lain:
 - 1) Profil perusahaan dan struktur organisasi.
 - 2) Jumlah produksi wafer, jumlah produk cacat, *work order*, dan *report QC* periode April – September 2018.
 - 3) Gaji tenaga kerja teknisi, harga jual produk, dan harga komponen,

3. Pengumpulan data

Pengumpulan data adalah kegiatan menjaring informasi atau kondisi yang terkait dengan lokasi penelitian. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini diperoleh berdasarkan dokumentasi data yang dimiliki oleh perusahaan dan studi pustaka. Sedangkan, data primer yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dengan menggunakan beberapa teknik, yaitu melalui observasi dan wawancara. Teknik pengambilan data primer yang dijelaskan oleh Sugiyono (2013) adalah sebagai berikut.

- a. Teknik observasi merupakan sebuah proses yang terdiri dari proses biologis dan psikologis menjadi suatu proses yang kompleks dan berkaitan dengan ingatan. Observasi dilakukan untuk mengetahui alur proses produksi wafer secara utuh.
- b. Teknik wawancara merupakan metode yang digunakan untuk bertukar informasi melalui pertemuan dua orang dengan melakukan tanya jawab sehingga dapat ditemukan makna pada suatu topik tertentu. Wawancara dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai akar-akar masalah pada setiap faktor dalam diagram sebab-akibat.

4. Responden Penelitian

Responden untuk memperoleh data primer dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Permasalahan yang sering terjadi selama proses produksi diperoleh dari ketua divisi produksi karena dianggap telah memahami seluruh alur produksi wafer dan permasalahan yang terjadi di setiap prosesnya.
- b. Akar-akar yang menjadi faktor penyebab masalah kecacatan pada produk wafer didapatkan dari Ketua Divisi *Quality Control* pada produksi wafer, dengan harapan bahwa Ketua Divisi QC telah ahli dan memahami seluruh *work order* dari setiap proses produksi pada wafer tersebut.
- c. Permasalahan yang terjadi pada mesin produksi diperoleh dari tanya-jawab dengan Ketua Divisi Keteknikan karena dianggap yang paling paham akan permasalahan utama yang sering terjadi pada mesin produksi sehingga dapat menghambat proses produksi.

3.3.3 Tahap Pengolahan Data

Tahap selanjutnya setelah memperoleh data yang dibutuhkan yaitu pengolahan data dengan metode yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi. Metode yang digunakan dalam pengolahan data dilakukan dengan pendekatan *Six Sigma*. Tahapan dalam *Six Sigma* yang dilakukan adalah tahap *Define* dan *Measure*.

- a. Pendefinisian (*Define*) adalah fase awal untuk menentukan masalah yang sering terjadi supaya segera dapat dilakukan proses penyelesaian atas masalah tersebut. Pada tahap ini mendefinisikan produk yang dipilih sebagai objek penelitian, membuat alur proses produksi, penentuan *Critical-to-Quality* (CTQ) beserta faktor yang mempengaruhinya, dan pendefinisian *defect* yang dapat terjadi.
- b. Pengukuran (*Measure*) adalah fase mengukur tingkat kinerja saat ini. Pada tahap ini mengukur faktor pada tingkat proses, penentuan faktor kunci, menghitung peta kendali untuk data variabel, menghitung DPMO dan *sigma level*, kemudian menghitung kapabilitas proses.

3.3.4 Analisis dan Pembahasan

Hasil dari pengolahan data kemudian dianalisis dan dibahas secara menyeluruh terhadap metode yang telah digunakan. Hasil dari pengolahan data dengan metode tersebut akan menghasilkan solusi perbaikan untuk menurunkan DPMO dan meningkatkan *sigma level*.

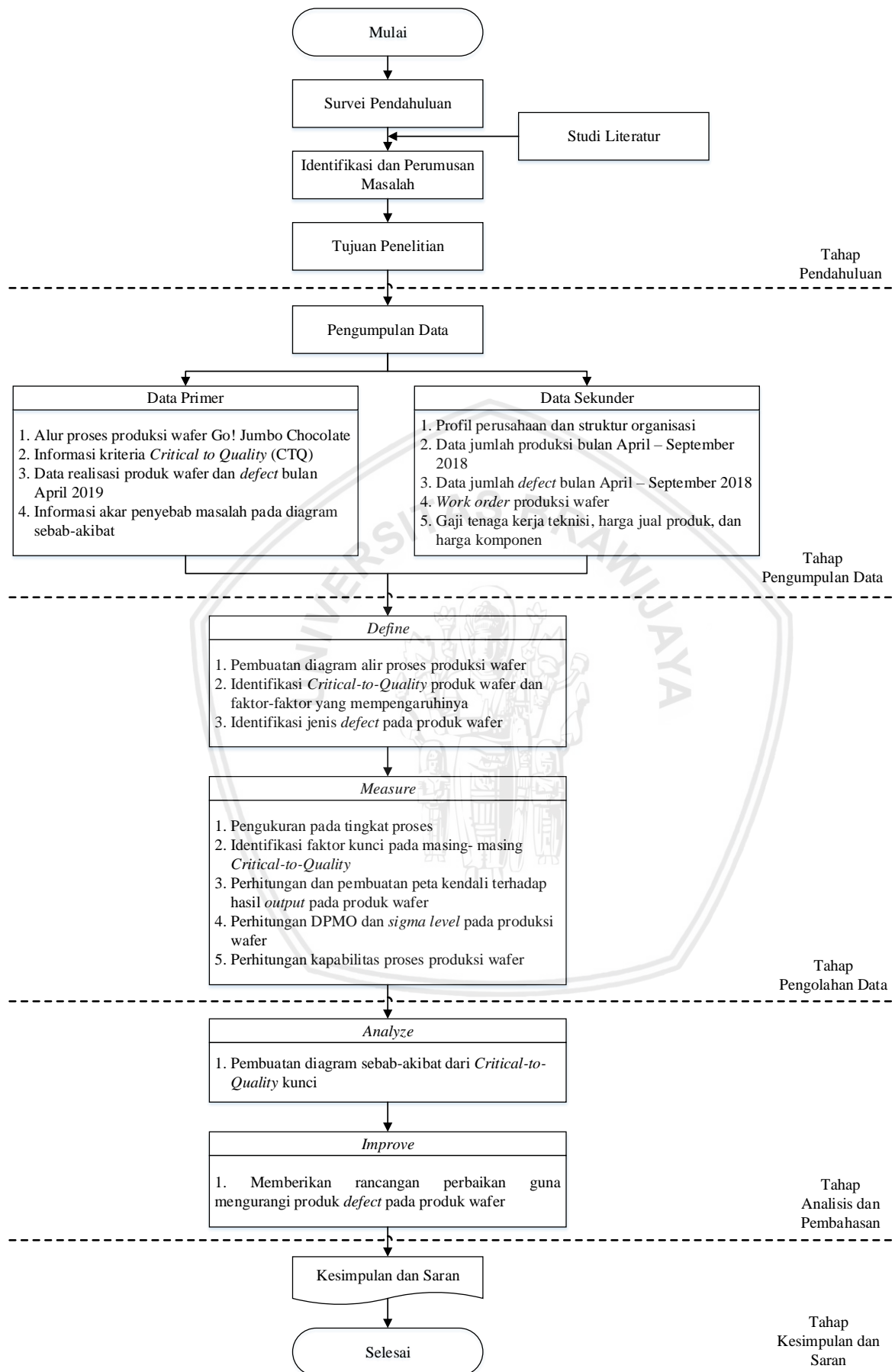
1. Analisis (*Analyze*) adalah fase dimana mencari permasalahan utama dan menentukan akar penyebab permasalahan. Analisis terhadap akar utama permasalahan menggunakan diagram sebab-akibat.
2. Perbaikan (*Improve*) adalah fase dalam pembuatan rancangan perbaikan atas permasalahan yang telah teridentifikasi pada tahap sebelumnya.

3.3.5 Kesimpulan dan Saran

Intisari ataupun hal-hal yang didapatkan melalui penelitian diungkapkan dalam bentuk kesimpulan. Dalam kesimpulan menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan di awal dan menunjukkan apakah tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya telah tercapai atau belum. Saran yang diberikan ditujukan untuk perusahaan agar dapat menjadi pertimbangan dalam menentukan kebijakan bagi perusahaan, serta saran untuk penelitian sejenis yang terkait.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dijelaskan secara singkat melalui diagram alir berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Di dalam bab ini akan menyajikan hasil dan pembahasan dari setiap tahapan yang sudah dikerjakan selama melakukan penelitian. Hal itu di antaranya mengenai gambaran umum perusahaan, pengumpulan data, pengolahan data, analisis pembahasan, dan rekomendasi perbaikan yang akan diberikan kepada perusahaan.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Saat melakukan penelitian, perlu mengetahui gambaran umum perusahaan terlebih dahulu untuk memahami prosedur yang berlaku di perusahaan sehingga memudahkan dalam melakukan penelitian di perusahaan tersebut. Gambaran umum perusahaan ini akan menjelaskan mengenai profil perusahaan, visi dan misi perusahaan, struktur organisasi, dan nilai-nilai dasar perusahaan.

4.1.1 Profil Perusahaan

Perusahaan perseroan Siantar Top berdiri sejak tahun 1972 sebagai cikal bakal dari pelopor industri makanan ringan seperti kerupuk (*crackers*). Pada tahun tersebut Shindo Sumidomo mendirikan industri rumahan yang bergerak di bidang makanan ringan. Seiring dengan semakin berkembangnya usaha yang dijalankan, maka pada tahun 1987 status usaha perusahaan ini ditingkatkan menjadi Perseroan Terbatas (PT) dengan nama PT Siantar Top, Tbk di atas tanah seluas 3.000 m² di wilayah Rungkut, Surabaya. Guna mengembangkan usahanya, pada tahun 1989 PT Siantar Top, Tbk mendirikan pabrik baru yang lebih modern di daerah Tambak Sawah, No. 21-23 Waru, Sidoarjo, Jawa Timur dengan menempati area seluas 25.000 m². Selain memproduksi kerupuk (*crackers*), PT Siantar Top, Tbk juga mengembangkan usahanya dengan memproduksi makanan ringan berupa mie (*snack noodles*). Selanjutnya pada tahun 1991, PT Siantar Top, Tbk mengembangkan usaha dengan memproduksi permen (*candy*).

Pada tanggal 16 Desember 1996, PT Siantar Top, Tbk telah berhasil mendaftarkan sahamnya di Bursa Efek Jakarta (sekarang Bursa Efek Indonesia) dan Bursa Efek Surabaya dengan kode STTP sejumlah 27.000.000 saham biasa dengan nominal sebesar Rp500,00 per saham dengan harga penawaran Rp2.200,00 setiap sahamnya. Kemudian pada tahun 2000

berdasarkan rapat umum pemegang saham, perusahaan melakukan *delisting* dari Bursa Efek Surabaya. Di tahun ini juga terdapat penggabungan usaha dengan PT Sritama Tunggal yang bergerak di bidang mie instan. Pada tahun 2009 PT Siantar Top, Tbk sudah mendistribusikan produk biskuit dan wafer yang telah direncanakan sejak tahun 2007 dan produk tersebut langsung dapat diterima oleh masyarakat karena memenuhi selera konsumen.

Perluasan usaha dari PT Siantar Top, Tbk sendiri juga terus dilakukan dengan membangun pabrik baru di Medan pada tahun 1998, mendirikan pabrik di Bekasi pada tahun 2002, dan yang terbaru yaitu pada tahun 2011, PT Siantar Top, Tbk kembali membangun pabrik baru di Makassar. Sampai saat ini, PT Siantar Top, Tbk telah memiliki 4 (empat) lokasi produksi, yakni di Sidoarjo, Bekasi, Medan, dan Makassar dengan kantor pusat di Sidoarjo dan Shindo Sumidomo sebagai pemilik sekaligus Direktur Bisnis dan Pengembangan serta Pitoyo sebagai direktur utama. Komposisi pemegang saham PT Siantar Top, Tbk dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1

Komposisi Pemegang Saham per 31 Desember 2014

Pemegang saham	Jumlah saham ditempatkan dan disetor penuh	Prosentase kepemilikan	Jumlah
PT Shindo Tiara Tunggal	743.600.500	56,76%	74.360.050.000
Shindo Sumidomo	40.605.000	3,10%	4.060.500.000
Juwita Wijaya	933.600	0,03%	93.360.000
Masyarakat (di bawah 5%)	524.860.900	40,11%	52.486.090.000

Sumber: PT Siantar Top, Tbk (Dokumentasi)

Selain itu, PT Siantar Top, Tbk telah mengantongi sertifikasi internasional untuk sistem manajemen mutu, yaitu ISO 9001:2000 kemudian diperbaharui menjadi ISO 9001:2008 serta telah memperoleh ISO 22000:2005 dari URS. Selama berjalannya usaha ini, beberapa penghargaan telah berhasil diperoleh PT Siantar Top, Tbk diantaranya *Global Brand Developer* pada tahun 2007, *The Best Quality Product of The Year* pada tahun 2013, *The Best Manufacturing Company of The Year* pada tahun 2014, dan *Top Brand for KIDS* pada tahun 2015.

Saat ini, PT Siantar Top, Tbk masih berupaya untuk menjadi perusahaan terdepan dalam bidang manufaktur makanan ringan. PT Siantar Top, Tbk juga telah melebarkan sayapnya dengan mendistribusikan produknya ke wilayah Asia seperti Cina dan Korea contohnya. Oleh karena itu, tuntutan akan kualitas produk yang memenuhi standar ekspor harus terpenuhi. Dengan berupaya menerapkan program *Six Sigma* diharapkan dapat membantu

perusahaan untuk meningkatkan kinerja proses produksi dan menghasilkan produk yang semakin berkualitas sehingga dapat mencapai tujuan dari perusahaan.

4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

PT Siantar Top, Tbk memiliki visi, yaitu “Menjadi Perusahaan Terkemuka yang Terus Tumbuh dan Berkembang Demi Kepuasan Bersama”.

Untuk mencapai visi tersebut, PT Siantar Top, Tbk menerapkan misi diantaranya:

1. Menjadi perusahaan pelopor produk-produk dengan *HIGH TASTE SPECIALIST*.
2. Menyediakan produk yang kompetitif harganya, terjamin mutu, halal, dan legalitasnya.
3. Memberikan kontribusi bagi kesejahteraan bersama (*stakeholder*, karyawan, dan masyarakat).
4. Mengembangkan keragaman produk/usaha sesuai perkembangan kebutuhan pasar atau konsumen.
5. Membuka kesempatan untuk pihak lain (investor) untuk bekerja sama dengan mensinergikan kemampuan yang dimiliki untuk memperkuat dalam mengembangkan usaha.

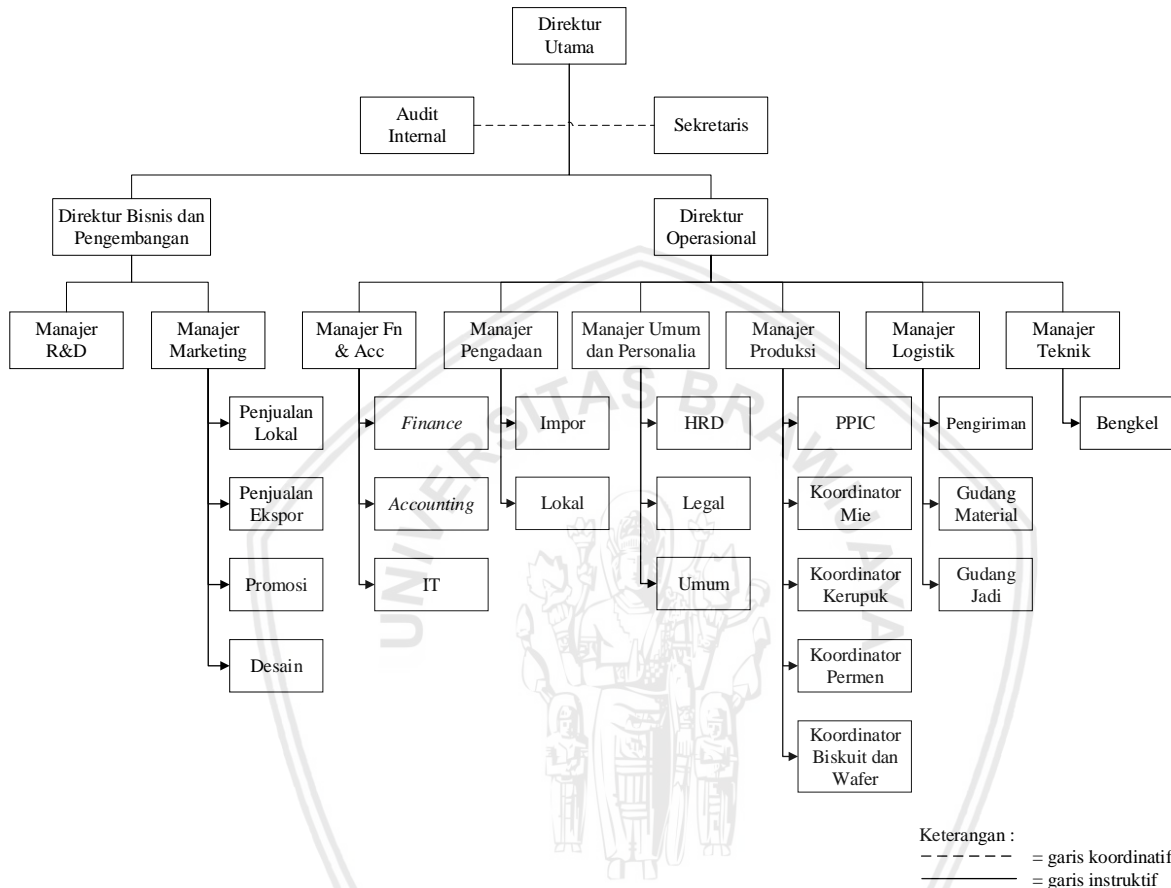
Dengan adanya visi dan misi tersebut, maka disusunlah strategi usaha untuk mencapai visi dan misi, antara lain:

1. Berusaha meningkatkan inovasi produk dengan penambahan inovasi baru di kategori produk biskuit dan wafer.
2. Meningkatkan kinerja distribusi untuk penetrasi pasar luas.
3. Berusaha untuk mendekati diri ke pasar.
4. Meningkatkan *softskill* (integritas, inisiatif) dari sumber daya manusia.
5. Menggunakan teknologi *research and development* dan teknologi mesin dari Jepang dan Korea.

4.1.3 Struktur Organisasi

Hubungan antara setiap elemen-elemen di dalam sebuah perusahaan biasanya digambarkan melalui sebuah bagan struktur organisasi. Selain itu, struktur organisasi juga penting untuk mempertimbangkan dalam penempatan orang-orang yang berkompeten di bidangnya. PT Siantar Top, Tbk memiliki tipe struktur organisasi fungsional, yaitu mengelompokkan orang berdasarkan fungsi dan keahlian mereka dalam organisasi. Perusahaan ini dipimpin oleh seorang Direktur Utama sebagai posisi tertinggi, dan di bawahnya terdapat Audit Internal serta Sekretaris. Di bawah Direktur Utama juga terdapat

Direktur Bisnis & Pengembangan yang membawahi 2 departemen dan Direktur Operasional yang membawahi 6 departemen. Masing-masing departemen dikepalai oleh seorang manager yang bertanggung jawab kepada direktur sesuai dengan bidangnya. Pada penelitian ini dilakukan di bawah naungan Departemen Produksi. Struktur organisasi PT Siantar Top, Tbk dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur organisasi PT Siantar Top, Tbk
 Sumber: PT Siantar Top, Tbk (Dokumentasi)

4.1.4 Nilai-Nilai Perusahaan

Dalam menjalankan usahanya, PT Siantar Top, Tbk memiliki nilai-nilai yang harus diterapkan oleh seluruh *stakeholder* dan karyawan. Nilai-nilai ini guna memperlancar jalannya proses usaha dan memperoleh kepercayaan dari masyarakat. Nilai-nilai ini terdiri dari:

1. Integrity

a. Credibility

Jujur dan tulus di lingkungan kerja yang terbina di antara para *staff*, pihak manajemen, distributor, dan juga konsumen demi menjaga nama baik perusahaan.

b. *Responsibility*

Sikap bertanggung jawab di lingkungan kerja dan menerapkan 6 prinsip semangat dalam bekerja, yaitu sederhana, rapi, bersih, akurat, tenggat waktu, dan target penyelesaian pekerjaan.

c. *Professionalism*

Hubungan yang sehat serta professional untuk membangun hubungan yang saling menguntungkan antara para kolega, distributor, dan juga konsumen.

2. *Responsiveness*

a. *Opportunity*

Bersikap proaktif dan kreatif untuk menciptakan ide-ide baru demi perubahan dan menciptakan peluang yang bisa diterapkan untuk kemajuan perusahaan.

b. *Innovation*

Melanjutkan pengembangan bisnis untuk meningkatkan kontribusi positif pada perusahaan dengan mendaya-gunakan teknologi, ilmu pengetahuan, dan juga kreatifitas.

c. *Continuous Improvement*

Berkomitmen pada diri secara terus-menerus dalam rangka meningkatkan kualitas produk industri, dan juga sumber daya alam, serta melakukan penyempurnaan pada sistem operasional dengan dukungan teknologi.

3. *Excellence*

a. *Quality*

Menghasilkan produk unggul yang berkualitas di dukung kemampuan teknologi yang canggih sesuai dengan komitmen perusahaan yang mengedepankan rasa (*taste specialist*).

b. *Safety*

Menjamin kualitas produk sesuai dengan standar yang ditetapkan dengan menerapkan standarisasi keamanan, menggunakan bahan berkualitas dari tahap awal produksi sampai akhir produksi.

c. *Creativity*

Mengamati pangsa pasar sebagai bagian dari proses kreatif dalam menciptakan inovasi baru untuk produk berkualitas sesuai dengan harapan konsumen.

4. *Winning Team*

a. *Cooperation*

Membangun perusahaan yang *solid* di antara para *staff*, manajemen, distributor, dan juga konsumen atas dasar sikap saling menghormati, saling percaya, jujur, dan juga transparan.

b. *Existence*

Konsisten dalam mengembangkan dan menjaga keberadaan perusahaan sebagai pelopor produsen makanan yang memproduksi produk-produk berkualitas.

c. *Profitability*

Memelihara dan memperbesar keuntungan perusahaan dengan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan di segala sektor termasuk upaya peningkatan sumber daya manusia.

4.2 Tahap *Define*

Tahap *define* menjadi langkah awal dalam proses *Six Sigma*. Hal yang dilakukan pada tahap ini, yaitu dengan mendefinisikan proses produksi wafer Go! Jumbo Chocolate secara rinci, mengidentifikasi *Critical-to-Quality* (CTQ) beserta faktornya, dan mengidentifikasi jenis *defect* yang terjadi pada produk wafer.

4.2.1 Tahapan Proses Produksi

Tahapan proses produksi wafer secara umum dilakukan dalam lima tahap. Berikut merupakan penjelasan proses produksi wafer khususnya wafer Go! Jumbo Chocolate.

1. Persiapan Bahan

Bagian *Production Planning and Inventory Control* (PPIC) akan memberikan rencana produksi per minggu kepada bagian produksi. Bagian produksi ini akan membuat bon material untuk meminta material kepada bagian gudang bahan baku sesuai dengan rencana produksi. Kemudian, bahan baku akan dikirimkan dari gudang bahan baku ke ruang produksi. Sesampainya di ruang produksi, bahan baku akan ditimbang sesuai dengan formula yang telah ditentukan pada *work order* yang dibuat oleh pihak *Research and Development* (RND). Bahan baku tersebut antara lain telur, gula, lesitin, dan minyak goreng. Sedangkan tepung terigu, tepung tapioka, dan *drymix* sudah terlebih dahulu ditimbang di gudang bahan baku. Khusus untuk telur proses penanganannya dilakukan secara keseluruhan di ruang produksi, seperti pencucian telur, pemecahan telur, hingga pemindahan telur ke ruang penimbangan. Ruang penimbangan ini juga

digunakan untuk menyimpan material seperti gula, lesitin, dan bahan lainnya yang membutuhkan suhu khusus sehingga suhu ruang diatur antara rentang 23°C - 25°C dan *Relative Humidity* (RH) atau kelembaban relatif sebesar 59%.

2. *Mixing* Adonan

Material yang telah ditimbang akan dipindahkan ke stasiun *mixing* adonan. Proses *mixing* adonan ini dilakukan selama 8 menit apabila menggunakan mesin JMS. Material yang sedang diaduk di dalam mesin akan dicampur dengan air dingin yang berasal dari tangki *chilling* dengan suhu 10°C - 15°C sebanyak 36 liter. Satu *batch* proses produksi ini mengolah material sebanyak 84,88 kg. Adonan yang baru selesai diaduk memiliki viskositas sebesar 1.200 *centipoise* (cps) hingga 1.800 cps. Proses selanjutnya yaitu penyaringan dengan saringan 24 mesh untuk mengantisipasi agar pecahan kulit telur atau kotoran yang tidak diinginkan yang tercampur pada adonan dapat tersisihkan. Setelah disaring, adonan ditampung dalam *box* penampungan dan di-*aging* selama ± 30 menit hingga mencapai viskositas 2.800 cps hingga 3.000 cps. Pada proses ini, *staff* QC akan melakukan kontrol minimal sebanyak 3 kali per *shift* untuk memeriksa viskositas dan homogenitas adonan.

3. *Mixing* Krim Cokelat (*Ball Mill*)

Di stasiun *mixing* ini juga dilakukan *mixing* krim cokelat atau biasa disebut *ball mill* untuk pengisi wafer *roll*. *Fat* (lemak), *drymix*, dan air dingin bersuhu 10°C - 15°C menjadi bahan untuk membuat krim cokelat. Waktu yang dibutuhkan untuk proses *mixing* krim cokelat yaitu selama 200 menit dengan homogenitas standar sesuai dengan *work order* dan *staff* QC akan melakukan pemeriksaan sebanyak 3 kali setiap *shift*. Krim cokelat yang telah di-*mixing* pada mesin *ball mill* akan dialirkan ke *holding tank*. Krim cokelat akan diaduk kembali di dalam *holding tank* selama 30 menit. Suhu krim cokelat yang ada pada mesin *ball mill* dan *holding tank* sebesar 45°C - 50°C. *Staff* QC akan melakukan pemeriksaan suhu dan homogenitas krim cokelat sebanyak 3 kali setiap *shift*. Proses selanjutnya, krim cokelat juga akan disaring dengan saringan 12 mesh untuk menghindari adanya gumpalan, kemudian ditampung di *box* penampungan. Krim cokelat yang ada pada *holding tank* ini akan selalu ada sehingga saat proses produksi, krim cokelat yang digunakan terlebih dahulu adalah krim cokelat yang berada di *holding tank*. Operator hanya perlu menyaring krim cokelat yang ada pada *holding tank* untuk dijadikan pengisi (*filler*) wafer tanpa harus menunggu proses pengadukan yang memerlukan 200 menit.

4. Pengovenan (*Baking*)

Adonan dan krim coklat yang berada pada *box* penampungan akan dipindahkan ke stasiun *baking* untuk dimasukkan ke dalam mesin oven. Mesin oven ini memiliki dua tangki *hopper*. Tangki *hopper* yang berkapasitas 30 kg untuk menampung adonan, sedangkan tangki *hopper* berkapasitas 50 kg untuk menampung krim coklat. Pada tangki *hopper* adonan, terdapat saringan 24 mesh yang digunakan untuk menyaring adonan kulit wafer kedua kalinya. Mesin oven yang digunakan ini memiliki bentuk silinder yang terus berputar sekaligus memanggang adonan yang keluar dari kran yang dihubungkan dengan selang kecil. Proses *baking* ini menggunakan mesin JMS dengan suhu 120°C – 170°C dan frekuensi *input* listrik untuk menggerakkan roda oven sebesar 8 Hz – 13 Hz sehingga dapat menghasilkan pita kulit wafer yang sangat panjang dengan kadar air 2% – 3%. Pada tahap ini *staff* QC akan melakukan pemeriksaan terhadap warna dan tekstur kulit wafer sebanyak 3 kali setiap *shift*. Setelah kulit wafer matang, maka akan dilakukan proses penggulungan kulit wafer berbentuk silinder dan diinjeksikan dengan krim coklat. Setelah terisi dengan krim coklat, wafer akan dipotong dengan alat *cutting* dengan panjang masing-masing 11,7 – 12,3 cm. Kecepatan yang digunakan oleh alat *cutting* JMS ini minimal 60 produk/menit dan berlangsung secara kontinyu. Wafer yang telah dipotong memiliki diameter 1,35 – 1,41 cm, berat kulit wafer 3,5 – 3,9 gram, berat krim coklat dalam wafer ± 8 gram, dan berat total; per produk 10,3 – 11,3 gram. *Staff* QC akan memeriksa panjang, diameter, berat wafer, dan berat total wafer sebanyak 3 kali setiap *shift*. Setelah itu wafer akan turun menuju *conveyor* dan disortir oleh operator untuk dipisahkan antara produk standar dan tidak standar. Produk yang tidak standar akan diletakkan di *box* penampung *Bad Stock* (BS) dan produk yang telah memenuhi standar akan dikumpulkan dalam keranjang penampung dengan jumlah ± 30 produk. Keranjang penampung tersebut akan diletakkan kembali ke *conveyor* untuk diantarkan ke stasiun pengemasan.

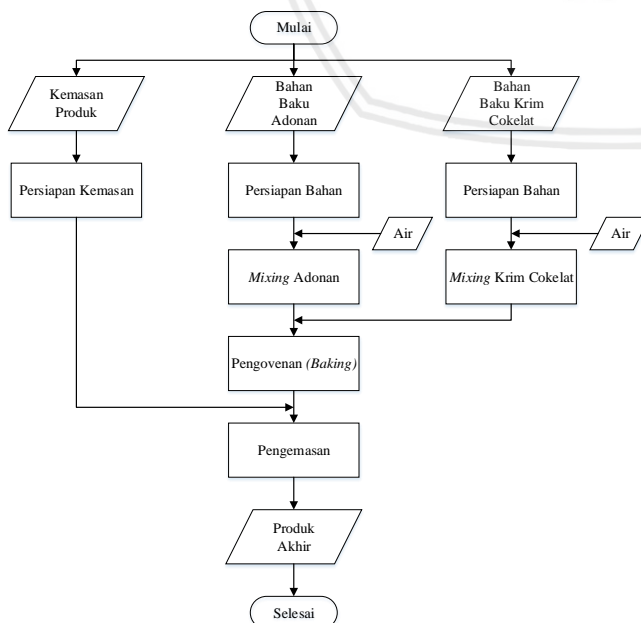
5. Pengemasan

Keranjang penampungan yang baru sampai akan didinginkan terlebih dahulu di rak penampungan selama ± 5 menit dengan tujuan agar produk tidak melempem dalam kemasan. Ruang pengemasan diatur dengan suhu 20°C - 25°C . Setelah produk cukup dingin, maka selanjutnya akan dilakukan pengemasan primer dengan mesin IBM yang berkecepatan 125 produk/menit. Satu operator pada mesin IBM bertugas untuk memasukkan satu per satu produk wafer ke dalam *line feeding* mesin untuk dikemas secara otomatis. Berat produk setelah dikemas sekitar $11,3 \pm 0,3$ gram. Posisi kode

produksi berada pada belakang bandrol. *Staff* QC bertugas untuk melakukan tes kebocoran bandrol, memeriksa kode produksi dan visual kemasan bandrol, serta berat produk setelah dikemas sebanyak 3 kali setiap *shift*. Penggantian bandrol dilakukan setiap 45 menit sekali dan penggantian kode *shift* markem jika *shift* telah berganti. Penggantian bandrol dan kode *shift* memakan waktu selama ± 5 menit. Setelah selesai dikemas dengan bandrol, dilanjutkan dengan pengemasan sekunder dengan kertas duplex yang berisi 24 *pieces* wafer dan dilakukan secara manual oleh dua operator. Kemudian duplex ini diletakkan kembali ke *conveyor* untuk dilakukan pengemasan tersier dengan karton secara manual oleh dua operator. Satu operator lainnya bertugas membawa karton dan menata karton yang telah terisi produk ke atas palet kayu. Setiap karton berisi 8 duplex. Pada tahap pengemasan karton ini, *staff* QC memeriksa jumlah produk dalam karton dan memberikan label *pass* yang artinya produk dapat diterima dan dapat dikirimkan ke gudang produk jadi.

Di ruang pengemasan ini terdapat satu operator yang bertugas untuk mengumpulkan produk BS setelah dikemas dan akan menggantung bandrol satu per satu guna memisahkan produk standar yang masih bisa dikemas ulang dari produk tidak standar. Produk BS yang dihasilkan pada saat pengemasan biasanya berupa potongan *sealing* yang mengenai material bandrol, *sealing* terlalu panas, atau kode produksi kurang jelas.

Serangkaian tahapan proses produksi di atas ditampilkan secara ringkas dengan menggunakan *flowchart* seperti Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Alur proses produksi wafer Go! Jumbo Chocolate
Sumber: PT Siantar Top, Tbk (dokumentasi)

4.2.2 Identifikasi *Critical-to-Quality* (CTQ)

Identifikasi terhadap karakteristik yang mempengaruhi kualitas atau yang biasa disebut *Critical-to-Quality* (CTQ) merupakan salah satu tahapan yang sangat penting karena berkaitan dengan atribut-atribut yang dibutuhkan untuk mencapai kepuasan pelanggan. Penentuan CTQ pada penelitian ini berdasarkan pada hasil diskusi dengan Divisi *Research and Development* (RND) yang berwenang terhadap pembuatan *work order* termasuk spesifikasi kualitas.

Hal pertama yang perlu dilakukan dalam penentuan CTQ, yakni mengetahui suara pelanggan terkait yang dibutuhkan pada produk. Suara pelanggan mengatakan bahwa diharapkan wafer Go! Jumbo Chocolate memiliki bentuk yang memuaskan. Oleh karena itu, hasil identifikasi CTQ produk wafer Go! Jumbo Chocolate yang dapat memenuhi permintaan pelanggan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2

Critical-to-Quality (CTQ) Wafer Go! Jumbo Chocolate

No.	CTQ	Spesifikasi	Keterangan
1.	Panjang wafer	11,7 – 12,5 cm	Panjang wafer masih berada pada batas toleransi spesifikasi, tidak kurang dari 11,7 cm atau lebih dari 12,5 cm.
2.	Diameter wafer	1,35 – 1,55 cm	Diameter wafer masih berada pada batas toleransi spesifikasi, tidak kurang dari 1,35 cm atau lebih dari 1,55 cm.
3.	Berat <i>base</i> wafer	3,5 – 3,9 gram	Berat <i>base</i> wafer masih berada pada batas toleransi spesifikasi, tidak kurang dari 3,5 gram atau lebih dari 3,9 gram.
4.	Berat total wafer	10,3 – 11,3 gram	Berat total wafer masih berada pada batas toleransi spesifikasi, tidak kurang dari 10,3 gram atau lebih dari 11,3 gram.

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa terdapat empat buah CTQ dari produk wafer Go! Jumbo Chocolate yang masing-masing memiliki standar spesifikasi untuk menentukan apakah produk yang dihasilkan dapat dikatakan berkualitas baik atau tidak. CTQ tersebut harus benar-benar diperhatikan dan dipenuhi oleh perusahaan untuk dapat menghasilkan produk wafer Go! Jumbo Chocolate yang berkualitas.

Masing-masing CTQ memiliki faktor-faktor dalam proses produksi yang berpengaruh terhadap pemenuhan CTQ tersebut. Berikut ini merupakan uraian faktor-faktor yang berpengaruh terhadap masing-masing CTQ.

1. Panjang wafer dipengaruhi oleh faktor-faktor, antara lain:
 - a. Viskositas adonan, di mana kekentalan pada adonan berpengaruh terhadap ketahanan bentuk wafer. Apabila adonan terlalu cair atau >3.000 Cps, maka ujung

wafer yang telah melalui proses pemotongan menjadi rapuh dan mudah patah, serta bentuk ujungnya menjadi geser sesuai dengan arah saat pemotongan. Hal sebaliknya juga apabila viskositas adonan terlalu keras atau <2.800 Cps, akan menyebabkan adonan yang terlalu keras dan wafer menjadi sedikit lebih sulit untuk dipotong, sehingga ujung wafer menjadi mudah patah yang akan mempengaruhi kerataan ujung wafer ketika diukur bersama 4 sampel yang lainnya.

- b. Temperatur adonan, di mana apabila adonan yang memiliki suhu lebih tinggi dari standar ($>28^{\circ}\text{C}$) akan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk proses pendinginan, sehingga ketika waktu standar yang digunakan untuk melakukan pendinginan telah selesai, suhu adonan wafer masih tinggi. Ketika, adonan melalui proses pemanggangan, kadar air pada adonan semakin mudah menguap dan adonan menjadi lebih keras, sehingga ketika dipotong, ujung wafer menjadi mudah patah yang juga akan mempengaruhi kerataan ujung wafer saat akan diukur bersama dengan 4 sampel lainnya. Hal ini juga akan mempengaruhi ujung wafer yang telah melalui proses pemotongan menjadi rapuh dan bentuk ujungnya menjadi geser sesuai dengan arah saat dipotong. Suhu adonan yang $<24^{\circ}\text{C}$ juga pada saat proses pemanggangan akan mengalami penguapan kadar air yang lebih sedikit, sehingga ketika akan melalui proses pemotongan adonan masih sedikit lebih lembek. Ketika dipotong, ujung wafer berpeluang untuk bergeser sesuai dengan arah potong pisau dan terdapat kulit adonan yang turut menempel pada pisau.
- c. Temperatur oven, di mana saat suhu oven lebih dari 170°C , maka kadar air pada adonan menjadi semakin berkurang. Hal ini menyebabkan adonan lebih kaku ketika proses pemotongan, sehingga ujung wafer yang telah dipotong menjadi rawan patah. Namun, apabila kurang dari suhu 120°C , akan menyebabkan adonan yang selesai dipanggang masih sedikit lembek. Hal ini menyebabkan ujung adonan yang dipotong akan sedikit geser sesuai dengan arah pemotongan.
- d. Frekuensi *input* listrik penggerak roda putar untuk memanggang, di mana ketika frekuensi *input* listrik roda putar oven terlalu lambat (<8 Hz), akan menyebabkan kadar air pada adonan menjadi semakin banyak yang berkurang, sehingga adonan menjadi sedikit lebih keras. Ketika dipotong, ujung wafer menjadi lebih rapuh akan akan mudah patah, sehingga ketika akan berputar tbersama 4 sampel yang lainnya menjadi tidak rata. Namun, apabila frekuensi *input* listrik >13 Hz akan membuat kadar air pada adonan masih terlalu banyak, sehingga adonan masih sedikit lembek.

Ketika dipotong ujung wafer akan mudah bergeser sesuai dengan arah pemotongan dan terdapat kulit pada ujung wafer yang patah dan menempel pada pisau *cutting*.

- e. Homogenitas visual *cutting* merupakan proses pengecekan lima sampel produk setelah proses pemotongan wafer secara bersamaan untuk melihat kerataan panjang produk apakah sesuai dengan spesifikasi. Apabila kelima panjang wafer yang menjadi sampel berada pada rentang spesifikasi, yaitu 11,7 – 12,5 cm maka sampel dianggap memiliki panjang yang homogen.
2. Diameter wafer dipengaruhi oleh faktor-faktor, antara lain:
 - a. Viskositas adonan juga berpengaruh terhadap diameter wafer. Adonan yang terlalu cair (>3.000 Cps) akan menyebabkan adonan yang terlalu lembek, sehingga ketika melalui proses *cutting* bentuk diameter menjadi tidak lingkaran sempurna dan diameter kurang dari 1,35 cm. Apabila adonan terlalu kental (<2.800 Cps) akan menyebabkan adonan kaku dan sulit untuk dibentuk silinder dengan diameter yang kecil, sehingga diameter wafer menjadi lebih dari 1,55 cm.
 - b. Temperatur adonan yang semakin tinggi ($>28^{\circ}\text{C}$) akan menyebabkan kadar air adonan menjadi mudah hilang saat proses pemanggangan, sehingga adonan menjadi lebih kaku dan sulit untuk dibentuk silinder dengan diameter pada rentang 1,35 – 1,55 cm. Sedangkan, apabila temperatur adonan yang semakin rendah ($<24^{\circ}\text{C}$), maka menyulitkan kadar air dalam adonan menguap pada saat proses pemanggangan, sehingga adonan masih lembek ketika proses *cutting* dan diameter menjadi tidak sempurna.
 - c. Temperatur oven yang semakin tinggi ($>170^{\circ}\text{C}$) akan menyebabkan adonan menjadi mudah kehilangan kadar air karena menguap, sehingga adonan menjadi lebih kaku dan sulit untuk dibentuk. Sebaliknya, apabila temperatur oven semakin rendah ($<120^{\circ}\text{C}$), maka kadar air semakin sulit untuk menguap dan adonan masih dalam kondisi lembek.
 - d. Frekuensi *input* listrik penggerak roda putar untuk memanggang, di mana jika frekuensi *input* listrik roda putar terlalu lambat (<8 Hz) akan mengakibatkan adonan menjadi lebih lama dalam proses pemanggangan sehingga kadar air yang menguap lebih banyak sehingga adonan menjadi kaku saat digulung ke dalam bentuk silinder dengan rentang diameter (1,35 - 1,55 cm), begitupun sebaliknya.
 - e. Homogenitas visual *cutting* mempengaruhi diameter wafer setelah proses pemotongan, di mana setiap sampel dilihat kesamaan panjang dan bentuk diameternya.

2. Berat *base* wafer dipengaruhi oleh faktor-faktor, antara lain:
 - a. Viskositas adonan berpengaruh terhadap gramatur produk, yaitu berat *base* wafer. Apabila terlalu kental akan menyebabkan berat *base* terlalu berat ($>3,9$ gram) dikarenakan adonan kulit wafer menjadi lebih banyak ketika diinjeksikan. Sedangkan, apabila terlalu encer akan menyebabkan adonan kulit wafer menjadi lebih sedikit yang diinjeksikan dan pada saat dipanggang akan semakin kehilangan kadar airnya dan berat *base* wafer pun menjadi lebih ringan ($<3,5$ gram).
 - b. Temperatur adonan apabila semakin tinggi ($>28^{\circ}\text{C}$) akan membuat berat *base* adonan semakin ringan dikarenakan pada saat proses pemanggangan, kadar air pada adonan wafer menjadi lebih banyak yang menguap. Sedangkan, apabila suhu adonan $<24^{\circ}\text{C}$ akan menyebabkan adonan memiliki berat *base* yang lebih besar ($>3,9$ gram) karena ketika selesai melalui proses pemanggangan, kadar air pada adonan masih sedikit lebih banyak.
 - c. Temperatur oven, jika suhu oven terlalu tinggi ($>170^{\circ}\text{C}$) akan menyebabkan berat *base* wafer terlalu ringan ($<3,5$ gram) akibat dari kadar air pada adonan yang lebih banyak menguap, begitupun sebaliknya.
 - d. Frekuensi *input* listrik penggerak roda putar untuk memanggang, di mana jika frekuensi *input* listrik roda putar terlalu lambat (<8 Hz) akan mengakibatkan adonan menjadi lebih lama dalam proses pemanggangan sehingga kadar air yang menguap lebih banyak, dan sebaliknya.
 - e. Homogenitas visual *cutting* yang mempengaruhi kesamaan panjang wafer setiap lima sampel, sehingga secara otomatis akan mempengaruhi berat *base* wafer itu sendiri.
3. Berat total wafer bergantung pada panjang wafer, diameter wafer, berat *base* wafer, dan volume isi krim coklat. Oleh karena itu, faktor-faktor yang mempengaruhi CTQ berat total wafer terdiri dari lima faktor yang sama, serta dua tambahan faktor sebagai berikut.
 - a. Viskositas adonan
 - b. Temperatur adonan
 - c. Temperatur oven
 - d. Frekuensi *input* listrik penggerak roda putar
 - e. Temperatur krim, berpengaruh terhadap kondisi krim, di mana pada saat proses pengadukan krim coklat apabila suhu krim coklat terlalu tinggi ($>50^{\circ}\text{C}$) akan menyebabkan semakin banyak kadar air dari krim yang menguap, sehingga kondisi krim lebih padat dan akan lebih banyak volumenya pada saat diinjeksikan, sehingga

berat total wafer semakin besar ($>11,3$ gram). Namun, apabila suhu krim coklat $<45^{\circ}\text{C}$, kadar air pada krim coklat masih banyak dan menyebabkan adonan krim coklat lebih encer, sehingga ketika krim diinjeksikan, volume krim coklat tidak penuh sesuai dengan kulit wafernya dikarenakan meluber, maka berat total wafer menjadi lebih ringan ($<10,3$ gram).

- f. Homogenitas visual *cutting*
- g. Homogenitas isi krim coklat merupakan pengecekan kesamaan volume isi dari krim coklat pada lima sampel wafer yang diuji secara bersamaan. Apabila dari kelima krim coklat memiliki volume yang sesuai dengan panjang kulit wafernya, maka volume krim coklat dapat dikatakan homogen.

Spesifikasi pada masing-masing faktor yang mempengaruhi CTQ untuk wafer Go!

Jumbo Chocolate tertera pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3

Spesifikasi Faktor yang Berpengaruh pada CTQ Wafer Go! Jumbo Chocolate

No.	Faktor-Faktor	Standar
1.	Viskositas adonan	2.800 cps - 3.000 cps
2.	Temperatur adonan	24°C - 28°C
3.	Temperatur oven	120°C - 170°C
4.	Frekuensi <i>input</i> listrik penggerak roda oven	8 Hz - 13 Hz
5.	Temperatur krim	45°C - 50°C
6.	Homogenitas visual <i>cutting</i> (panjang)	11,7 cm - 12,5 cm
7.	Homogenitas isi krim coklat (volume)	$16,7\text{ cm}^3$ - $19,2\text{ cm}^3$

4.2.3 Identifikasi Produk Defect

Berdasarkan *Critical-to-Quality* (CTQ) yang telah teridentifikasi serta proses pemeriksaan yang telah dilakukan oleh bagian *Quality Control*, masih ditemukan adanya produk yang mengalami cacat (*defect*). Hal ini akan berdampak pada kualitas produk wafer Go! Jumbo Chocolate. Data historis selama bulan April – September 2018, menunjukkan bahwa terdapat empat jenis *defect*, yakni panjang wafer yang tidak sesuai, diameter wafer tidak sesuai standar, berat *base* wafer yang tidak sesuai, dan berat total wafer yang tidak sesuai. *Defect* tersebut masuk ke dalam jenis data variabel. Penjelasan mengenai jenis *defect* yang muncul akan diuraikan di bawah ini.

1. Panjang wafer tidak sesuai standar

Jenis *defect* panjang wafer tidak sesuai standar terjadi ketika panjang wafer hasil dari proses *cutting* terlalu panjang ($>12,5$ cm) atau terlalu pendek ($<11,7$ cm). Apabila panjang wafer yang terlalu bervariasi akan menyebabkan terlihat perbedaan panjang wafer yang mencolok, sehingga mengurangi homogenitas produk.

2. Diameter wafer tidak sesuai standar

Diameter wafer yang tidak sesuai standar ini terjadi ketika diameter wafer terlalu lebar ($>1,55$ cm) atau terlalu kecil ($<1,35$ cm) akibat dari hasil dari proses *cutting* yang bengkok akan menyebabkan diameter wafer yang tidak membentuk lingkaran sempurna.

3. Berat *base* wafer tidak sesuai standar

Berat *base* wafer yang kurang dari 3,5 gram atau lebih dari 3,9 gram akan mempengaruhi berat total wafer setelah diisi dengan krim coklat. Ketebalan kulit dan panjang wafer akan mempengaruhi berat *base* wafer ini.

4. Berat total wafer tidak sesuai standar

Berat total wafer yang tidak sesuai standar adalah jenis *defect* wafer yang terjadi karena berat total wafer yang kurang dari 10,3 gram atau lebih dari 11,3 gram. Berat total wafer ini bergantung pada panjang wafer, berat *base* wafer, diameter wafer, dan volume isi krim coklat yang diisikan.

4.3 Tahap *Measure*

Proses pengumpulan dan pengolahan data terhadap obyek penelitian yaitu wafer Go! Jumbo Chocolate dilakukan pada tahap *measure* ini. Beberapa langkah yang dilakukan pada tahap *measure* antara lain, pengukuran karakteristik kualitas pada tingkat proses, pengukuran karakteristik kualitas pada tingkat *output* dengan menggunakan peta kendali $\bar{X} - S$, pengukuran kinerja *baseline* dengan menghitung nilai DPMO dan level *sigma*, serta melakukan pengukuran terhadap kapabilitas proses produksi wafer.

4.3.1 Pengukuran Karakteristik Kualitas Pada Tingkat Proses

Proses pengukuran karakteristik kualitas pada tingkat proses ini dengan mengukur setiap faktor-faktor yang dianggap berpengaruh dalam pemenuhan CTQ wafer Go! Jumbo Chocolate yang dihasilkan. Pengukuran pada tingkat proses dimulai dari proses *mixing* baik adonan maupun krim coklat, proses *baking*, hingga proses *cutting*. Berdasarkan hasil pengukuran tingkat proses yang dilakukan secara langsung di lantai produksi selama bulan April 2019, diperoleh beberapa karakteristik yang perlu diukur oleh perusahaan karena dianggap berpengaruh secara langsung terhadap kualitas produk.

1. Pengukuran viskositas adonan

Proses pengukuran viskositas adonan dilakukan setelah di-*aging* dalam *box* penampungan dengan alat pengukur viskositas. Pengukuran viskositas ini untuk

memeriksa kekentalan dari adonan wafer. Standar yang digunakan berada pada rentang 2.800 cps hingga 3.000 cps.

2. Pengukuran temperatur adonan

Selain pengecekan viskositas juga dilakukan proses pengukuran temperatur adonan yang telah di-aging dalam *box* penampungan selama 30 menit dengan melihat temperatur yang tertera pada mesin. Temperatur adonan sendiri memiliki standar antara temperatur 24°C - 28°C.

3. Pengukuran temperatur oven

Proses pengukuran oven dilakukan saat pemantauan proses *baking* adonan kulit wafer saat akan diinjeksikan dengan krim. Pengukuran ini dilakukan dengan melihat temperatur yang tertera pada mesin oven. Rentang yang digunakan pada mesin berada pada temperatur 120°C hingga 170°C.

4. Pengukuran frekuensi *input* listrik penggerak roda oven

Perputaran roda oven ini menjadi faktor kunci dalam kualitas produk wafer karena berpengaruh secara langsung terhadap tingkat kematangan wafer. Frekuensi *input* listrik penggerak roda memiliki standar yang berada pada rentang 8 Hz hingga 13 Hz.

5. Pengukuran temperatur krim coklat

Temperatur krim coklat diukur saat berada pada mesin *ball mill* dan *holding tank* dengan melihat pada temperatur yang tertera pada mesin. Temperatur standar yang digunakan berada pada rentang 45°C hingga 50°C.

6. Pengamatan homogenitas visual *cutting*

Setelah proses *cutting*, wafer akan dicek kesamaan dari panjang dan diameter wafer setiap lima sampel sesuai dengan standar panjang dan diameter wafer itu sendiri. Minimal panjang wafer harus 11,7 cm dan maksimal sepanjang 12,3 cm, serta diameter berada pada rentang 1,35 – 1,55 cm.

7. Pengamatan homogenitas isi krim coklat

Selain pengecekan visual *cutting*, juga dilakukan pengecekan kesamaan volume dari isi krim coklat, apakah terdapat wafer yang kurang isi atau ada yang meluber keluar. Volume standar dari isi krim coklat pada wafer harus berada pada rentang 16,7 cm³ – 19,2 cm³.

Rekapitulasi data pengukuran tingkat proses tercantum pada Lampiran 1. Data ini memuat hasil pengukuran tingkat proses beserta pengaruhnya terhadap munculnya jenis cacat. Tabel 4.4 memaparkan data jenis cacat yang muncul selama pengukuran tingkat proses yang dilakukan pada bulan April 2019 dengan sampel yang diambil sebanyak 5 *pieces*

di setiap pengambilannya. Jumlah 5 sampel ini dianggap perusahaan sudah cukup untuk menunjukkan kinerja proses produksi wafer. Hal ini dikarenakan produk yang mengalami cacat variabel masih dapat diteruskan ke proses *packaging* dan tidak ada sistem penolakan dalam *bacth* tersebut. Kinerja proses produksi dianggap mengalami masalah apabila ditemukan adanya produk cacat.

Tabel 4.4

Data Sampel dan Cacat pada Produk Go! Jumbo Chocolate pada Bulan April 2019 (satuan *pieces*)

Tanggal Produksi	Jumlah Sampel Produk	Jenis Cacat			
		Panjang Wafer Tidak Sesuai Standar	Diameter Wafer Tidak Sesuai Standar	Berat Base Wafer Tidak Sesuai Standar	Berat Total Wafer Tidak Sesuai Standar
10 April	65	4	-	4	10
11 April	70	2	-	1	9
12 April	100	4	-	5	12
13 April	80	2	-	3	12
14 April	55	-	-	3	4
15 April	95	3	-	5	7
16 April	25	-	-	-	3
17 April	55	4	-	3	8
18 April	50	6	-	-	9
22 April	110	1	-	4	11
23 April	65	-	-	1	4
24 April	75	-	-	2	4
29 April	105	4	-	1	11
30 April	100	-	-	5	10
Total	1.050	30	0	37	114

Berdasarkan hasil pengamatan selama bulan April 2019, hanya ditemukan tiga jenis cacat yang ada pada produk wafer Go! Jumbo Chocolate, yaitu berupa panjang wafer tidak sesuai standar, berat *base* wafer tidak sesuai standar, dan berat total wafer tidak sesuai standar. Misalkan, pada tanggal 10 April 2019, diperoleh jumlah sampel sebanyak 65 *pieces* dan diketemukan jenis cacat panjang tidak sesuai standar sebanyak 4 *pieces*, berat *base* wafer tidak sesuai standar sebanyak 4 *pieces*, dan berat total wafer tidak sesuai standar sebanyak 10 *pieces*, begitu seterusnya selama data satu bulan pengamatan. Hasil akhir dari 1.050 *pieces* data hasil sampel pengamatan pada bulan April 2019, diperoleh panjang wafer yang tidak sesuai standar sebanyak 30 *pieces*, berat *base* wafer yang tidak sesuai standar sebanyak 37 *pieces*, dan berat total wafer tidak sesuai standar sebanyak 114 *pieces*.

4.3.2 Identifikasi Faktor Kunci yang Berpengaruh Terhadap *Critical-to-Quality* dengan Diagram Pareto

Faktor kunci merupakan proses penentuan faktor yang memiliki pengaruh paling besar terhadap *Critical-to-Quality* produk wafer Go! Jumbo Chocolate. Penentuan faktor kunci dilakukan dengan bantuan diagram pareto dengan menggunakan data frekuensi terjadinya faktor penyebab pada masing-masing jenis cacat yang muncul, yaitu pada panjang wafer yang tidak sesuai standar, berat *base* wafer yang tidak sesuai standar, dan berat total wafer tidak sesuai standar seperti. Tabel di bawah ini dibuat berdasarkan Lampiran 1. Cara pemetaan untuk menghitung frekuensi, misalnya pada panjang wafer yang tidak sesuai standar. Dari kelima CTQ yang telah teridentifikasi, ditemukan 3 cacat pada panjang wafer akibat dari temperatur adonan yang berada di luar spesifikasi dan 30 cacat pada panjang akibat dari ketidakhomogenan visual *cutting*. Apabila mengacu pada Tabel 4.4, maka dapat diketahui dari 30 *pieces* yang mengalami kecacatan pada panjang wafer, terdapat 3 *pieces* yang cacat disebabkan oleh temperatur adonan dan juga homogenitas visual *cutting* berada di luar spesifikasi.

Tabel 4.5

Frekuensi Faktor *Critical-to-Quality* pada Panjang Wafer Tidak Sesuai Standar

Faktor <i>Critical-to-Quality</i>	Frekuensi	Persentase (%)	Persentase Kumulatif (%)
Homogenitas Visual <i>Cutting</i>	30	90,91	90,91
Temperatur Adonan	3	9,09	100
Viskositas	0	0	100
Temperatur Oven	0	0	100
Frekuensi <i>Input</i> Listrik Penggerak Roda Oven	0	0	100
Total	33		

Tabel 4.6

Frekuensi Faktor *Critical-to-Quality* pada Berat *Base* Wafer Tidak Sesuai Standar

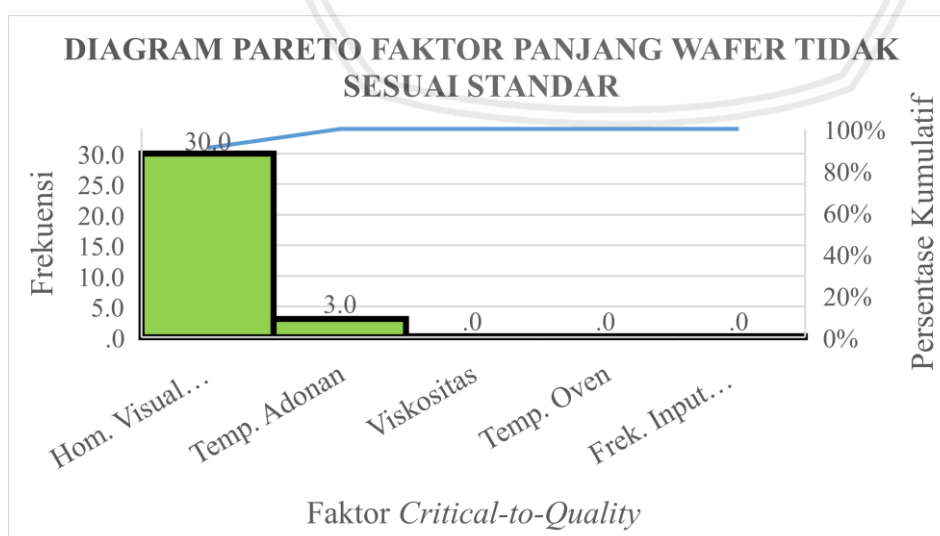
Faktor <i>Critical-to-Quality</i>	Frekuensi	Persentase (%)	Persentase Kumulatif (%)
Temperatur Adonan	37	77,08	77,08
Homogenitas Visual <i>Cutting</i>	9	18,75	95,83
Viskositas	2	4,17	100
Temperatur Oven	0	0	100
Frekuensi <i>Input</i> Listrik Penggerak Roda Oven	0	0	100
Total	48		

Tabel 4.7

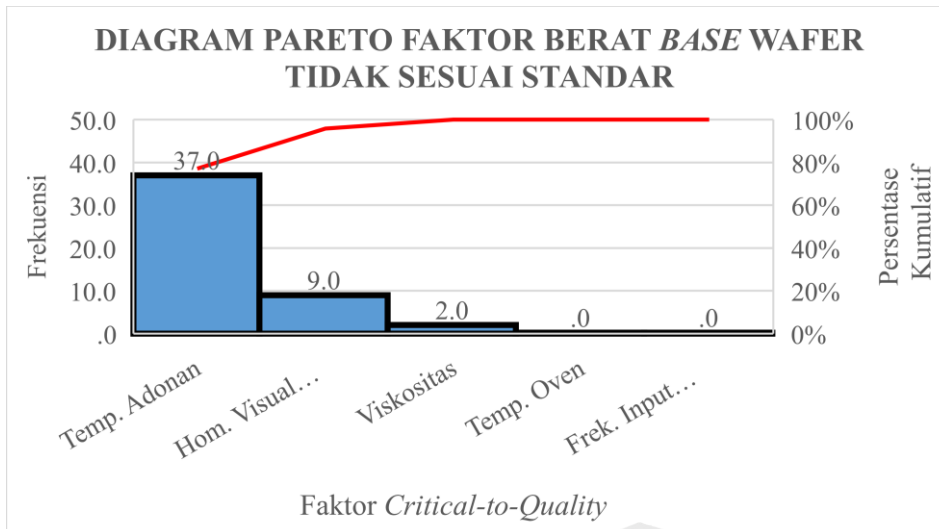
Frekuensi Faktor *Critical-to-Quality* pada Berat Total Wafer Tidak Sesuai Standar

Faktor <i>Critical-to-Quality</i>	Frekuensi	Persentase (%)	Persentase Kumulatif (%)
Homogenitas Isi Krim	105	69,08	69,08
Homogenitas Visual Cutting	27	17,76	86,84
Temperatur Adonan	20	13,16	100
Viskositas	0	0	100
Temperatur Oven	0	0	100
Frekuensi <i>Input</i> Listrik Penggerak Roda Oven	0	0	100
Temperatur Krim	0	0	100
Total	152		

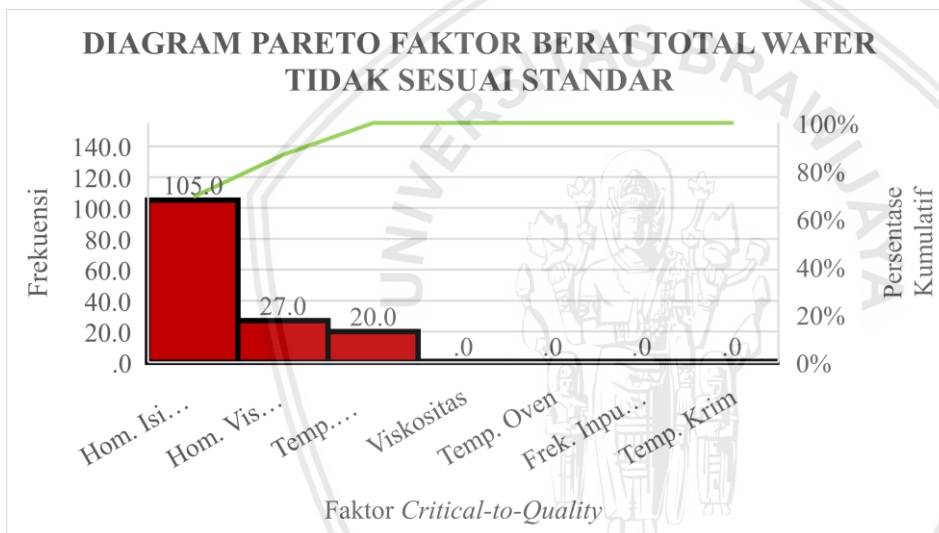
Berdasarkan ketiga tabel di atas, akan dibuatkan diagram pareto untuk masing-masing jenis cacat. Diagram pareto ini membantu untuk menentukan faktor dari *critical-to-quality* mana yang menjadi kunci utama yang menyebabkan cacat tersebut. Aturan 80/20 yang dikemukakan oleh Vilfredo Pareto diterapkan di sini yang menyebutkan bahwa 80% masalah yang terjadi merupakan akibat dari 20% faktor yang menjadi penyebab utama. Pemilihan faktor utama berasal dari 20% faktor yang memiliki frekuensi terjadi yang paling tinggi. Pada lima faktor penyebab panjang wafer tidak sesuai standar, maka akan terpilih satu faktor utama yang menjadi 20% faktor penyebab utama. Begitupun pada berat *base* wafer yang tidak sesuai standar akan terpilih satu faktor dari lima faktor. Sedangkan, pada berat total wafer tidak sesuai standar terdapat tujuh faktor penyebab, dan 20%-nya akan terpilih dua faktor yang menjadi penyebab utama. Berikut ini merupakan hasil diagram pareto dari masing-masing jenis cacat.



Gambar 4.3 Diagram pareto faktor panjang wafer tidak sesuai standar



Gambar 4.4 Diagram pareto faktor berat *base* wafer tidak sesuai standar



Gambar 4.5 Diagram pareto faktor berat total wafer tidak sesuai standar

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa 20% faktor utama pada penyebab panjang wafer tidak sesuai standar adalah homogenitas visual wafer pada saat setelah proses *cutting* dengan frekuensi terjadinya panjang wafer tidak sesuai standar akibat dari faktor homogenitas visual *cutting* sebanyak 30 kali. Pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa 20% faktor utama penyebab berat *base* wafer tidak sesuai standar adalah temperatur adonan setelah proses *aging* dalam *holding tank*. Temperatur adonan yang menyebabkan berat *base* wafer tidak sesuai standar terjadi sebanyak 37 kali. Sedangkan, pada Gambar 4.5 menunjukkan dua faktor tertinggi yang menjadi penyebab berat total wafer tidak sesuai standar adalah homogenitas isi krim coklat saat setelah diinjeksikan pada wafer dan homogenitas visual wafer setelah proses *cutting*. Faktor homogenitas isi krim coklat yang menyebabkan berat total wafer tidak sesuai standar terjadi sebanyak 105 kali, dan faktor homogenitas visual *cutting* terjadi

sebanyak 27 kali. Setelah proses penentuan faktor utama dari masing-masing jenis cacat, CTQ kunci ini akan dianalisis lebih lanjut pada tahap *analyze* dengan harapan bahwa apabila menangani sejumlah kecil faktor penyebab dapat memberikan peningkatan yang besar terhadap kualitas produk.

4.3.3 Pengukuran Karakteristik Kualitas Pada Tingkat *Output* Menggunakan Peta Kendali $\bar{X} - S$

Untuk mengukur karakteristik kualitas pada tingkat *output* menggunakan peta kendali $\bar{X} - S$. Peta kendali $\bar{X} - S$ digunakan karena jenis cacat berat total wafer yang tidak sesuai standar merupakan salah satu jenis cacat variabel dan untuk jumlah sampel yang tidak tetap. Pembuatan peta kendali $\bar{X} - S$ untuk mengetahui batas kendali yang dilakukan perusahaan terhadap produk wafer Go! Jumbo Chocolate. Berikut merupakan langkah-langkah pembuatan peta kendali $\bar{X} - S$ terhadap data panjang wafer, berat *base* wafer, dan berat total wafer Go! Jumbo Chocolate.

1. Peta kendali $\bar{X} - S$ terhadap data panjang wafer dengan contoh perhitungan yang dilakukan berdasarkan data pengamatan pada tanggal 10 April 2018.

a. Menghitung rata-rata data panjang wafer pada setiap subgrup.

$$\begin{aligned}\bar{x}_i &= \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \\ &= \frac{12 + 12 + \dots + 11,8}{65} = 11,8846\end{aligned}$$

b. Menghitung standar deviasi panjang wafer pada setiap subgrup.

$$\begin{aligned}s_i &= \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x}_i)^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{(12 - 11,8846)^2 + (12 - 11,8846)^2 + \dots + (11,8 - 11,8846)^2}{65 - 1}} \\ &= 0,1962\end{aligned}$$

c. Menghitung rata-rata standar deviasi terhadap panjang wafer.

$$\begin{aligned}\bar{s} &= \left[\frac{\sum_{i=1}^m (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^m n_i - m} \right]^{1/2} \\ &= \left[\frac{64(0,1962)^2 + 69(0,1819)^2 + \dots + 99(0,1826)^2}{65 + 70 + \dots + 100 - 14} \right]^{1/2} = 0,2098\end{aligned}$$

- d. Menghitung *center line* (CL) pada peta kendali \bar{X} .

$$\begin{aligned} CL &= \bar{\bar{X}} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^m n_i \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \\ &= \frac{65(11,8846) + 70(11,9286) + \dots + 100(11,9590)}{65 + 70 + \dots + 100} = 11,9604 \end{aligned}$$

- e. Menghitung *upper control limit* (UCL) pada peta kendali \bar{X} .

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S} \\ &= 11,9604 + (0,3736 \times 0,2098) = 12,0387 \end{aligned}$$

- f. Menghitung *lower control limit* (LCL) pada peta kendali \bar{X} .

$$\begin{aligned} LCL &= \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S} \\ &= 11,9604 - (0,3736 \times 0,2098) = 11,8820 \end{aligned}$$

- g. Menghitung *center line* (CL) pada peta kendali S.

$$CL = \bar{S} = 0,2098$$

- h. Menghitung *upper control limit* (UCL) pada peta kendali S.

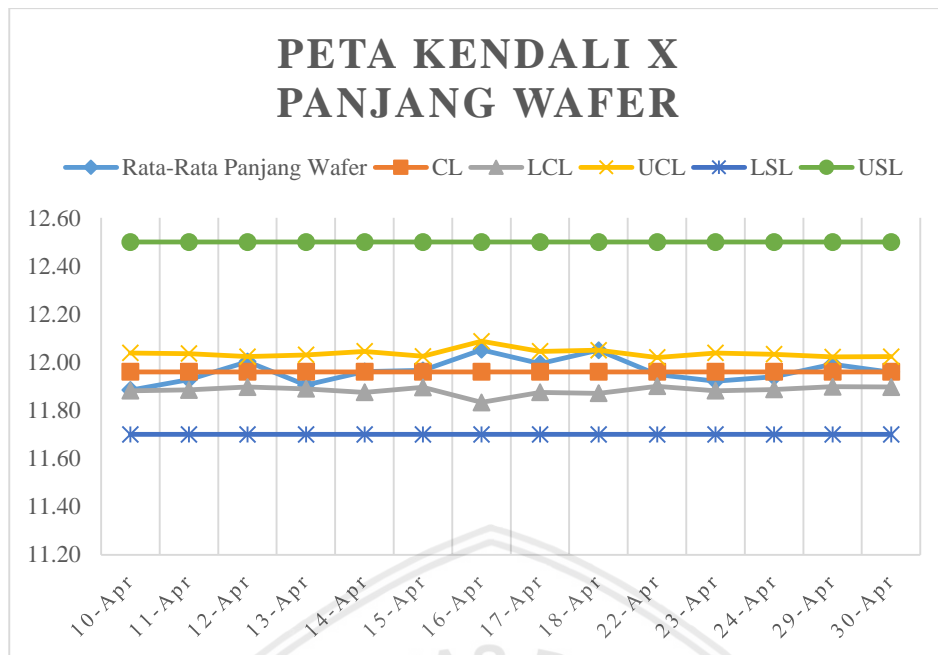
$$\begin{aligned} UCL &= B_4 \bar{S} \\ &= 1,2662 \times 0,2098 = 0,2656 \end{aligned}$$

- i. Menghitung *lower control limit* (LCL) pada peta kendali S.

$$\begin{aligned} LCL &= B_3 \bar{S} \\ &= 0,7338 \times 0,2098 = 0,2656 \end{aligned}$$

- j. Keseluruhan hasil dari perhitungan rata-rata, standar deviasi, *center line*, *upper control limit*, dan *lower control limit* dirangkum pada Lampiran 3.

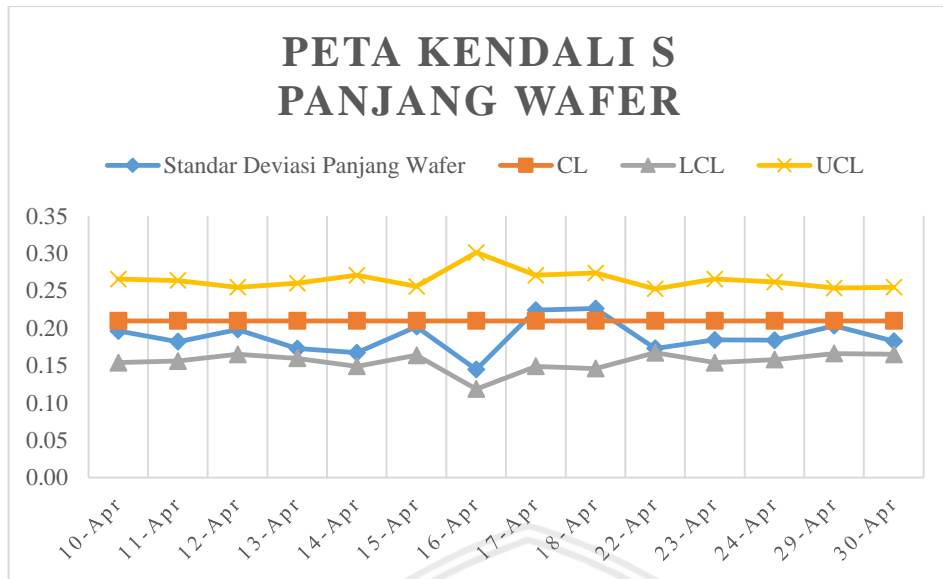
- k. Membuat peta kendali \bar{X} .



Gambar 4.6 Peta kendali \bar{X} panjang wafer

Data yang berada di luar batas kendali atas (*upper control limit*) atau di bawah batas kendali bawah (*lower control limit*) disebut data *out of control*. Berdasarkan Gambar 4.6 di atas diketahui bahwa terdapat satu data *out of control* yang masih melampaui batas kendali atas (*upper control limit*), yaitu pada data pengamatan tanggal 18 April. Adanya data *out of control* dapat terjadi akibat penyebab khusus berupa masalah pada sensor *cutting* yang mengalami *error* dan tidak berfungsi sehingga mengakibatkan rata-rata panjang wafer pada hari pengamatan tersebut berada jauh di atas rata-rata panjang wafer yang seharusnya dihasilkan oleh proses tersebut. Sebenarnya keseluruhan rata-rata produk masih berada pada batas spesifikasi panjang wafer yang telah ditetapkan perusahaan, yakni pada rentang *lower specification limit* (LSL) sebesar 11,7 cm hingga *upper specification limit* (USL) sebesar 12,5 cm. Namun, tetap perlu adanya perbaikan dan pengendalian terhadap proses produksi agar menghasilkan keseragaman produk dan meminimasi variabilitas produk. Tindakan perbaikan yang dilakukan akan ditentukan pada tahap selanjutnya.

1. Membuat peta kendali S.



Gambar 4.7 Peta kendali S panjang wafer

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa tidak terdapat data yang *out of control*. Hal ini berarti bahwa penyimpangan panjang wafer dari standar tidak jauh dari rata-rata penyimpangan keseluruhan data. Namun, adanya fluktuasi membuktikan bahwa masih adanya penyebab-penyebab yang biasanya sering terjadi yang berpengaruh terhadap keseragaman panjang wafer seperti pengaturan kinerja mesin. Oleh karena itu, diperlukan adanya tindakan perbaikan untuk meminimasi fluktuasi data yang akan ditentukan pada tahap selanjutnya.

2. Peta kendali $\bar{X} - S$ terhadap data berat *base* wafer dengan contoh perhitungan yang dilakukan berdasarkan data pengamatan pada tanggal 10 April 2018.
 - a. Menghitung rata-rata data berat *base* wafer pada setiap subgrup.

$$\begin{aligned}\bar{x}_i &= \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \\ &= \frac{3,66 + 3,59 + \dots + 3,46}{65} = 3,6372\end{aligned}$$

- b. Menghitung standar deviasi berat *base* wafer pada setiap subgrup.

$$\begin{aligned}s_i &= \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x}_i)^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{(3,66 - 3,6372)^2 + (3,59 - 3,6372)^2 + \dots + (3,46 - 3,6372)^2}{65 - 1}} \\ &= 0,1189\end{aligned}$$

- c. Menghitung rata-rata standar deviasi terhadap berat *base* wafer.

$$\begin{aligned}\bar{s} &= \left[\frac{\sum_{i=1}^m (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^m n_i - m} \right]^{1/2} \\ &= \left[\frac{64(0,1189)^2 + 69(0,0908)^2 + \dots + 99(0,0903)^2}{65 + 70 + \dots + 100 - 14} \right]^{1/2} = 0,1159\end{aligned}$$

- d. Menghitung *center line* (CL) pada peta kendali \bar{X} .

$$\begin{aligned}CL &= \bar{\bar{X}} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^m n_i \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \\ &= \frac{65(3,6372) + 70(3,6206) + \dots + 100(3,6061)}{65 + 70 + \dots + 100} = 3,6243\end{aligned}$$

- e. Menghitung *upper control limit* (UCL) pada peta kendali \bar{X} .

$$\begin{aligned}UCL &= \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s} \\ &= 3,6243 + (0,3736 \times 0,1159) = 3,6676\end{aligned}$$

- f. Menghitung *lower control limit* (LCL) pada peta kendali \bar{X} .

$$\begin{aligned}LCL &= \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{s} \\ &= 3,6243 - (0,3736 \times 0,1159) = 3,5811\end{aligned}$$

- g. Menghitung *center line* (CL) pada peta kendali S.

$$CL = \bar{s} = 0,1159$$

- h. Menghitung *upper control limit* (UCL) pada peta kendali S.

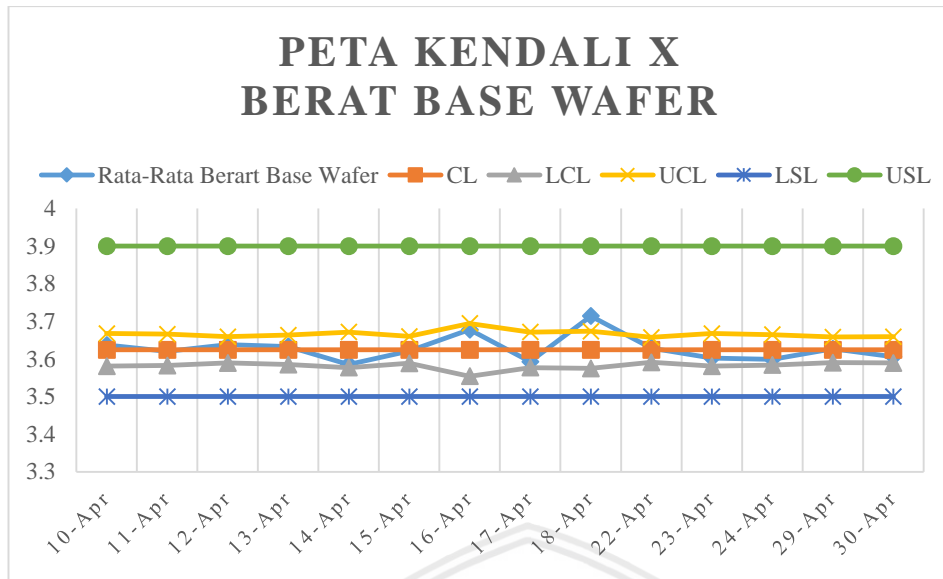
$$\begin{aligned}UCL &= B_4 \bar{s} \\ &= 1,2662 \times 0,1159 = 0,1467\end{aligned}$$

- i. Menghitung *lower control limit* (LCL) pada peta kendali S.

$$\begin{aligned}LCL &= B_3 \bar{s} \\ &= 0,7338 \times 0,1159 = 0,0850\end{aligned}$$

- j. Keseluruhan hasil dari perhitungan rata-rata, standar deviasi, *center line*, *upper control limit*, dan *lower control limit* dirangkum pada Lampiran 4.

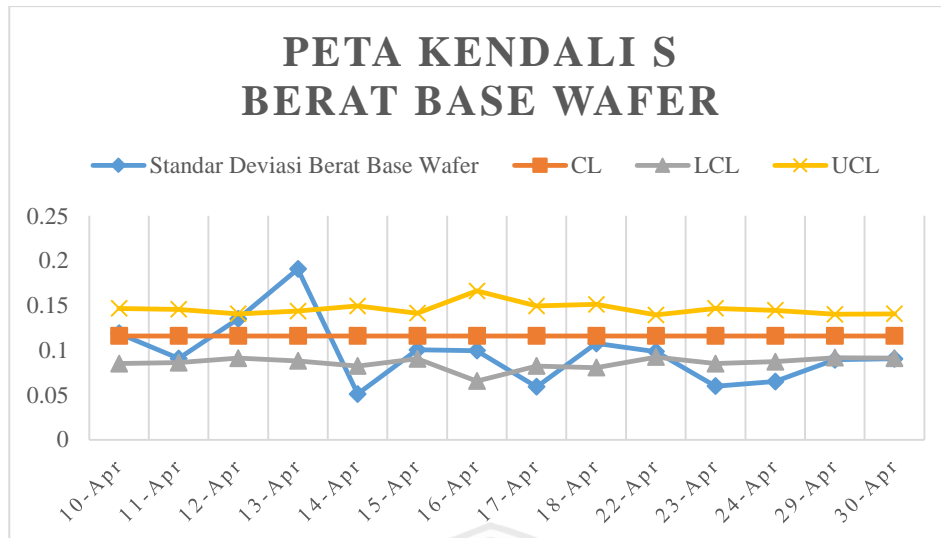
- k. Membuat peta kendali \bar{X} .



Gambar 4.8 Peta kendali \bar{X} berat *base* wafer

Berdasarkan Gambar 4.8 di atas diketahui bahwa terdapat data yang masih melampaui batas kendali atas, yaitu pada data pengamatan tanggal 18 April. Adanya penyebab khusus yang terjadi pada hari tersebut mengakibatkan rata-rata berat *base* wafer berada jauh di atas rata-rata berat *base* wafer yang seharusnya dihasilkan oleh proses tersebut. Penyebab khusus tersebut salah satunya karena mesin *chiller* yang mendinginkan air untuk bahan baku tidak berfungsi, sehingga temperatur adonan menjadi lebih tinggi. Meskipun, hasil peta kendali di atas menunjukkan bahwa keseluruhan rata-rata berat *base* wafer masih berada pada rentang spesifikasi berat *base* wafer, yaitu LSL sebesar 3,5 gram hingga USL sebesar 3,9 gram. Namun, penyebab permasalahan ini akan tetap menimbulkan adanya kerugian baik bagi perusahaan maupun pelanggan sehingga perlu adanya perbaikan terhadap proses produksi untuk meningkatkan keseragaman produk dan meminimasi cacat. Tindakan perbaikan yang dilakukan akan ditentukan pada tahap selanjutnya.

1. Membuat peta kendali S.



Gambar 4.9 Peta kendali S berat base wafer

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa masih banyak terdapat data yang *out of control*, seperti pada tanggal 13 April, 14 April, 17 April, 23 April, 24 April, 29 April, dan 30 April. Hal ini mengindikasikan bahwa masih terdapat penyebab-penyebab khusus yang cukup parah seperti teknisi mesin *chiller* yang masih baru dan belum terampil dalam memperbaiki mesin, sehingga menyebabkan seringnya terjadi kecacatan pada berat *base* wafer. Oleh karena itu, segera diambil langkah perbaikan pada proses produksi untuk meminimasi bahkan menghilangkan adanya produk cacat yang akan dibahas pada tahap selanjutnya.

3. Peta kendali $\bar{X} - S$ terhadap data berat total wafer dengan contoh perhitungan yang dilakukan berdasarkan data pengamatan pada tanggal 10 April 2018.
 - a. Menghitung rata-rata data berat total wafer pada setiap subgrup.

$$\begin{aligned}\bar{x}_i &= \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \\ &= \frac{3,66 + 3,59 + \dots + 3,46}{65} = 3,6372\end{aligned}$$

- b. Menghitung standar deviasi berat total wafer pada setiap subgrup.

$$\begin{aligned}s_i &= \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x}_i)^2}{n - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{(3,66 - 3,6372)^2 + (3,59 - 3,6372)^2 + \dots + (3,46 - 3,6372)^2}{65 - 1}} \\ &= 0,1189\end{aligned}$$

- c. Menghitung rata-rata standar deviasi terhadap berat total wafer.

$$\begin{aligned}\bar{S} &= \left[\frac{\sum_{i=1}^m (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^m n_i - m} \right]^{1/2} \\ &= \left[\frac{64(0,1189)^2 + 69(0,0908)^2 + \dots + 99(0,0903)^2}{65 + 70 + \dots + 100 - 14} \right]^{1/2} = 0,1159\end{aligned}$$

- d. Menghitung *center line* (CL) pada peta kendali \bar{X} .

$$\begin{aligned}CL &= \bar{\bar{X}} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^m n_i \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \\ &= \frac{65(3,6372) + 70(3,6206) + \dots + 100(3,6061)}{65 + 70 + \dots + 100} = 3,6243\end{aligned}$$

- e. Menghitung *upper control limit* (UCL) pada peta kendali \bar{X} .

$$\begin{aligned}UCL &= \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S} \\ &= 3,6243 + (0,3736 \times 0,1159) = 3,6676\end{aligned}$$

- f. Menghitung *lower control limit* (LCL) pada peta kendali \bar{X} .

$$\begin{aligned}LCL &= \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S} \\ &= 3,6243 - (0,3736 \times 0,1159) = 3,5811\end{aligned}$$

- g. Menghitung *center line* (CL) pada peta kendali S.

$$CL = \bar{S} = 0,1159$$

- h. Menghitung *upper control limit* (UCL) pada peta kendali S.

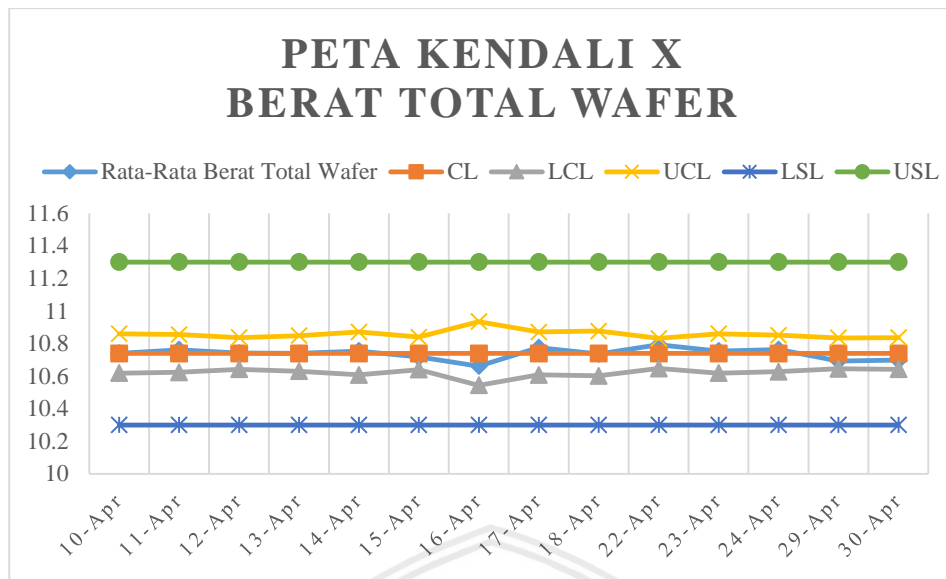
$$\begin{aligned}UCL &= B_4 \bar{S} \\ &= 1,2662 \times 0,1159 = 0,1467\end{aligned}$$

- i. Menghitung *lower control limit* (LCL) pada peta kendali S.

$$\begin{aligned}LCL &= B_3 \bar{S} \\ &= 0,7338 \times 0,1159 = 0,0850\end{aligned}$$

- j. Keseluruhan hasil dari perhitungan rata-rata, standar deviasi, *center line*, *upper control limit*, dan *lower control limit* dirangkum pada Lampiran 4.

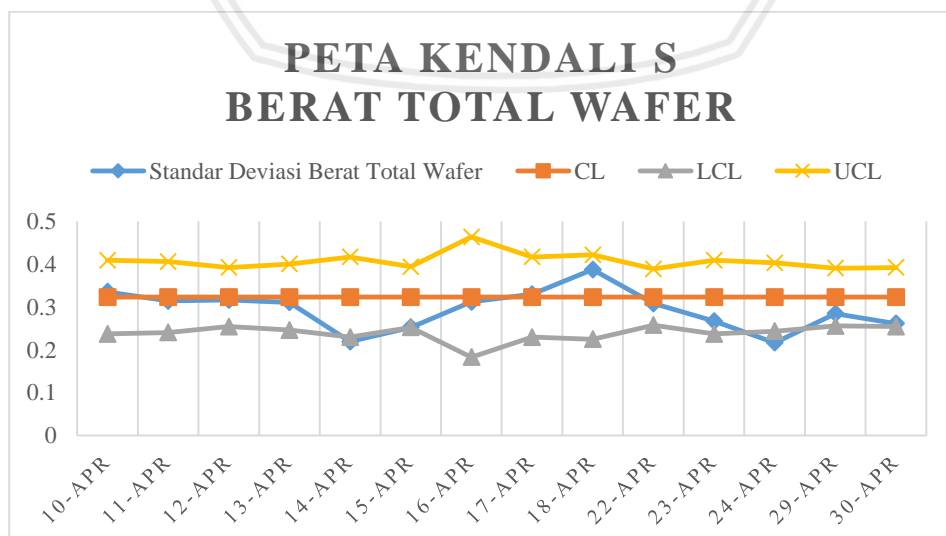
- k. Membuat peta kendali \bar{X} .



Gambar 4.10 Peta kendali \bar{X} berat total wafer

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa sudah tidak terdapat data *out of control* di mana rata-rata berat total wafer di setiap harinya tidak jauh dari rata-rata berat total wafer dalam satu bulan tersebut. Apabila dilihat pada gambar di atas, penyimpangan rata-rata berat total wafer sudah tidak terlalu jauh dari rata-rata berat total satu bulan dan masih berada pada rentang spesifikasi berat total wafer dengan LSL sebesar 10,3 cm hingga USL sebesar 11,3 cm. Namun, masih dibutuhkan adanya peningkatan proses produksi agar rata-rata berat total wafer semakin mendekati dengan rata-rata keseluruhannya dan menghasilkan produk yang seragam.

1. Membuat peta kendali S.



Gambar 4.11 Peta kendali S berat total wafer

Gambar 4.11 menunjukkan terdapat dua data yang *out of control*, yaitu data pada tanggal 14 April dan 24 April. Kejadian ini mengindikasikan bahwa masih terdapat penyebab-penyebab khusus yang menyebabkan kecacatan pada berat total wafer, di mana penyimpangan berat total wafer pada hari tersebut lebih besar dari rata-rata penyimpangan berat total dalam satu bulan. Hal ini dapat terjadi akibat dari adanya kinerja mesin pompa *filler* untuk menginjeksikan krim cokelat pada wafer mengalami kemacetan, sehingga jumlah isi krim cokelat yang diinjeksikan tidak sesuai standar. Oleh karena itu, diperlukan langkah perbaikan yang akan dibahas pada tahap selanjutnya guna meminimasi bahkan menghilangkan adanya produk cacat dan variabilitas produk.

4.3.4 Pengukuran Kinerja *Baseline* dengan *Defect Per Million Opportunities (DPMO)* dan *Sigma Level*

Perhitungan *Defect Per Million Opportunities (DPMO)* dan *sigma level* merupakan langkah untuk mengukur kinerja *baseline* proses produksi wafer Go! Jumbo Chocolate terlebih sebelum pelaksanaan *Six Sigma*, agar kemajuan yang telah dicapai setelah pelaksanaan *Six Sigma* dapat diukur. Perhitungan ini menggunakan acuan pada kualitas produk akhir dikarenakan pengendalian kualitas yang dilakukan dengan melihat *output* produk. Berikut merupakan perhitungan DPMO dan *sigma level* pada wafer Go! Jumbo Chocolate serta contoh perhitungan DPMO dan *sigma level* untuk panjang wafer yang tidak sesuai standar.

1. Menghitung *Defect Per Million Opportunities (DPMO)*

$$DPO \text{ (Defect per Opportunity)} = \frac{\text{Banyaknya produk cacat hasil observasi}}{\text{Banyaknya peluang}}$$

$$= \frac{30}{1.050} = 0,0285714286$$

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

$$= 0,0285714286 \times 1.000.000 = 28.571,4286$$

2. Mengkonversi nilai DPMO ke *sigma level* dengan *Microsoft Excel*

$$\text{Sigma level} = \text{abs} \left(\text{normsinv} \left(\frac{DPMO}{1.000.000} \right) \right) + 1,5$$

$$= \text{abs} \left(\text{normsinv} \left(\frac{28.571,4286}{1.000.000} \right) \right) + 1,5 = 3,4022$$

Tabel 4.8
 Nilai *Defect Per Million Opportunities* dan *Sigma Level*

Jenis Defect	Jumlah Sampel	Jumlah Cacat	DPO	DPMO	Sigma Level
Panjang wafer tidak sesuai standar	1.050	30	0,0285714286	28.571,4286	3,4022
Berat <i>base</i> wafer tidak sesuai standar	1.050	37	0,0352380952	35.238,0952	3,3088
Berat total wafer tidak sesuai standar	1.050	114	0,1085714286	108.571,4286	2,7342
Rata-Rata		60,3333	0,0574603175	57.460,3175	3,1484

Jika dilihat dari Tabel 4.8 di atas, diperoleh rata-rata nilai DPMO pada cacat wafer Go! Jumbo Chocolate sebesar 57.460,3175 yang berarti bahwa dalam 1.000.000 peluang memiliki kemungkinan ditemukannya wafer yang tidak sesuai standar sebanyak 57.460,3175. Sedangkan, dari hasil rata-rata nilai *sigma level* untuk wafer yang tidak sesuai standar sebesar 3,1484. Apabila dilihat dari nilai *sigma level* tersebut, memang hampir sebagian besar perusahaan di Indonesia berada pada level 3 *sigma*. Namun, karena masih banyaknya wafer cacat yang dihasilkan dari produksi wafer ini, maka perlu dianalisis lebih lanjut untuk perbaikan proses produksi sehingga meminimasi terjadinya cacat. Hal ini didukung pula dengan melihat masih adanya fluktuasi rata-rata dan standar deviasinya pada peta kendali yang beberapa masih berada di luar batas kendali.

4.3.5 Pengukuran Kapabilitas Proses

Langkah selanjutnya setelah mengetahui nilai DPMO dan *sigma level*, yaitu mengukur kapabilitas proses (C_p). Dari nilai kapabilitas proses ini dapat diketahui seberapa mampu proses produksi wafer Go! Jumbo Chocolate dalam menghasilkan produk sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Contoh perhitungan kapabilitas proses untuk jenis cacat panjang wafer tidak sesuai standar seperti di bawah ini.

$$C_p = \frac{\text{Sigma level}}{3} = \frac{3,0416}{3} = 1,0139$$

Tabel 4.9
 Nilai Kapabilitas Proses

Jenis Defect	Sigma Level	Kapabilitas Proses
Panjang wafer tidak sesuai standar	3,4022	1,1341
Berat <i>base</i> wafer tidak sesuai standar	3,3088	1,1029
Berat total wafer tidak sesuai standar	2,7342	0,9114
Rata-Rata	3,1484	1,0495

Dari hasil perhitungan pada tabel di atas, diperoleh rata-rata nilai kapabilitas proses sebesar 1,0495 yang berada pada rentang $1,00 \leq C_p < 1,33$. Hal ini berarti bahwa proses

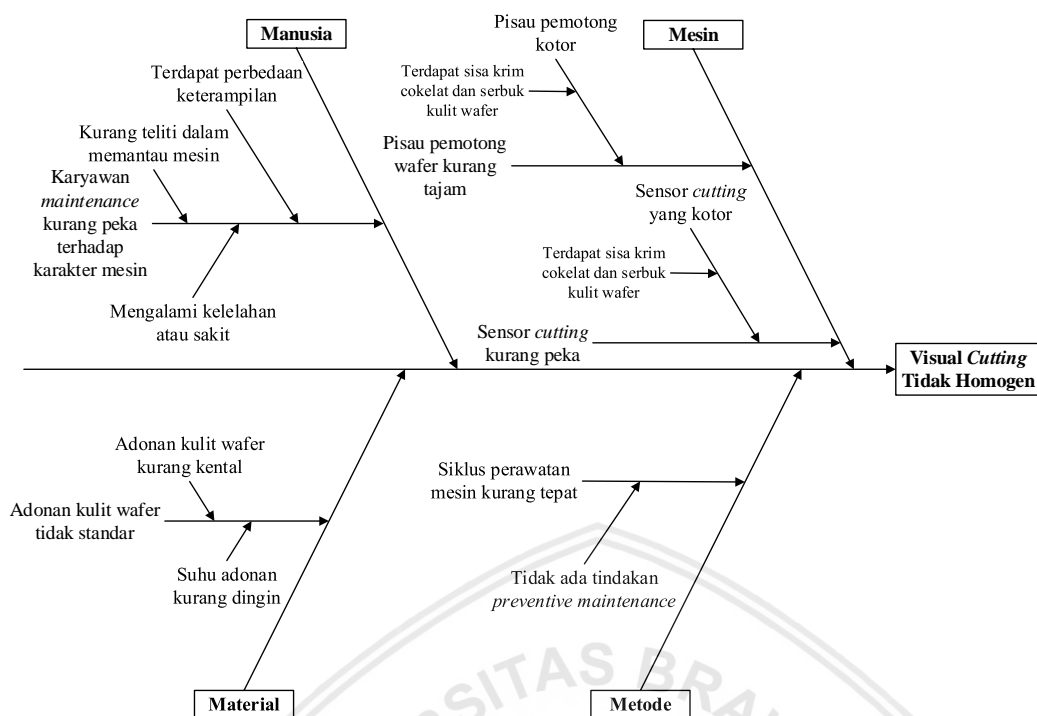
produksi ini dapat dikatakan mampu untuk memenuhi standar yang telah ditetapkan dan dapat memenuhi ekspektasi pelanggan. Namun, proses produksi masih perlu adanya perbaikan untuk meningkatkan kapabilitas prosesnya. Bukti bahwa proses produksi ini masih perlu adanya perbaikan dapat dilihat pada peta kendali $\bar{X} - S$ yang tampak pada Gambar 4.3 hingga Gambar 4.8. Pada peta kendali tersebut masih terlihat bahwa proses masih belum stabil sehingga masih ada yang berada di luar batas kendali serta terdapat penyebab khusus yang mengakibatkan adanya variabilitas pada proses. Oleh karena ini, tindakan perbaikan yang dapat meningkatkan kapabilitas proses diperlukan sehingga dapat mencapai level *Six Sigma* dengan hanya ditemukan 3,4 cacat dalam satu juta peluang atau bahkan *zero defect*.

4.4 Tahap *Analyze*

Tahap yang ketiga, yaitu tahap *analyze* di mana dalam tahap ini akan dilakukan langkah identifikasi sumber penyebab permasalahan pada faktor-faktor yang mempengaruhi *critical-to-quality* yang telah dipilih sebelumnya berdasarkan hasil diagram pareto. Untuk mengetahui akar-akar penyebab terjadinya permasalahan pada temperatur adonan, homogenitas visual *cutting*, dan homogenitas isi krim cokelat, yaitu dengan menggunakan diagram sebab-akibat yang membantu mencari kunci permasalahan dari empat aspek yang terdiri dari personil (*man*), peralatan mesin (*machine*), bahan (*material*), dan metode (*method*). Diagram sebab-akibat digunakan untuk membantu dalam mengidentifikasi akar permasalahan pada penyebab-penyebab umum dalam proses produksi yang menyebabkan adanya variabilitas produk.

4.4.1 Diagram Sebab-Akibat Faktor Homogenitas Visual *Cutting*

Homogenitas visual *cutting* menjadi salah satu faktor yang menyumbang terjadinya panjang wafer yang tidak sesuai standar dan juga berat total wafer yang tidak sesuai standar. Panjang wafer yang tidak sesuai standar terjadi akibat adanya ketidaksamaan ukuran panjang wafer sesuai dengan standar yang ditetapkan setelah proses *cutting*. Panjang wafer yang tidak sesuai standar memiliki kemungkinan untuk dapat berpengaruh terhadap berat total wafer menjadi tidak sesuai standar. Oleh karena itu, digunakan diagram sebab-akibat untuk memperoleh sumber utama dari permasalahan visual *cutting* yang tidak homogen seperti Gambar 4.12 di bawah ini.



Gambar 4.12 Diagram sebab-akibat visual *cutting* tidak homogen

Berdasarkan hasil dari diagram sebab-akibat untuk visual *cutting* yang tidak homogen pada Gambar 4.12, diperoleh kunci utama penyebab permasalahan di masing-masing faktor yang terdiri dari mesin, manusia, metode, dan material. Berikut penjelasan akar penyebab dari masing-masing faktor.

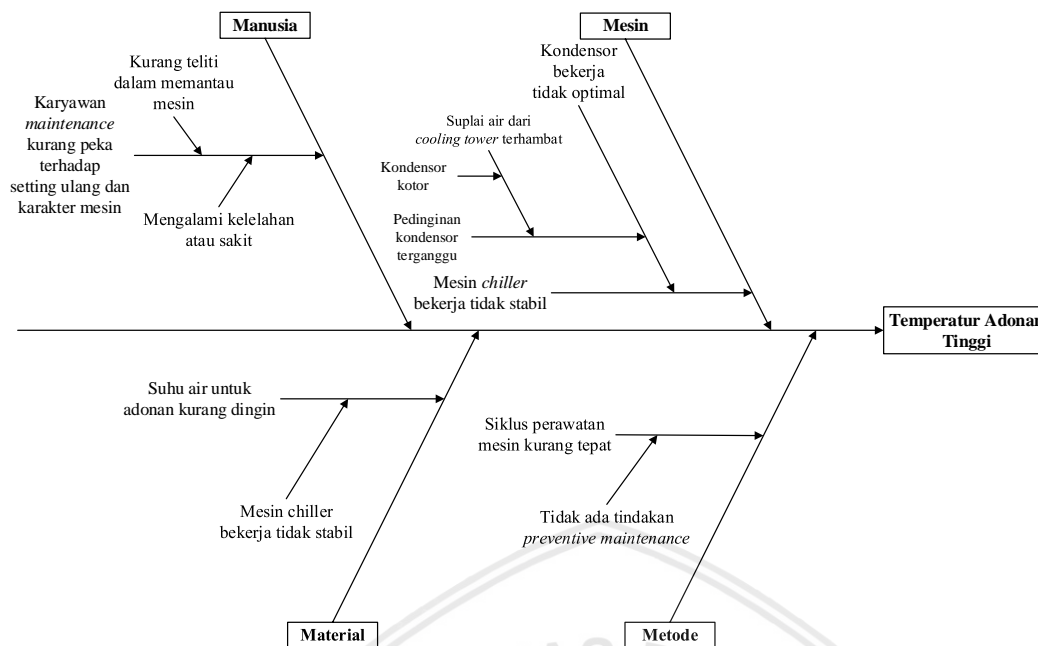
1. Faktor mesin

- a. Permasalahan pada visual *cutting* ini akibat dari adanya sensor yang kurang peka sehingga menyebabkan panjang wafer yang berbeda-beda. Akar penyebab ketidakpekaan sensor *cutting* dikarenakan adanya sisa krim cokelat atau kulit wafer yang menempel pada sensor. Perangkat sensor yang digunakan berupa sensor inframerah dan mikrokontroler. Sensor ini berada pada bagian bawah sebuah terowongan yang akan dilewati oleh gulungan wafer dan bagian atas terowongan terdapat pisau *cutting*. Sensor akan memancarkan sinar inframerah dan akan diterima oleh fototransistor pada pisau *cutting*. Apabila fototransistor menerima sinar inframerah, maka akan diubah menjadi muatan listrik yang akan membuat pisau *cutting* bergerak turun. Ketika proses memotong ini, sisa kulit wafer dan krim cokelat akan jatuh dan mengotori sensor. Kotoran pada sensor akan berpengaruh terhadap kepekaan sensor, masalah ini dibuktikan dengan adanya 30 wafer yang terdiri dari 8 wafer dengan panjang kurang dari 11,7 cm dan 22 wafer dengan panjang lebih dari 12,3 cm dalam sampel yang diambil.

- b. Akar penyebab yang kedua, yaitu adanya sisa krim coklat atau kulit wafer yang menempel pada pisau pemotong. Hal ini membuat mata pisau pemotong menjadi kurang tajam dan mempengaruhi terhadap hasil potongan pada wafer. Ujung wafer yang telah dipotong menjadi kurang rapi akibat adanya cuilan, sehingga panjang wafer menjadi tidak sesuai standar spesifikasi.
2. Faktor manusia
Ketidakpekaan karyawan *maintenance* terhadap karakter mesin wafer *roll* menjadi penyebab visual *cutting* yang tidak homogen. Ketidakpekaan ini menyebabkan karyawan kurang tepat dalam menentukan waktu untuk melakukan pengecekan mesin. Hal ini dikarenakan karyawan yang kurang teliti saat memantau kerja mesin, mengalami kelelahan atau sakit, dan adanya perbedaan keterampilan dalam pemahaman mengenai mesin menjadi akar permasalahan dari faktor manusia.
 3. Faktor metode
Metode yang menjadi permasalahan pada kasus ini adalah tidak adanya tindakan *preventive maintenance*. Ketiadaan jadwal untuk dilakukannya *preventive maintenance* ini menyebabkan tindakan pengecekan pada mesin tidak tepat waktu. Selama ini penanganan mesin oleh karyawan *maintenance* dilakukan hanya ketika mesin bermasalah.
 4. Faktor material
Ketidakseragaman visual hasil *cutting* ditinjau dari segi adonan dikarenakan adonan yang kurang dingin dan kurang kental, sehingga adonan menjadi terlalu lembek dan menyebabkan ujung wafer kurang rapi dan masih ada yang remuk. Dari 30 sampel yang mengalami kecacatan panjang wafer memiliki temperatur adonan rata-rata sebesar 25,9°C dan rata-rata viskositas adonan sebesar 2.890,2 Cps. Meskipun rata-rata temperatur dan viskositas adonan masih berada pada rentang standar, namun karena rentang standar yang terlalu besar menyebabkan adanya variasi terhadap hasil produk wafer Go! Jumbo Chocolate.

4.4.2 Diagram Sebab-Akibat Faktor Temperatur Adonan

Berat *base* wafer yang tidak sesuai standar sebagian besar disebabkan oleh temperatur adonan yang terlalu tinggi. Hal tersebut akan menyebabkan gramatur dari berat *base* wafer menjadi berkurang dan tidak sesuai dengan standar. Oleh karena itu, diagram sebab-akibat ini digunakan untuk mencari tahu sumber utama dari permasalahan temperatur adonan yang tinggi yang ditunjukkan oleh Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Diagram sebab-akibat temperatur adonan tinggi

Gambar 4.13 menunjukkan kunci utama penyebab permasalahan di masing-masing faktor yang terdiri dari mesin, manusia, metode, dan material. Berikut penjelasan akar penyebab dari masing-masing faktor.

1. Faktor mesin

Permasalahan dari faktor mesin dikarenakan mesin *chiller* yang bertugas untuk mendinginkan air yang menjadi salah satu bahan dalam pembuatan adonan kulit wafer berkerja tidak stabil. Hal ini terjadi dikarenakan kondensator yang kotor membuat suhu kondensator meningkat dan suhu air menjadi kurang dingin. Apabila kondensator kotor akan menghambat air yang merupakan *supply* dari *cooling tower* untuk mendinginkan kondensator.

2. Faktor manusia

Ketidakpekaan karyawan *maintenance* terhadap karakter mesin *chiller* menjadi penyebab temperatur adonan yang tinggi. Hal ini dikarenakan karyawan yang kurang teliti saat memantau kerja mesin atau karyawan sedang mengalami kelelahan atau sakit menjadi akar permasalahan dari faktor manusia. Ketika karyawan kurang teliti saat melakukan pengecekan mesin *chiller* menyebabkan pengecekan mesin menjadi kurang maksimal. Sedangkan, saat karyawan mengalami kelelahan atau sedang sakit menyebabkan tindakan pengecekan mesin menjadi tertunda.

3. Faktor metode

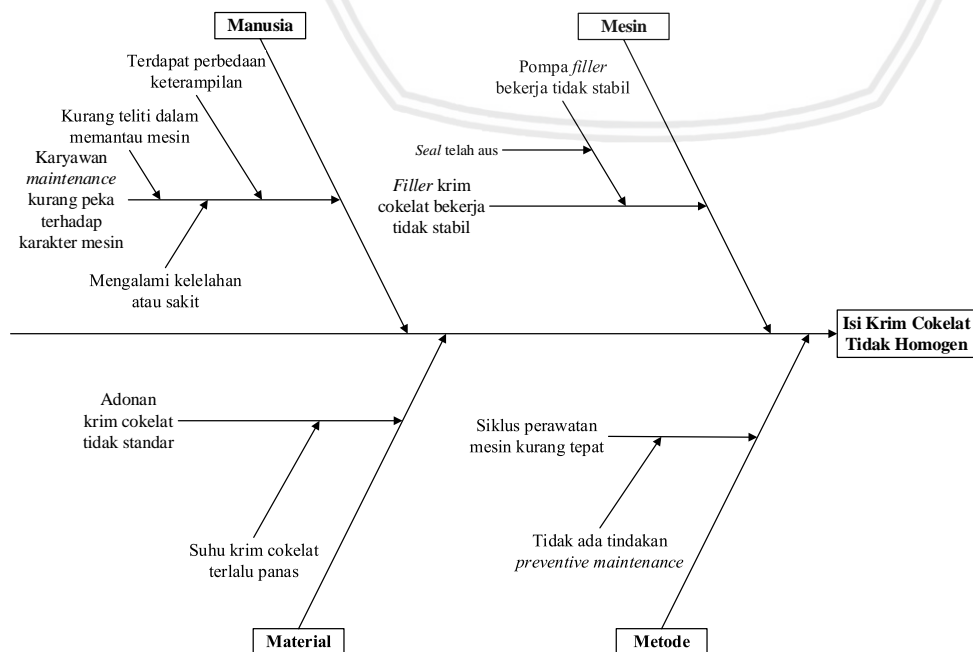
Metode yang menjadi permasalahan pada kasus ini adalah tidak adanya tindakan *preventive maintenance*. Ketiadaan jadwal rutin untuk melakukan tindakan *preventive maintenance* menyebabkan tindakan pengecekan tidak tepat pada waktunya. Selama ini hanya ketika mesin mengalami gangguan atau bermasalah baru mendapat penanganan dari karyawan *maintenance*.

4. Faktor material

Salah satu material yang menjadi bahan dalam *mixing* adonan adalah air bersuhu 10°C - 15°C. Namun, suhu air menjadi lebih tinggi dikarenakan mesin *chiller* bekerja secara tidak stabil. Ketika air yang digunakan memiliki temperatur yang tinggi, hal ini menyebabkan temperatur adonan menjadi lebih tinggi pula, sehingga ketika adonan telah didinginkan selama 30 menit, temperatur adonan masih lumayan tinggi. Rata-rata temperatur adonan dari sampel yang mengalami ketidaksesuaian standar pada berat *base*, yaitu 28,2°C.

4.4.3 Diagram Sebab-Akibat Faktor Homogenitas Isi Krim Cokelat

Homogenitas isi krim cokelat berpengaruh terhadap berat total wafer. Apabila isi krim cokelat terlalu sedikit atau tidak sesuai dengan panjang wafer akan membuat berat total wafer menjadi tidak sesuai. Maka, untuk memperoleh sumber utama dari permasalahan isi krim cokelat yang tidak homogen dengan menggunakan diagram sebab-akibat seperti Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Diagram sebab-akibat isi krim cokelat tidak homogen

Berdasarkan Gambar 4.14 diperoleh kunci utama penyebab permasalahan di masing-masing faktor yang terdiri dari mesin, manusia, metode, dan material. Berikut penjelasan akar penyebab dari masing-masing faktor.

1. Faktor mesin

Permasalahan dari faktor mesin dikarenakan *filler* krim coklat bekerja tidak stabil dikarenakan pompa *filler* yang tidak stabil. Pompa yang tidak stabil ini dikarenakan *seal* yang aus. Ketidakstabilan dari pompa *filler* akan berpengaruh terhadap seberapa banyaknya krim coklat yang akan diinjeksikan pada wafer coklat. Permasalahan ini akan menyebabkan proses *inject* krim coklat menjadi terhambat, sehingga isi krim coklat tidak sesuai dengan panjang coklat.

2. Faktor manusia

Karyawan *maintenance* yang ditugaskan masih belum terlalu peka terhadap karakter mesin menjadi penyebab homogenitas visual krim coklat yang tidak sesuai. Hal ini dikarenakan karyawan yang kurang teliti saat memantau kerja mesin, karyawan sedang mengalami kelelahan atau sakit, dan adanya perbedaan keterampilan dalam pemahaman mengenai mesin menjadi akar permasalahan dari faktor manusia. Ketika karyawan *maintenance* tidak peka terhadap kapan waktu mesin *filler* krim coklat biasanya memerlukan adanya perbaikan, maka akan menyebabkan permasalahan ini terjadi.

3. Faktor metode

Hal utama yang menjadi penyebab terjadinya ketidakhomogenan visual krim coklat dikarenakan tidak adanya *preventive maintenance* pada mesin-mesin produksi yang digunakan. Hal ini menyebabkan jumlah kerugian produksi yang cukup besar, karena ketika sudah terjadi kerusakan mesin akan menyebabkan mesin mengalami *downtime* dan produksi tidak dapat berjalan.

4. Faktor material

Krim coklat yang digunakan sebagai *filler* memiliki suhu yang terlalu tinggi sehingga menyebabkan krim coklat terlalu lembek. Hal ini akan menyebabkan krim coklat yang dipompa ke dalam wafer menjadi meluber sehingga tidak mengisi wafer secara penuh.

Dari hasil analisis di atas, didapatkan akar-akar penyebab permasalahan dari empat faktor dalam diagram sebab-akibat. Setelah mengetahui akar permasalahan apa saja, selanjutnya akan dilakukan penentuan tindakan perbaikan yang akan dijelaskan pada tahap *Improve*.

4.5 Tahap *Improve*

Pada tahap sebelumnya telah ditemukan akar-akar permasalahan pada visual *cutting* yang tidak homogen, temperatur adonan, dan isi krim cokelat yang tidak homogen dengan menggunakan diagram sebab-akibat. Dari situ akan dilakukan tahap penentuan alternatif tindakan perbaikan dari setiap akar-akar masalah yang telah ditemukan dalam tahap *improve* ini. Pemilihan prioritas permasalahan yang akan diselesaikan terlebih dahulu dalam *improve* dilakukan berdasarkan hasil diskusi dengan Ketua Divisi QC dan Divisi Keteknikan. Permasalahan yang paling penting untuk segera diperbaiki adalah dari faktor metode, dikarenakan hal ini berdampak terhadap faktor kinerja mesin. Oleh karena itu perlu adanya penentuan jadwal *preventive maintenance*. Permasalahan yang kedua, yakni dari faktor manusia dikarenakan akan berkaitan dengan adanya jadwal *preventive maintenance* yang baru. Berikut penjelasan untuk masing-masing rencana tindakan perbaikan.

1. Menjalankan *preventive maintenance*.
 - a. Pada tahap ini, *preventive maintenance* dilakukan dengan pembersihan kondensor dari kotoran yang menyumbat air dari *cooling tower*, dan juga dengan adanya *preventive maintenance* dapat dideteksi secara dini kerusakan yang dialami oleh kondensor karena kinerja mesin *chiller* dapat mempengaruhi proses produksi secara keseluruhan. Tindakan *preventive maintenance* juga dilakukan pada komponen mesin wafer *roll*, yaitu pada pisau *cutting* dan sensor *cutting* dengan cara pembersihan dari sisa-sisa krim cokelat maupun kulit wafer yang menempel pada pisau maupun sensor *cutting*, serta dilakukan dengan penggantian *seal* yang aus pada komponen pompa *filler*. Langkah yang pertama yang harus dilakukan dalam penentuan jadwal *preventive maintenance*, yaitu mendata *time between failure* (TBF) dan *time to repair* (TTR) yang diperoleh dari Divisi Keteknikan. Data TBF dan TTR dari pisau *cutting*, sensor *cutting*, kondensor, dan pompa *filler* selama bulan Mei 2018 – April 2019 seperti pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 dan dijabarkan pada Lampiran 6.

Tabel 4.10

Data *Time Between Failure* (TBF) (satuan jam)

Pisau <i>Cutting</i>	Sensor <i>Cutting</i>	Kondensor	Pompa <i>Filler</i>
1.015,7	792	2.185,9	2.388
692,8	915	2.008,9	2.163,6
851,6	1.043,5	2.314	2.408
786,9	915,7		
902,8	1.010,3		
640,4	863,4		
994,5	923		

Pisau Cutting	Sensor Cutting	Kondensor	Pompa Filler
797,9	1.011,9		
613,5			
1.006,7			

Sumber: PT Siantar Top, Tbk (Dokumentasi)

Tabel 4.11

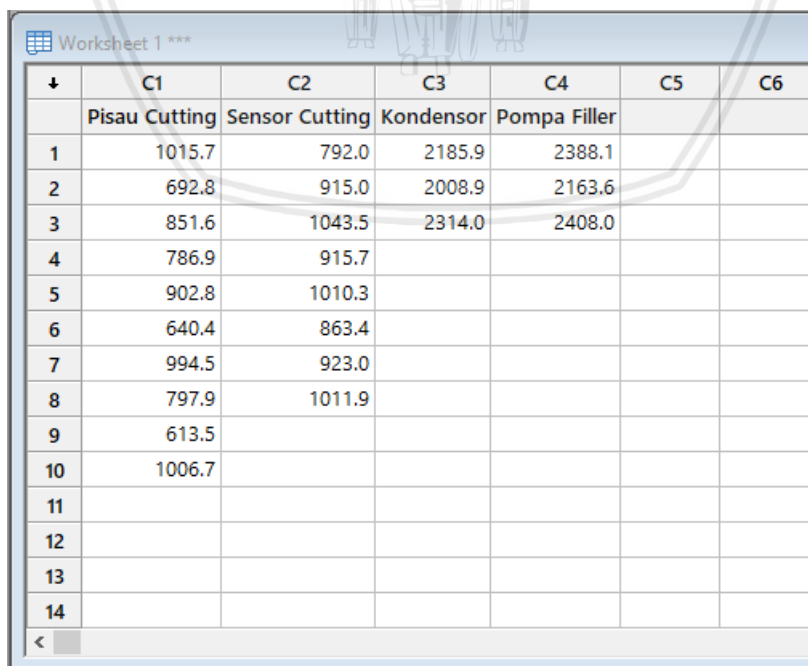
Data Time To Repair (TTR) (satuan jam)

Pisau Cutting	Sensor Cutting	Kondensor	Pompa Filler
0,7	2	6,8	8,1
0,8	2	7,9	6,6
0,6	1,5	8	7
0,9	1,7	7,6	8,3
0,8	2,3		
0,4	1,4		
0,5	2		
0,9	1,9		
0,5	2,4		
0,7			
0,7			

Sumber: PT Siantar Top, Tbk (Dokumentasi)

- b. Langkah kedua, yaitu penentuan distribusi *time between failure* (TBF) pada komponen pisau *cutting*, sensor *cutting*, kondensor, dan pompa *filler*. Contoh urutan langkah pengujian distribusi TBF pada komponen pisau *cutting* menggunakan *software* Minitab 18 akan diuraikan di bawah ini.

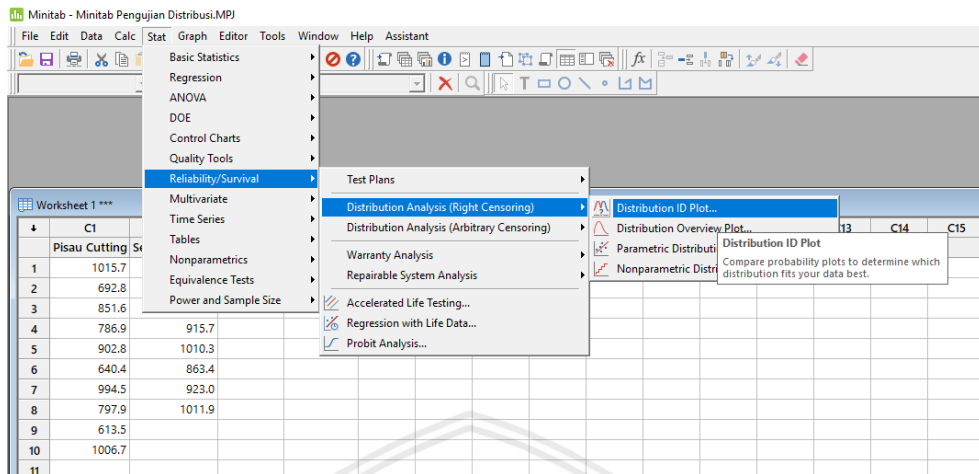
- 1) Meng-*input* data TBF pada *worksheet* yang ada dalam *software* Minitab 18.



	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	Pisau Cutting	Sensor Cutting	Kondensor	Pompa Filler		
1	1015.7	792.0	2185.9	2388.1		
2	692.8	915.0	2008.9	2163.6		
3	851.6	1043.5	2314.0	2408.0		
4	786.9	915.7				
5	902.8	1010.3				
6	640.4	863.4				
7	994.5	923.0				
8	797.9	1011.9				
9	613.5					
10	1006.7					
11						
12						
13						
14						

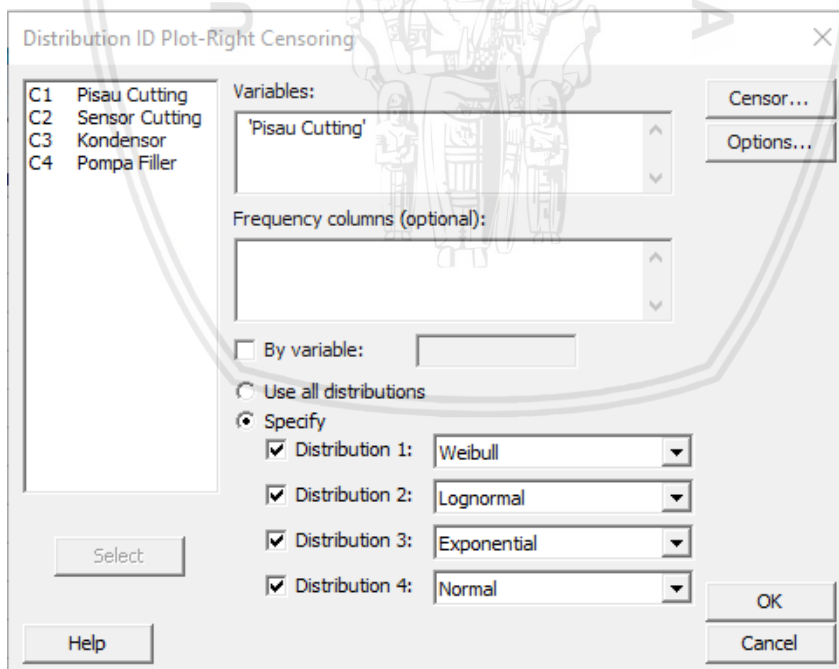
Gambar 4.15 Input data time between failure (TBF) pada worksheet Minitab 18

- 2) Mengolah data TBF dengan cara klik *Stat* → *Reliability/Survival* → *Distribution Analysis (Right Censoring)* → *Distribution ID Plot*



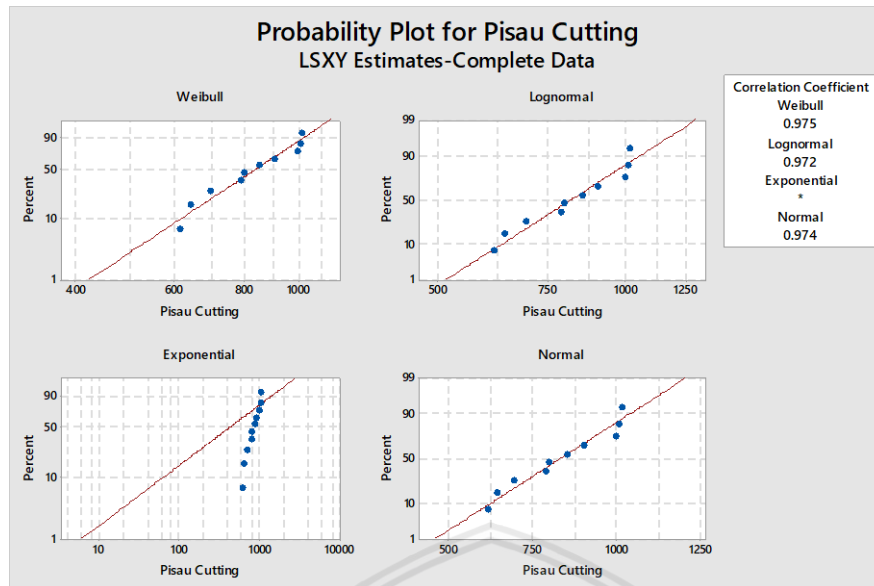
Gambar 4.16 Pengujian distribusi data *time between failure* (TBF) pada Minitab 18

- 3) Memilih data TBF “Pisau Cutting” dengan cara klik *Select* untuk dimasukkan ke dalam kolom *Variables*. Kemudian, klik *Specify* dan pilih distribusi *weibull*, *lognormal*, *exponential*, dan *normal*, lalu klik *OK*. Lakukan pengujian terhadap keempat komponen



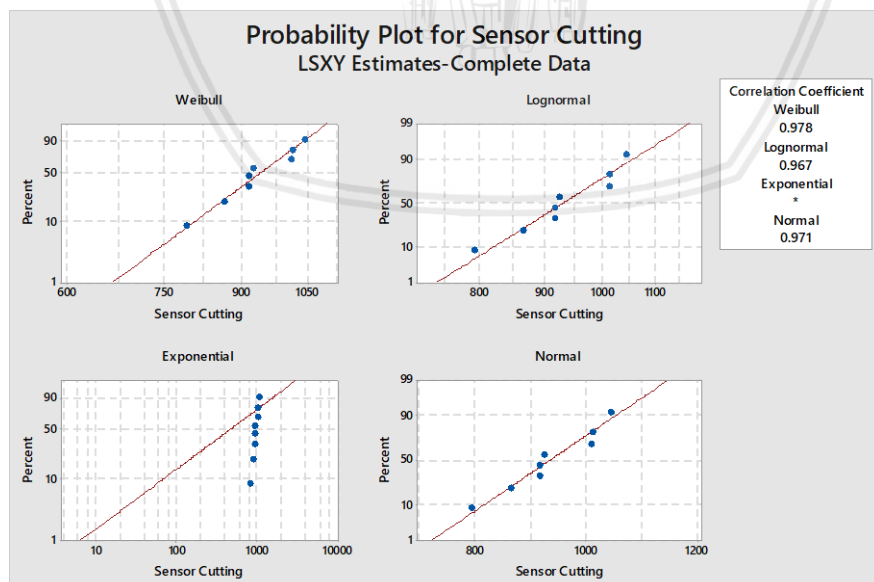
Gambar 4.17 Kotak dialog *Distribution ID Plot-Right Censoring* pada Minitab 18

Proses uji *goodness of fit* pada data TBF akan dilihat berdasarkan nilai *correlative coefficient*. Hasil pengujian distribusi data TBF dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



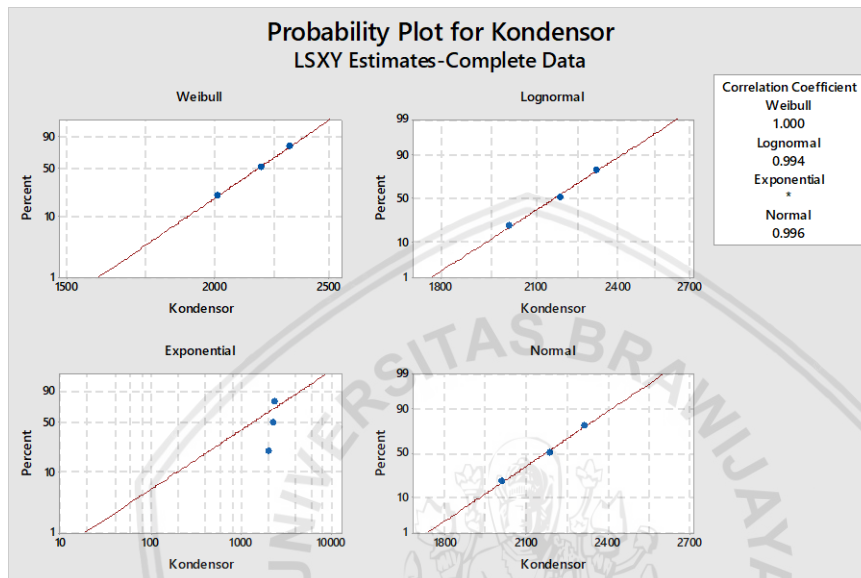
Gambar 4.18 Hasil pengujian distribusi data *time between failure* komponen pisau cutting pada Minitab 18

Berdasarkan Gambar 4.18, diperoleh *correlative coefficient* untuk distribusi *weibull* sebesar 0,975; distribusi *lognormal* sebesar 0,972; distribusi *exponential* yang tidak memiliki *correlation coefficient*, dan distribusi normal sebesar 0,974. Distribusi yang dipilih apabila memiliki *correlative coefficient* terbesar. Oleh karena itu, terpilihlah distribusi *weibull* yang sesuai dengan data TBF pisau cutting dengan nilai *correlative coefficient* sebesar 0,975.



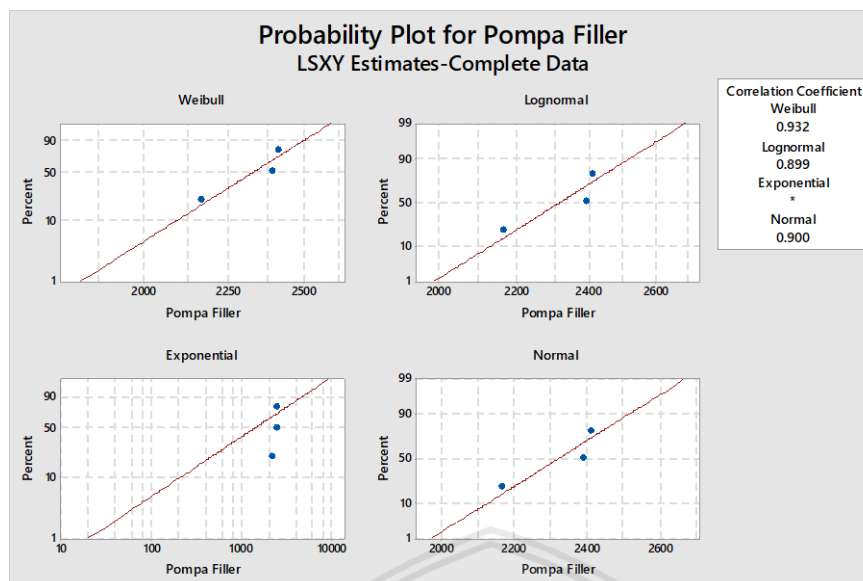
Gambar 4.19 Hasil pengujian distribusi data *time between failure* komponen sensor cutting pada Minitab 18

Dari hasil pengujian distribusi pada data TBF sensor *cutting* diperoleh nilai *correlative coefficient* untuk distribusi *weibull* sebesar 0,978; distribusi *lognormal* sebesar 0,967; distribusi *exponential* tidak memiliki *correlative coefficient*, dan distribusi normal sebesar 0,971. Maka, dapat disimpulkan bahwa data TBF sensor *cutting* berdistribusi *weibull*.



Gambar 4.20 Hasil pengujian distribusi data *time between failure* komponen kondensor pada Minitab 18

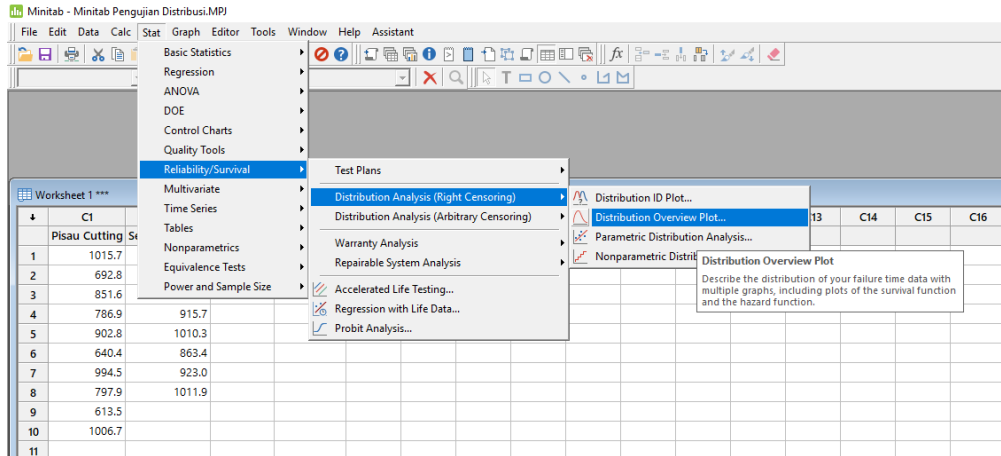
Sedangkan, pada hasil pengujian distribusi untuk data TBF kondensor diperoleh nilai *correlative coefficient* untuk distribusi *weibull* sebesar 1,000; distribusi *lognormal* sebesar 0,994; distribusi *exponential* yang tidak memiliki *correlation coefficient*; dan distribusi normal sebesar 0,996. Oleh karena itu, dipilihlah distribusi *weibull* sebagai distribusi yang sesuai pada data TBF kondensor dengan nilai *correlative coefficient* sebesar 1,000.



Gambar 4.21 Hasil pengujian distribusi data *time between failure* komponen pompa *filler* pada Minitab 18

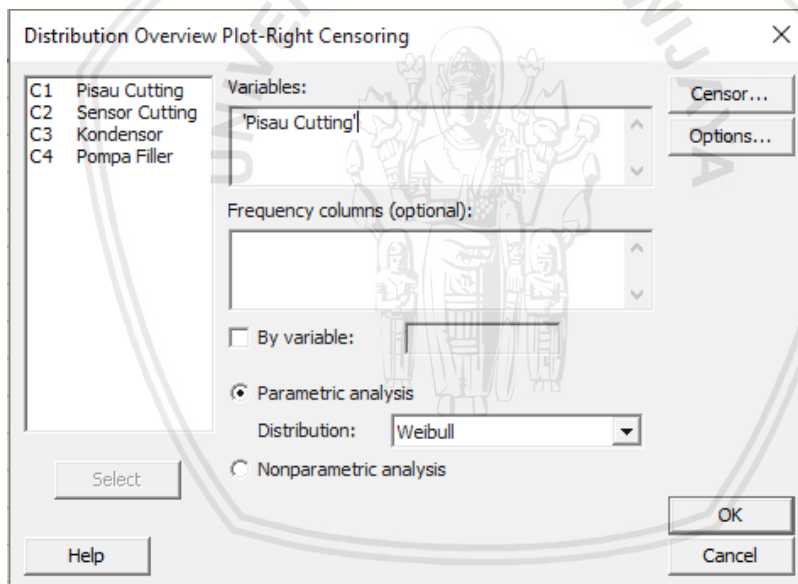
Hasil pengujian distribusi yang terakhir, yaitu data TBF pompa *filler* dengan nilai *correlative coefficient* untuk distribusi *weibull* sebesar 0,932; distribusi *lognormal* sebesar 0,899; distribusi *exponential* yang tidak memiliki *correlation coefficient*; dan distribusi normal sebesar 0,900. Nilai *correlative coefficient* yang terbesar dimiliki oleh distribusi *weibull* dengan nilai 0,932; dapat disimpulkan bahwa data TBF pompa *filler* berdistribusi *weibull*.

- c. Langkah yang ketiga, yaitu penentuan parameter sesuai dengan jenis distribusi pada masing-masing data TBF komponen. Penentuan parameter distribusi juga menggunakan *software* Minitab 18. Urutan langkah penentuan parameter pada *software* Minitab 18 akan diuraikan sebagai berikut.
 - 1) Proses pertama yang dilakukan hampir sama dengan pengujian distribusi, hanya berbeda pada *Distribution Overview Plot*. Penentuan skala distribusi dilakukan dengan cara klik *Stat* → *Reliability/Survival* → *Distribution Analysis (Right Censoring)* → *Distribution Overview Plot*.



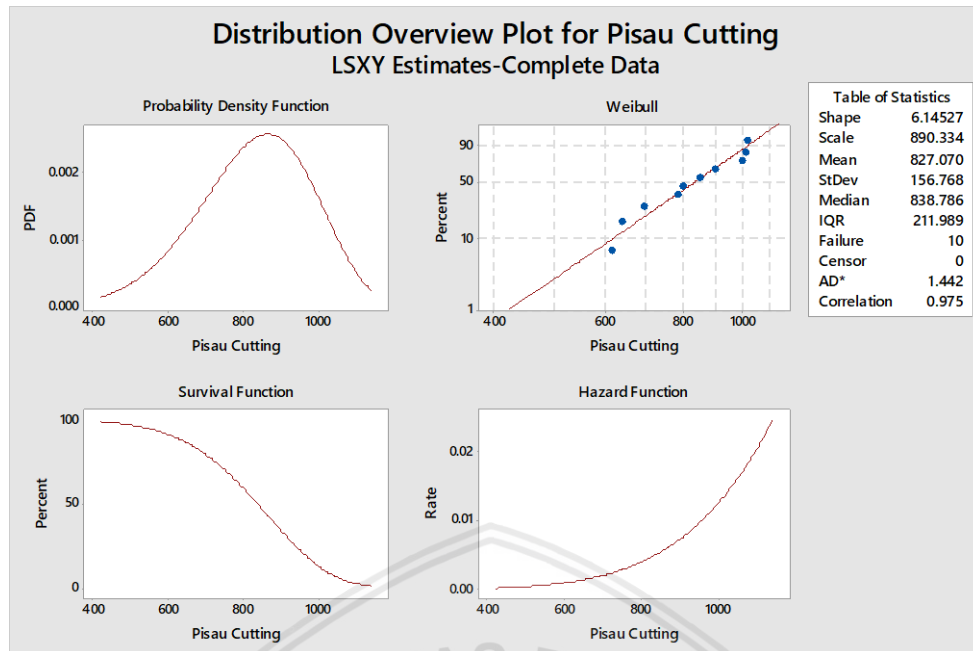
Gambar 4.22 Penentuan parameter distribusi data *time between failure* (TBF) pada Minitab 18

- Memilih data TBF “Pisau Cutting” dengan cara klik *Select* untuk dimasukkan ke dalam kolom *Variables*. Kemudian, klik *Parametric analysis* dan pilih *Weibull*, lalu klik *OK*. Lakukan pengujian terhadap keempat komponen.

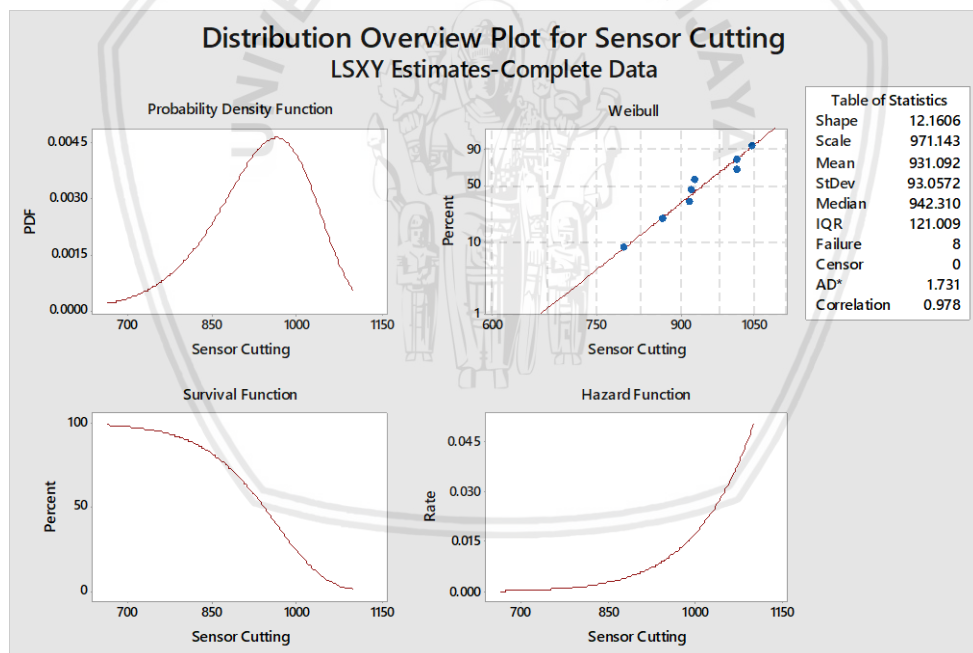


Gambar 4.23 Kotak dialog *Distribution Overview Plot-Right Censoring* pada Minitab 18

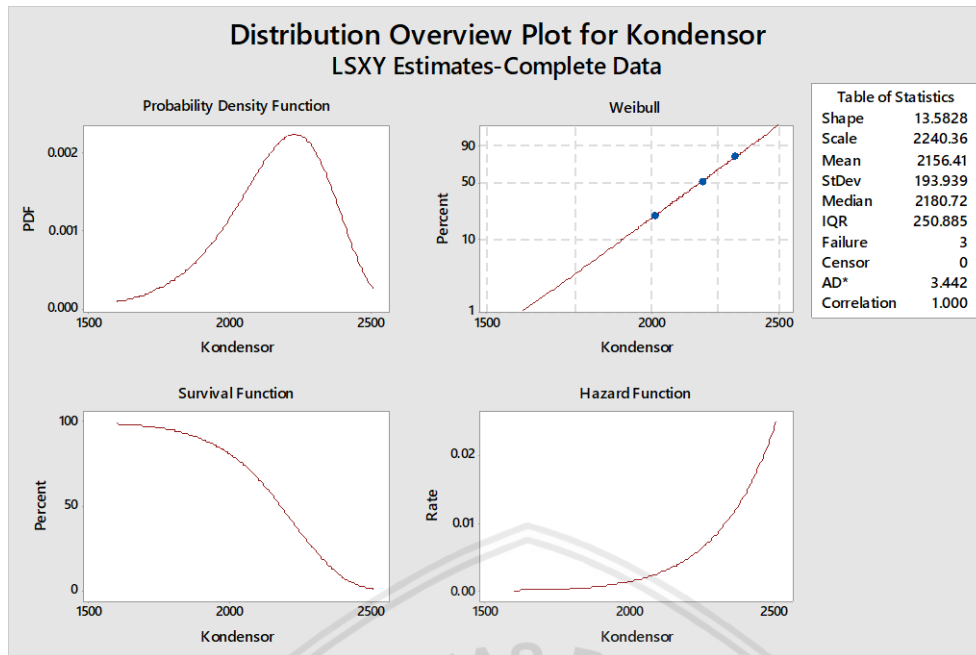
Setelah mengikuti langkah-langkah di atas, akan diperoleh parameter dari distribusi untuk masing-masing komponen. Hasil penentuan parameter data TBF dari langkah-langkah di atas dapat dilihat di bawah ini.



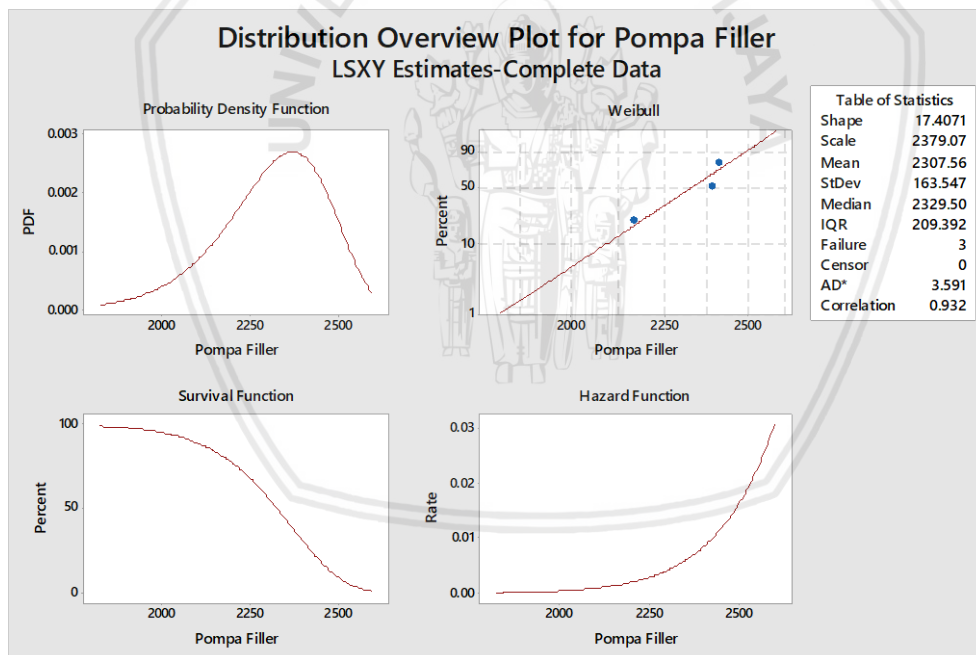
Gambar 4.24 Hasil penentuan parameter distribusi data *time between failure* komponen pisau *cutting* pada Minitab 18



Gambar 4.25 Hasil penentuan parameter distribusi data *time between failure* komponen sensor *cutting* pada Minitab 18



Gambar 4.26 Hasil penentuan parameter distribusi data *time between failure* komponen kondensor pada Minitab 18



Gambar 4.27 Hasil penentuan parameter distribusi data *time between failure* komponen pompa filler pada Minitab 18

Berdasarkan hasil penentuan parameter distribusi data TBF pada masing-masing komponen, diperoleh parameter bentuk (*shape*) dan parameter skala (*scale*) untuk distribusi *weibull*. Berikut merupakan rangkuman parameter bentuk dan parameter skala yang dimiliki oleh masing-masing komponen.

Tabel 4.12

Parameter Distribusi Data *Time Between Failure* (TBF)

Komponen	Jenis Distribusi	Parameter	
		β (Shape)	θ (Scale)
Pisau <i>Cutting</i>	<i>Weibull</i>	6,14527	890,334
Sensor <i>Cutting</i>	<i>Weibull</i>	12,1606	971,143
Kondensor	<i>Weibull</i>	13,5828	2.240,36
Pompa <i>Filler</i>	<i>Weibull</i>	17,4071	2.379,07

- d. Langkah yang keempat, perhitungan *mean time between failure* (MTBF). Nilai MTBF menunjukkan rata-rata interval waktu sesaat setelah komponen selesai diperbaiki hingga komponen tersebut rusak kembali. Contoh perhitungan MTBF pada data TBF pisau *cutting* dengan persamaan 2-15 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 MTBF &= \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \\
 &= (890,334) \Gamma \left(1 + \frac{1}{6,14527} \right) \\
 &= (890,334)(0,95135077) = 847,02 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

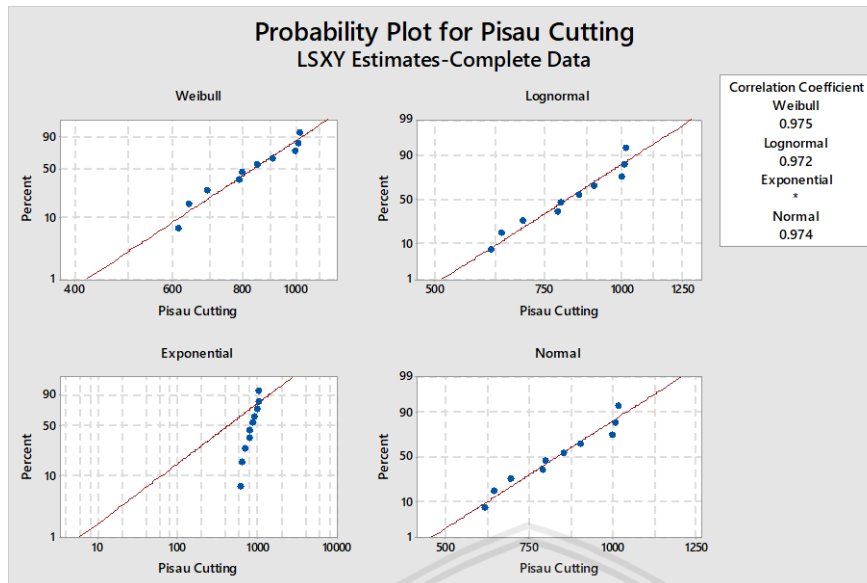
Dengan cara yang sama, maka diperoleh nilai MTBF untuk komponen sensor *cutting*, kondensor, dan pompa *filler* sebagai berikut.

Tabel 4.13

Nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) (satuan jam)

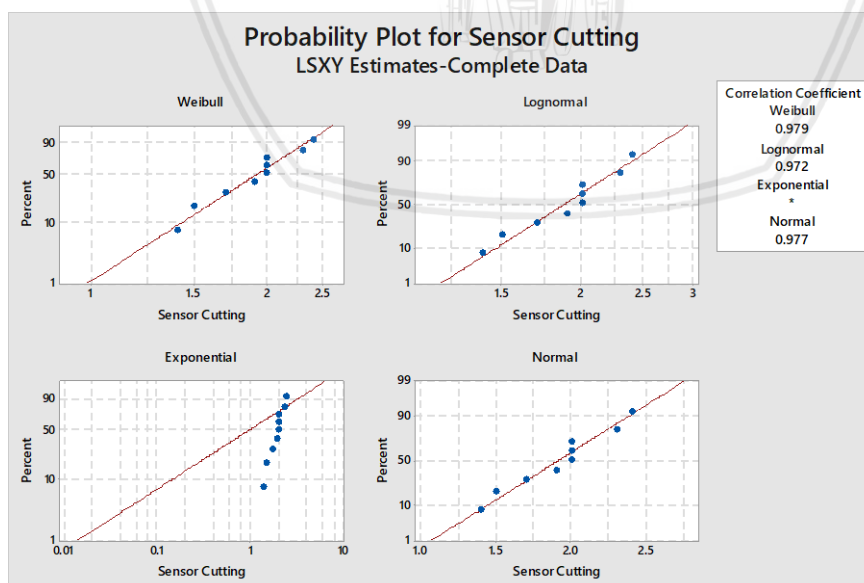
Komponen	<i>Mean Time Between Failure</i>
Pisau <i>Cutting</i>	847,02
Sensor <i>Cutting</i>	971,143
Kondensor	2.240,36
Pompa <i>Filler</i>	2.379,07

- e. Langkah yang kelima, yaitu penentuan distribusi *time to repair* (TTR) pada komponen komponen pisau *cutting*, sensor *cutting*, kondensor, dan pompa *filler*. Urutan proses pengujian distribusi TTR sama dengan pengujian distribusi TBF. Oleh karena itu, diperoleh hasil pengujian distribusi sebagai berikut.



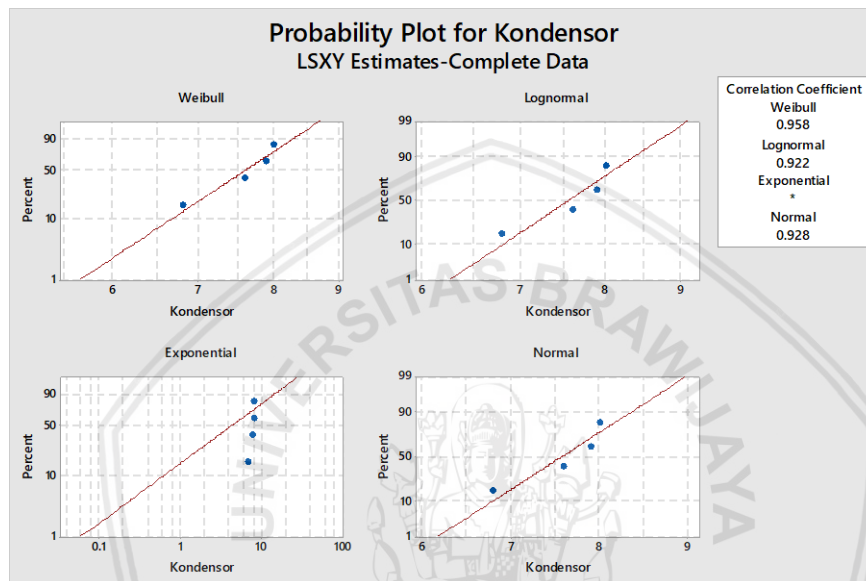
Gambar 4.28 Hasil pengujian distribusi data *time to repair* komponen pisau cutting pada Minitab 18

Berdasarkan Gambar 4.28, diperoleh *correlative coefficient* untuk distribusi *weibull* sebesar 0,975; distribusi *lognormal* sebesar 0,972; distribusi *exponential* yang tidak memiliki *correlation coefficient*; dan distribusi normal sebesar 0,974. Distribusi yang dipilih yang memiliki *correlative coefficient* terbesar, yaitu distribusi *weibull* yang sesuai dengan data TTR pisau cutting dengan nilai *correlative coefficient* sebesar 0,975.



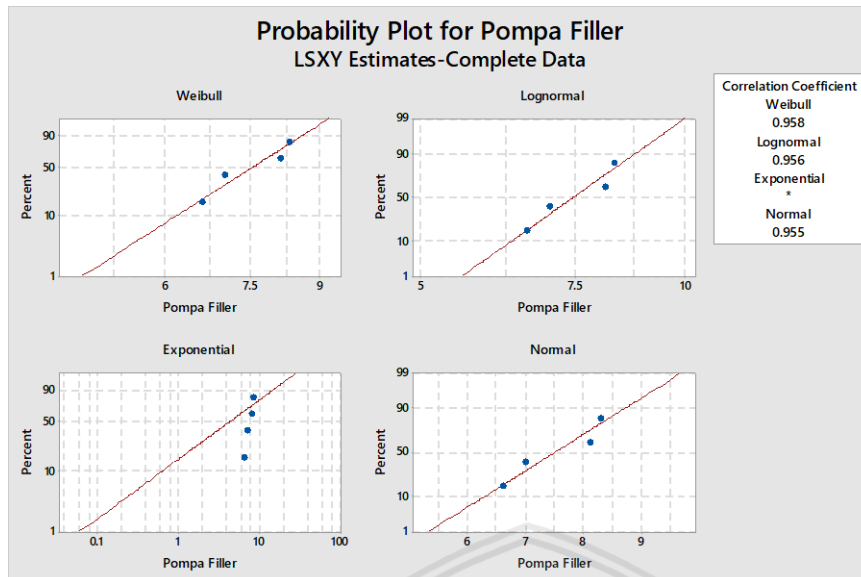
Gambar 4.29 Hasil pengujian distribusi data *time to repair* komponen sensor cutting pada Minitab 18

Dari hasil pengujian distribusi pada data TTR sensor *cutting* diperoleh nilai *correlative coefficient* untuk distribusi *weibull* sebesar 0,979; distribusi *lognormal* sebesar 0,972; distribusi *exponential* yang tidak memiliki *correlation coefficient*; dan distribusi normal sebesar 0,977. Maka, dikarenakan nilai *correlative coefficient* terbesar dimiliki oleh distribusi *weibull*, yakni sebesar 0,977 sehingga dapat disimpulkan bahwa data TTR sensor *cutting* berdistribusi *weibull*.



Gambar 4.30 Hasil pengujian distribusi data *time to repair* komponen kondensor pada Minitab 18

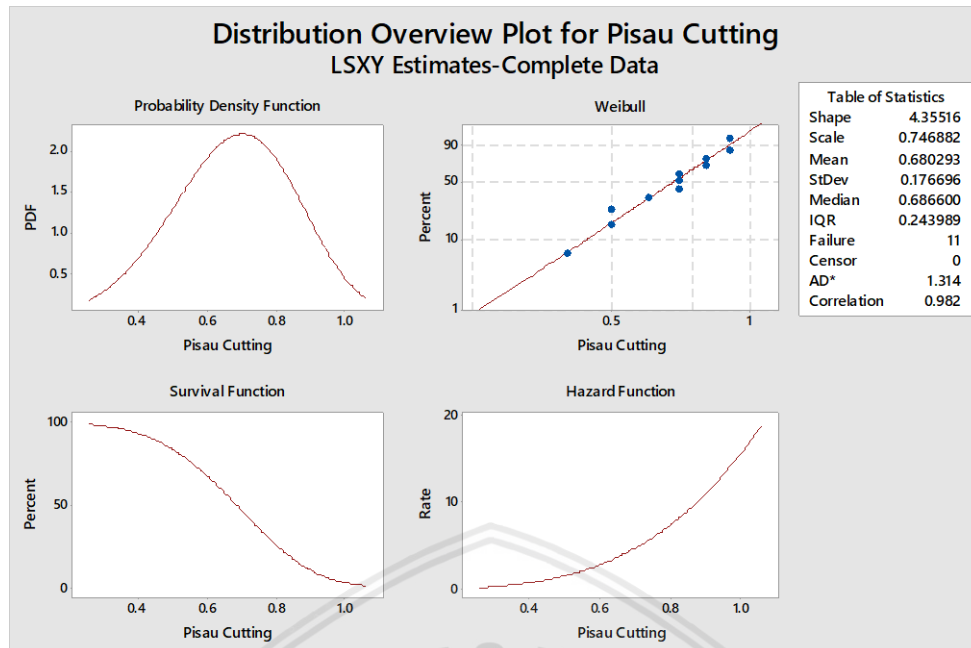
Sedangkan, pada hasil pengujian distribusi untuk data TTR kondensor diperoleh nilai *correlative coefficient* untuk distribusi *weibull* sebesar 0,958; distribusi *lognormal* sebesar 0,922; distribusi *exponential* yang tidak memiliki *correlation coefficient*; dan distribusi normal sebesar 0,928. Oleh karena itu, dipilihlah distribusi *weibull* sebagai distribusi yang sesuai pada data TTR kondensor dengan nilai *correlative coefficient* sebesar 0,958.



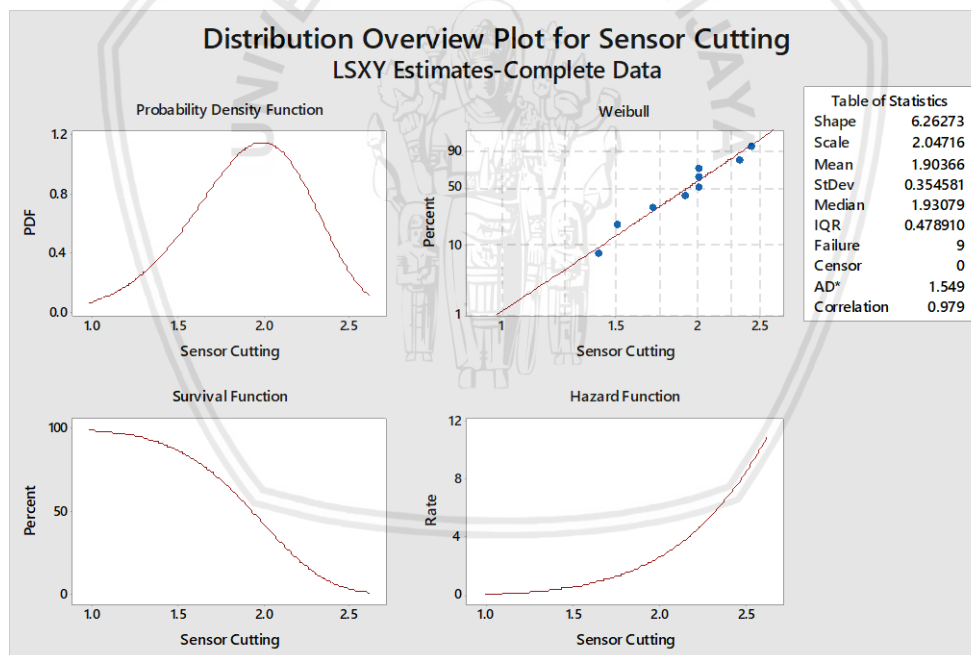
Gambar 4.31 Hasil pengujian distribusi data *time to repair* komponen pompa *filler* pada Minitab 18

Hasil pengujian distribusi yang terakhir, yaitu data TTR pompa *filler* dengan nilai *correlative coefficient* untuk distribusi *weibull* sebesar 0,958; distribusi *lognormal* sebesar 0,956; distribusi *exponential* yang tidak memiliki *correlation coefficient*; dan distribusi normal sebesar 0,955. Nilai *correlative coefficient* yang terbesar dimiliki oleh distribusi *weibull* dengan nilai 0,958, dapat disimpulkan bahwa data TTR pompa *filler* berdistribusi *weibull*.

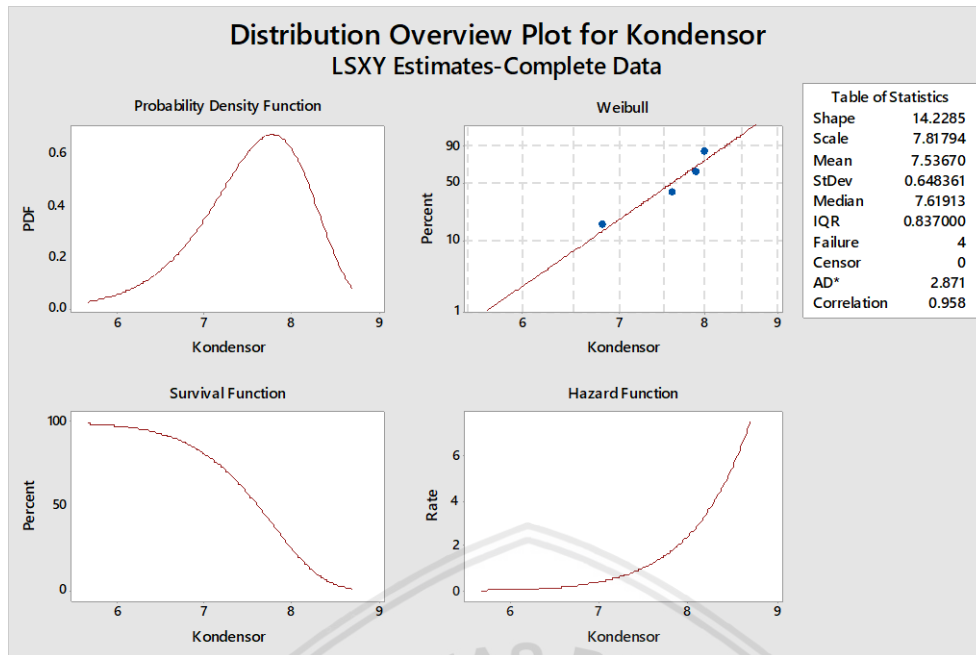
- f. Langkah yang keenam, yaitu penentuan parameter distribusi pada masing-masing data TTR komponen. Urutan langkah penentuan parameter distribusi dengan menggunakan *software* Minitab 18 sama dengan proses penentuan parameter distribusi data TBF. Berdasarkan proses yang telah dilakukan, diperoleh hasil terhadap parameter distribusi dari data TTR komponen seperti di bawah ini.



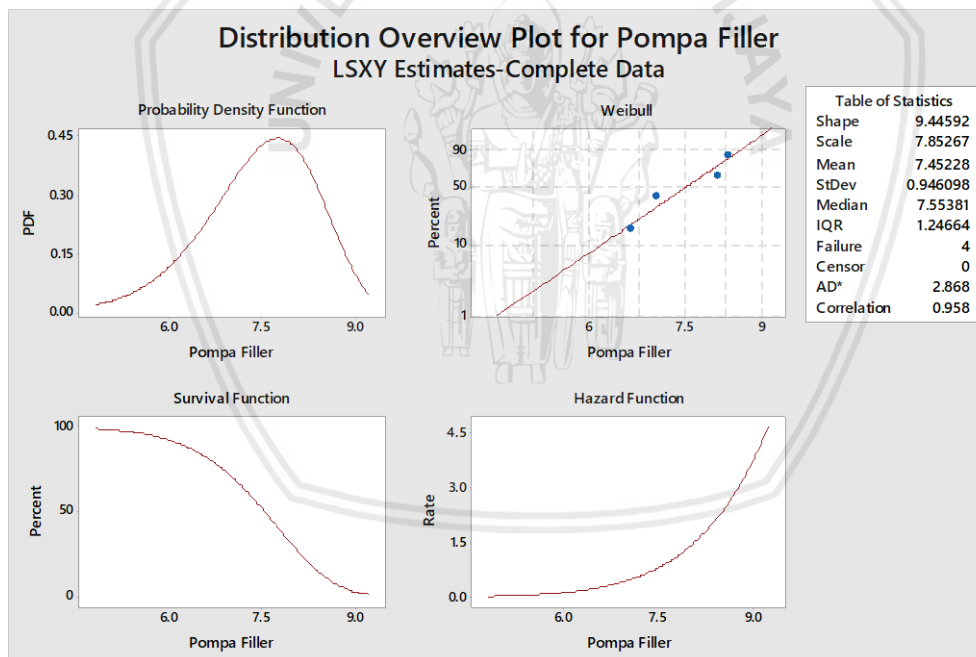
Gambar 4.32 Hasil penentuan parameter distribusi data *time to repair* komponen pisau cutting pada Minitab 18



Gambar 4.33 Hasil penentuan parameter distribusi data *time to repair* komponen sensor cutting pada Minitab 18



Gambar 4.34 Hasil penentuan parameter distribusi data *time to repair* komponen kondensor pada Minitab 18



Gambar 4.35 Hasil penentuan parameter distribusi data *time to repair* komponen pompa filler pada Minitab 18

Berdasarkan hasil penentuan parameter distribusi pada masing-masing data TTR komponen yang seluruhnya berdistribusi *Weibull*, maka diperoleh parameter bentuk (*shape*) dan parameter skala (*scale*). Rangkuman parameter bentuk dan skala yang dimiliki oleh masing-masing data TTR komponen dapat dilihat pada Tabel 4.14 di bawah ini.

Tabel 4.14
Parameter Distribusi Data *Time To Repair* (TTR)

Komponen	Jenis Distribusi	Parameter	
		β (Shape)	θ (Scale)
Pisau <i>Cutting</i>	<i>Weibull</i>	4,35516	0,746882
Sensor <i>Cutting</i>	<i>Weibull</i>	6,26273	2,04716
Kondensor	<i>Weibull</i>	14,2285	7,81794
Pompa <i>Filler</i>	<i>Weibull</i>	9,44592	7,85267

- g. Langkah yang ketujuh, menghitung *mean time to repair* (MTTR). Nilai MTTR ini menunjukkan rata-rata waktu yang diperlukan untuk memperbaiki dari kegagalan sebuah sistem atau komponen. Proses perhitungan MTTR pada data TTR pisau *cutting* dengan menggunakan persamaan 2-16 dicontohkan seperti di bawah ini.

$$\begin{aligned}
 MTTR &= \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \\
 &= (0,746882) \Gamma \left(1 + \frac{1}{4,35516} \right) \\
 &= (0,746882)(0,918168742) = 0,686 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Melalui proses yang sama, diperoleh nilai MTTR untuk komponen sensor *cutting*, kondensor, dan pompa *filler* seperti pada Tabel 4.15 ini.

Tabel 4.15
Nilai *Mean Time To Repair* (MTTR) (satuan jam)

Komponen	<i>Mean Time To Repair</i>
Pisau <i>Cutting</i>	0,686
Sensor <i>Cutting</i>	1,948
Kondensor	7,818
Pompa <i>Filler</i>	7,471

- h. Langkah yang kedelapan, ialah menghitung total biaya perawatan. Dalam perhitungan total biaya perawatan perlu diketahui terlebih dahulu biaya dari tenaga kerja yang digunakan, biaya kerugian produksi yang dialami, dan biaya perbaikan komponen yang diperlukan. Proses perhitungan biaya tenaga kerja, biaya kerugian produksi, dan biaya perbaikan komponen akan diuraikan di bawah ini.

1) Biaya Tenaga Kerja (C_w)

Biaya tenaga kerja ini dikeluarkan untuk membayar tenaga kerja teknisi untuk melakukan *maintenance* sebelum terjadinya suatu kegagalan pada masing-masing komponen. Jumlah tenaga kerja teknisi berjumlah 6 orang yang memiliki jam kerja dalam satu hari yakni 8 jam. Perhitungan biaya tenaga kerja teknisi dijelaskan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16
Biaya Tenaga Kerja Perawatan

No.	Tenaga Kerja Perawatan	Jumlah Tenaga Kerja	Biaya (Rp.)/Hari	Jumlah Gaji (Rp)/Jam
1.	Teknisi mesin wafer <i>roll</i>	3 orang	125.000	15.625
2.	Teknisi mesin <i>chiller</i>	3 orang	125.000	15.625
Jumlah		6 orang	750.000	93.750

Biaya tenaga kerja teknisi yang dibutuhkan per harinya sebesar Rp125.000,00/orang. Untuk melakukan perawatan pada mesin wafer *roll* dilakukan oleh 3 orang teknis. Sedangkan, pada mesin *chiller* juga membutuhkan 3 orang teknisi untuk melakukan perawatan. Apabila dikonversikan menjadi setiap jam, maka jumlah total biaya tenaga kerja perawatan sebesar Rp93.750,00/jam dengan asumsi bahwa tenaga kerja teknisi mesin tersebut *available* untuk melakukan perawatan mesin.

2) Biaya Kerugian Produksi (C_o)

Biaya kerugian produksi merupakan biaya yang timbul akibat adanya *downtime* mesin. Hal tersebut akan berdampak terhadap perusahaan yang akan mengalami kerugian dikarenakan tidak dapat melakukan proses produksi. Di bawah ini akan diuraikan mengenai akibat adanya *downtime* pada mesin wafer *roll* dan mesin *chiller* yang berpengaruh terhadap produksi wafer Go! Jumbo Chocolate pada PT Siantar Top, Tbk

a) Mesin wafer *roll*

Mesin wafer *roll* dapat menghasilkan wafer Go! Jumbo Chocolate sebanyak 60 *pieces*/menit atau 3.600 *pieces*/jam. Dalam pengemasannya, wafer Go! Jumbo Chocolate ini dalam bentuk karton yang dijual seharga Rp76.800,00. Setiap karton berisi 8 duplex, dan setiap duplex berisi 24 *pieces*. Maka setiap karton berisi 192 *pieces* dengan harga Rp400,00. Berikut biaya kerugian produksi akibat adanya *downtime* pada mesin wafer *roll* dengan persamaan 2-26.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya kerugian produksi} &= \text{Kecepatan produksi per jam} \times \text{HPP} \\
 &= 3.600 \text{ pieces/jam} \times \text{Rp}400,00/\text{pieces} \\
 &= \text{Rp}1.440.000,00/\text{jam}
 \end{aligned}$$

b) Mesin *chiller*

Mesin *chiller* merupakan salah satu mesin yang menjadi kunci pada keseluruhan produksi yang menyuplai air dingin untuk membuat adonan dan krim coklat. Apabila mesin *chiller* ini mengalami kerusakan, maka proses produksi tidak dapat dilakukan. Mesin *chiller* ini dapat menghasilkan 60 liter air dingin setiap jam. 36 liter air dibutuhkan untuk membuat satu resep adonan setiap jam dan 145 liter air untuk membuat krim coklat setiap *shift*. Oleh karena itu, harga yang digunakan untuk menghitung biaya kerugian, yaitu harga pokok produksi wafer. Sehingga perhitungan biaya kerugian produksi akibat adanya *downtime* pada mesin *chiller* sama dengan biaya kerugian akibat adanya *downtime* mesin wafer *roll*, yaitu sebesar Rp1.440.000,00/jam.

3) Biaya Pergantian Komponen (C_r)

Apabila terdapat komponen yang mengalami kerusakan dan memerlukan adanya penggantian komponen atau *sparepart*, maka memunculkan adanya biaya pergantian komponen. Pada penelitian ini, yang sering memerlukan adanya pergantian komponen, yaitu mesin wafer *roll* pada komponen *seal* pompa *filler* yang sering aus. Harga *seal* pompa ini sebesar Rp7.900,00.

4) Biaya Perbaikan *Failure* (C_f) dan Biaya Perbaikan *Preventive* (C_p)

Waktu perbaikan *corrective* dihasilkan dari perhitungan *Mean Time To Repair* (MTTR). Waktu perbaikan *preventive* dan waktu perbaikan *corrective* memiliki probabilitas yang sama karena saat dilakukannya tindakan perawatan harus pembongkaran mesin terlebih dahulu seperti perbaikan *corrective* ($T_f = MTTR = T_p$), sehingga biaya perbaikan *failure* sama dengan biaya perbaikan *preventive* ($C_f = C_p$). Berikut contoh perhitungan biaya perbaikan *failure* (C_f) pada komponen pisau *cutting* dengan menggunakan rumus persamaan 2-25.

$$\begin{aligned} C_f &= C_r + ((C_w + C_o) \times MTTR) \\ &= 0 + ((Rp93.750,00 + 1.440.000) \times 0,686) \\ &= Rp1.052.152,5 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan biaya perbaikan *failure* komponen lainnya dengan menggunakan cara yang sama dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17
Hasil Perhitungan Biaya Perbaikan *Failure* Komponen

Komponen	C_r	C_w (Rp/Jam)	C_o (Rp/Jam)	MTTR (jam)	C_f
Pisau <i>Cutting</i>	-	Rp93.750,-	Rp1.440.000,-	0,686	Rp1.052.152,50
Sensor <i>Cutting</i>	-	Rp93.750,-	Rp1.440.000,-	1,948	Rp2.987.745,00
Kondensor	-	Rp93.750,-	Rp1.440.000,-	7,818	Rp11.990.857,50
Pompa <i>Filler</i>	Rp7.900,-	Rp93.750,-	Rp1.440.000,-	7,471	Rp11.466.546,25

Setelah memperoleh C_f atau C_p dari masing-masing komponen, selanjutnya menghitung interval waktu yang optimal untuk melakukan perawatan mesin dengan persamaan 2-24. Berikut contoh perhitungan pada komponen pisau *cutting*.

$$\begin{aligned}
 TM &= \theta \left[\frac{C_p}{C_f(\beta - 1)} \right]^{\frac{1}{\beta}} \\
 &= 890,334 \left[\frac{1.052.152,50}{1.052.152,50 (6,14527 - 1)} \right]^{\frac{1}{6,14527}} \\
 &= 682,01 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan interval waktu optimal untuk melakukan perawatan mesin pada masing-masing komponen diuraikan pada Tabel 4.18 di bawah ini.

Tabel 4.18
Interval Waktu Optimal Tindakan Perawatan

Komponen	C_p atau C_f	β	θ	TM (Jam)
Pisau <i>Cutting</i>	Rp1.052.152,50	6,14527	890,334	682,01
Sensor <i>Cutting</i>	Rp2.987.745,00	12,1606	971,143	796,40
Kondensor	Rp11.990.857,50	13,5828	2.240,36	1.859,30
Pompa <i>Filler</i>	Rp11.466.546,25	17,4071	2.379,07	2.025,85

Berdasarkan Tabel 4.18 di atas, dapat diketahui bahwa interval waktu optimal untuk melakukan tindakan perawatan tertinggi, yaitu pada komponen pompa *filler* dengan melakukan penggantian *seal* pompa. Sedangkan, interval waktu yang terendah, yaitu tindakan perawatan pada komponen pisau *cutting*. Interval waktu ini digunakan untuk jangka waktu dilakukannya penjadwalan kegiatan perawatan rutin.

5) Total Biaya Perawatan (TC)

Perhitungan total biaya perawatan dilakukan berdasarkan interval waktu optimal tindakan perawatan pada masing-masing komponen. Total biaya

perawatan sebelum dan sesudah menggunakan interval waktu perawatan dengan menggunakan rumus 2-23 pada komponen pisau *cutting* sebagai contoh dapat dilihat di bawah ini.

$$\begin{aligned} TC &= C_f F_f + C_m F_m \\ &= C_f \left[\frac{1}{TM} \int_0^{TM} \lambda(t) dt \right] + C_m \left[\frac{1}{TM} \right], \text{ maka} \\ &= \frac{C_f}{\theta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{C_m}{TM} \end{aligned}$$

Di mana $C_m = C_p$ yang berarti biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan tindakan perawatan per siklusnya, maka diperoleh persamaan:

$$TC = \frac{C_f}{\theta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{C_p}{TM}$$

Pada total biaya perawatan sebelum menggunakan interval waktu perawatan, nilai TM diganti dengan nilai MTBF.

- Sebelum menerapkan interval waktu perawatan

$$\begin{aligned} TC_{MTBF} &= \frac{C_f}{\theta^\beta} MTBF^{\beta-1} + \frac{C_p}{MTBF} \\ &= \frac{1.052.152,50}{(890,334)^{6,14527}} (847,02)^{6,14527-1} + \frac{1.052.152,50}{847,02} \\ &= Rp2.156,469/jam \end{aligned}$$

- Setelah menerapkan interval waktu perawatan

$$\begin{aligned} TC_{TM} &= \frac{C_f}{\theta^\beta} TM^{\beta-1} + \frac{C_p}{TM} \\ &= \frac{1.052.152,50}{(890,334)^{6,14527}} (682,01)^{6,14527-1} + \frac{1.052.152,50}{682,01} \\ &= Rp1.842,569/jam \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan total biaya perawatan sebelum menerapkan interval waktu perawatan dan setelah menerapkan interval waktu perawatan dapat dilihat pada Tabel 4.19 di bawah ini.

Tabel 4.19

Perhitungan Total Biaya Perawatan Komponen

Komponen	MTBF (Jam)	TM (Jam)	TC MTBF (Per Jam)	TC TM (Per Jam)
Pisau <i>Cutting</i>	847,02	682,01	Rp2.156,469	Rp1.842,569
Sensor <i>Cutting</i>	971,143	796,40	Rp6.153,049	Rp4.087,729
Kondensor	2.240,36	1.859,30	Rp10.704,402	Rp6.961,660
Pompa <i>Filler</i>	2.379,07	2.025,85	Rp9.639,520	Rp6.005,110

Tabel 4.19 menunjukkan perbandingan hasil perhitungan total biaya perawatan sebelum dan sesudah menerapkan interval waktu perawatan pada masing-masing komponen. Penerapan interval waktu dilakukannya tindakan perawatan menghasilkan nilai $TC_{TM} < TC_{MTBF}$. Kondesor memiliki total biaya perawatan tertinggi sebesar Rp6.961,660/jam dan pisau *cutting* memiliki total biaya perawatan terendah sebesar Rp1.842,569/jam.

2. Menambahkan mesin *Air Conditioner* (AC)

Setelah proses *mixing* adonan, terdapat proses *aging* selama 30 menit untuk mendinginkan suhu adonan yang selesai diaduk. Selama ini, proses dilakukan di ruangan tanpa AC dan bergantung pada temperatur udara lingkungan sekitar. Oleh karena itu dengan menambahkan 2 unit mesin AC pada ruangan akan membantu proses *aging* lebih cepat dan tidak akan terpengaruh oleh kondisi temperatur lingkungan pabrik itu sendiri.

3. Mempersempit rentang spesifikasi produk

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan peta kendali $\bar{X} - S$, terdapat data produk yang berada di luar batas kendali, namun masih berada pada batas spesifikasi. Hal ini menunjukkan ada peningkatan kinerja proses produksi yang semakin baik karena semakin sempitnya tingkat variabilitas produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu adanya pembaharuan standar spesifikasi produk yang terdiri dari panjang wafer, berat *base* wafer, dan berat total wafer. Panjang wafer sebaiknya dipersempit dengan rentang sebesar 11,8 – 12,1 cm yang diperoleh dari nilai rata-rata panjang wafer yang paling kecil dan yang paling besar dari setiap subgrup tanggal pengamatan. Spesifikasi berat *base* wafer dipersempit dengan nilai rentang antara 3,5 – 3,8 gram yang diperoleh dari rata-rata berat *base* wafer terkecil dan terbesar dari masing-masing subgrup tanggal pengamatan. Terakhir, berat total wafer juga sebaiknya dipersempit spesifikasinya antara nilai 10,6 – 10,8 gram yang juga diperoleh dari rata-rata berat total wafer yang terbesar dan terkecil dari setiap subgrup tanggal pengamatan. Pembaharuan standar spesifikasi akan membantu perusahaan untuk semakin berfokus pada keseragaman produk dengan mengatur proses produksi pada rentang standar yang semakin sempit, sehingga diharapkan produk yang akan dihasilkan akan semakin rendah tingkat variabilitasnya.

4. Mengadakan pelatihan pada karyawan *maintenance*

Pelatihan pada karyawan *maintenance* berfungsi untuk meningkatkan pemahaman akan sistem kerja mesin produksi dan kemampuan untuk merawat serta memperbaiki

mesin produksi tersebut. Selain itu, adanya pelatihan karyawan *maintenance* diharapkan dapat meningkatkan kepekaan terhadap karakter masing-masing mesin dan pengaruhnya pada kualitas produk wafer Go! Jumbo Chocolate. Pelatihan yang dilakukan berbentuk *on the job training* di mana karyawan *maintenance* akan dilatih oleh karyawan yang lebih berpengalaman untuk merawat dan memperbaiki mesin secara langsung di stasiun kerja. Tindakan pelatihan *maintenance* berupa pembongkaran dan pemasangan komponen mesin sehingga dapat mengetahui cara mengganti komponen yang telah rusak, serta melakukan pembersihan mesin dengan cara yang tepat. Pelatihan karyawan seperti ini juga harus rutin dilakukan setiap beberapa bulan sekali dalam jangka waktu satu tahun minimal 3 kali agar semakin meningkatkan kemampuan di antara seluruh karyawan *maintenance*.

**LEMBAR EVALUASI PESERTA PELATIHAN
(ON THE JOB TRAINING)**

Nama Peserta : _____
Program Pelatihan : _____

Hasil Evaluasi

No.	Unit Kompetensi	Capaian Kompetensi (*)			Keterangan
		K	C	B	
1.	Pemahaman mengenai bagian-bagian dan sistem kerja mesin				
2.	Kemampuan melaksanakan tugas sesuai dengan materi pelatihan yang diterima				
3.	Kemampuan penguasaan alat sesuai dengan materi pelatihan yang diterima				
4.	Mutu hasil pekerjaan setelah mengikuti pelatihan				
5.	Kemampuan menyebarimaskan pengetahuan dan keterampilan kepada reka-rekan kerja tentang materi pelatihan dan pendidikan				

Keterangan:
(*) : centang pada kolom sesuai dengan penilaian
K = Kurang
C = Cukup
B = Baik

_____/ /20_____
Tenaga Pelatih

()

Gambar 4.36 Lembar evaluasi peserta pelatihan

5. Membuat daftar riwayat mesin

Pembuatan daftar riwayat mesin terdiri dari lembar daftar riwayat tindakan *preventive maintenance* yang telah dilakukan berupa pengecekan dan pembersihan mesin sesuai dengan interval waktu jadwal *preventive maintenance* yang telah dihitung. Lembar yang kedua, yakni daftar riwayat *breakdown* mesin apabila terjadi kerusakan parah hingga perlu adanya penggantian komponen mesin. Tujuan dari adanya daftar

4.6 Pembahasan

Analisis dari proses upaya untuk menurunkan cacat pada produk wafer Go! Jumbo Chocolate di PT Siantar Top, Tbk akan diuraikan pada subbab pembahasan ini. Metode yang digunakan, yakni dengan metode *Six Sigma* yang terdiri dari tahapan DMAI (*Define, Measure, Analyze, dan Improve*). Metode ini digunakan untuk mencapai tujuan di mana hanya ditemukan 3,4 cacat dari satu juta peluang bahkan hingga cacat *zero defect*.

Wafer Go! Jumbo Chocolate ini merupakan salah satu produk dari PT Siantar Top, Tbk yang sering mengalami cacat, di mana cacat yang sering terjadi adalah panjang wafer, berat *base* wafer, dan berat total wafer yang tidak sesuai standar. Apabila jenis-jenis cacat ini tidak segera ditindaklanjuti, akan berdampak pada kualitas produk wafer sehingga banyak yang di-*reject*. Hal ini akan berpengaruh terhadap tingkat keuntungan yang akan diperoleh oleh perusahaan.

Tahap pertama yang dilakukan, yakni tahap *define* dengan menjelaskan tahapan proses produksi yang dilakukan dalam pembuatan wafer Go! Jumbo Chocolate. Lalu mengidentifikasi produk yang mengalami kecacatan. Dari hasil identifikasi telah ditemukan bahwa wafer Go! Jumbo Chocolate mengalami empat jenis cacat, yaitu panjang wafer, diameter wafer, berat *base* wafer, dan berat total wafer yang tidak sesuai standar. Keempat jenis cacat tersebut muncul ketika keempat aspek tersebut tidak memenuhi standar spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Kemudian, mengidentifikasi *critical-to-quality* (CTQ) untuk mengetahui karakteristik dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas produk wafer Go! Jumbo Chocolate. *Critical-to-quality* yang teridentifikasi terkait dengan pengendalian kualitas *output* produk, yakni panjang wafer, diameter wafer, berat *base* wafer, dan berat total wafer. Masing-masing CTQ tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor dalam pemenuhannya. Faktor-faktor tersebut terdiri dari viskositas adonan, temperatur adonan, temperatur oven, frekuensi *input* listrik penggerak roda oven, temperatur krim, homogenitas visual *cutting*, dan homogenitas isi krim coklat. Pada faktor viskositas adonan hingga homogenitas visual krim coklat memiliki ukuran standar yang telah ditetapkan untuk menjadi acuan saat dilakukan pengecekan dan pengukuran secara langsung terhadap kualitas wafer secara satu per satu sampel. Pada faktor homogenitas visual *cutting* dan homogenitas isi krim dicek secara bersamaan per lima sampel wafer yang diambil.

Tahap yang kedua, yakni tahap *measure* dengan mengukur pada tingkat proses terlebih dahulu pada setiap faktor yang berpengaruh terhadap kualitas wafer (*critical-to-quality*). Pengukuran tingkat proses yang dilakukan terdiri dari pengukuran pada viskositas adonan, temperatur adonan, pengukuran temperatur oven, frekuensi *input* listrik penggerak roda

oven, temperatur krim coklat, pengecekan homogenitas visual *cutting* dan isi krim coklat. Pada pengukuran tingkat proses ini juga melihat pengaruh faktor tersebut munculnya jenis cacat. Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran secara langsung pada bulan April 2019, ternyata ditemukan tiga dari empat jenis cacat yang muncul. Langkah selanjutnya menentukan faktor yang menjadi kunci pada masing-masing CTQ wafer Go! Jumbo Chocolate. Penentuan faktor kunci pada masing-masing jenis cacat dengan menggunakan diagram pareto. Berdasarkan hasil diagram pareto, diperoleh faktor kunci pada jenis cacat panjang wafer yang tidak sesuai standar adalah homogenitas visual *cutting* yang berarti bahwa sering terjadi perbedaan visual hasil *cutting* pada setiap lima sampel wafer yang diambil. Perbedaan visual yang terjadi dapat berupa panjang yang tidak sama dari hasil *cutting* pada bagian ujung wafer. Faktor kunci pada jenis cacat berat *base* wafer yang tidak sesuai standar adalah temperatur adonan yang berarti bahwa cacat berat *base* wafer banyak disebabkan oleh adanya temperatur adonan yang tidak sesuai standar. Sedangkan, faktor kunci pada jenis cacat berat total wafer tidak sesuai standar adalah homogenitas isi krim coklat yang berarti bahwa cacat pada berat total wafer terjadi akibat isi krim coklat per lima sampel yang tidak sama. Langkah ketiga melakukan pengukuran pada tingkat *output* dengan menggunakan peta kendali $\bar{X} - S$. Berdasarkan hasil peta kendali \bar{X} pada panjang wafer, terdapat satu data *out of control* pada tanggal 18 April dan pada peta kendali S tidak terdapat data *out of control*. Pada peta kendali \bar{X} untuk berat *base* wafer, terdapat satu data *out of control* pada tanggal 18 April dan pada peta kendali S terdapat tujuh data *out of control*, yaitu pada tanggal 13 April, 14 April, 17 April, 23 April, 24 April, 29 April, dan 30 April. Pada peta kendali \bar{X} untuk berat total wafer tidak terdapat data *out of control* dan pada peta kendali S terdapat dua data *out of control*, yaitu tanggal 14 April dan 24 April. Data *out of control* ini masih sebenarnya masih berada pada batas spesifikasi perusahaan. Hal ini mengindikasikan bahwa proses produksi telah mampu menghasilkan produk dengan rata-rata yang berada di dalam rentang spesifikasi. Oleh karena itu, perlu adanya pembaharuan standar spesifikasi dengan rentang yang semakin sempit agar kualitas produk semakin homogen. Namun, adanya data *out of control* dapat menjadi indikasi bahwa masih adanya penyebab khusus yang terjadi dan dapat diketahui secara langsung. Selain itu, fluktuasi data mengindikasikan adanya penyebab-penyebab umum dalam kinerja proses produksi yang perlu adanya penanganan lebih lanjut untuk meminimalisir variabilitas. Penyebab umum tersebut dapat telusuri dengan diagram sebab-akibat. Langkah pengukuran yang keempat dengan menghitung *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) dan *sigma level*. Hasil perhitungan DPMO diperoleh sebesar 57.460,3175 dan *sigma level* senilai 3,1484. Langkah

pengukuran yang terakhir adalah pengukuran kapabilitas proses, di mana nilai rata-rata kapabilitas prosesnya sebesar 1,0495. Meskipun proses produksi dapat dikatakan mampu untuk memenuhi standar, dan namun tetap perlu adanya tindakan perbaikan untuk mencapai tujuan *sig sigma* dengan 3,4 cacat per satu juta peluang bahkan mencapai *zero defect*.

Tahap ketiga adalah tahap *analyze* dengan menggunakan diagram sebab-akibat untuk menganalisis akar masalah yang menjadi pemicu terjadinya permasalahan pada faktor kunci yang telah diperoleh dari diagram pareto sebelumnya. Masing-masing faktor kunci dianalisis terhadap empat aspek, yaitu aspek mesin, manusia, metode, dan material. Pada aspek mesin ditemukan akar permasalahan terletak pada pisau *cutting*, sensor *cutting*, kondensor mesin *chiller* dan pompa filler krim cokelat. Aspek manusia yang menjadi akar permasalahan terletak pada kurang ketelitian karyawan, perbedaan kompetensi, dan kelelahan atau sakit. Pada aspek metode berasal dari tidak adanya tindakan *preventive maintenance* yang menjadi akar permasalahan. Sedangkan, pada aspek material berasal terjadi karena suhu adonan baik adonan kulit wafer dan krim cokelat yang kurang dingin dan kekentalan adonan kulit wafer yang kurang sesuai standar.

Dan tahap terakhir pada penelitian ini adalah tahap *improve*. Rancangan yang pertama untuk memperbaiki permasalahan yang muncul adalah dengan menerapkan *preventive maintenance*. *Preventive maintenance* diawali dengan mendata *time between failure* (TBF) dan *tim to repair* (TTR) pada komponen pisau *cutting*, sensor *cutting*, kondensor, dan pompa *filler*. Kemudian, menentukan jenis distribusi dan parameternya pada data TBF dan TTR masing-masing komponen, di mana seluruhnya berdistribusi *weibull*. Selanjutnya, menghitung *mean time between failure* (MTBF) dan *mean time to repair* (MTTR) dari masing-masing komponen. Lalu menghitung total biaya perawatan yang diperlukan dengan dipengaruhi oleh biaya tenaga kerja teknisi, biaya kerugian produksi saat mesin *breakdown*, biaya pergantian komponen, dan biaya *failure* serta biaya perbaikan *preventive*. Dari beberapa biaya tersebut dapat menentukan interval waktu yang optimal untuk melakukan siklus perawatan mesin produksi. Dan terakhir dengan membandingkan total biaya perawatan sebelum dan sesudah menerapkan jadwal *preventive maintenance*. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh bahwa total biaya perawatan setelah menerapkan jadwal *preventive maintenance* memiliki nilai yang lebih rendah daripada hanya menerapkan perawatan yang reaktif ketika terjadi kerusakan saja, dengan nilai total biaya setelah menerapkan *preventive maintenance* untuk komponen pisau *cutting* sebesar Rp1.844,230/jam dengan interval waktu setiap 681,44 jam, komponen sensor *cutting* sebesar Rp4.097,208/jam dengan interval waktu setiap 794,70 jam, komponen kondensor sebesar

Rp6.990,145/jam dengan interval waktu setiap 1.852,27, dan komponen pompa *filler* sebesar Rp6.024,652/jam dengan interval waktu setiap 2.019,39 jam. Rancangan perbaikan yang kedua adalah dengan menambahkan 2 unit mesin *Air Conditioner* (AC) pada stasiun *mixing* adonan untuk membantu proses *aging* pada adonan yang telah selesai diaduk tanpa perlu terpengaruh oleh temperatur lingkungan pabrik. Rancangan perbaikan yang ketiga, yakni dengan memperbaharui rentang standar spesifikasi produk dengan panjang wafer sebesar 11,8 – 12,1 cm; berat *base* wafer sebesar 3,5 – 3,8 gram; dan berat total wafer sebesar 10,6 – 10,8 gram. Pembaharuan standar ini berguna untuk membantu perusahaan agar lebih berfokus pada keseragaman produk dan meminimasi variabilitas dengan mengatur kinerja proses produksi yang semakin detail dan rentang yang sempit. Rancangan perbaikan keempat, yakni mengadakan pelatihan pada karyawan *maintenance* guna menyamaratakan kompetensi dalam memahami karakter mesin dan cara merawat serta memperbaikinya. Setelah dilakukan pelatihan, dibuat lembar evaluasi peserta yang mengikuti pelatihan tersebut. Selama ini, pelatihan hanya satu kali dan dilakukan hanya pada karyawan baru, sehingga menyebabkan kurangnya pemahaman yang lebih mendetail terhadap karakter mesin serta masalah-masalah kerusakan mesin yang dihadapi, selebihnya bisa ditanyakan ketika sedang berada pada kondisi mesin rusak dan butuh perbaikan secara langsung di lapangan. Oleh karena itu, perlu adanya beberapa tahapan pelatihan guna meningkatkan kemampuan karyawan, khususnya karyawan *maintenance*. Rancangan kelima adalah dengan membuat daftar riwayat perawatan mesin dan daftar riwayat mesin *breakdown*. Adanya daftar riwayat ini dapat semakin memudahkan untuk mempelajari karakter mesin dan permasalahan yang terjadi beserta dengan solusinya.

BAB V PENUTUP

Bab ini akan menguraikan hasil kesimpulan yang diperoleh untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan di awal pada PT Siantar Top, Tbk Selain ini akan dibahas mengenai saran perbaikan yang harus yang harus dilakukan oleh perusahaan dan untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berdasarkan perhitungan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) terhadap wafer Go! Jumbo Chocolate diperoleh nilai sebesar 57.460,3175 yang berarti dalam setiap satu juta peluang memiliki kemungkinan ditemukannya produk cacat sebanyak 57.460,3175 dengan *sigma level* sebesar 3,1484 seperti pada sebagian besar perusahaan di Indonesia yang masih berada pada level 3 sigma. Sedangkan, hasil perhitungan kapabilitas proses diperoleh nilai sebesar 1,0495 yang berarti bahwa proses produksi wafer Go! Jumbo Chocolate pada PT Siantar Top, Tbk sudah dapat dikatakan mampu untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan standar dan dapat memenuhi ekspektasi pelanggan.
2. Hasil dari penentuan faktor pada masing-masing *critical-to-quality* (CTQ) yang menjadi kunci pada setiap jenis cacat dengan menggunakan diagram pareto ditemukan bahwa pada jenis cacat panjang wafer tidak sesuai standar dipengaruhi oleh homogenitas *visual cutting*, pada jenis cacat berat *base* wafer tidak sesuai standar dipengaruhi oleh temperatur adonan, dan pada jenis cacat berat total wafer tidak sesuai standar dipengaruhi oleh homogenitas isi krim coklat. Masing-masing faktor kunci tersebut dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan diagram sebab-akibat pada empat aspek yang terdiri dari manusia, mesin, metode, dan material. Hasil analisis pada masing-masing faktor kunci ditemukan bahwa pada aspek manusia disebabkan oleh karyawan *maintenance* yang memiliki kompetensi yang berbeda-beda, kurangnya ketelitian, dan mengalami kelelahan. Pada aspek mesin untuk jenis cacat panjang wafer tidak standar dipengaruhi oleh pisau *cutting* yang kotor sehingga mempengaruhi kerapian hasil potongan dan sensor *cutting* yang kurang peka sehingga panjang wafer menjadi

berbeda-beda. Aspek mesin untuk jenis cacat berat *base* wafer tidak sesuai standar dipengaruhi oleh kondensor mesin *chiller* yang kotor sehingga menghambat pendinginan air sebagai bahan baku pembuatan adonan. Sedangkan, aspek mesin untuk jenis cacat berat total wafer tidak sesuai standar dipengaruhi oleh *seal* pompa *filler* yang mengalami keausan sehingga krim coklat yang diinjeksikan berbeda-beda. Pada aspek metode untuk semua faktor kunci ditemukan bahwa tidak adanya siklus perawatan yang rutin pada mesin memunculkan permasalahan di atas. Terakhir pada aspek material untuk jenis cacat panjang wafer tidak sesuai standar disebabkan oleh kekentalan adonan kulit wafer yang kurang dan suhu adonan yang kurang dingin. Untuk jenis cacat berat *base* wafer tidak sesuai standar disebabkan oleh suhu air yang digunakan sebagai bahan baku adonan yang kurang dingin. Untuk jenis cacat berat total wafer tidak sesuai standar disebabkan oleh adonan krim coklat yang kurang dingin.

3. Rekomendasi perbaikan yang pertama diberikan berupa pembuatan jadwal *preventive maintenance* terhadap komponen pisau *cutting*, sensor *cutting*, kondensor, dan pompa *filler*. Komponen pisau *cutting* harus rutin dibersihkan setiap 681,44 jam setelah digunakan, komponen sensor *cutting* harus segera dibersihkan setiap 794,70 jam setelah digunakan, komponen kondensor harus dicek dan dibersihkan setiap 1.852,27 jam, dan komponen pompa *filler* harus diganti *seal*-nya setiap 2.019,39 jam agar pompa dapat bekerja secara optimal. Rekomendasi yang kedua adalah penambahan 2 unit mesin Air Conditioner (AC) pada stasiun *mixing* adonan untuk membantu proses *aging*. Rekomendasi ketiga adalah dengan pembaharuan rentang standar spesifikasi pada panjang wafer sebesar 11,8 – 12,1 cm; berat *base* wafer sebesar 3,5 – 3,8 gram, dan berat total wafer sebesar 10,6 – 10,8 gram. Keempat adalah dengan perlu diadakannya pelatihan dalam beberapa tahap untuk karyawan *maintenance* minimal 3 kali dalam setahun sehingga karyawan *maintenance* semakin memahami dan meningkatkan kepekaan terhadap karakter mesin, serta tepat dalam menangani permasalahan yang terjadi pada mesin produksi. Setiap akhir dari pelatihan akan dilakukan evaluasi dengan menggunakan lembar evaluasi peserta pelatihan. Terakhir yaitu pembuatan daftar riwayat *maintenance* mesin dan riwayat *breakdown* mesin yang dapat memudahkan untuk semakin memahami karakter mesin dan siklus performansi mesin.

5.2 Saran

Saran yang diberikan berdasarkan hasil penelitian ini antara lain:

1. Perusahaan diharapkan untuk menerapkan penelitian ini hingga tahap *control* untuk memperbaiki permasalahan yang ada dan dapat melakukan *continuous improvement* sehingga dapat mencapai level 6 *sigma* hingga *zero defect*.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pada jenis cacat atribut wafer Go! Jumbo Chocolate atau melanjutkan penelitian ini dengan menggunakan desain eksperimen pada masing-masing CTQ untuk menemukan ukuran standar yang pasti sehingga adonan kulit wafer dan adonan krim semakin berkualitas dan tidak mengalami permasalahan kembali.





Halaman ini sengaja dikosongkan

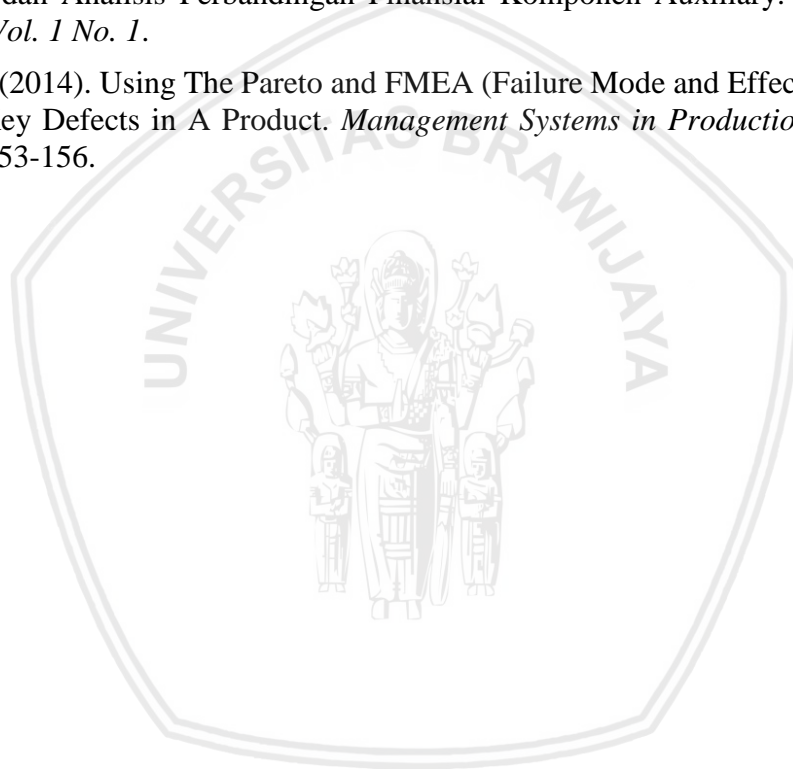


DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R., Kamaruddin, S., Azid, I., & Almanar, I. (2011). Maintenance Management Decision Model for Preventive Maintenance Strategy on Production Equipment. *Journal of Industrial Engineering International*, 7, 22-34.
- Aized, T. (2012). *Total Quality Management and Six Sigma*. Rijeka: InTech.
- Andriani, D. P., & Kusuma, L. N. (2018). *Teknik dan Manajemen Kualitas (Teori, Strategi, dan Aplikasi)*. Yogyakarta: Teknosain.
- Arifin, E. Z., & Matangui, J. H. (2010). *Sintaksis*. Jakarta: Grasindo.
- Assauri, S. (1999). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI.
- Assauri, S. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI.
- Boas, M. L. (1983). *Mathematical Methods in the Physical Sciences*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Borrer, C. M. (2008). *The Certified Quality Engineer Handbook*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
- Bose, T. K. (2012). Application of Fishbone Analysis for Evaluating Supply Chain and Business Process - A Case Study on The St. James Hospital. *International Journal of Managing Value and Supply Chain (UMVSC) Vol. 3, No. 2*.
- Ebeling, C. E. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Gaspersz, V. (2002). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V. (2005). *Total Quality Management*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V. (2007). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Gygi, C., DeCarlo, N., & Williams, B. (2005). *Six Sigma for Dummies*. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.
- Hakimi, S., Zahraee, S. M., & Rohani, J. M. (2018). Application of Six Sigma DMAIC Methodology in Plain Yogurt Production Process. *International Journal of Lean Six Sigma Vol. 9, 562-578*.
- Hansen, D. R., & Mowen, M. M. (2001). *Akuntansi Manajemen Biaya Jilid 2*. Jakarta: Salemba Empat.
- Hariri, R., Astuti, R., & Iksari, D. (2013). Penerapan Metode Six Sigma Sebagai Upaya Perbaikan untuk Mengurangi Pack Defect Susu Greenfields (Studi Kasus pada PT Greenfields, Malang). *Jurnal Teknologi Pertanian No. 2 Vol. 14*.
- Heizer, J., & Render, B. (2008). *Manajemen Operasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Jozsef, B., & Petruta, B. (2014). Production Quality Control in The Process of Coating in an Electrostatic Field. *Elsevier Procedia Technology 12, 476-482*.

- Kabir, M. E., Bobby, S. I., & Lutfi, M. (2013). Productivity Improvement by Using Six-Sigma. *International Journal of Engineering and Technology Vol. 3*.
- Kaya, I., & Cengiz, K. (2011). Process Capability Analysis Based on Fuzzy Measurements and Fuzzy Control Charts. *International Journal Expert Systems with Applications* 38, 3172-3184.
- Mandahawi, N., Fouad, R., & Obeidat, S. (2012). An Application of Customized Lean Six Sigma to Enhance Productivity at A Paper Manufacturing Company. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering* 6(1), 103-109.
- Mobley, R. K., Higgins, L. R., & Wikoff, D. J. (2008). *Maintenance Engineering Handbook*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Control*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Mutiara, S. D., Rahman, A., & Hamdala, I. (2014). Perencanaan Preventive Maintenance Komponen Cane Cutter I Dengan Pendekatan Age Replacement (Studi Kasus di PG Kebon Agung Malang). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri Vol. 2 No. 2*. <http://jrmsi.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jrmsi/article/view/92>. (diakses 25 Februari 2019)
- Novitasari, D. A. (2015). Analisis Kapabilitas Proses untuk Pengendalian Kualitas Produk Pembatas Buku Industri Rumahan. *Jurnal EKBIS Vol. XIV No. 02*.
- Oakland, J. S. (1993). *Total Quality Management*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Omachonu, V. K., & Ross, J. E. (2005). *Principles of Total Quality*. Boca Raton: CRC Press.
- Pahan, I. (2005). *Panduan Lengkap Kelapa Sawit Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way*. New York: McGraw-Hill.
- Pete, P., & Holpp, L. (2002). *What is Six Sigma*. New York: McGraw-Hill.
- Rausand, M., & Hoyland, A. (2004). *System Reliability Theory Models, Statistical Methods, and Applications 2nd Ed*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Resmi, N. N. (2011). *Strategi Meningkatkan Kualitas Produk Untuk Menang dalam Kompetisi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Schroeder, R. G. (2000). *Operations Management - Contemporary Concepts*. New York: McGraw-Hill.
- Sekaran, U. (2011). *Research Methods for Business (Metode Penelitian untuk Bisnis)*. Jakarta: Salemba Empat.
- Stokes, D. (2013, July 23). Cognitive Penetrability of Perception. *Philosophy Compass*, 8(7).
- Sugiyono. (2007). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Susetyo, J., Winarni, & Catur, H. (2011). Aplikasi Six Sigma DMAIC dan Kaizen sebagai Metode Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Produk. *Jurnal Teknologi* 4(1), 78-87.
- Tjipto, F. (2000). *Strategi Pemasaran*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

- Trihendradi, C. (2006). *Statistik Six Sigma dengan Minitab; Panduan Cerdas Inisiatif Kualitas*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Utami, P. Y., Choiri, M., & Kusuma, L. T. (2015). Implementasi Metode Six Sigma Untuk Perbaikan Kualitas Produksi Kertas (Studi Kasus: PT Adiprima Suraprinta Departemen Paper Mill I). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri Vol. 3, No. 6*.
- Wirawan, W. (2012, Juni 25). *MTBF (Mean Time Between Failures) dan MTTF (Mean Time To Repair)*. <http://migas-indonesia.com/2012/06/25/mtbf-mean-time-between-failures-mttf-mean-time-to-repair/>. (diakses 27 Mei 2019)
- Wulandari, T. D., Novareza, O., & Setyanto, N. W. (2016). Pengendalian Kualitas Dengan Metode Six Sigma Pada Proses Welding Joint Jacket di Pembuatan Jack Up Rig. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri Vol. 4, No. 7*.
- Zahirah, A., Janti, G., & Prasetyawan, Y. (2012). Penentuan Interval Waktu Perawatan Optimum dan Analisis Perbandingan Finansial Komponen Auxiliary. *Jurnal Teknik POMITS Vol. 1 No. 1*.
- Zasadzien, M. (2014). Using The Pareto and FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) to Identify Key Defects in A Product. *Management Systems in Production Engineering Journal*, 153-156.





Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 1. Data Pengukuran Tingkat Proses

No.	Tanggal	Viskositas (2.800 - 3.000 Cps)	Temperatur Adonan (25- 28°C)	Temperatur Oven (120 - 170°C)	Kecepatan Loyang (8 - 13 Hz)	Temperatur Krim (45 - 50°C)	Homogenitas Visual Cutting	Homogenitas Visual Isi Krim	Panjang Wafer (11,7 - 12,3 cm)					Berat Base Wafer (3,5 - 3,9 gr)					Berat Total Wafer (10,3 - 11,3 gr)					
1	10-Apr	2.804	25,8	140	12	45	Tidak	Tidak	12	11,5	11,8	11,9	12	3,66	3,59	3,75	3,81	3,83	11,08	11,14	11,03	10,26	11,25	
2		2.872	25,4	134,4	12		Ya	Ya	12	12,1	12,2	11,8	12	3,59	3,84	3,86	3,6	3,72	11,12	11,06	10,35	10,65	10,57	
3		2.872	25,4	140,6	12		Ya	Tidak	12,2	12	12	11,9	12,1	3,83	3,59	3,64	3,8	3,75	10,72	10,56	10,07	10,43	11,04	
4		2.848	26,2	141,5	12	47	Ya	Tidak	11,8	11,9	11,8	12	11,7	3,5	3,6	3,57	3,79	3,52	10,97	10,93	10,27	10,46	10,51	
5		3.000	26	142	13		Tidak	Tidak	12,5	12,2	12	11,7	12	3,66	3,53	3,82	3,75	3,87	11,16	11,23	11,07	11,08	11,42	
6		3.000	26	142,4	13		Ya	Ya	12	11,7	12,3	12	12,2	3,83	3,61	3,57	3,7	3,86	10,64	10,52	11,07	11,26	10,45	
7		2.804	25,8	141,8	13	47	Ya	Tidak	12,1	12	11,7	12,3	12,2	3,67	3,74	3,83	3,59	3,82	10,75	10,64	10,03	11,26	11,04	
8		2.804	28,1	141,6	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,58	3,57	3,62	3,46	3,55	11,15	10,67	10,85	10,33	10,25	
9		2.867	28	139,9	13		Ya	Ya	11,8	11,8	11,9	11,7	11,7	3,58	3,57	3,6	3,62	3,55	10,76	11,26	10,94	10,96	10,94	
10		2.892	28	139,8	13		Tidak	Tidak	11,8	11,8	11,6	11,7	11,9	3,56	3,55	3,54	3,59	3,6	10,87	10,54	10,72	10,54	10,12	
11		2.892	28,1	140,5	13		Tidak	Ya	11,8	11,8	11,9	11,7	11,7	3,55	3,56	3,4	3,62	3,63	10,87	10,55	10,62	10,26	10,75	
12		2.903	28,2	140,6	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,7	11,7	11,9	3,57	3,6	3,55	3,42	3,55	10,85	10,75	10,62	10,57	10,26	
13		2.827	28,1	141	13	Tidak	Tidak	11,6	11,7	11,8	11,7	11,8	3,5	3,56	3,62	3,6	3,46	10,75	10,64	10,75	10,64	10,26		
14	11-Apr	2.828	28	143,2	13	46	Ya	Ya	12	12,1	12	12	11,8	3,6	3,56	3,62	3,54	3,66	10,66	11,1	10,86	10,94	10,68	
15		2.964	25,8	146,1	13		Ya	Ya	12,1	12	12,3	12	12,1	3,62	3,54	3,68	3,5	3,66	10,84	11,06	10,8	10,76	10,64	
16		2.876	26	145,4	13		Ya	Ya	12,3	12	11,8	12,1	12	3,6	3,54	3,62	3,56	3,6	10,86	11,06	10,72	10,58	10,66	
17		2.875	25	144,1	13		Ya	Ya	12	11,8	12,1	12	12,3	3,62	3,54	3,5	3,66	3,58	10,62	11,06	10,84	10,76	10,58	
18		2.818	24,6	139,4	13	46	Ya	Tidak	12	12	12,2	12,1	11,9	3,74	3,53	3,63	3,82	3,76	10,57	10,74	10,63	11,57	11,26	
19		2.806	25,4	144,6	13		Ya	Tidak	12,2	11,9	12	12,3	12	3,52	3,73	3,84	3,66	3,85	10,65	10,76	10,03	10,51	11,04	
20		2.806	25,4	145,4	13		Ya	Tidak	12,1	12,1	12	12	11,9	3,73	3,8	3,82	3,61	3,79	10,47	10,51	10,3	10,86	10,25	
21		2.804	25,6	145,4	13	47	Ya	Tidak	12	12,2	12,1	12,3	11,9	3,56	3,62	3,7	3,79	3,84	10,36	11,02	11,24	10,02	10,54	
22		2.805	25,7	144,7	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,57	3,55	3,59	3,52	3,59	10,22	10,57	10,64	10,64	10,75	
23		2.901	24,9	142,5	13		Tidak	Ya	11,8	11,7	11,9	11,6	11,9	3,56	3,55	3,62	3,6	3,59	10,96	11,26	10,89	11,16	10,87	
24		2.866	28,4	141,2	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,9	3,57	3,56	3,57	3,63	3,46	10,87	11,46	10,86	11,16	10,94	
25		2.866	28	141,9	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,58	3,57	3,6	3,6	3,57	10,87	10,69	10,75	10,12	10,39	
26		2.930	25,3	140,3	13	47	Tidak	Tidak	11,8	11,7	11,6	11,7	11,8	3,57	3,6	3,57	3,62	3,55	10,87	10,59	10,76	10,75	11,46	
27		2.839	27,6	140,5	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,9	11,7	11,7	3,58	3,57	3,62	3,6	3,57	10,87	10,76	10,76	10,76	10,26	
28		12-Apr	2.840	25,3	140,3	13	46	Ya	Tidak	12	12,1	12,1	12	12,3	3,6	3,54	3,62	3,58	3,64	10,46	10,84	10,24	10,72	10,6
29			2.864	26	138,6	13		Ya	Ya	12,1	12	12,1	12,3	12	3,68	3,7	3,66	3,58	3,64	10,92	11,04	10,6	10,78	10,68
30			2.820	25,8	141,6	13		Ya	Ya	12	12,1	12	12,3	12,1	3,62	3,54	3,68	3,56	3,6	10,64	11,06	10,76	10,82	10,54
31	2.820		25,8	142	13	Ya		Tidak	12,1	12	12,1	12,3	12,1	3,6	3,54	3,62	3,58	3,64	10,29	10,16	10,24	10,86	10,66	
32	2.932		26	142,1	13	Ya		Ya	12,1	12	12,1	12,2	12,3	3,61	3,69	3,61	3,72	3,6	10,86	10,79	10,68	10,91	10,62	
33	2.932		26	141,9	13	Ya		Ya	12	12,2	12,2	12,1	12	3,59	3,6	3,7	3,9	3,68	11,15	10,82	10,67	10,95	10,89	
34	2.816		26,4	143,3	13	Ya		Ya	12	12,1	12	12,3	12	3,62	3,54	3,68	3,7	3,56	10,6	10,82	11,04	10,96	10,88	
35	2.817		26,5	143,6	13	50	Tidak	Ya	12,4	12,3	12,2	12	12	3,64	3,85	3,89	3,75	3,59	10,53	10,76	11,52	11,06	11,28	
36	2.992		25,4	143,2	13		Ya	Tidak	12,2	12,3	12	12	11,9	3,58	3,72	3,69	3,82	3,86	10,32	10,56	10,47	11,61	11,08	
37	2.872		25,6	144,6	13		Tidak	Tidak	12	12,1	11,9	12,2	12,4	3,73	3,69	3,83	3,54	3,86	10,46	10,62	10,75	11,16	10,13	
38	2.873		25,7	145,8	13	47	Tidak	Ya	11,7	11,8	11,9	12,2	12,5	3,61	3,52	3,73	3,86	3,77	10,35	10,83	10,44	11,12	11,12	
39	2.936		26,2	146,7	13		Ya	Tidak	12,3	12	12,1	12	11,9	3,58	3,69	3,89	3,69	3,8	10,36	10,55	10,58	10,31	10,22	
40	2.908		25,5	147,6	13		Tidak	Tidak	12	12,1	12,4	11,9	12,3	3,63	3,84	3,76	3,8	3,69	10,41	10,58	11,07	11,48	11,18	
41	2.907		25,4	146,3	13		Ya	Tidak	12,2	11,9	12	12	12,1	3,87	2,84	3,66	3,79	3,8	10,52	10,46	11,52	10,92	11,03	
42	2.905		25,1	143,1	13	47	Ya	Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,58	3,57	3,6	3,6	3,57	10,86	10,75	10,67	10,69	10,89	
43	2.839		28,1	142,4	13		Tidak	Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,9	3,58	3,6	3,46	3,62	3,55	10,86	10,76	10,54	10,64	10,35	
44	2.860		28,3	140,8	13		Tidak	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,58	3,6	3,57	3,46	3,52	10,87	10,54	11,75	10,56	10,36	

No.	Tanggal	Viskositas (2.800 - 3.000 Cps)	Temperatur Adonan (24 - 28°C)	Temperatur Oven (120 - 170°C)	Kecepatan Loyang (8 - 13 Hz)	Temperatur Krim (45 - 46°C)	Homogenitas Visual Cutting	Homogenitas Visual Isi Krim	Panjang Wafer (11,7 - 12,3 cm)					Berat Base Wafer (3,5 - 3,9 gr)					Berat Total Wafer (10,3 - 11,3 gr)				
45	13-Apr	2.860	28,3	139,3	13	47	Tidak	Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,9	3,56	3,54	3,62	3,6	3,46	10,87	10,54	10,75	10,75	10,62
46		2.975	28,1	140,3	13		Tidak	Ya	11,8	11,7	11,9	11,7	11,8	3,51	3,6	3,56	3,42	3,75	10,87	10,59	10,75	10,79	10,66
47		2.818	28,1	145,8	13		Tidak	Ya	11,8	11,8	11,7	11,7	11,9	3,58	3,6	3,57	3,6	3,46	10,87	10,54	10,76	10,55	10,16
48		2.819	27,1	146,6	13		Ya	Tidak	12	11,8	11,9	12,1	12	3,63	3,84	3,85	3,76	3,51	10,82	10,53	10,86	11,03	9,89
49		2.984	27,4	144,7	13		Tidak	Tidak	12,4	12,2	11,8	11,8	12	3,59	3,72	3,64	2,81	3,85	10,36	10,76	10,79	11,48	10,55
50		2.824	25,8	146,7	13		Ya	Tidak	12	11,9	12,2	12,1	11,8	3,62	3,58	3,72	3,77	3,84	10,62	10,35	10,05	10,52	10,47
51		2.856	25,5	147,2	13		Tidak	Tidak	11,9	12,1	12	12,3	12,4	3,59	3,75	3,82	3,64	3,89	11,06	11,12	10,72	10,54	10,12
52		2.994	24,6	149,8	13		Ya	Tidak	12	12,2	12,1	11,8	12	3,63	3,89	3,64	3,73	3,52	10,72	10,66	10,59	10,11	10,74
53		2.994	24,6	145,5	13		Ya	Tidak	12,1	12,2	12	12,2	11,8	3,82	3,84	3,7	3,64	3,51	10,82	10,69	10,57	11,03	10,1
54		2.999	24,9	147,8	13		Ya	Tidak	11,9	11,8	12,1	11,8	11,9	3,64	3,72	3,81	3,67	3,83	11,12	10,89	11,26	11,07	11,32
55		2.992	26,1	149	13		Ya	Ya	11,9	11,8	12	12	11,7	3,8	3,67	3,9	3,72	3,56	11,19	11,07	10,84	10,76	11,02
56		2.896	27,9	148,4	13		Ya	Tidak	11,8	11,9	11,9	11,7	11,7	3,64	3,56	3,81	3,72	3,69	10,91	10,89	11,06	11,12	11,46
57		2.927	28	149,2	13		Ya	Tidak	11,8	12	12,1	12	12,1	3,84	3,67	3,5	3,67	3,8	10,82	10,25	10,67	10,92	11,03
58		2.875	27,5	150,9	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,57	3,56	3,6	3,6	3,59	10,86	10,75	10,67	10,37	10,27
59		2.875	26,9	151,8	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,9	11,7	11,7	3,58	3,6	3,57	3,63	3,55	10,75	10,64	10,27	10,64	10,75
60		2.879	28,3	143,1	13	Ya	Ya	11,8	11,7	11,8	11,7	11,9	3,58	3,6	3,57	3,46	3,62	10,76	10,75	10,64	10,66	10,75	
61		2.839	28,1	144	13	Ya	Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,58	3,6	3,59	3,5	3,46	10,87	10,84	10,76	10,92	10,94	
62		2.927	28,2	141,8	13	Ya	Tidak	11,8	11,8	11,7	11,7	11,9	2,57	3,6	3,52	3,63	3,45	10,87	10,16	10,54	10,75	10,82	
63		2.801	26,4	142,5	13	Ya	Ya	11,8	11,9	11,9	11,7	11,8	3,57	3,6	3,57	3,6	3,57	10,75	10,84	10,75	10,82	10,64	
64		2.829	28	141,6	13	Ya	Ya	11,8	11,8	11,8	11,9	11,9	3,57	3,6	3,57	3,6	3,57	10,87	10,54	10,75	10,71	10,62	
65		2.863	28,2	145,5	13	Ya	Tidak	11,8	11,8	11,9	11,9	11,9	3,57	3,6	3,53	3,46	3,57	10,87	10,54	10,76	10,97	10,16	
66		2.863	28,2	141,1	13	Ya	Ya	11,8	11,7	11,7	11,9	11,8	3,56	3,55	3,62	3,46	3,56	10,86	10,75	10,64	10,72	10,75	
67		2.549	28,3	146,2	13	Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,57	3,57	3,46	3,6	3,55	10,88	10,54	10,64	10,27	10,69	
68		2.873	26,1	143,8	13	Ya	Ya	12,1	12	12,3	11,8	12,1	3,68	3,7	3,56	3,64	3,6	10,68	11,04	10,8	10,66	11,1	
69		2.864	26,2	141,9	13	Ya	Ya	12	11,8	12,1	12	12,3	3,62	3,58	3,6	3,54	3,66	10,64	11,06	10,82	10,76	11,1	
70		2.998	26,8	141,7	13	Ya	Ya	12,1	12	12,1	12,3	12	3,6	3,56	3,6	3,58	3,64	10,66	11,1	10,84	11,02	10,76	
71		2.998	26,8	142,3	13	Ya	Tidak	11,8	12	12	12,3	12,1	3,64	3,5	3,68	3,56	3,62	10,86	10,82	11,06	10,16	10,76	
72		2.876	25,8	142,8	13	Ya	Tidak	12	12,1	11,8	12	12,1	3,6	3,58	3,62	3,56	3,64	10,64	11,06	10,82	10,76	10,24	
73		2.876	25,8	143,1	13	Ya	Ya	12,1	12,3	12	12	12,1	3,62	3,58	3,6	3,56	3,64	10,86	11,1	10,76	10,82	10,6	
74		2.904	26,6	142,6	13	Ya	Ya	12	11,8	12,1	12	12,1	3,6	3,56	3,62	3,5	3,64	10,64	10,84	10,72	10,82	10,56	
75	2.903	26,5	142,7	13	Tidak	Tidak	12,4	12,3	11,8	11,9	12,2	3,67	3,52	3,63	3,76	3,84	10,82	10,96	10,37	11,04	9,9		
76	2.980	25,8	143,1	13	Ya	Tidak	12,3	12	12	11,9	12,1	3,72	3,54	3,58	3,88	3,82	10,76	10,54	10,63	10,07	10,92		
77	2.904	25,6	143,7	13	Ya	Ya	12	11,9	12,1	12,2	12,3	3,55	3,63	3,74	3,8	3,59	10,55	10,53	10,82	11,02	10,36		
78	2.996	26,2	143,8	13	Ya	Tidak	12,1	12	11,8	12,3	11,9	3,62	3,54	3,81	3,75	3,56	10,42	10,57	9,92	10,63	10,48		
79	2.988	25,2	143,6	13	Tidak	Ya	12	12,4	12,1	12,2	12	3,84	3,74	3,5	3,68	3,83	10,54	10,82	10,96	11,36	11,07		
80	3.000	25,9	145,1	13	Ya	Tidak	12,1	12	11,9	12,3	12,2	3,72	3,56	3,82	3,68	3,76	10,63	10,75	11,02	10,41	10,02		
81	2.999	28,3	144,6	13	Ya	Tidak	11,8	11,8	11,9	11,7	11,7	3,57	3,6	3,57	3,6	3,46	10,87	10,57	10,64	10,75	10,26		
82	2.879	28,1	143,9	13	Ya	Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,57	3,57	3,59	3,4	3,6	10,87	10,64	10,75	10,88	10,71		
83	2.929	28,1	146,9	13	Ya	Ya	11,8	11,8	11,7	11,7	11,9	3,58	3,6	3,57	3,46	3,54	10,87	10,57	10,64	10,94	10,75		
84	2.929	27,9	140,5	13	Ya	Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,56	3,54	3,52	3,59	3,55	10,86	10,75	10,69	10,64	10,82		
85	2.816	28	141,5	13	Ya	Ya	11,8	11,8	11,9	11,7	11,7	3,57	3,55	3,57	3,6	3,6	10,87	10,64	10,75	10,36	10,37		
86	2.960	28,1	140,2	13	Ya	Tidak	11,8	11,8	11,7	11,7	11,9	3,5	3,6	3,57	3,57	3,46	10,86	10,75	10,26	10,94	10,84		
87	2.960	28,1	141,3	13	Ya	Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,58	3,57	3,6	3,46	3,57	10,87	10,75	10,76	10,62	10,73		
88	2.960	26,1	140,9	13	Ya	Ya	12	11,8	12,3	12,1	12	3,86	3,64	3,58	3,66	3,52	10,86	10,74	10,8	10,66	10,68		
89	2.804	25,8	142,6	13	Ya	Ya	12,1	12	12,1	12	12,3	3,76	3,8	3,56	3,62	3,58	10,64	11,06	10,8	10,76	10,64		
90	2.904	26,2	143,4	13	Tidak	Ya	12	12,5	12	12,3	12,1	3,66	3,58	3,6	3,58	3,64	10,86	11,04	11,1	10,66	10,84		

No.	Tanggal	Viskositas (2.800 - 3.000 Cps)	Temperatur Adonan (25- 28°C)	Temperatur Oven (120 - 170°C)	Kecepatan Loyang (8 - 13 Hz)	Temperatur Krim (45 - 50°C)	Homogenitas Visual Cutting	Homogenitas Visual Isi Krim	Panjang Wafer (11,7 - 12,3 cm)					Berat Base Wafer (3,5 - 3,9 gr)					Berat Total Wafer (10,3 - 11,3 gr)				
91		2.904	26,2	142,8	13		Ya	Ya	11,9	12	12,1	12,1	12,3	3,72	3,56	3,69	3,52	3,6	10,91	11,11	10,82	10,76	10,85
92		2.860	25,8	144,6	13		Ya	Ya	12	12,1	11,8	12	12,1	3,66	3,54	3,68	3,7	3,64	10,64	10,8	11,06	10,74	10,8
93		2.906	26	143,1	13		Ya	Ya	12,1	12	12,1	11,8	12,1	3,62	3,58	3,6	3,56	3,64	10,86	10,6	10,54	10,66	11,1
94	16-Apr	2.906	26	145,4	13	46	Ya	Ya	12	12	12,3	11,7	12,2	3,62	3,57	3,63	3,75	3,84	10,92	10,48	11,12	11,28	10,36
95		2.992	25,1	148,1	13		Ya	Tidak	12,1	11,9	12	12	12,3	3,58	3,64	3,75	3,84	3,73	10,53	10,75	10,48	10,13	10,96
96		2.992	25,1	146,9	13		Ya	Tidak	12	12,2	11,9	12	12,1	3,62	3,73	3,58	3,85	3,59	10,56	10,32	11,32	10,72	10,59
97		2.948	25,6	144,7	13		Ya	Ya	11,9	12	12	12,3	12,1	3,54	3,75	3,56	3,7	3,84	10,68	10,71	10,59	10,76	11,02
98		2.872	24,8	145,6	13		Ya	Tidak	12	12,1	12,2	12,1	11,9	3,62	3,58	3,74	3,59	3,71	10,46	10,37	10,75	10,52	10,16
99	17-Apr	2.875	28,2	139,4	13	47	Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,57	3,59	3,6	3,56	3,42	10,87	10,54	10,75	10,94	11,76
100		2.960	28,1	141,2	13		Ya	Ya	11,8	11,8	11,9	11,9	11,7	3,53	3,55	3,47	3,6	3,6	10,75	10,82	10,64	10,66	10,75
101		2.875	28,1	142	13		Tidak	Tidak	11,8	11,8	11,6	11,7	11,7	3,58	3,6	3,59	3,64	3,42	10,87	11,54	10,75	10,94	10,82
102		2.875	28	143,5	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,9	11,7	11,8	3,57	3,57	3,6	3,6	3,52	10,87	10,57	11,75	10,64	10,84
103		2.875	28	142,8	13		Tidak	Ya	12	11,8	12,1	12,5	12,3	3,62	3,58	3,64	3,56	3,6	10,64	11,1	10,86	10,74	10,64
104		2.874	26,2	144,6	13		Ya	Ya	12,1	12	11,8	12,3	12,1	3,64	3,56	3,6	3,56	3,66	10,58	11,06	10,36	10,54	10,82
105		2.906	25,8	141,8	13		Ya	Tidak	12	12,1	12	11,8	12,1	3,58	3,7	3,64	3,54	3,6	10,9	10,64	10,52	10,36	10,28
106		2.906	25,8	143,6	13		Ya	Ya	12,1	12,3	12	12,1	12,1	3,66	3,58	3,62	3,54	3,6	10,6	11,1	10,76	10,58	10,62
107		2.864	26,1	142,8	13		Ya	Tidak	12,1	12,2	12,1	12	12,3	3,67	3,61	3,72	3,58	3,69	10,67	10,91	10,22	10,5	10,63
108		2.864	26,1	143,7	13		Tidak	Tidak	12	12,5	12,1	12,3	12,1	3,6	3,58	3,7	3,64	3,56	11,64	10,68	10,26	10,82	10,18
109	2.836	25,8	144,1	13	Tidak	Ya	12	12,1	12	12,5	12,3	3,62	3,54	3,68	3,56	3,6	10,84	11,06	10,86	10,72	10,84		
110	18-Apr	2.836	25,8	142,4	13	46	Tidak	Tidak	11,8	11,6	11,7	11,9	12,1	3,56	3,76	3,82	3,81	3,66	11,57	11,26	11,03	10,75	10,58
111		2.980	25,8	141,3	13		Ya	Tidak	11,9	11,8	11,9	11,8	12,1	3,63	3,83	3,76	3,74	3,82	10,72	10,7	11,51	10,75	10,48
112		3.000	24,8	141,8	13		Ya	Tidak	11,9	11,7	12	12	11,8	3,58	3,74	3,62	3,75	3,83	10,56	10,68	10,74	10,92	10,26
113		3.000	24,8	146,3	13		Tidak	Tidak	12,5	12,1	12	12,3	12	3,63	3,53	3,74	3,73	3,82	10,83	10,75	10,54	10,34	9,87
114		3.000	24,8	146,3	13		Ya	Ya	12,3	12	12,1	11,9	11,9	3,53	3,74	3,86	3,51	3,66	10,87	10,79	10,58	10,38	10,31
115		3.000	24,6	146,6	13		Ya	Tidak	12,2	12,2	12,1	11,9	12	3,69	3,74	3,83	3,84	3,56	10,71	10,64	10,57	11,36	11,12
116		2.938	25,4	145,6	13		Tidak	Tidak	11,8	12,3	12,4	12	12,1	3,85	3,62	3,54	3,7	3,81	10,43	10,56	10,11	10,73	10,96
117		2.938	25,4	142,9	13		Tidak	Tidak	11,8	12	11,9	12,3	12,5	3,72	3,54	3,66	3,82	3,75	11,12	10,52	9,96	10,32	10,45
118		2.970	25,4	142,3	13		Tidak	Tidak	12,2	12,1	12,5	12,3	12	3,76	3,8	3,8	3,57	3,81	11,2	11,06	10,25	11,07	10,48
119		2.860	24,7	139,6	13		Tidak	Tidak	11,8	12	12,3	12,5	12,2	3,52	3,68	3,74	3,83	3,86	10,72	11,04	11,15	11,62	10,91
120	22-Apr	2.860	24,7	135,7	13	47	Ya	Tidak	11,8	11,8	11,9	11,7	11,7	3,51	3,6	3,57	3,55	3,6	11,46	10,86	10,75	10,94	10,82
121		2.839	28,1	135,8	13		Ya	Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,57	3,54	3,42	3,59	3,6	10,87	10,97	10,82	11,16	11
122		2.938	27,1	140,2	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,58	3,6	3,57	3,55	3,6	10,96	10,75	10,64	10,87	11,56
123		2.938	28,1	141,3	13		Tidak	Ya	11,8	11,8	11,6	11,7	11,7	3,57	3,6	3,46	3,62	3,54	10,86	10,75	10,87	10,6	11,07
124		2.842	28,4	143	13		Ya	Ya	11,9	11,8	11,9	11,7	11,9	3,58	3,61	3,58	3,47	3,59	10,35	10,45	10,61	10,82	10,93
125		2.960	27,6	143,5	13		Ya	Ya	11,9	11,9	11,8	11,8	11,9	3,6	3,58	3,63	3,58	3,59	10,92	10,88	10,57	10,67	10,5
126		2.960	28,3	142,1	13		Ya	Ya	11,8	11,8	11,9	11,7	11,7	3,57	3,55	3,46	3,6	3,6	10,87	10,54	10,71	10,71	10,64
127		2.960	26,3	141,5	13		Ya	Ya	12,1	11,8	12	12	12,3	3,58	3,64	3,6	3,7	3,68	10,64	11,1	10,8	10,76	11,04
128		2.934	25,8	143,6	13		Ya	Ya	12	11,8	12,1	12,3	12	3,6	3,58	3,62	3,56	3,64	10,78	11,06	10,74	10,6	10,82
129		2.868	26	143,8	13		Ya	Tidak	12,1	12	12,1	12	11,8	3,62	3,54	3,6	3,56	3,62	10,26	11,1	10,84	10,6	10,1
130	22-Apr	2.868	26	144,2	13	46	Ya	Ya	12	12,1	12,3	12,1	12	3,6	3,56	3,64	3,52	3,7	10,66	11,06	10,58	10,48	10,62
131		2.910	25,6	143,4	13		Ya	Ya	12,1	11,7	12,1	12	12,1	3,62	3,56	3,6	3,54	3,66	10,86	11,1	10,86	11,02	10,96
132		2.910	25,6	144,1	13		Ya	Ya	12	11,8	12,1	12	12,3	3,56	3,6	3,54	3,66	3,58	10,64	11,06	10,76	10,84	11,1
133		2.864	25,8	143,1	13		Ya	Ya	12,1	12	11,8	12	12,1	3,6	3,54	3,66	3,52	3,58	10,66	11,04	10,86	10,74	11,1
134		2.864	25,8	143,7	13		Ya	Tidak	12	12	11,9	12,1	12,3	3,63	3,58	3,82	3,87	3,76	11,06	11,19	11,68	10,62	10,45
135		2.984	25	140,6	13		Ya	Tidak	11,9	12,1	12	12	12,2	3,74	3,66	3,59	3,52	3,84	10,31	10,53	10,56	10,23	11,11
136		2.820	26,4	140,8	13		Ya	Tidak	12	12,3	12,3	11,8	12	3,54	3,68	3,76	3,88	3,76	10,77	10,52	10,32	11,03	11,56
137		2.820	25,4	140,8	13		Ya	Ya	11,7	12	12	11,7	11,9	3,51	3,65	3,73	3,85	3,74	10,74	10,49	10,3	11,1	11,26

No.	Tanggal	Viskositas (2.800 - 3.000 Cps)	Temperatur Adonan (25- 28°C)	Temperatur Oven (120 - 170°C)	Kecepatan Loyang (8 - 13 Hz)	Temperatur Krim (45 - 50°C)	Homogenitas Visual Cutting	Homogenitas Visual Isi Krim	Panjang Wafer (11,7 - 12,3 cm)					Berat Base Wafer (3,5 - 3,9 gr)					Berat Total Wafer (10,3 - 11,3 gr)				
									12,1	11,9	11,8	12,3	12	3,62	3,8	3,63	3,7	3,81	10,51	10,52	10,74	11,07	10,12
138	23-Apr	2.820	25,4	140,3	13		Ya	Tidak	12,1	11,9	11,8	12,3	12	3,62	3,8	3,63	3,7	3,81	10,51	10,52	10,74	11,07	10,12
139		2.834	24,3	141,5	13		Ya	Tidak	11,9	12	12,1	12	12,3	3,76	3,53	3,8	3,69	3,86	10,42	11,12	11,35	10,68	10,55
140		2.808	24,3	143,8	13		Ya	Tidak	12,2	12,1	12	12	11,9	3,55	3,63	3,74	3,82	3,83	11,1	10,53	10,58	10,13	10,46
141		2.808	24,3	143,1	13		Ya	Tidak	12,1	12	11,9	12	12,1	3,63	3,7	3,58	3,71	3,87	10,57	10,66	10,64	11,43	11,14
142	23-Apr	2.808	24,3	142,5	13	46	Ya	Tidak	11,8	11,7	11,8	11,9	11,8	3,59	3,57	3,57	3,6	3,6	10,87	10,54	10,06	10,94	10,84
143		2.864	27,1	141,8	13		Ya	Ya	11,8	11,7	11,7	11,8	11,8	3,56	3,55	3,62	3,57	3,55	10,87	10,56	10,75	10,75	10,64
144		2.839	28	141,3	13		Ya	Ya	11,8	11,7	11,8	11,7	11,9	3,58	3,55	3,6	3,59	3,6	10,6	10,57	10,67	10,39	10,94
145		2.839	28	141,4	13	45	Ya	Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,58	3,57	3,55	3,52	3,6	10,86	10,55	10,64	10,76	10,94
146		2.899	28,1	141,8	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,7	11,7	11,7	3,58	3,56	3,55	3,6	3,45	10,87	10,54	10,75	10,66	10,12
147		2.941	28	140,6	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,58	3,57	3,55	3,6	3,6	10,76	10,71	10,62	10,23	10,84
148		2.941	28	142,7	13		Ya	Ya	12	12,3	12,1	11,8	12,1	3,64	3,56	3,62	3,56	3,75	11,16	11,1	10,86	10,74	10,58
149		2.864	26,8	143,1	13	Ya	Ya	12,1	12	11,8	12,3	12,1	3,62	3,74	3,6	3,58	3,66	10,84	11,06	11,05	10,76	10,36	
150		2.904	26,4	143,6	13	47	Ya	Ya	12	11,8	12,3	12,1	12	3,6	3,56	3,62	3,54	3,66	10,62	11,04	10,86	10,72	11,08
151		2.904	26,4	142,8	13		Ya	Tidak	11,9	12,1	12,2	12,1	12	3,72	3,82	3,66	3,61	3,72	10,86	10,8	11,13	11,33	11,16
152	2.856	26,6	143,2	13	Ya		Ya	12	11,8	12,3	12,1	12	3,64	3,58	3,62	3,56	3,6	10,54	10,56	11,06	10,36	10,6	
153	2.856	26,5	142,7	13	Ya		Ya	12,1	12	12,1	12,3	12,1	3,62	3,54	3,6	3,58	3,64	11,06	11,04	10,36	10,64	10,36	
154	2.964	25,8	143,1	13	Ya	Ya	12	11,8	12,1	12,1	12	3,62	3,74	3,6	3,58	3,66	10,82	11,08	11,26	10,78	10,54		
155	24-Apr	2.964	28,1	139,8	13	47	Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,59	3,58	3,57	3,46	3,6	10,87	10,15	10,56	10,97	10,94
156		2.876	25,8	139	13		Ya	Ya	11,8	11,8	11,9	11,7	11,7	3,57	3,52	3,6	3,6	3,53	10,87	10,65	10,75	10,71	10,59
157		2.927	28	148,1	13		Ya	Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,5	3,57	3,57	3,6	3,6	10,81	10,64	10,75	10,74	10,74
158		2.927	28,2	142,6	13	46	Ya	Ya	11,8	11,7	11,9	12,1	11,8	3,58	3,6	3,52	3,45	3,55	10,87	10,64	10,95	10,72	10,37
159		2.863	28	141,8	13		Ya	Ya	11,8	11,9	11,7	12	11,9	3,59	3,62	3,71	3,67	3,82	10,92	10,71	10,58	10,67	10,77
160		2.860	27,3	141,8	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,58	3,6	3,57	3,6	3,52	10,82	10,7	10,16	10,66	10,79
161		2.860	27,1	140,7	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,58	3,59	3,6	3,6	3,6	10,87	10,75	10,62	10,64	10,16
162		2.860	28,2	141,8	13	46	Ya	Ya	11,8	12,1	12	12,3	12,1	3,6	3,54	3,62	3,58	3,7	10,64	11,06	10,8	10,76	10,82
163		2.852	26	142,2	13		Ya	Ya	12,1	12	12,3	12,1	12	3,62	3,58	3,6	3,56	3,64	10,64	11,06	10,82	10,76	11,1
164		2.908	25,6	141,3	13		Ya	Ya	12	12,3	12,1	12	11,8	3,6	3,56	3,62	3,64	3,58	10,86	11,1	10,84	10,72	10,58
165	2.908	25,6	141,4	13	Ya		Ya	12,1	12	12,3	12,1	12	3,62	3,58	3,6	3,56	3,6	10,64	11,1	10,86	10,76	11,06	
166	2.894	26,2	142,6	13	46	Ya	Ya	12	12,1	12	11,8	12,3	3,6	3,54	3,62	3,58	3,6	10,86	11,04	10,72	10,76	10,64	
167	2.894	26,2	143,1	13		Ya	Ya	12,1	12	12	12,3	12,1	3,62	3,56	3,6	3,58	3,64	10,66	11,08	10,86	10,74	10,82	
168	2.804	26	147,6	13		Ya	Tidak	12	12,1	12,3	12,1	12	3,6	3,64	3,58	3,62	3,56	10,8	10,76	11,04	10,26	10,68	
169	2.804	26	148,2	13		49	Ya	Ya	12	12,2	11,8	12,1	12	3,58	3,62	3,76	3,84	3,8	10,82	10,53	11,24	11,21	10,57
170	29-Apr	2.804	26	141,3	13	46	Tidak	Ya	12	12,3	12,1	12,5	12,1	3,62	3,58	3,64	3,5	3,66	10,76	11,1	10,84	10,6	10,82
171		2.896	26,1	143,1	13		Ya	Ya	12,1	12	12,3	12,1	12	3,6	3,54	3,68	3,5	3,62	10,64	11,06	10,8	10,76	10,64
172		2.932	25,8	143,3	13		Ya	Ya	12,1	12,3	12,1	12	12	3,58	3,6	3,56	3,62	3,6	10,82	10,68	10,76	10,34	10,5
173		2.932	25,8	144,1	13	47	Ya	Ya	12	12,1	12,3	12	12,1	3,6	3,54	3,68	3,52	3,6	10,64	10,38	10,8	10,76	10,54
174		2.974	26,2	142,8	13		Ya	Ya	11,8	12	12,1	11,9	11,9	3,51	3,57	3,71	3,5	3,62	10,49	10,36	11	10,71	10,62
175		2.974	26,2	143,1	13		Ya	Tidak	12	12,1	12	12,3	12	3,6	3,72	3,68	3,56	3,64	10,64	11,06	10,8	10,76	10,25
176		2.856	25,4	143,6	13		Ya	Ya	12,1	12	12,3	12,1	12	3,62	3,58	3,6	3,64	3,56	10,82	10,64	10,52	11,04	10,62
177		2.856	25,4	144,3	13	47	Tidak	Tidak	12	12,1	12,4	12,3	12	3,52	3,64	3,73	3,75	3,69	11,16	10,54	10,72	9,86	11,13
178		3.000	24,7	144,7	13		Ya	Tidak	12,1	12	12	12,2	12,3	3,63	3,59	3,82	3,7	3,82	10,82	10,57	10,12	10,76	11,23
179		2.852	24,1	144,9	13		Ya	Tidak	12	12,2	12,1	12,3	12	3,53	3,58	3,66	3,82	3,76	10,73	10,62	10,58	10,54	11,6
180	2.852	24,1	143,8	13	Tidak		Tidak	12,3	12	12,2	12,4	12,1	3,63	3,58	3,74	3,82	3,69	10,97	10,55	10,73	11,16	11,55	
181	2.996	25,5	144	13	Ya	Tidak	12	11,9	11,9	12,1	12,2	3,65	3,72	3,85	3,59	3,84	10,76	10,58	10,96	10,24	10,73		
182	2.868	25,8	142,4	13	Ya	Tidak	11,9	12	12,3	12,2	12,1	3,58	3,65	3,7	3,68	3,82	10,57	10,63	9,95	11,06	10,71		
183	2.804	24,5	142,2	13	Tidak	Tidak	12	12,3	12	12,4	11,9	3,63	3,76	3,84	3,81	3,55	10,63	10,72	11,06	10,15	11,23		

No.	Tanggal	Viskositas (2.800 - 3.000 Cps)	Temperatur Adonan (25- 28°C)	Temperatur Oven (120 - 170°C)	Kecepatan Loyang (8 - 13 Hz)	Temperatur Krim (45 - 50°C)	Homogenitas Visual Cutting	Homogenitas Visual Isi Krim	Panjang Wafer (11,7 - 12,3 cm)					Berat Base Wafer (3,5 - 3,9 gr)					Berat Total Wafer (10,3 - 11,3 gr)				
184	30-Apr	2.804	28,5	140,1	13	47	Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,57	3,57	3,55	3,6	3,46	10,76	10,15	10,76	10,72	10,57
185		2.840	28	140,7	13		Ya	Ya	11,8	11,8	11,9	11,9	11,9	3,58	3,57	3,6	3,6	3,57	10,75	10,74	10,76	10,64	10,83
186		2.930	27,1	139,4	13		Ya	Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,58	3,6	3,51	3,57	3,6	10,87	10,71	10,32	10,75	10,64
187		2.930	27,1	139,5	13	47	Ya	Ya	11,8	11,8	11,7	11,7	11,7	3,57	3,85	3,72	3,57	3,6	10,37	10,76	10,71	10,72	10,76
188		2.862	24,7	140,3	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,58	3,6	3,57	3,62	3,55	10,64	10,35	10,82	10,75	10,15
189		2.917	26,3	141,3	13		Ya	Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,57	3,57	3,6	3,6	3,52	10,87	10,75	10,71	10,54	10,72
190		2.917	25,1	141,9	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,7	11,7	11,7	3,57	3,6	3,59	3,55	3,57	10,87	10,64	10,42	10,17	10,62
191	30-Apr	2.917	28,1	140,8	13	46	Ya	Ya	12	12,1	12,3	12,1	12	3,6	3,54	3,62	3,58	3,66	10,86	10,76	11,04	10,96	10,64
192		2.864	26	143,2	13		Ya	Tidak	12,1	12	12,1	12,3	12	3,62	3,56	3,6	3,54	3,64	10,64	11,06	10,8	10,26	10,6
193		2.916	25,6	142,6	13		Ya	Ya	12	12	12,1	12,3	12,1	3,56	3,6	3,58	3,64	3,52	10,54	10,62	11,04	10,76	10,84
194		2.916	25,6	142,4	13	46	Ya	Ya	12	11,8	12,1	12	11,7	3,62	3,54	3,6	3,56	3,64	10,84	10,62	10,56	10,64	11,06
195		2.872	26,4	143,6	13		Ya	Ya	12,1	12	11,8	12	12,3	3,6	3,58	3,62	3,58	3,64	10,56	10,76	10,84	10,72	10,54
196		2.872	26,4	143,3	13		Ya	Ya	12	11,8	12,1	12,3	12,1	3,62	3,54	3,64	3,56	3,6	10,64	11,06	10,86	10,72	10,6
197		2.914	25,8	142,5	13		Ya	Ya	12	12,1	12,3	12,1	12	3,6	3,56	3,62	3,58	3,64	10,6	11,1	10,84	10,58	10,62
198		2.914	25,8	143,4	13	46	Ya	Tidak	11,9	12	11,8	12,1	12	3,63	3,75	3,54	3,84	3,8	10,56	10,75	9,86	10,84	11,06
199		2.948	25,6	146,1	13		Ya	Tidak	12	12,1	12,3	12	11,8	3,58	3,64	3,75	3,71	3,83	10,92	10,75	10,34	10,15	11,14
200		3.000	25,7	145,6	13		Ya	Tidak	12,2	11,9	12,1	12	12	3,51	3,6	3,52	3,6	3,53	10,41	10,63	10,48	10,25	10,37
201		3.000	25,7	145,8	13	47	Ya	Tidak	12,1	12,3	11,9	12,3	12	3,62	3,74	3,81	3,8	3,59	10,57	10,64	10,03	10,92	11,14
202		2.891	24,3	146	13		Ya	Ya	12,3	12,2	12	11,8	12	3,83	3,62	3,74	3,55	3,81	11,05	10,72	11,15	10,68	10,41
203		2.915	24,9	146,3	13	47	Ya	Tidak	12	11,8	12,3	12,2	12	3,72	3,58	3,64	3,84	3,7	10,82	11,03	10,76	10,91	10,11
204		2.915	24,9	147,3	13		Ya	Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,57	3,6	3,55	3,6	3,57	10,87	10,54	10,76	10,75	10,62
205	2.870	28,1	141,7	13	Ya		Tidak	11,8	11,8	11,9	11,7	11,7	3,57	3,6	3,52	3,4	3,54	10,76	11,46	10,72	10,55	10,69	
206	2.684	28,3	140,9	13	Ya		Ya	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,5	3,57	3,4	3,57	3,6	10,87	10,64	10,74	10,62	10,71	
207	2.940	28,1	141,2	13	47	Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,7	11,7	3,57	3,52	3,46	3,6	3,55	10,87	10,64	10,75	10,12	10,59	
208	2.815	28,1	143,5	13		Ya	Tidak	11,8	11,7	11,9	11,8	11,7	3,53	3,56	3,71	3,59	3,63	10,91	10,95	10,63	10,57	10,27	
209	2.900	28,2	141,8	13		Ya	Tidak	11,8	11,8	11,8	11,9	11,9	3,57	3,42	3,6	3,59	3,57	10,87	10,57	10,64	10,72	10,2	
210	2.900	28,2	143,7	13		Ya	Ya	11,8	11,9	11,8	11,7	11,8	3,57	3,6	3,58	3,42	3,59	10,76	10,72	10,54	10,67	10,84	

Lampiran 2. Konstanta Peta Kendali Variabel

Observations in Sample, <i>n</i>	Chart for Averages					Chart for Standard Deviations					Chart for Ranges						
	Factors for Control Limits			Factors for Center Line		Factors for Control Limits				Factors for Center Line		Factors for Control Limits					
	<i>A</i>	<i>A</i> ₂	<i>A</i> ₃	<i>c</i> ₄	1/ <i>c</i> ₄	<i>B</i> ₃	<i>B</i> ₄	<i>B</i> ₅	<i>B</i> ₆	<i>d</i> ₂	1/ <i>d</i> ₂	<i>d</i> ₃	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>D</i> ₃	<i>D</i> ₄	
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267	
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574	
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282	
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114	
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004	
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924	
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864	
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816	
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777	
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744	
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717	
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693	
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672	
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653	
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637	
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622	
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608	
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597	
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585	
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575	
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566	
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557	
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548	
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541	

For *n* > 25.

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}} \quad A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}} \quad c_4 \cong \frac{4(n-1)}{4n-3}$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} \quad B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}} \quad B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

1. Untuk ukuran sampel $n = 50$

$$c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3} = \frac{4(50-1)}{4(50)-3} = \frac{196}{197} = 0,9949$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}} = \frac{3}{0,9949\sqrt{50}} = 0,4264$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} = 1 - \frac{3}{0,9949\sqrt{2(50-1)}} = 0,6954$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} = 1 + \frac{3}{0,9949\sqrt{2(50-1)}} = 1,3046$$

1. Untuk ukuran sampel $n = 55$

$$c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3} = \frac{4(55-1)}{4(55)-3} = \frac{216}{217} = 0,9954$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}} = \frac{3}{0,9954\sqrt{55}} = 0,4064$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} = 1 - \frac{3}{0,9954\sqrt{2(55-1)}} = 0,71$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} = 1 + \frac{3}{0,9954\sqrt{2(55-1)}} = 1,29$$

2. Untuk ukuran sampel $n = 65$

$$c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3} = \frac{4(65-1)}{4(65)-3} = \frac{256}{257} = 0,9961$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}} = \frac{3}{0,9961\sqrt{65}} = 0,3736$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} = 1 - \frac{3}{0,9961\sqrt{2(65-1)}} = 0,7338$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} = 1 + \frac{3}{0,9961\sqrt{2(65-1)}} = 1,2662$$

3. Untuk ukuran sampel $n = 70$

$$c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3} = \frac{4(70-1)}{4(70)-3} = \frac{276}{277} = 0,9964$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}} = \frac{3}{0,9964\sqrt{70}} = 0,3599$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} = 1 - \frac{3}{0,9964 \sqrt{2(70-1)}} = 0,7437$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} = 1 + \frac{3}{0,9964 \sqrt{2(70-1)}} = 1,2563$$

5. Untuk ukuran sampel $n = 75$

$$c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3} = \frac{4(75-1)}{4(75)-3} = \frac{296}{297} = 0,9966$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}} = \frac{3}{0,9966 \sqrt{75}} = 0,3476$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} = 1 - \frac{3}{0,9966 \sqrt{2(75-1)}} = 0,7526$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} = 1 + \frac{3}{0,9966 \sqrt{2(75-1)}} = 1,2474$$

6. Untuk ukuran sampel $n = 80$

$$c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3} = \frac{4(80-1)}{4(80)-3} = \frac{316}{317} = 0,9968$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}} = \frac{3}{0,9968 \sqrt{80}} = 0,3365$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} = 1 - \frac{3}{0,9968 \sqrt{2(80-1)}} = 0,7606$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} = 1 + \frac{3}{0,9968 \sqrt{2(80-1)}} = 1,2394$$

7. Untuk ukuran sampel $n = 95$

$$c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3} = \frac{4(95-1)}{4(95)-3} = \frac{376}{377} = 0,9973$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}} = \frac{3}{0,9973 \sqrt{95}} = 0,3086$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} = 1 - \frac{3}{0,9973 \sqrt{2(95-1)}} = 0,7806$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}} = 1 + \frac{3}{0,9973 \sqrt{2(95-1)}} = 1,2194$$

8. Untuk ukuran sampel $n = 100$

$$c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3} = \frac{4(100-1)}{4(100)-3} = \frac{396}{397} = 0,9975$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}} = \frac{3}{0,9975\sqrt{100}} = 0,3008$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} = 1 - \frac{3}{0,9975\sqrt{2(100-1)}} = 0,7863$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} = 1 + \frac{3}{0,9975\sqrt{2(100-1)}} = 1,2137$$

9. Untuk ukuran sampel $n = 105$

$$c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3} = \frac{4(105-1)}{4(105)-3} = \frac{416}{417} = 0,9976$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}} = \frac{3}{0,9976\sqrt{105}} = 0,2935$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} = 1 - \frac{3}{0,9976\sqrt{2(105-1)}} = 0,7915$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} = 1 + \frac{3}{0,9976\sqrt{2(105-1)}} = 1,2085$$

10. Untuk ukuran sampel $n = 110$

$$c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3} = \frac{4(110-1)}{4(110)-3} = \frac{436}{437} = 0,9977$$

$$A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}} = \frac{3}{0,9977\sqrt{110}} = 0,2867$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} = 1 - \frac{3}{0,9977\sqrt{2(110-1)}} = 0,7963$$

$$B_4 = 1 + \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} = 1 + \frac{3}{0,9977\sqrt{2(110-1)}} = 1,2037$$

Lampiran 3. Data Peta Kendali \bar{X} dan Peta Kendali S untuk Panjang Wafer

Tanggal Produksi Jumlah Sampel Produk	10-Apr 65	11-Apr 70	12-Apr 100	13-Apr 80	14-Apr 55	15-Apr 95	16-Apr 25	17-Apr 55	18-Apr 50	22-Apr 110	23-Apr 65	24-Apr 75	29-Apr 105	30-Apr 100		
Data ke-	1	12	12	12	12	11,8	12,4	12	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	12	12	
	2	12	12,1	12,1	12,4	11,8	12,3	12,1	11,8	11,9	11,8	11,8	11,8	12,1	12,1	
	3	12,2	12,3	12	12	11,8	12	12	11,8	11,9	11,8	11,8	11,8	12,1	12	
	4	11,8	12	12,1	11,9	11,8	12,1	11,9	11,8	12,5	11,8	11,8	11,8	12	12	
	5	12,5	12	12,1	12	12,1	12	12	12	12,3	11,9	11,8	11,8	11,8	11,8	12,1
	6	12	12,2	12	12,1	12	12,1	12	12,1	12,2	11,9	11,8	11,8	12	12	
	7	12,1	12,1	12	11,9	12,1	11,8	11,9	12	11,8	11,8	12	11,8	12,1	12	
	8	11,8	12	12,4	11,9	11,8	11,8	12,2	12,1	11,8	12,1	12,1	11,8	12	11,9	
	9	11,8	11,8	12,2	11,8	12	11,8	12	12,1	12,2	12	12	12,1	12,1	12	
	10	11,8	11,8	12	11,8	12,1	11,8	12,1	12	11,8	12,1	11,9	12	12	12,2	
	11	11,8	11,8	11,7	11,8	12	11,8	12,3	12	11,6	12	12	12,1	12,3	12,1	
	12	11,8	11,8	12,3	11,8	11,8	11,8	12	11,8	11,8	12,1	12,1	12	12	12,3	
	13	11,6	11,8	12	11,8	11,8	11,8	11,9	11,8	11,7	12	12	12,1	11,9	12	
	14	11,5	11,8	12,2	11,8	11,7	12	12	11,8	12,1	12,1	11,7	12	12	11,8	
	15	12,1	12,1	11,8	11,8	11,8	12,1	12,2	11,8	12	12	11,7	12	11,8	11,8	
	16	12	12	11,8	11,8	12	12	11,7	11,8	12,2	11,9	11,7	11,8	11,8	11,8	
	17	11,9	12	11,8	11,8	11,8	11,9	12	12	12,3	12	11,8	11,8	11,8	11,8	
	18	12,2	11,8	11,8	12,2	12	12	12	12,1	12	11,7	11,8	11,8	11,8	11,8	
	19	11,7	12	11,8	11,9	12	12,1	12,3	12,3	12,1	12,1	11,8	11,7	11,8	11,8	
	20	12	11,9	11,8	12,1	12,1	12,3	12,1	12,2	12	11,9	12,3	11,9	11,8	11,8	
	21	11,8	12,1	12,1	12,2	12,3	12	12,2	12,5	11,7	12,2	12	11,8	11,8	12,1	
	22	11,8	12,2	12	12,2	11,8	11,9	12,3	12,1	11,9	12,1	11,8	11,8	12,3	12	
	23	11,8	11,8	12,1	11,8	11,8	12	12,1	11,8	12	11,8	12,1	12,1	12	12	
	24	11,8	11,7	12	11,8	11,9	12,4	12,1	11,9	12	11,8	11,8	12	12,3	11,8	
	25	11,8	11,8	12	11,9	11,7	12	11,9	11,6	12,1	11,8	12	12,3	12,1	12	
	26	11,7	11,8	12,2	12	11,8	11,8		11,9	12,1	11,8	11,8	12	12	11,8	
	27	11,8	11,7	12,1	11,8	12,3	11,8		12,1	12,4	11,8	11,8	12,1	12,1	12,1	
	28	12,2	11,8	12,3	11,8	12,1	11,8		11,8	11,9	11,9	11,7	12	12	12	
	29	12	12	12,3	11,7	12,1	11,8		12	12,5	11,8	11,8	12,1	12,1	12,1	
	30	11,8	12,3	12,1	11,8	12	11,8		12	12,3	11,8	11,8	12,2	12	11,9	
	31	12	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8		12,1	11,9	11,8	11,7	11,8	12,2	12,3	
	32	12,3	12,1	12	11,9	12	11,8		12,1	11,8	12	11,8	11,9	12	12,2	
	33	11,7	12,2	12,1	11,9	12,1	11,8		12	12	12,1	12,1	11,8	11,9	11,8	
	34	11,8	12	11,9	11,8	11,9	12		11,7	12,3	11,7	11,8	11,9	12	11,8	
	35	11,9	12	11,8	12,2	11,9	12,5		11,9	11,9	11,8	12,3	11,7	12,3	11,8	
	36	11,6	12,1	11,8	12	11,9	12		11,7	11,9	12	12,2	11,8	11,8	11,8	
	37	11,9	11,8	11,8	12,1	11,7	12,1		11,7	12	12	12,3	11,8	11,8	11,8	
	38	11,7	11,9	11,8	12	11,8	12		12,5	12,3	12,1	12,1	12	11,8	11,7	
	39	11,8	11,8	11,7	12,1	12	11,8		12,3	12,3	12,3	12,1	12,3	11,8	11,8	
	40	11,9	11,8	11,8	12	12,3	12		11,8	12,5	12	11,9	12,1	11,8	11,9	
	41	11,8	11,6	12,1	11,9	12,3	12,1		12,1	12,1	11,9	11,8	12,3	11,8	12,3	
	42	11,9	11,9	12,1	12,1	12	11,8		12	12,1	12	11,7	12	11,8	12,1	
	43	12	12	12	11,8	12	12,1		12,3	11,8	12,1	11,7	12	12,1	12,1	
	44	11,7	12	12,1	11,9	12	11,9		12,5	12	12	11,7	12,3	12,3	12,1	
	45	12	12,1	12,1	11,8	11,9	11,9		11,7	11,9	11,9	11,7	11,8	12,1	11,8	
	46	12,3	12	12,2	11,8	11,9	11,8		11,7	12	11,8	11,8	11,7	12,3	12,1	
	47	11,7	12,1	12	11,7	11,8	11,7		11,7	12,1	11,8	12,3	11,7	12,1	12,3	
	48	11,7	12,3	12,2	11,9	11,7	11,8		11,8	12,5	11,6	12,1	11,7	12	11,8	
	49	11,7	12	12	12,1	12,1	11,9		12,3	12	11,9	12,1	12,1	12,3	12,3	
	50	11,7	12,3	11,9	11,8	12,3	11,7		12,1	12,2	11,8	12,1	12	12,4	12,1	
	51	11,7	11,7	11,9	12,1	12	11,8		12,1		11,9	12,3	11,7	12	11,9	
	52	11,7	11,6	12,1	12,3	12,1	12,3		12,1		12	12,1	11,7	12,1	12	
	53	12	11,7	12,4	11,8	12,1	12,1		12,3		12,1	11,8	12,3	12,2	12,3	
	54	12	11,7	12	12,2	12,1	12		12,1		12,1	11,8	12,1	11,9	11,8	
	55	12,1	11,7	11,8	11,8	12,1	12,1		12,3		12,3	11,9	12	12,3	11,9	
	56	11,7	11,7	11,8	12		11,8				12,1	11,7	12,1	12	11,8	
	57	12	11,8	11,8	11,7		12,1				12,1	11,7	11,8	11,8	11,8	
	58	12,2	12,1	11,8	12		11,9				11,8	11,7	12,3	11,9	11,9	
	59	12,2	12	11,9	11,7		11,9				11,9	12,1	12,1	11,8	11,8	
	60	11,7	12,3	11,7	11,7		12,2				12	12,1	12,1	11,7	11,8	
	61	11,7	11,9	12	11,7		12,3				12,3	12	11,7	11,8	12,1	
	62	11,9	12	12,3	11,7		12,2				12	12	11,7	11,8	12,3	
	63	11,7	11,9	12,3	11,7		12,3				11,8	12	11,7	11,7	12,3	

Tanggal Produksi	10-Apr	11-Apr	12-Apr	13-Apr	14-Apr	15-Apr	16-Apr	17-Apr	18-Apr	22-Apr	23-Apr	24-Apr	29-Apr	30-Apr
Jumlah Sampel Produk	65	70	100	80	55	95	25	55	50	110	65	75	105	100
64	11,9	11,9	12,3	11,7		11,7				12,1	12,1	11,8	12,5	12
65	11,8	11,7	12,2	12		11,7				12	12	11,9	12,1	12
66		11,9	12,1	12		11,7				11,9		11,7	12	12,3
67		11,9	12,3	11,8		11,7				11,7		11,7	12	12,1
68		11,7	12	12,4		11,7				11,7		12,1	11,9	12,1
69		11,8	12	12		11,7				11,7		12	12,3	12
70		11,7	12,2	11,8		11,7				11,7		11,8	12,1	12
71			12,2	11,9		12,1				11,7		12	12,3	12,3
72			12	11,7		12				11,8		12,3	12,2	11,8
73			11,9	11,7		12,3				11,7		12,1	12,3	12,2
74			12	12,1		12,1				12		12	12,4	11,7
75			11,7	11,7		12				12,3		12	12,1	11,7
76			11,7	11,7		11,8				12			12,2	11,7
77			11,7	11,9		12,2				12,1			12,4	11,7
78			11,7	11,7		12,1				12			11,7	11,8
79			11,7	11,9		12,3				12			11,9	11,9
80			11,7	11,8		11,9				12			11,7	11,7
81			12,3			12				12,1			11,7	12
82			12			12,2				12			11,7	12
83			12,1			11,7				11,8			11,7	12,1
84			12,1			11,7				11,7			11,7	11,7
85			12,3			11,9				12,3			12,1	12,3
86			12			11,7				12			12	12,1
87			12			11,7				12			12	12
88			12			11,9				12			12,1	12
89			11,9			11,7				11,7			11,9	11,8
90			12,4			12				11,7			12	12
91			12,5			12,3				11,7			12	12
92			11,9			12,1				11,7			12	12
93			12,3			12,3				11,9			12,3	12
94			12,1			12,1				11,9			12	11,7
95			11,7			12,1				11,7			12,1	11,7
96			11,9							12,3			12,2	11,7
97			11,7							12			12,1	11,7
98			11,9							11,8			11,9	11,7
99			11,8							12			11,7	11,9
100			11,9							12,1			11,9	11,8
101										12,3			11,7	
102										12,1			11,7	
103										12,3			11,7	
104										12,2			11,7	
105										12			11,7	
106										11,9				
107										12				
108										12,3				
109										11,9				
110										12,1				
\bar{x}_i	11,8846	11,9286	12,0030	11,9050	11,9618	11,9663	12,0520	11,9945	12,0500	11,9500	11,9215	11,9400	11,9924	11,9590
s_i	0,1962	0,1819	0,1982	0,1728	0,1672	0,2019	0,1447	0,2240	0,2261	0,1728	0,1841	0,1838	0,2032	0,1826
$\bar{\bar{X}}$	11,9604	11,9604	11,9604	11,9604	11,9604	11,9604	11,9604	11,9604	11,9604	11,9604	11,9604	11,9604	11,9604	11,9604
$\bar{\bar{S}}$	0,2098	0,2098	0,2098	0,2098	0,2098	0,2098	0,2098	0,2098	0,2098	0,2098	0,2098	0,2098	0,2098	0,2098
A_3	0,3736	0,3599	0,3008	0,3365	0,4064	0,3086	0,6060	0,4064	0,4264	0,2867	0,3736	0,3476	0,2935	0,3008
Peta Kendali \bar{X}														
LCL	11,8820	11,8849	11,8973	11,8898	11,8751	11,8956	11,8333	11,8751	11,8709	11,9002	11,8820	11,8875	11,8988	11,8973
UCL	12,0387	12,0359	12,0235	12,0310	12,0456	12,0251	12,0875	12,0456	12,0498	12,0205	12,0387	12,0333	12,0219	12,0235
B_3	0,7338	0,7437	0,7863	0,7606	0,7100	0,7806	0,5650	0,7100	0,6954	0,7963	0,7338	0,7526	0,7915	0,7863
B_4	1,2662	1,2563	1,2137	1,2394	1,2900	1,2194	1,4350	1,2900	1,3046	1,2037	1,2662	1,2474	1,2085	1,2137
Peta Kendali S														
LCL	0,1539	0,1560	0,1649	0,1595	0,1489	0,1637	0,1185	0,1489	0,1459	0,1670	0,1539	0,1579	0,1660	0,1649
UCL	0,2656	0,2635	0,2546	0,2600	0,2706	0,2558	0,3010	0,2706	0,2736	0,2525	0,2656	0,2617	0,2535	0,2546

Lampiran 4. Data Peta Kendali \bar{x} dan Peta Kendali S untuk Berat Base Wafer

Tanggal Produksi Jumlah Sampel Produk	10-Apr 65	11-Apr 70	12-Apr 100	13-Apr 80	14-Apr 55	15-Apr 95	16-Apr 25	17-Apr 55	18-Apr 50	22-Apr 110	23-Apr 65	24-Apr 75	29-Apr 105	30-Apr 100	
Data ke-	1	3,66	3,6	3,6	3,63	3,57	3,67	3,62	3,57	3,56	3,51	3,59	3,59	3,62	3,6
	2	3,59	3,62	3,68	3,59	3,57	3,72	3,58	3,53	3,63	3,57	3,56	3,57	3,6	3,62
	3	3,83	3,6	3,62	3,62	3,56	3,55	3,62	3,58	3,58	3,58	3,58	3,5	3,58	3,56
	4	3,5	3,62	3,6	3,59	3,57	3,62	3,54	3,57	3,63	3,57	3,58	3,58	3,6	3,62
	5	3,66	3,74	3,61	3,63	3,68	3,84	3,62	3,62	3,53	3,58	3,58	3,59	3,51	3,6
	6	3,83	3,52	3,59	3,82	3,62	3,72	3,57	3,64	3,69	3,6	3,58	3,58	3,6	3,62
	7	3,67	3,73	3,62	3,64	3,6	3,57	3,64	3,58	3,85	3,57	3,64	3,58	3,62	3,6
	8	3,58	3,56	3,64	3,8	3,64	3,57	3,73	3,66	3,72	3,58	3,62	3,6	3,52	3,63
	9	3,58	3,57	3,58	3,64	3,6	3,58	3,75	3,67	3,76	3,6	3,6	3,62	3,63	3,58
	10	3,56	3,56	3,73	3,84	3,62	3,56	3,58	3,6	3,52	3,62	3,72	3,6	3,53	3,51
	11	3,55	3,57	3,61	3,57	3,6	3,57	3,63	3,62	3,76	3,6	3,64	3,62	3,63	3,62
	12	3,57	3,58	3,58	3,58	3,6	3,5	3,75	3,59	3,83	3,62	3,62	3,6	3,65	3,83
	13	3,5	3,57	3,63	3,58	3,6	3,58	3,58	3,55	3,74	3,56	3,62	3,62	3,58	3,72
	14	3,59	3,58	3,87	3,58	3,55	3,86	3,56	3,6	3,53	3,6	3,57	3,6	3,63	3,57
	15	3,84	3,56	3,58	2,57	3,57	3,76	3,74	3,57	3,74	3,63	3,55	3,58	3,57	3,57
	16	3,59	3,54	3,58	3,57	3,7	3,66	3,75	3,58	3,74	3,74	3,55	3,58	3,58	3,5
	17	3,6	3,54	3,58	3,84	3,58	3,72	3,84	3,56	3,62	3,54	3,57	3,52	3,58	3,57
	18	3,53	3,54	3,56	3,72	3,56	3,66	3,85	3,7	3,54	3,51	3,56	3,57	3,57	3,53
	19	3,61	3,53	3,51	3,58	3,5	3,62	3,7	3,58	3,8	3,62	3,57	3,6	3,58	3,57
	20	3,74	3,73	3,58	3,75	3,58	3,52	3,59	3,61	3,68	3,76	3,56	3,62	3,57	3,57
	21	3,57	3,8	3,54	3,89	3,58	3,54	3,84	3,58	3,82	3,55	3,74	3,6	3,57	3,54
	22	3,57	3,62	3,7	3,84	3,56	3,63	3,73	3,54	3,76	3,63	3,56	3,59	3,58	3,56
	23	3,55	3,55	3,54	3,72	3,57	3,54	3,59	3,6	3,62	3,6	3,82	3,54	3,54	3,6
	24	3,56	3,55	3,54	3,67	3,53	3,74	3,84	3,47	3,74	3,54	3,58	3,58	3,6	3,54
	25	3,6	3,56	3,69	3,56	3,62	3,56	3,71	3,59	3,86	3,6	3,54	3,56	3,54	3,58
	26	3,56	3,57	3,6	3,67	3,46	3,6		3,6	3,83	3,6	3,74	3,58	3,57	3,54
	27	3,75	3,6	3,54	3,56	3,56	3,57		3,64	3,54	3,61	3,57	3,54	3,72	3,56
	28	3,86	3,57	3,85	3,6	3,6	3,6		3,6	3,66	3,58	3,62	3,56	3,58	3,75
	29	3,64	3,62	3,72	3,6	3,6	3,54		3,64	3,8	3,55	3,6	3,64	3,64	3,64
	30	3,57	3,68	3,69	3,6	3,68	3,55		3,62	3,74	3,64	3,55	3,62	3,59	3,6
	31	3,82	3,62	3,52	3,6	3,62	3,6		3,72	3,81	3,58	3,55	3,57	3,58	3,74
	32	3,57	3,5	3,69	3,6	3,6	3,57		3,7	3,74	3,54	3,55	3,6	3,58	3,62
	33	3,83	3,63	3,84	3,85	3,62	3,64		3,68	3,75	3,56	3,62	3,57	3,72	3,58
	34	3,62	3,84	2,84	3,64	3,6	3,8		3,56	3,73	3,56	3,6	3,52	3,65	3,6
	35	3,6	3,82	3,57	3,72	3,46	3,58		3,6	3,51	3,6	3,62	3,71	3,76	3,6
	36	3,54	3,7	3,6	3,82	3,46	3,56		3,64	3,84	3,54	3,66	3,57	3,57	3,57
	37	3,4	3,59	3,6	3,64	3,6	3,54		3,6	3,7	3,58	3,62	3,6	3,57	3,52
	38	3,55	3,62	3,54	3,7	3,64	3,58		3,56	3,82	3,66	3,6	3,62	3,6	3,56
	39	3,62	3,57	3,6	3,81	3,54	3,63		3,56	3,57	3,68	3,6	3,6	3,85	3,42
	40	3,81	3,6	3,6	3,9	3,58	3,58		3,54	3,83	3,65	3,6	3,62	3,6	3,6
	41	3,6	3,57	3,62	3,81	3,56	3,74		3,54	3,66	3,8	3,57	3,6	3,57	3,62
	42	3,8	3,62	3,66	3,5	3,56	3,81		3,58	3,82	3,53	3,59	3,62	3,6	3,6
	43	3,79	3,54	3,68	3,6	3,56	3,5		3,64	3,83	3,63	3,52	3,6	3,64	3,58
	44	3,75	3,5	3,62	3,57	3,5	3,82		3,56	3,82	3,7	3,6	3,58	3,68	3,6
	45	3,7	3,56	3,61	3,57	3,57	3,57		3,42	3,66	3,57	3,6	3,76	3,56	3,62
	46	3,59	3,66	3,7	3,59	3,57	3,59		3,6	3,56	3,42	3,56	3,46	3,68	3,64
	47	3,46	3,82	3,68	3,52	3,56	3,57		3,42	3,81	3,57	3,58	3,6	3,71	3,62
	48	3,62	3,66	3,89	3,57	3,55	3,52		3,52	3,75	3,46	3,54	3,6	3,68	3,54
	49	3,59	3,61	3,69	3,76	3,6	3,57		3,6	3,81	3,58	3,61	3,45	3,6	3,75
	50	3,62	3,79	3,83	2,81	3,66	3,57		3,66	3,86	3,63	3,56	3,67	3,73	3,52
	51	3,42	3,52	3,73	3,77	3,64	3,6		3,6		3,46	3,58	3,6	3,82	3,81
	52	3,6	3,6	3,89	3,64	3,62	3,58		3,6		3,6	3,58	3,6	3,66	3,74
	53	3,83	3,63	3,76	3,73	3,64	3,56		3,69		3,62	3,6	3,58	3,74	3,64
	54	3,72	3,6	3,66	3,64	3,64	3,6		3,56		3,6	3,55	3,56	3,85	3,55
	55	3,75	3,62	3,6	3,67	3,64	3,69		3,6		3,64	3,6	3,64	3,7	3,52
	56	3,52	3,6	3,46	3,72		3,68				3,6	3,6	3,56	3,84	3,4
	57	3,87	3,66	3,57	3,72		3,6				3,54	3,45	3,58	3,55	3,46
	58	3,86	3,66	3,62	3,67		3,76				3,66	3,6	3,58	3,6	3,71
	59	3,82	3,6	3,56	3,6		3,88				3,82	3,75	3,62	3,51	3,6
	60	3,55	3,58	3,57	3,63		3,8				3,59	3,66	3,84	3,72	3,58
	61	3,55	3,76	3,58	3,46		3,75				3,76	3,66	3,6	3,57	3,58
	62	3,6	3,85	3,58	3,5		3,68				3,73	3,72	3,53	3,6	3,54
	63	3,63	3,79	3,56	3,63		3,68				3,63	3,6	3,6	3,59	3,64

Tanggal Produksi	10-Apr	11-Apr	12-Apr	13-Apr	14-Apr	15-Apr	16-Apr	17-Apr	18-Apr	22-Apr	23-Apr	24-Apr	29-Apr	30-Apr	
Jumlah Sampel Produk	65	70	100	80	55	95	25	55	50	110	65	75	105	100	
Data ke-	64	3,55	3,84	3,58	3,6		3,6			3,8	3,64	3,55	3,5	3,56	
	65	3,46	3,59	3,72	3,51		3,4			3,74	3,66	3,82	3,5	3,58	
	66		3,59	3,91	3,85		3,46			3,58		3,52	3,62	3,56	
	67		3,46	3,7	3,84		3,59			3,55		3,6	3,52	3,58	
	68		3,57	3,75	3,89		3,6			3,59		3,7	3,5	3,84	
	69		3,55	3,82	3,52		3,57			3,55		3,64	3,56	3,71	
	70		3,57	3,54	3,51		3,46			3,62		3,58	3,64	3,6	
	71			3,86	3,83		3,66			3,47		3,6	3,75	3,8	
	72			3,69	3,56		3,62			3,58		3,6	3,7	3,55	
	73			3,8	3,69		3,58			3,6		3,64	3,82	3,84	
	74			3,79	3,8		3,52			3,7		3,56	3,82	3,6	
	75			3,6	3,59		3,7			3,56		3,8	3,59	3,4	
	76			3,62	3,55		3,56			3,56			3,68	3,57	
	77			3,46	3,62		3,84			3,52			3,81	3,6	
	78			3,6	3,46		3,82			3,54			3,6	3,59	
	79			3,42	3,45		3,59			3,66			3,6	3,59	
	80			3,6	3,57		3,56			3,52			3,57	3,42	
	81			3,64			3,83			3,87			3,57	3,66	
	82			3,64			3,76			3,52			3,62	3,64	
	83			3,6			3,46			3,88			3,6	3,52	
84			3,64			3,6			3,85			3,55	3,64		
85			3,6			3,54			3,7			3,66	3,64		
86			3,68			3,55			3,69			3,62	3,6		
87			3,56			3,6			3,82			3,6	3,64		
88			3,59			3,46			3,71			3,6	3,8		
89			3,86			3,57			3,6			3,62	3,83		
90			3,86			3,52			3,6			3,64	3,53		
91			3,77			3,58			3,6			3,56	3,59		
92			3,8			3,64			3,54			3,69	3,81		
93			3,69			3,6			3,59			3,82	3,7		
94			3,8			3,64			3,59			3,76	3,57		
95			3,57			3,64			3,6			3,69	3,54		
96			3,55						3,68			3,84	3,6		
97			3,52						3,64			3,82	3,55		
98			3,46						3,62			3,55	3,63		
99			3,75						3,7			3,46	3,57		
100			3,46						3,66			3,57	3,59		
101									3,58			3,6			
102									3,58			3,6			
103									3,76			3,55			
104									3,84			3,52			
105									3,76			3,57			
106									3,74						
107									3,81						
108									3,86						
109									3,83						
110									3,87						
\bar{x}_i	3,6372	3,6206	3,6378	3,6331	3,5858	3,6215	3,6780	3,5929	3,7140	3,6289	3,6028	3,5993	3,6269	3,6061	
s_i	0,1189	0,0908	0,1350	0,1907	0,0510	0,1004	0,0995	0,0591	0,1076	0,0984	0,0598	0,0649	0,0893	0,0903	
\bar{X}	3,6243	3,6243	3,6243	3,6243	3,6243	3,6243	3,6243	3,6243	3,6243	3,6243	3,6243	3,6243	3,6243	3,6243	
\bar{S}	0,1159	0,1159	0,1159	0,1159	0,1159	0,1159	0,1159	0,1159	0,1159	0,1159	0,1159	0,1159	0,1159	0,1159	
A_3	0,3736	0,3599	0,3008	0,3365	0,4064	0,3086	0,6060	0,4064	0,4264	0,2867	0,3736	0,3476	0,2935	0,3008	
Peta Kendali \bar{X}	LCL	3,5811	3,5826	3,5895	3,5853	3,5772	3,5886	3,5541	3,5772	3,5749	3,5911	3,5811	3,5841	3,5903	3,5895
	UCL	3,6676	3,6660	3,6592	3,6633	3,6714	3,6601	3,6945	3,6714	3,6737	3,6576	3,6676	3,6646	3,6583	3,6592
B_3	0,7338	0,7437	0,7863	0,7606	0,7100	0,7806	0,5650	0,7100	0,6954	0,7963	0,7338	0,7526	0,7915	0,7863	
B_4	1,2662	1,2563	1,2137	1,2394	1,2900	1,2194	1,4350	1,2900	1,3046	1,2037	1,2662	1,2474	1,2085	1,2137	
Peta Kendali S	LCL	0,0850	0,0862	0,0911	0,0881	0,0823	0,0904	0,0655	0,0823	0,0806	0,0923	0,0850	0,0872	0,0917	0,0911
	UCL	0,1467	0,1456	0,1406	0,1436	0,1495	0,1413	0,1663	0,1495	0,1512	0,1395	0,1467	0,1445	0,1400	0,1406

Lampiran 5. Data Peta Kendali \bar{X} dan Peta Kendali S untuk Berat Total Wafer

Tanggal Produksi Jumlah Sampel Produk	10-Apr 65	11-Apr 70	12-Apr 100	13-Apr 80	14-Apr 55	15-Apr 95	16-Apr 25	17-Apr 55	18-Apr 50	22-Apr 110	23-Apr 65	24-Apr 75	29-Apr 105	30-Apr 100	
Data ke-	1	11,08	10,66	10,46	10,82	10,87	10,82	10,92	10,87	11,57	11,46	10,87	10,87	10,76	10,86
	2	11,12	10,84	10,92	10,36	10,87	10,76	10,53	10,75	10,72	10,87	10,87	10,87	10,64	10,64
	3	10,72	10,86	10,64	10,62	10,86	10,55	10,56	10,87	10,56	10,96	10,6	10,81	10,82	10,54
	4	10,97	10,62	10,29	11,06	10,88	10,42	10,68	10,87	10,83	10,86	10,86	10,87	10,64	10,84
	5	11,16	10,57	10,86	10,72	10,68	10,54	10,46	10,64	10,87	10,35	10,87	10,92	10,49	10,56
	6	10,64	10,65	11,15	10,82	10,64	10,63	10,48	10,58	10,71	10,92	10,76	10,82	10,64	10,64
	7	10,75	10,47	10,6	11,12	10,66	10,87	10,75	10,9	10,43	10,87	11,16	10,87	10,82	10,6
	8	11,15	10,36	10,53	11,19	10,86	10,87	10,32	10,6	11,12	10,64	10,84	10,64	11,16	10,56
	9	10,76	10,22	10,32	10,91	10,64	10,87	10,71	10,67	11,2	10,78	10,62	10,64	10,82	10,92
	10	10,87	10,96	10,46	10,82	10,86	10,86	10,37	11,64	10,72	10,26	10,86	10,86	10,73	10,41
	11	10,87	10,87	10,35	10,86	10,64	10,87	11,12	10,84	11,26	10,66	10,54	10,64	10,97	10,57
	12	10,85	10,87	10,36	10,75	10,54	10,86	10,48	10,54	10,7	10,86	11,06	10,86	10,76	11,05
	13	10,75	10,87	10,41	10,76	10,54	10,87	11,32	10,82	10,68	10,64	10,82	10,66	10,57	10,82
	14	11,14	10,87	10,52	10,87	10,75	10,86	10,59	11,54	10,75	10,66	10,54	10,8	10,63	10,87
	15	11,06	11,1	10,86	10,87	10,54	10,64	10,75	10,57	10,79	11,06	10,56	10,82	10,76	10,76
	16	10,56	11,06	10,86	10,75	11,04	10,86	11,28	11,1	10,64	10,31	10,57	10,15	10,75	10,87
	17	10,93	11,06	10,87	10,53	11,06	10,91	10,13	11,06	10,56	10,77	10,55	10,65	10,87	10,87
	18	11,23	11,06	10,87	10,76	11,1	10,64	10,72	10,64	10,52	10,74	10,54	10,64	10,37	10,91
	19	10,52	10,74	10,87	10,35	10,82	10,86	10,76	11,1	11,06	10,51	10,71	10,64	10,64	10,87
	20	10,64	10,76	10,87	11,12	11,06	10,96	10,52	10,91	11,04	10,42	11,1	10,71	10,87	10,76
	21	10,67	10,51	10,84	10,66	11,1	10,54	10,36	10,68	11,03	11,1	11,06	10,7	10,87	10,76
	22	11,26	11,02	11,04	10,69	10,84	10,53	10,96	11,06	11,51	10,57	11,04	10,75	11,1	11,06
	23	10,54	10,57	11,06	10,89	10,75	10,57	10,59	10,75	10,74	10,86	10,8	11,06	11,06	10,62
	24	10,55	11,26	10,16	11,07	10,76	10,82	11,02	10,64	10,54	10,97	10,56	11,06	10,68	10,62
	25	10,75	11,46	10,79	10,89	10,64	10,75	10,16	10,75	10,58	10,75	11,04	11,1	10,38	10,76
	26	10,64	10,69	10,82	10,25	10,64	10,57		11,75	10,57	10,75	11,08	11,1	10,36	11,06
	27	11,03	10,59	10,82	10,75	10,8	10,64		10,86	10,11	10,45	10,06	11,04	11,06	11,1
	28	10,35	10,76	10,76	10,64	10,82	10,57		10,36	9,96	10,88	10,75	11,08	10,64	10,75
	29	10,07	10,86	10,56	10,75	10,84	10,75		10,52	10,25	10,54	10,67	10,76	10,54	10,75
	30	10,27	10,8	10,62	10,84	11,06	10,64		10,76	11,15	11,1	10,64	10,53	10,57	10,63
	31	11,07	10,72	10,83	10,16	10,82	10,75		10,22	10,75	11,06	10,75	10,56	10,62	10,64
	32	11,07	10,84	10,55	10,84	10,76	10,75		10,26	10,75	11,1	10,62	10,75	10,55	10,72
	33	10,03	10,63	10,58	10,86	10,72	10,74		10,86	10,92	11,06	10,86	10,75	10,58	11,03
	34	10,85	10,03	10,46	10,79	10,71	11,06		10,94	10,34	11,1	11,05	10,95	10,63	10,54
	35	10,94	10,3	10,75	10,05	10,97	11,04		10,66	10,38	11,06	10,86	10,58	10,72	11,46
	36	10,72	11,24	10,76	10,72	10,72	11,11		10,94	11,36	11,04	11,13	10,16	10,15	10,64
	37	10,62	10,64	10,54	10,59	10,27	10,8		10,64	10,73	11,19	11,06	10,62	10,74	10,64
	38	10,62	10,89	10,54	10,57	10,66	10,6		10,74	10,32	10,53	10,36	10,8	10,71	10,95
	39	10,75	10,86	10,59	11,26	10,76	10,37		10,54	11,07	10,52	11,26	10,82	10,76	10,57
	40	10,26	10,75	10,54	10,84	11,02	10,63		10,36	11,62	10,49	10,94	10,84	10,35	10,72
	41	10,65	10,76	10,24	11,06	10,16	10,82		10,58	10,58	10,52	10,75	10,86	10,75	11,04
	42	10,43	10,76	10,6	10,67	10,76	9,92		10,5	10,48	11,12	10,39	10,72	10,64	10,8
	43	10,46	10,94	10,76	10,67	10,82	10,96		10,82	10,26	10,53	10,76	10,86	10,84	11,04
	44	11,08	10,76	10,24	10,27	10,82	11,02		10,72	9,87	10,66	10,66	11,04	10,8	10,56
	45	11,26	10,58	10,68	10,64	10,62	10,64		11,76	10,31	10,75	10,23	11,24	10,76	10,84
	46	11,26	10,76	10,67	10,76	10,16	10,75		10,75	11,12	10,82	10,74	10,97	10,8	10,86
	47	10,33	11,57	11,04	10,54	10,75	10,64		10,82	10,96	10,64	10,76	10,71	11	10,84
	48	10,96	10,51	11,52	10,75	10,69	10,69		10,84	10,45	10,87	10,72	10,74	10,8	9,86
	49	10,54	10,86	10,47	11,03	11,1	10,75		10,64	10,48	10,61	11,33	10,72	10,52	10,34
	50	10,26	10,02	10,75	11,48	11,1	10,26		10,82	10,91	10,57	10,36	10,67	10,72	10,48
	51	10,57	10,64	10,44	10,52	10,76	10,76		10,28		10,71	10,64	10,66	10,12	10,03
	52	10,64	11,16	10,58	10,54	10,76	10,8		10,62		10,8	10,78	10,64	10,58	11,15
	53	11,25	11,16	11,07	10,11	10,24	10,8		10,63		10,74	10,84	10,76	10,73	10,76
	54	10,57	10,12	11,52	11,03	10,6	11,1		10,18		10,84	10,64	10,76	10,96	10,76
	55	11,04	10,75	10,67	11,07	10,56	10,82		10,84		10,58	10,94	10,72	9,95	10,72
	56	10,51	10,76	10,54	10,76		11,06				10,86	10,94	10,76	11,06	10,74
	57	11,42	10,68	11,75	11,12		10,54				10,76	10,12	10,76	10,76	10,75
	58	10,45	10,64	10,75	10,92		11,04				10,86	10,84	10,74	10,76	10,63
	59	11,04	10,66	10,75	10,37		10,07				11,68	10,58	10,26	10,32	10,64
	60	10,25	10,58	10,76	10,64		11,02				10,56	10,36	11,21	10,71	10,54
	61	10,94	11,26	10,72	10,66		10,63				10,32	11,08	10,94	10,82	10,96
	62	10,12	11,04	10,78	10,92		11,36				10,3	11,16	10,59	10,71	10,26
	63	10,75	10,25	10,82	10,75		10,41				10,74	10,6	10,74	10,42	10,76

Tanggal Produksi	10-Apr	11-Apr	12-Apr	13-Apr	14-Apr	15-Apr	16-Apr	17-Apr	18-Apr	22-Apr	23-Apr	24-Apr	29-Apr	30-Apr	
Jumlah Sampel Produk	65	70	100	80	55	95	25	55	50	110	65	75	105	100	
Data ke-	64	10,26	10,54	10,86	10,82		10,75			11,35	10,36	10,37	10,6	10,64	
	65	10,26	10,75	10,91	9,89		10,88			10,58	10,54	10,77	10,76	10,72	
	66		10,87	10,95	10,55		10,94			10,64		10,79	10,34	10,72	
	67		10,94	10,96	10,47		10,64			10,94		10,16	10,76	10,58	
	68		10,39	11,06	10,12		10,36			11,16		10,82	10,71	10,84	
	69		11,46	11,61	10,74		10,94			10,87		11,1	10,76	10,15	
	70		10,26	11,16	10,1		10,62			10,6		10,58	11,04	10,25	
	71			11,12	11,32		10,66			10,82		11,06	9,86	10,92	
	72			10,31	11,02		10,76			10,67		10,64	10,76	10,68	
	73			11,48	11,46		10,66			10,71		10,82	10,54	10,91	
	74			10,92	11,03		10,76			10,76		10,68	11,16	10,75	
	75			10,69	10,27		10,74			10,6		10,57	10,24	10,55	
	76			10,64	10,75		10,66			10,6			11,06	10,62	
	77			10,56	10,75		9,9			10,48			10,15	10,12	
	78			10,75	10,94		10,92			11,02			10,72	10,57	
	79			10,79	10,82		10,36			10,84			10,64	10,72	
	80			10,55	10,64		10,48			10,74			10,75	10,67	
	81			10,6			11,07			10,62			10,72	10,64	
	82			10,68			10,02			10,23			10,75	10,6	
	83			10,54			10,26			11,03			10,54	10,84	
84			10,66			10,71			11,1			10,17	11,06		
85			10,62			10,75			11,07			10,82	10,54		
86			10,89			10,82			10,68			10,64	10,6		
87			10,88			10,37			10,13			10,5	10,62		
88			11,28			10,84			11,43			10,54	11,06		
89			11,08			10,73			10,82			10,62	11,14		
90			10,13			10,68			11			10,25	10,37		
91			11,12			10,64			11,56			10,62	11,14		
92			10,22			10,84			11,07			11,13	10,41		
93			11,18			10,85			10,93			11,23	10,11		
94			11,03			10,8			10,5			11,6	10,62		
95			10,89			11,1			10,64			11,55	10,69		
96			10,35						11,04			10,73	10,71		
97			10,36						10,82			10,71	10,59		
98			10,62						10,1			11,23	10,27		
99			10,66						10,62			10,57	10,2		
100			10,16						10,96			10,83	10,84		
101									11,1			10,64			
102									11,1			10,76			
103									10,45			10,15			
104									11,11			10,72			
105									11,56			10,62			
106									11,26						
107									10,12						
108									10,55						
109									10,46						
110									11,14						
\bar{x}_i	10,7405	10,7617	10,7407	10,7393	10,7540	10,7171	10,6616	10,7745	10,7366	10,7922	10,7540	10,7624	10,6933	10,6976	
s_i	0,3355	0,3140	0,3164	0,3107	0,2191	0,2524	0,3118	0,3297	0,3873	0,3080	0,2669	0,2164	0,2845	0,2613	
$\bar{\bar{X}}$	10,7392	10,7392	10,7392	10,7392	10,7392	10,7392	10,7392	10,7392	10,7392	10,7392	10,7392	10,7392	10,7392	10,7392	
\bar{S}	0,3232	0,3232	0,3232	0,3232	0,3232	0,3232	0,3232	0,3232	0,3232	0,3232	0,3232	0,3232	0,3232	0,3232	
A_3	0,3736	0,3599	0,3008	0,3365	0,4064	0,3086	0,6060	0,4064	0,4264	0,2867	0,3736	0,3476	0,2935	0,3008	
Peta Kendali \bar{X}	LCL	10,6184	10,6228	10,6419	10,6304	10,6078	10,6394	10,5433	10,6078	10,6013	10,6465	10,6184	10,6268	10,6443	10,6419
	UCL	10,8599	10,8555	10,8364	10,8479	10,8705	10,8389	10,9350	10,8705	10,8770	10,8318	10,8599	10,8515	10,8340	10,8364
B_3	0,7338	0,7437	0,7863	0,7606	0,7100	0,7806	0,5650	0,7100	0,6954	0,7963	0,7338	0,7526	0,7915	0,7863	
B_4	1,2662	1,2563	1,2137	1,2394	1,2900	1,2194	1,4350	1,2900	1,3046	1,2037	1,2662	1,2474	1,2085	1,2137	
Peta Kendali S	LCL	0,2372	0,2404	0,2541	0,2458	0,2295	0,2523	0,1826	0,2295	0,2248	0,2574	0,2372	0,2432	0,2558	0,2541
	UCL	0,4093	0,4061	0,3923	0,4006	0,4170	0,3941	0,4638	0,4170	0,4217	0,3890	0,4093	0,4032	0,3906	0,3923

Lampiran 6. Data *Time Between Failure* dan *Time To Repair*

1. Pisau *Cutting*

Waktu Perbaikan Komponen				<i>Time Between Failure</i> (jam)	<i>Time To Repair</i> (jam)
Mulai		Selesai			
Tanggal	Jam	Tanggal	Jam		
1-Mei-18	20.25	1-Mei-18	21.07	-	0,7
13-Jun-18	04.07	13-Jun-18	04.55	1.015,7	0,8
12-Jul-18	00.55	12-Jul-18	01.31	692,8	0,6
16-Agu-18	13.31	16-Agu-18	14.25	851,6	0,9
18-Sep-18	08.25	18-Sep-18	09.13	786,9	0,8
26-Okt-18	11.13	26-Okt-18	11.37	902,8	0,4
22-Nov-18	03.37	22-Nov-18	04.07	640,4	0,5
2-Jan-19	14.07	2-Jan-19	15.01	994,5	0,9
4-Feb-19	20.01	4-Feb-19	20.31	797,9	0,5
2-Mar-19	09.31	2-Mar-19	10.13	613,5	0,7
13-Apr-19	08.13	13-Apr-19	08.55	1.006,7	0,7

2. Sensor *Cutting*

Waktu Perbaikan Komponen				<i>Time Between Failure</i> (jam)	<i>Time To Repair</i> (jam)
Mulai		Selesai			
Tanggal	Jam	Tanggal	Jam		
11-Jun-18	05.15	11-Jun-18	07.15	-	2
14-Jul-18	05.15	14-Jul-18	07.15	792	2
21-Agu-18	08.15	21-Agu-18	09.45	915	1,5
3-Okt-18	19.45	3-Okt-18	21.27	1.043,5	1,7
10-Nov-19	21.09	10-Nov-18	23.27	915,7	2,3
22-Des-18	23.27	23-Des-18	00.51	1.010,3	1,4
27-Jan-19	22.51	28-Jan-19	00.51	863,4	2
7-Mar-19	09.51	7-Mar-19	11.45	923	1,9
18-Apr-19	13.45	18-Apr-19	16.09	1.011,9	2,4

3. Kondensor

Waktu Perbaikan Komponen				<i>Time Between Failure</i> (jam)	<i>Time To Repair</i> (jam)
Mulai		Selesai			
Tanggal	Jam	Tanggal	Jam		
21-Jul-18	23.48	22-Jul-18	06.36	-	6,8
21-Okt-18	01.36	21-Okt-18	09.30	2.185,8	7,9
12-Jan-19	18.30	13-Jan-19	02.30	2.008,9	8
19-Apr-19	04.30	19-Apr-19	12.06	2.314	7,6

4. Pompa *Filler*

Waktu Perbaikan Komponen				<i>Time Between Failure</i> (jam)	<i>Time To Repair</i> (jam)
Mulai		Selesai			
Tanggal	Jam	Tanggal	Jam		
29-Jun-18	23.10	30-Jun-18	07.16	-	8,1
7-Okt-18	11.16	7-Okt-18	17.52	2.388,1	6,6
5-Jan-19	14.52	5-Jan-19	21.52	2.163,6	7
15-Apr-19	22.52	16-Apr-19	07.10	2.408	8,3



Lampiran 7. Tabel Nilai Fungsi Gamma

No.	n	$\Gamma(n)$
1.	1,00	1
2.	1,10	0,95135077
3.	1,20	0,918168742
4.	1,30	0,897470696
5.	1,40	0,887263818
6.	1,50	0,886226926
7.	1,60	0,893515549
8.	1,70	0,908638733
9.	1,80	0,931383377
10.	1,90	0,961765832
11.	2,00	1

Sumber: Boas (1983)

