PENINGKATAN KUALITAS PLASTIK rHDPE DENGAN MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DAN TAGUCHI

(Studi Kasus: PT. Asia Recycle Mandiri, Karanganyar)

TESIS

PROGRAM MAGISTER TEKNIK MESIN

MINAT TEKNIK INDUSTRI MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik

RIFKA FINDIANI
NIM 176060200111006

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

TESIS

PENINGKATAN KUALITAS PLASTIK rHDPE DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SIX SIGMA* DAN *TAGUCHI*
(Studi Kasus: PT. Asia Recycle Mandiri, Kabupaten Karanganyar)

Oleh:

RIFKA FINDIANI
NIM. 176060200111006

Telah dipertahankan didepan penguji
Pada tanggal 9 Juli 2019
Dinyatakan telah memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik Mesin

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Utama	**Pembimbing Pendamping**
Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.	**Dr. Eng. Moch. Agus Choiron, ST., MT.**

Malang, 23 JUL 2019

Universitas Brawijaya
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin
Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin

Dr. Eng. Lilis Yuliati, S.T., M.T.
NIP. 197507022000032001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

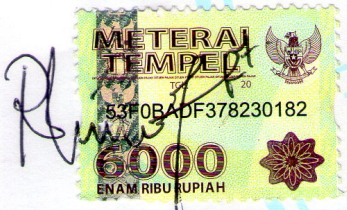
PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

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

Malang, 9 Juli 2019

Mahasiswa,



Nama : Rifka Findiani

NIM : 176060200111006

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
PROGRAM MAGISTER TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN

TURNITIN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM MAGISTER

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 933/UN10.F07.12.21/PP/2019

Sertifikat ini diberikan kepada :

RIFKA FINDIANI

Dengan Judul Tesis :

PENINGKATAN KUALITAS PLASTIK RHDPE DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SIX SIGMA* DAN *TAGUCHI*
(Studi Kasus: PT. Aisa Recycle Mandiri, Kabupaten Karanganyar)

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi ≤ 5 %, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal

18 Juli 2019

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D.
NIP. 196705181994121001

Ketua Program Studi S2 Teknik Mesin

Dr. Eng. Lilis Yuliati, ST., MT.
NIP. 19750702 200003 2 001

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan limapahan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **"Peningkatan Kualitas Plastik rHDPE dengan Menggunakan Metode Six Sigma dan Taguchi"** dengan baik.

Tesis ini disusun sebagai bagian dari proses memperoleh gelar Sarjana Strata Dua (S-2) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Setelah melewati berbagai tahapan, tesis ini dapat diselesaikan berkat bantuan, semangat, motivasi dan dorongan dari berbagai pihak. Penulis sepatutnya menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Eng Lilis Yuliati, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Brawijaya atas segala fasilitas, bantuan dan dukungan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi.
2. Bapak Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D., selaku ketua komisi dosen pembimbing atas waktu dan ketersediannya beserta semua ilmu, do'a, mnotivasi, dan saran yang telah diberikan selama penyususnan tesis.
3. Bapak Dr.Eng. Moch. Agus Choiron, S.T., M.T., selaku anggota komisi dosen pembimbing karena telah memberikan arahan serta bimbingan guna kesempurnaan penulisan tesis ini.
4. Bapak Sugiono, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen penguji I yang telah memberikan masukan-masukan selama perkuliahan maupun selama penyelesaian tesis ini.
5. Bapak Dr. Sugiarto, S.T., M.T., selaku dosen penguji II karena telah memberikan bimbingan dan meluangkan waktunya untuk membantu penulis selama proses penyelesaian tesis ini.
6. Seluruh dosen dan staf administrasi Jurusan Teknik Mesin dan Industri yang dengan senang hati memberikan ilmu akademik maupun non-akademik dan membantu dalam pengurusan administrasi dari awal masa studi hingga penyelesaian studi.
7. Orang tua tersayang, Papa Raihul, Bunda Lawiah, Papa Rus dan Mama Sri serta saudara-saudara tercinta yang tulus ikhlas senantiasa memberikan doa, motivasi, dukungan fisik dan materi tanpa henti.
8. Suami tercinta, Brilliantara Raga Rosandy yang selalu membimbing, memberikan dukungan, canda dan tawa serta menjadi motivasi terbesar.

9. Ibu Eny Susilo Budi selaku direktur utama PT. Asia Recycle Mandiri yang telah menyambut dengan luar biasa dan memberikan kesempatan penulis untuk melakukan penelitian di perusahaan.
10. Bapak Egi, Bapak Ari, dan Ibu Melati sebagai pembimbing lapangan yang sangat baik dan sabar selama penulis melakukan penelitian dan atas bantuan informasi yang diberikan kepada penulis.
11. Teman-teman angkatan 2017 khususnya minat Teknik Industri Manufaktur yang telah menjadi teman terbaik selama perkuliahan serta yang selalu memberikan dukungan, canda tawa, dan do'a.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis menyadari bahwa tesis ini belum sempurna karena keterbatasan ilmu dari penulis dan kendala-kendala yang terjadi selama pengerjaan tesis ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di waktu yang akan datang. Harapannya tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk penelitian dan pengembangan yang lebih lanjut.

Malang, Juli 2019

Penulis

repository.ub.ac.id

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN SAMPUL
LEMBAR PENGESAHAN
PERNYATAAN ORIGINAL TESIS
PERSEMBAHAN
LEMBAR IDENTITAS PENGUJI TESIS
DAFTAR RIWAYAT HIDUP
UCAPAN TERIMA KASIH
PENGANTAR i
DAFTAR ISI iii
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR ix
RINGKASAN xi
SUMMARY xiii
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Identifikasi Masalah 5
1.3 Rumusan Masalah 6
1.4 Batasan Penelitian 6
1.5 Tujuan Penelitian 7
1.6 Manfaat Penelitian 7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **9**
2.1 Penelitian Terdahulu 9
2.2 Kualitas 11
2.2.1 Pengendalian Kualitas 13
2.3 Kapabilitas Proses 13
2.4 Six Sigma 14
2.5 Tahap-Tahap Pengendalian Kualitas Dengan *Six Sigma* 16
2.5.1 Define 16
2.5.1.1 Diagram Alir (Flowchart) 17

2.5.1.2 Diagram Pareto 18
2.5.2 Measure 18
2.5.2.1 Peta Kontrol untuk Data Atribut 19
2.5.2.2 Perhitungan Defect Per Million Opportunities (DPMO) dan Level Sigma 20
2.5.2.3 Perhitungan Kapabilitas Proses 21
2.5.3 Analyze 22
2.5.3.1 Root Cause Analysis 22
2.5.4 Improve 23
2.5.5 Control 23
2.6 Taguchi 24
2.6.1 Orthogonal Array 27
2.6.2 Klasifikasi Karakteristik Kualitas 28
2.6.3 Klasifikasi Parameter 29
2.6.4 Signal Noise To Ratio (S/N Ratio) 30
2.6.5 Analysis Of Variance (Anova) Untuk Data Variabel 31
2.6.6 Prediksi Kondisi Optimum 33
2.6.7 Interval Kepercayaan 33
2.6.8 Eksperimen Konfirmasi 34
2.7 Plastik 34
2.7.1.1High Density Polyethylene 38

BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN 39
3.1 Kerangka Konsep Penelitian 39
3.2 Identifikasi Variabel 40
3.3 Metode Yang Digunakan 41
3.4 Hipotesis 43

BAB IV METODE PENELITIAN 45
4.1 Jenis Penelitian 45
4.2 Tempat Dan Waktu Penelitian 45
4.3 Tahap Penelitian 45
4.3.1 Tahap Pendahuluan 46
4.3.2 Tahap Pengumpulan Data 46

4.3.3 Tahap Pengolahan Data 47
4.3.4 Tahap Analisa Dan Kesimpulan 50
4.4 Diagram Alir Penelitian 50

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 53
5.1 Gambaran Umum Pt. Asia Recycle Mandiri 53
5.1.1 Profil Pt. Asia Recycle Mandiri 53
5.1.2 Visi Dan Misi Pt. Asia Recycle Mandiri 54
5.1.3 Struktur Organisasi Pt. Asia Recycle Mandiri 54
5.2 Produk Yang Dihasilkan Di Pt. Asia Recycle Mandiri 57
5.3 Pengumpulan Data 59
5.4 Pengolahan Data 59
5.4.1 Define 59
5.4.1.1 Diagram Alir (Flowchart) Proses Produksi 60
5.4.1.2 Definisi Critical-To-Quality (Ctq) 65
5.4.1.3 Pengumpulan Data *Defect* 65
5.4.2 Measure 71
5.4.2.1 Penetapan Prioritas Improvement 72
5.4.2.2 Pembuatan Control Chart 73
5.4.2.3 Pengukuran Baseline Kinerja 75
5.4.2.4 Penentuan Kapabilitas Proses 76
5.4.3 Analyze 76
5.4.3.1 Analisa Akar Permasalahan Penyebab Cacat 77
5.4.4 Improve (Metode Taguchi) 78
5.4.4.1 Penetapan Variabel Respon 78
5.4.4.2 Penetapan Faktor *Noise* 79
5.4.4.3 Penetapan Faktor Kontrol 79
5.4.4.4 Penetapan Karakteristik Kualitas 83
5.4.4.5 Penetapan Orthogonal Array 83
5.4.4.6 Pelaksanaan Eksperimen Taguchi 84
5.4.4.7 Perhitungan Analysis Of Variance (Anova) 85
5.4.4.8 Perhitungan Nilai Signal To Noise Ratio (Snr) 93
5.4.4.9 Penentuan *Setting* Level Optimal 96

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

5.4.4.10 Perkiraan Kondisi Dan Selang Interval Kepercayaan Nilai Rata-Rata Dan *Signal To Noise Ratio* (Snr) 97
5.4.4.11 Eksperimen Konfirmasi 99

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Jumlah Produksi dan Cacat Kantong Plastik Tahun 2017 4
Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terdahulu 12
Tabel 2.2 Konversi Nilai Yield ke DPMO 14
Tabel 2.3 Tahapan Perhitungan DPMO dan Level Sigma 20
Tabel 2.4 Orthogonal Array 24
Tabel 2.5 Klasifikasi Karakteristik Kualitas 25
Tabel 2.6 Response Table of Factor Effect 27
Tabel 2.7 Tabel ANOVA 28
Tabel 2.8 Perbandingan Interval Kepercayaan Untuk Masing-Masing Kondisi Optimal dan Konfirmasi 30
Tabel 2.9 Nama, Karakteristik, Aplikasi pada Material Plastik 30
Tabel 2.10 Beberapa Karakteristik dari LDPE dan HDPE 33
Tabel 4.1 Faktor dan Level Eksperimen 49
Tabel 5.1 Data *Critical-to-Quality* (CTQ) pada Produksi Kantong Plastik rHDPE 66
Tabel 5.2 Data Cacat Kantong Plastik HDPE KW 4 Bulan Januari 2019 Mesin A 71
Tabel 5.3 Rekap Jumlah Cacat pada Masing-Masing Jenis dan Proses 72
Tabel 5.4 Perhitungan Diagram Pareto Untuk Masing-Masing Cacat 72
Tabel 5.5 Perhitungan P-Chart Prose *Blowing and rolling* 75
Tabel 5.6 Perhitungan Nilai Kapabilitas Proses (Cp) Kantong Plastik 76
Tabel 5.7 *Current Condition* Setting Perusahaan 79
Tabel 5.8 Faktor dan Level Desain Eksperimen 79
Tabel 5.9 Sumber-Sumber Penyebab Cacat Cek Meter Pada Produksi Kantong Plastik Rhdpe Kw 4 Cm 9gr/m 85
Tabel 5.10 Kombinasi Faktor dan Level yang Dianggap Berpengarhuh 83
Tabel 5.11 Kalkuasi *Degree of Freedom* 83
Tabel 5.12 *Orthogonal Array* 84
Tabel 5.13 Hasil Akhir Desain Eksperimen *Taguchi* 84
Tabel 5.14 Hasil Akhir Perhitungan Rata-Rata Berat Kantong Plastik 85
Tabel 5.15 Hasil Akhir Perhitungan Tabel Respon Berat Kantong Plastik 85
Tabel 5.16 ANOVA 88
Tabel 5.17 ANOVA *Pooling* 92
Tabel 5.18 Tabel *Pooling Up* Akhir 92

Tabel 5.19 Perhitungan SNR 93
Tabel 5.20 Tabel Respon SNR 94
Tabel 5.21 *ANOVA SNR* 96
Tabel 5.22 Hasil Akhir ANOVA SNR 96
Tabel 5.23 Pengaruh faktor pada hitungan rata-rata dan variansi Taguchi 97
Tabel 5. 24 Hasil Perhitungan Eksperimen Konfirmasi dan SNR 100

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.3 Proses *Blown Film Extrusion* 37
Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian 37
Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian 51
Gambar 5.1 Struktur Organisasi PT. Asia Recycle Mandiri 55
Gambar 5.2 Produk-Produk PT. Asia Recycle Mandiri 57
Gambar 5.3 *Raw Material* yang belum disortir 60
Gambar 5.4 Proses *washing* 61
Gambar 5.5 Mesin *grinder* 61
Gambar 5.6 *Flakes* Plastik 62
Gambar 5.7 *Melt pelletizing* 62
Gambar 5.8 Proses tarik pada mesin *pellet* 63
Gambar 5.9 Biji plastik 63
Gambar 5.10 *Blower machine* 64
Gambar 5.11 Plastik *roll* dengan berbagai ukuran dan warna 64
Gambar 5.12 Proses *cutting* dan *sealing* 64
Gambar 5.13 Proses *packaging* 65
Gambar 5.14 Diagram alir *(flowchart)* proses produksi kantong plastik rHDPE KW 4 di PT. Asia Recycle Mandiri 66
Gambar 5.15 Cacat *Sealing* 67
Gambar 5.16 Cacat *Shrinkage* 68
Gambar 5.17 Cacat Mata Ikan *(Fish Eye)* 68
Gambar 5.18 *Handle Misalignment* 69
Gambar 5.19 Pengecekan Cek Meter 70
Gambar 5.20 Diagram Pareto Frekuensi Masing-Masing Cacat 73
Gambar 5.21 P-Chart Proses *Blowing and Rolling* 74
Gambar 5.22 Proses *Blowing and Rolling* 90
Gambar 5.23 Perbandingan Interval Kepercayaan Rata-Rata Cek Meter 101
Gambar 5.24 Perbandingan Interval Kepercayaan Nilai SNR Cek Meter 102

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan

RINGKASAN

Rifka Findiani, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2019, *Peningkatan Kualitas Plastik rHDPE dengan Menggunakan Metode Six Sigma dan Taguchi*, Dosen Pembimbing: Oyong Novareza dan Moch. Agus Choiron

PT. Asia Recycle Mandiri (PT. ARM) merupakan perusahaan daur ulang plastik skala menengah yang terletak di Karang Anyar, Jawa Tengah. Perusahaan ini menghasilkan produk yang berbasis plastik yaitu plastik kresek hitam berbagai ukuran, kantong sampah, *polybag*, *food wrap*, jas hujan, dan rafia baik untuk pasar lokal maupun internasional. Objek penelitian ini dibatasi pada plastik kresek hitam. Jenis material yang digunakan oleh PT. ARM adalah *Recycle High Density Polyethylene* (rHDPE). Seperti yang dialami perusahaan pada umumnya, PT. ARM menghadapi permasalahan kualitas dimana jumlah cacat dari hasil produksi masih melebihi standar yang telah ditetapkan. Beberapa cacat kantong plastik yang sering terjadia adalah *shrinkage,* mata ikan, cek meter, dan gagal *sealing*. Oleh karena itu, pengendalian kualitas plastik dibutuhkan dalam agar produk yang dihasilkan dapat memenuhi kualitas yang diharapkan manajemen dan pelanggan.

Dalam upaya memperbaiki kualitas, metode Six Sigma dan Taguchi digunakan. Pada proses Six Sigma, dilakukan proses DMAI yaitu *Define, Measure, Analyze,* dan *Improve.* Metode ini difokuskan pada usaha mengurangi variasi pada proses sekaligus mengurangi cacat dengan menggunakan statistik dan *problem solving tools* secara intensif. Dari Six Sigma akan didapatkan parameter apa saja yang mempengaruhi kualitas kantong plastik sehingga dapat dipilih faktor-faktor yang berpengaruh guna pelaksanaan rancangan eksperimen Taguchi.

Dari proses Six Sigma didapatkan bahwa *Critical To Quality* (CTQ) kantong plastik rHDPE terdapat pada proses *blowing and rolling*. Adapun CTQ adalah mata ikan, setelan, cek meter, dan *shrinkage.* Faktor-faktor penyebab terjadi *defect* pada kantong plastik rHDPE dicari dengan menggunakan 5 why *analysis*. Berdasarkan hasil dari diskusi dengan pihak produksi di PT. ARM, masalah yang diberikan rekomendasi perbaikan untuk cacat cek meter adalah pembersihan *roller* tidak terjadwal dengan baik, belum adanya setting mesin yang dijadikan standar perusahaan, ring udara tidak disetting dengan benar, resin/pellet pada *die* yang sempat off tidak dibersihkan kembali. Rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk perusahaan berdasarkan pada hasil dari eksperimen Taguchi. Didapatkan kombinasi faktor dan level yang optimal dari masing-masing parameter yaitu Suhu leleh 170 °C, dengan kontribusi 34,76%, putaran *screw* 3.468 RPM dengan kontribusi 27%, putaran *take up* 1.242 RPM dengan kontribusi 21,98%, dan terakhir adalah faktor D putaran *winder* 1.620 RPM yaitu 10,78%.

Kata Kunci: *Blown Film Extrusion*, Kualitas, Plastik, *Six Sigma, Taguchi*

Halaman ini sengaja dikosongkan

SUMMARY

Rifka Findiani, Department Of Mechanical Engineering, Faculty Of Engineering, Brawijaya University, July 2019, Improvement Of rHDPE Plastic Quality Using Six Sigma And Taguchi Methods**,** Supervisors: Oyong Novareza and Moch. Agus Choiron

PT. Asia Recycle Mandiri (PT. ARM) is a medium-scale plastic recycling company located in Karang Anyar, Central Java. The company produces products made from various sizes of black plastic bags, garbage bags, polybags, food wrap, raincoats, and raffia for both local and international markets. The object of this study discusses black crackle plastic. The type of material used by PT. ARM is Recycle High Density Polyethylene (rHDPE). As experienced by companies in general, PT. ARM questioned the quality of the number of products which is still a predetermined standard. Some defects in plastic bags that often occur are shrinkage, eyelets, check meters, and sealing fails. Therefore, controlling the quality of plastic is needed so that the products produced can meet the quality expected by management and customers.

In an effort to improve quality, Six Sigma and Taguchi methods are used. In the Six Sigma process, the DMAI process is carried out, namely Determine, Measure, Analyze, and Improve. The method adds variety to the completion process using statistics and intensive problem-solving. From Six Sigma, there will be any parameters that affect the quality of the plastic bag so that factors can influence the utilization of Taguchi.

The Six Sigma process obtained Critical To Quality (CTQ) rHDPE plastic bags available in the protective and rolling process. Because CTQ is eyelets, given, check meters, and shrink. The causative factors that occur in rHDPE plastic bags sought by using 5 Why analysis. Based on the results of discussions with the production parties at PT. ARM, problems are given to repair, check, meter, meter, rollers are not scheduled properly, there are no machines required by company standards, air rings do not disappoint correctly, resin/pellets on the die issued are not necessary. Recommendations for improvements given to the company based on the results of the Taguchi experiment. Obtained an optimal combination of factors and levels of each parameter, namely melting temperature 170 ° C, with a contribution of 34.76%, screw rotation 3,468 RPM with a contribution of 27%, taking 1,242 RPM with a contribution of 21.98%, and finally D factor round winder 1,620 RPM which is 10.78%.

Keywords: Blown Film Extrusion, Plastic, Quality, Six Sigma, Taguchi

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I
PENDAHULUAN

Setiap penelitian yang baik perlu memiliki dasar-dasar pendahuluan yang terstruktur. Oleh karena itu, untuk memulai penelitian ini akan dijabarkan beberapa poin Bab Pendahuluan yaitu, latar belakang penelitian, identifikasi masalah penelitian, perumusan masalah penelitian, batasan penelitian, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.

1.1 LATAR BELAKANG

Kehidupan sehari-hari tanpa adanya plastik sulit dibayangkan dikarenakan produk plastik telah menjadi kebutuhan umum manusia, mulai dari bangun tidur dengan menyikat gigi hingga sekedar membuang kantong sampah di penghujung hari. Beberapa alasan akan populernya material polimerik baik pada keperluan rumah tangga maupun indsutri adalah berbagai sifat luar biasa yang ditunjukkan oleh plastik seperti ringan, ketahanan korosi, warna yang tahan luntur, dan harga yang relatif murah. (Abdullaha, 2016; Kamaruddin 2010).

Indonesia diidentifikasi sebagai kontributor sampah plastik utama di benua Asia, dengan empat sungai Jawa menjadi perhatian khusus. Sungai Brantas, Solo, Serayu dan Progo masing-masing memancarkan estimasi 38.900 (kisaran 32.300–63.700), 32.500 (kisaran 26.500–54.100), 17.100 (kisaran 13.300–29.900) dan 12.800 (kisaran 9.800–22.900) ton plastik per tahun. Pada tahun 2017, konsumsi plastik domestik mencapai 4,4 juta ton. Hasil ini mencerminkan tingkat kepadatan penduduk, serta pengelolaan yang kurang tepat di wilayah tersebut (Kamsiati, 2017).

Konsumsi plastik yang tinggi berdampak negatif terhadap kelestarian lingkungan. Hal ini menyebabkan tingginya pembuangan plastik padat dikarenakan siklus hidup plastik relatif pendek dibandingkan logam dan beberapa material lainnya. Sampah plastik tidak dapat terurai, atau jika meluruh dibutuhkan waktu lama untuk membusuk karena komposisi senyawa organiknya yang sangat stabil (Abdullaha, 2016; Fei, 2013). Tingginya sampah plastik di Indonesia menjadi fokus utama yang berkaitan dengan masalah polusi lingkungan. Dikarenakan alasan ini dan usaha untuk mendukung bumi yang lebih hijau, strategi manajemen sampah plastik yang berkelanjutan seperti dengan melakukan daur ulang dapat menekan jumlah sampah plastik. Aktivitas *recycle/reuse* dalam suatu industri plastik tidak hanya menyelesaikan masalah polusi tempat

pembuangan tetapi juga mengurangi energi kumulatif yang dibutuhkan untuk pengolahan plastik *virgin* dan secara dramatis meminimalkan biaya produksi plastik di seluruh dunia.

PT. Asia Recycle Mandiri (PT. ARM) merupakan perusahaan daur ulang plastik skala menengah yang beralamatkan di Jalan Raya Solo Purwodadi Km 7,8 Ngangkruk, Selokaton, Gondangrejo, Karanganyar, Jawa tengah. Perusahaan ini menghasilkan produk yang berbasis plastik yaitu plastik kresek hitam berbagai ukuran, kantong sampah, *polybag*, *food wrap*, jas hujan, dan rafia baik untuk pasar lokal maupun internasional. PT. Asia Recycle Mandiri merupakan anak perusahaan dari PT. Asia Cakra Ceria yang dikhususkan untuk daur ulang, sehingga perusahaan tersebut memproduksi barang sesuai dengan order induk perusahaannya yang dipasarkan dengan merk Bambu. Namun pada tahun 2017, manajemen PT. Asia Recyle Mandiri memutuskan untuk menciptakan merk sendiri yaitu Arema, Jangkar, LOS ARM, Merang, dan Eny yang dipasarkan secara mandiri di Kota Solo dan sekitarnya. Jenis material yang digunakan oleh PT. ARM adalah *Recycle High Density Polyethylene* (rHDPE).

Di Indonesia, teknik pengolahan paling umum yang digunakan untuk produk plastik adalah *Extrusion Blown Film*. Mesin ini juga digunakan oleh PT. ARM dalam menjalankan prosesnya. Sebagian besar film plastik seperti kantong belanjaan, kantong sampah dan kemasan fleksibel lain yang umumnya memiliki margin keuntungan rendah diproduksi dengan teknik ini (Kumar, 2015). Pada proses ini dilakukan pemansan terhadap polimer di kotak extruder, lalu material diekstrusi menuju *air ring*, dan secara vertikal membentuk tabung berdinding tipis lalu udara dikeluarkan dari dalam cetakan untuk meniup tabung seperti balon dan didinginkan oleh cincin udara pada jarak tertentu membentuk sebuah film. Hasil tiupan tersebut akan melewati proses *roll* sehingga plastik akan menjadi rata dan terkumpul dalam bentuk *roll*. Proses ini dilanjutkan dengan proses *cutting*, *sealing*, *printing*, *quality checking* dan *packing* (Karkanis, 2017). *Extrusion Blown Film* merupakan proses yang rumit, kualitas produk sulit diprediksi dikarenakan banyaknya jumlah variabel proses. Oleh karena itu, pengendalian dan pemantauan parameter proses membutuhkan keterampilan dan pengetahuan tinggi. Parameter proses seperti diameter *screw,* temperatur *barrel*,

diameter cetakan, tinggi *bubble*, waktu pemanasan dan pendinginan, tekanan dan kecepatan ekstrusi, serta parameter lainnya perlu dioptimalkan guna memproduksi produk plastik yang memiliki kualitas terbaik (Golghate, 2013). Pemilihan parameter proses yang tidak efektif akan mengubah efek dari parameter lain karena masing-masing parameter ini bergantung satu sama lain dan akan menurunkan kualitas produk yang dihasilkan, hal ini berkontribusi pada tingkat penolakan produk yang tinggi.

PT. ARM masih memiliki permasalahan-permasalahan internal, dimana operasional perusahaan ini masih belum stabil. Ditemukannya cacat yang cukup banyak serta memungkinkan perusahaan ini akan mengalami penurunan loyalitas pelanggan yang berdampak pada pendapatan perusahaan. Selama ini perusahaan melakukan proses *quality control* yang terbilang kurang maksimal karena dilakukan dengan hanya menolak produk secara visual yang dianggap tidak layak atau cacat oleh operator seperti berlubang, tanpa mencari akar permasalahannya sebagai tindakan perbaikan lanjutan.

Proses produksi kantong plastik di PT. ARM terbagi menjadi dua bagian inspeksi yaitu pada tahap HD dan Finishing. HD melingkupi proses produksi dari awal *washing* bahan plastik *recycle* hingga proses produksi *blowing* menjadi plastik roll. Sedangkan *Finishing* melingkupi proses pengelasan (*sealing*), pemotongan dan *packing*. Pada tahap HD, cacat yang sering ditemukan adalah mata ikan, cek meter dan setelan. Pada tahap Finishing, cacat yang sering ditemukan adalah bolong pengelasan dan *handle misalignment*. Produk yang mengalami cacat akan dikumpulkan dan dijadikan bahan baku kembali untuk dilelehkan. Hal ini tentu menyebabkan kualitas dari plastik tersebut menurun dikarenakan pemanasan yang berulang-ulang.

Data atribut jumlah kantong yang diproduksi dan cacat kantong plastik HDPE KW 4 di PT. ARM pada tahun 2017 ditampilkan pada Tabel 1.1. Standar persentase cacat yang ditetapkan perusahaan adalah 4-5% untuk cacat HD dan 18% untuk cacat Finishing.

Dari Tabel 1.1 dapat dilihat bahwa hasil produksi kantong plastik PT. ARM belum stabil dikarenakan masih banyak hasil cacat yang melebih standar per bulan. Mengingat akan banyaknya jenis *defect* pada produk yang dapat disebabkan oleh faktor berbeda-beda, oleh karena itu diperlukan teknik pengendalian kualitas.

Tabel 1.1 Data Jumlah Produksi Kantong Plastik dan Cacat Kantong Plastil Tahun 2017

Bulan	HD			Finishing		
	Produksi (Kg)	Cacat (Kg)	%	Produksi (Kg)	Cacat (Kg)	%
Januari	35.968	1.162	3,13	229.823	41.769	18,2
Februari	35.843	1.237	3,34	209.864	36.654	17,5
Maret	38.969	1.377	3,53	236.081	40.162	17
April	27.482	1.478	5,37	202.670	35.075	17,3
Mei	27.456	1.660	6	212.278	39.172	18,5
Juni	24.102	1.080	4,48	97.300	18.994	19,2
Juli	21.553	2.032	9,43	115.920	23.978	20,7
Agustus	21.565	4.600	21,33	171.154	38.593	22,5
September	31.493	1.495	4,75	149.532	27.628	18,5
Oktober	31.259	1.792	5,73	123.327	23.811	19,3
November	30.069	2.024	6,73	167.524	32.236	19,2
Desember	26.372	1.884	7,14	196.547	40.569	20,6

Sumber: PT. Asia Recycle Mandiri

Banyak peneliti yang melakukan penelitian mengenai efek temperatur pemanasan di mesin blowing terhadap kualitas produk akhir, namun tidak banyak yang melakukan penelitian terhadap hubungan dari parameter tersebut dengan parameter lain di proses lainnya. Hal ini juga didukung dengan masih minimnya penelitian pada proses produksi plastik yang menggunakan *Extrusion Blown Film*. (Kale, 2013) melakukan penelitian terhadap polimer PP dengan menggunakan mesin cetakan injeksi menemukan bahwa cacat jenis *shrinkage*/penyusutan yang parah menyebabkan defleksi lengkungan pada bagian cetakan serta mempengaruhi secara negatif stabilitas dimensi dan keakuratan bagian-bagiannya. Dengan menggunakan metode Taguchi, Kale menemukan bahwa temperatur pemanasan/pelelehan merupakan parameter yang paling berpengaruh secara signifikan. Begitu pula pada penelitian yang dilakukan oleh Kamaruddin dkk pada tahun 2010 dengan respon *shrinkage* dan pada tahun 2016 dengan respon *plastic waste*. Hal tersebut juga berlaku pada penelitian Kavade dkk, 2011 dengan respon berat produk, dimana temperatur pemanasan pada polimer PP berpengaruh terhadap berat produk, dimana diharapkan dapat diminimalkan guna mengurangi biaya ke pelanggan.

Terdapat beberapa metode dalam analisis atau identifikasi masalah mengenai kualitas pada perusahaan, diantaranya terdapat *Statistical Process Control (SPC)* dan *Statistical Quality Control (SQC)* yang menggunakan alat bantu statistik, dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* sebagai *preventive tools* dalam menganalisa

kegagalan suatu produk (*failure mode)* dan *Six Sigma* yaitu *DMAIC* yang memiliki beberapa tahapan sistematis yaitu *Define, Measure, Analyse, Improve,* dan *Control* serta bertujuan untuk perbaikan secara berkelanjutan.

Six Sigma merupakan upaya giat menuju *zero defect* (Gaspersz, 2002). Target dari Six Sigma adalah untuk mencapai 3,4 *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) yang artinya 3,4 produk cacat dalam 1 juta kemungkinan/produksi. Metode *Six Sigma* berperan sebagai *tools* yang berguna untuk meminimalisir cacat yang muncul pada proses produksi plastik di perusahaan sehingga hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah diberikannya perbaikan pada perusahaan untuk mengurangi *defect*. Pada penelitian ini proses Six Sigma yang akan dilakukan hanya DMAI.

Dalam proses DMAI, langkah terakhir adalah *Improve* dimana dilakukan pengendalian kualitas. Dalam melakukan pengendalian kualitas secara teori dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu *On-line Quality Control* dan *Off-line Quality Control*. Metode Taguchi yang diusulkan oleh Dr. Genichi Taguchi merupakan salah satu pengendalian kualitas dengan melalui pendekatan *Off Line*. Metode Taguchi bertujuan melakukan pengendalian kualitas dengan memperbaiki desain/rancangan proses dalam menghasilkan produk, dengan fokus untuk pengurangan biaya, variabilitas, dan *resources* seminimal mungkin (Taguchi, 2001). Dalam penerapannya, *Taguchi* menggunakan lebih sedikit eskperimen dibandingkan desain eksperimen lainnya serta menggunakan desain yang kokoh / *robust*. Taguchi merekomendasikan tiga tahap proses: desain sistem, desain parameter dan desain toleransi. (Dwiwedi, 2015; Yizong, 2017). Dari hasil Taguchi akan didapatkan parameter yang berpengaruh terhadap tingkat kualitas produk plastik. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan optimasi parameter proses *Extrusion Blown Film* guna meminimalisir penyimpangan-penyimpangan yang terjadi pada produk akhir.

1.2 IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Terdapat cacat pada proses produksi kantong plastik di PT. ARM
2. Terdapat variasi cacat yang dihasilkan dari proses produksi kantong plastik di PT. ARM.

3. Belum adanya sistem penanganan yang tepat dan konsisten terhadap kerusakan produk.

1.3 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang permasalahan dan identifikasi masalah yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apa saja yang menjadi *Critical to Quality (CTQ)* pada proses produksi kantong plastik?
2. Berapa nilai *Defect Per Milion Opportunity*, Level sigma, dan kapabilitas proses pada proses produksi kantong plastik?
3. Apa saja yang dapat mempengaruhi kualitas proses produksi kantong plastik?
4. Bagaimana cara melakukan perbaikan kualitas produk kantong plastik di PT. Asia Recycle Mandiri?

1.4 BATASAN PENELITIAN

Agar hasil penelitian sesuai dengan permasalahan yang ada maka batasan penelitian ini dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Produk cacat yang diteliti merupakan cacat pada bahan baku kantong plastik HDPE KW 4.
2. Data produk cacat yang diambil adalah pada tahun 2017.
3. Proses Six Sigma yang dilakukan sebatas DMAI.
4. Penelitian ini hanya membahas penyebab kerusakan yang ditinjau dari aspek manusia, mesin dan metode.
5. Dalam pelaksanaan penelitian, dianggap seluruh permesinan yang ada di lantai produksi dan digunakan berfungsi dengan baik.
6. Kondisi perusahaan tidak mengalami perubahan.

1.5 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini dibuat berdasarkan rumusan permasalahan yang ada, yaitu:

1. Mengidentifikasi *Critical to Quality (CTQ)* pada proses produksi kantong plastik

2. Mengukur *Defect Per Milion Opportunity*, Level sigma, dan kapabilitas proses pada proses produksi kantong plastik
3. Menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas proses produksi kantong plastik.
4. Memberikan rekomendasi perbaikan kualitas produk kantong plastik di PT. Asia Recycle Mandiri.

1.6 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah pengalaman, ilmu dan *analytical thinking* penulis dapat bertambah dalam menangani studi kasus/permasalahan di suatu perusahaan. Serta kemampuan penulis dapat berkembang seiring dalam pembuatan naskah penelitian ini sesuai ilmu yang telah didapatkan di bangku perkuliahan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Pelaksanaan penelitian tidak akan berjalan dengan baik apabila tidak dibekali dengan dasar dasar-dasar argumentasi ilmiah. Oleh karena itu, konsep teori yang berhubungan dengan penelitian yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilaksanakan dijabarkan pada Bab ini.

2.1 PENELITIAN TERDAHULU

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan yang berhubungan dengan kualitas, produksi plastik, metode *Six Sigma* DMAIC dan *Taguchi* yang dapat dijadikan referensi dalam penelitian ini. Berikut disajjikan uraian dari beberapa penelitian sebelumnya:

1. Kumar, D. & Kumar, S (2015) melakukan penelitian terhadap fabrikasi plastik jenis HDPE dengan mengilustrasikan prosedur yang diadopsi dari metode Taguchi. Eksperimen dilakukan pada *Extrusion Blown Film* Konark. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan parameter yang optimal dengan mempelajari karakteristik kinerja pada kekuatan tarik. Dalam melakukan eksperimen, terdapat empat parameter yaitu: tekanan ekstrusi, temperatur leleh, kecepatan *winder*, dan kecepatan *extruder*. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa temperatur leleh merupakan faktor yang paling signifikan terhadap kekuatan tarik, dengan nilai temperaturnya adalah 200°C.
2. Abdullaha, Shanb, & Ismail (2016) melakukan penelitian terhadap material HDPE daur ulang (rHDPE) dari pembuangan berbagai macam industri. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk menentukan parameter proses optimal untuk rHDPE dalam penerapan proses pencetakan injeksi. Metode Taguchi diadopsi dan menghasilkan empat parameter proses, yaitu suhu leleh (5018,15, 513,15, 518,15K), tekanan pengepakan (70, 80, 85%), waktu pengemasan (10, 20, 30s) dan tekanan injeksi (14, 15, 16Mpa). Efek dari parameter proses dievaluasi dan dibandingkan dengan sifat mekanik dan stabilitas dimensi produk penampan plastik yang dicetak dari material *virgin*. Kombinasi parameter proses optimum ditentukan dengan memperoleh rasio S / N tertinggi dari setiap parameter proses. Kombinasi optimum untuk penyusutan, kekuatan tarik dan kekuatan lentur baki plastik rHDPE yang dicetak masing-masing adalah A2B1C3D2, A3B3C3D2 dan A3B2C1D1.

3. Dwiwedi dan Kumar (2015) melakukan penelitian terhadap mesin *injection molding* untuk menganalisis penelitian terbaru dalam menentukan parameter proses optimal. Pada penelitian ini optimasi parameter proses injection molding untuk material polypropylene telah dilakukan menggunakan metodologi Taguchi. Metodologi ini memberikan nilai optimal parameter proses dengan bantuan *orthogonal array* dengan melakukan hanya beberapa percobaan. Peneliti menggunakan suhu pemrosesan, tekanan injeksi, waktu pendinginan dan kecepatan injeksi sebagai parameter proses dan mengoptimalkan parameter proses dengan mempertimbangkan kekuatan tensil sebagai faktor yang dihasilkan. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa suhu pemrosesan merupakan faktor yang sangat signifikan, dan kombinasi parameter yang optimal adalah suhu pemrosesan 220°C, tekanan injeksi 130MPa, waktu pendinginan 20s, dan kecepatan injeksi 70 mm/s.
4. Ain & Panchal (2017) dalam penelitiannya menggunakan metode *Six Sigma* untuk mengurangi jumlah cacat dan kegagalan serta mengusulkan sarana perbaikan untuk proses pembuatan kantong plastik. Cacat utama dalam unit manufaktur karung plastik diidentifikasi menggunakan alat kontrol proses statistik dan diagram sebab dan akibat digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab untuk parameter cacat utama. Cacat utama dalam produk ini adalah tusukan dalam lapisan film (*puncture in film)* dimana memiliki kontribusi sebesar 51% dari total keseluruhan produk cacat. Saran yang didapatkan dari penelitian ini adalah dengan menurunkan suhu quench air agar meminimalkan cacat. Suhu *water quench* optimum ditemukan sebesar 35°C. Pelaksanaan tindakan korektif yang diusulkan membutuhkan komitmen dari manajemen perusahaan. Temuan dari proyek ini dapat digunakan sebagai panduan untuk meningkatkan masalah kualitas lainnya.
5. Alshammari, Redha, Hussain, Nazzal, Kamal, dan Smew (2018) mengaplikasikan *Lean* dan *Six Sigma* pada Usaha Kecil Menengah (UKM) manufaktur plastik di Kuwait untuk mengurangi variasi pada proses *injection molding*. Banyak alat kelengkapan plastik Perusahaan XYZ ditolak karena cacat atau memiliki cacat seperti tanda permukaan internal, flash, dan gelembung. Perangkap Lantai 6x4x2 fitting menyumbang tingkat penolakan tertinggi di Perusahaan XYZ. *Six Sigma* DMAIC dikombinasikan dengan 5S diterapkan untuk mengatasi masalah ini.. DMAIC adalah pendekatan desain teknik umum yang dapat diterapkan untuk banyak masalah produksi atau layanan yang membutuhkan solusi praktis. Hasil menunjukkan bahwa dengan menerapkan Six Sigma dikombinasikan dengan

program 5S, Perusahaan XYZ mencapai peningkatan Tingkat Sigma dan Tingkat Cacat (DPMO) yang mengarah pada penghematan biaya yang signifikan dan meningkatkan daya saingnya.

Tabel 2.1 menunjukkan perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian yang dilakukan sekarang.

2.2 KUALITAS

Kualitas sering memiliki definisi yang berbeda-beda, hal ini wajar terjadi mengingat kualitas dapat diterapkan dalam berbagai dimensi kehidupan. Kebaikan suatu produk/jasa diukur berdasarkan kualitas desain dan kesesuaian, hal ini merupakan konsep dari kualitas. Fungsi yang berjalan berdasarkan spesifikasi produk yang telah dibuat merupakan kualitas desain, sedangkan bagaimana suatu barang hasil produksi dapat mencapai target kualitas yang telah ditentukan merupakan kualitas kesesuaian (Ariani, 2004).

2.2.1 PENGENDALIAN KUALITAS

Definisi pengendalian kualitas merupakan suatu usaha yang dilakukan untuk memastikan kualitas barang atau jasa yang diproduksi akan sesuai pada standar tingkat kualitas yang diharapkan (Samandhi, 2008). Pengendalian kualitas juga dianggap sebagai pendekatan yang diperlukan dalam suatu perusahaan guna melakukan peningkatan kualitas barang dan/atau jasa serta meminimalisir jumlah produk yang mengalami kegagalan (Reksohadiprodjo). Proses pengendalian kualitas dimulai dengan membandingkan produk akhir dengan standar yang telah dibuat oleh perusahaan dan menganalisanya, dari analisa tersebut maka dapat diambil tindakan yang sesuai guna memperbaiki kualitas produk akhir.

2.3 KAPABILITAS PROSES

Kesanggupan akan suatu proses dalam menghasilkan/memproduksi produk akhir/output yang sesuai dengan harapan dan kebutuhan konsumen dan manajemen perusahaan (Gaspersz, 2002).

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terdahulu

Karakteristik Penelitian	Peneliti					
	Kumar (2015)	Abdullaha, Shanb, dan Ismail (2016)	Dwiwedi dan Kumar (2015)	Ain & Panchal (2017)	Alshammari, Redha, Hussain, Nazzal, Kamal, dan Smew (2018)	Penelitian ini (2018)
Objek penelitian	Plastik HDPE	Plastik rHDPE	Plastik *Polypropylene*	Plastik HDPE	Kantong Plastik	Kantong Plastik (rHDPE)
Tujuan Penelitian	Mendapatkan parameter yang optimal	Menentukan parameter proses optimal	Menentukan parameter proses optimal	Mengurangi jumlah cacat dan kegagalan	Mengurangi variasi pada proses produksi	Meningkatkan kualitas kantong plastik
Parameter yang diamati	Kekuatan tarik	Sifat mekanik dan stabilitas dimensi produk	Kekuatan tarik	Cacat produk	Cacat Produk	Cacat produk
Metode yang digunakan	Desain eksperimen *Taguchi* dengan analisis rasio S/N	Metode Taguchi dengan analisis rasio S/N dan ANOVA	Desain eksperimen *Taguchi* dengan analisis rasio S/N	Six Sigma (Diagram Pareto, Diagram sebab akibat)	Six Sigma (Diagram SIPOC,	Six Sigma dan Desain Eksperimen Taguchi
Analisis hasil penelitian	Kombinasi parameter yang optimal	Kombinasi parameter yang optimal	Kombinasi parameter yang optimal	Menurunkan suhu quench air agar meminimalkan cacat	Peningkatan level sigma, penurunan persentase cacat.	Kombinasi parameter yang optimal

Implementasi program *Six Sigma* dapat dikatakan berhasil apabila kapabilitas dari proses yang diteliti dapat menciptakan produk dengan tingkat kegagalan menuju nol (*zero defect*). Dalam kaitannya dengan karakteristik produk, Teknik penilaian kapabilitas proses dibagi berdasarkan dua data, yaitu atribut dan variable. Data merupakan rangkuman mengenai hal yang sedang diteliti, baik yang kualitatif maupun kuantitatif yang diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam melakuakan tindakan pengendalian kualitas. Berikut penjelasan mengenai data atribut dan variable berdasarkan Gasperz, 2001:

1. Data Atribut adalah data yang bersifat kualitatif, perhitungan data atribut dapat dilakukan dengan catatan angka/pencacahan sebagai langkah awal dalam analisa kualitas. Penyimpangan/ketidaksesuaian produk atau kegagalan produk dibandingkan dengan spesifikasi kualitas yang telah ditetapkan merupakan bentuk dari data atribut. Contoh dari data atribut ini yaitu jumlah produk kaleng yang penyok, kemasan produk yang tidak memiliki label, dll. Sifat dari data atribut adalah diskrit.
2. Data yang bersifat kuantitatif disebut dengan *variable data*. Data ini didapatkan/dihitung dengan menggunakan suatu alat pengukuran tertentu. Kebalikan dari data atribut, sifat dari data variable adalah kontinyu. Ketebalan kantong plastik, berat makanan kemasan, diameter pipa, volume air dalam gallon, waktu proses produksi, dll merupakan beberapa contoh dari data yang bersifat kuantitatif.

2.4 SIX SIGMA

Six Sigma merupakan suatu metode pengendalian kualitas yang befokus pada keseluruhan system produksi suatu perusahaan, metode ini merupakan metode yang lebih detail dibandingkan *Total Quality Management* (TQM). *Six Sigma* pertama kali diterapkan di perusahaan Motorola semenjak tahun 1986. Istilah *Six Sigma* bersal dari huruf Yunani (σ) yang merupakan lambang variabilitas dan mempunyai target 3,4 produk cacat per 1 juta kemungkinan atau dalam Bahasa inggris yaitu *Defect Per Million Opportunities* (DPMO). Pengertian dari target 3,4 DPMO adalahi suatu standar yang ditetapkan sebagai maksimal rata-rata kejadian yang diperbolehkan gagal dari suatu karakteristik produk/ *Critical To Quality* (CTQ) (Gaspersz, 2002).

Metode Six Sigma dilakukan dengan menggunakan 5 tahapan proses yang sederhana yaitu DMAIC. *Six Sigma* merupakan metode yang terdiri dari berbagai macam *tools* statistik. Dari target 3,4 kegagalan per 1 jut kesempatan yang diterapkan Six Sigma, hal ini menunjukkan bahwa 99,9997% dari eskpektasi pelanggan akan dimiliki oleh produk akhir. Konversi nilai *yield* ke DPMO dan Nilai Level Sigma dapat ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Konversi Nilai Yield ke DPMO

Yield (Probabilitas Tanpa Cacat)	DPMO (*Defect Per Million Opportunity)*	Level Sigma
30,9%	690.000	1
62,9%	308.000	2
93,3%	66.800	3
99,4%	6.210	4
99,98%	320	5
99,997%	3,4	6

Sumber: Gaspersz (2002)

Dalam mengaplikasikan konsep *Six Sigma* perlu diperhatikan 6 aspek kunci, yaitu (Gaspersz, 2002):

1. Mengidentifikasi pelanggan.
2. Mengidentifikasi produk.
3. Mengidentifikasi kebutuhan guna menghasilkan produk sesuai ekspektasi pelanggan.
4. Mendefinisikan proses.
5. Sebisa mungkin tidak melakukan kesalahan dalam proses Six Sigma dan meminimalisir pemborosan proses.
6. Meningkatkan proses secara *continue* menuju target dari *Six Sigma*.

2.4.1 Manfaat Six Sigma

Pada poin berikut akan disampaikan manfaat-manfaat penerapan Six Sigma (Pande, 2002):

1. Dapat mencapai sukses yang berkelanjutan

   Dalam upaya menguasai pangsa pasar dan meningkatkan pertumbuhan adalah dengan melakukan inovasi secara terus menerus, hal ini merupakan konsep dasar dari Six Sigma.
2. Dapat mengelolan tujuan kinerja pada setiap individu.

   Target six sigma yaitu kesempurnaan produk akhir 99,9997 % atau 3,4 produk cacat dalam sejuta kemungkinan merupakan tujuan yang konsisten yang dapat

diterapkan pada setiap orang yang bekerja. Hal ini merupakan tujuan yang sama dalam meningkatkan kualitas.

3. Dapat memperkuat nilai perusahaan di mata pelanggan.

   Kualitas terbaik suatu produk diantara pesaingnya merupakan kunci utama suatu produk dapat diterima oleh konsumen, yang akan menuntun perusahaan kepada penguasaan pangsa pasar. Di dalam penerapan *Six Sigma*, ekspektasi-ekspektasi pelanggan terhadap suatu produk dipelajari dengan seksama.

4. Dapat meningkatkan strategi perusahaan.

   Six Sigma menuntut pemahaman yang detail mengenai proses produksi perusahaan, hal ini dapat memberikan kemampuan individu dalam melakukan penyesuaian-penyesuaian strategi perusahaan.

2.5 TAHAPAN SIX SIGMA

Hal yang diperlukan dalam upaya perbaikan kualitas dengan *Six Sigma* dilakukan dengan lima langkah yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve,* dan *Control* (DMAIC).

2.5.1 Define

Hal pertama yang perlu dilakukan dalam pelaksanaan metode *Six Sigma* adalah proses *Define*. Pada proses *Define* dilakukan penentuan target dari proses peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada proses ini dilakukan pendefinisian dan identifikasi rencana-rencana langkah yang harus diterapkan guna melakukan peningkatan akan tiap tahap proses bisnis Gaspersz, 2002). (*Define* dapat menggunakan beberapa *tools* seperti *Flowchart,* Diagram Pareto, Diagram SIPOC, *Brainstorming* (Pande, 2002). Menurut Gaspersz (2002), terdapat beberapa aktivitas utama yang dilakukan pada tahap *Define* (D), antara lain:

1. Mendefinisikan proses-proses yang berkaitan dengan alur produksi perusahaan
2. Mendefinisikan target-target yang akan dijadikan fokus penelitian.
3. Mendefinisikan ekspektasi dan spesifikasi yang diharapkan oleh seluruh *stakeholder*.
4. Menentukan tujuan yang diharapkan oleh perusahaan.

2.5.1.1 Diagram Alir (Flowchart)

Flowchart merupakan sebuah diagram yang menggambarkan aktivitas dan urutan aliran sebuah proses dengan menggunakan simbol-simbol. *Flow chart* juga sering

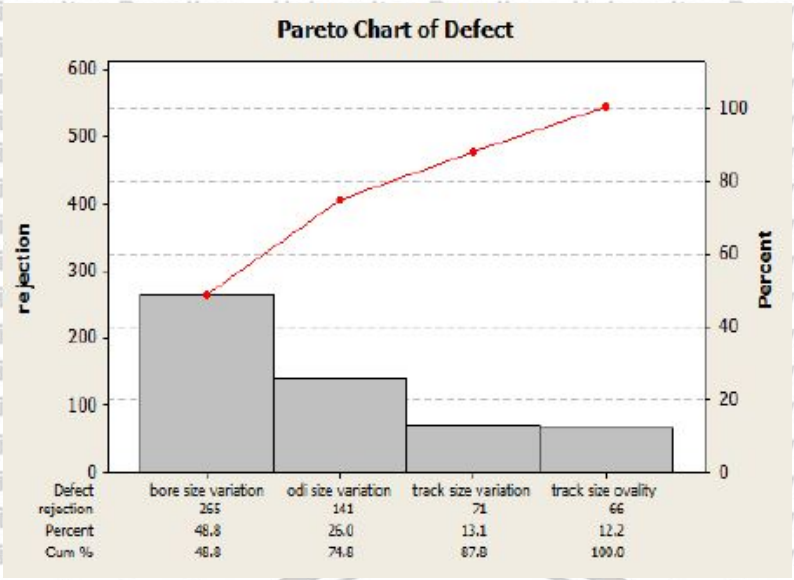
disebut dengan *flow diagram*. Dalam pembuatan *flow chart* dibutuhkan simbol-simbol yang spesifik untuk menggambarkan sebuah aliran proses dari satu awal sampai akhir.

Diagram alir proses menunjukkan aktivitas yang dilakukan dalam suatu proses produksi. Beberapa keuntungan menggunakan *flowchart* yaitu :

1. Memberikan pemahaman yang sangat detail akan proses produksi dengan mengurutkannya menggunakan simbol. Orang mungkin mempunyai perbedaan pemahaman terhadap proses yang sedang berlangsung. *Flowchart* dapat membantu kesamaan persepsi dalam urutan proses tersebut. *Flowchart* meningkatkan pemahaman dimana tulisan tidak dapat melakukannya.
2. Menyediakan *tools* yang dapat digunakan untuk melatih karyawan. Dalam melaksanakan latihan terhadap karyawan, gambaran secara visual tentang urutan proses sangat dibutuhkan.
3. Mengidentifikasi proses-proses yang bermasalah dan kesempatan untuk peningkatan dari sebuah proses. Ketika urutan proses dipecah lagi, permasalahan akan menjadi semakin jelas. Hal ini akan mempermudah individu untuk menilai suatu dan melihat kesempatan untuk meningkatkan/memperbaiki proses.

2.5.1.2 Diagram Pareto

Diagram Pareto merupakan sebuah grafik yang berbentuk batng khusus dan digunakan untuk menampilkan frekuensi relatif dari berbagai kejadian seperti cacat, perbaikan, klaim, kegagalan, atau entitas lainnya, dalam sebuah urutan. Hal ini membantu pembaca fokus pada cacat besar daripada terlalu banyak cacat kecil. Diagram Pareto digunakan dalam kontrol proses statistik untuk peningkatan kualitas. Setelah mengumpulkan data diperlukan untuk mengaturnya dengan cara yang tepat untuk fokus pada faktor yang paling penting yang bertanggung jawab untuk penolakan 80% dari produk di industri manufaktur. Prinsip Pareto juga dikenal sebagai aturan 80/20. Gambar 2.1 merupakan contoh diagram batang untuk cacat suatu produk.



Gambar 2.1 Diagram Pareto
Sumber: Jaware (2018)

2.5.2 Measure

Langkah selanjutnya dalam melakukan peningkatan kualitas *Six Sigma* adalah fase *measure*. Fase *Measure* digunakan untuk memahami *Critical to Quality* (CTQ) dari suatu produk atau proses yang ingin diperbaiki. Berikut merupakan beberapa poin yang akan didalkukan pada tahap *Measure* (M), (Gaspersz, 2002):

1. Penentuan Karakteristik Kualitas proses (*Critical to Quality*) yang didapatkan oleh hasil analisa kebutuhan dan ekspektasi spesifik konsumen/pelanggan.
2. Pengembangan rencana yang berkaitan dengan pengumpulan data dengan menggunakan pengukuran CTQ yang dapat dilakukan pada tingkat proses, *output*, dan/atau *outcome*.

Menurut (Gaspersz, 2002), pengukuran karakteristik kualitas dapat dilakukan pada tiga tingkat yaitu:

a. Tingkat Proses (*process* level) merupakan pengukuran seluruh aktivitas di dalam suatu proses produksi dari proses kedatangan bahan baku oleh *supplier* hingga akhir proses produksi. Karakteristik kualitas produk yang diinginkan oleh baik pelanggan maupun manajemen sangat dipengaruhi oleh tingkatan ini.
b. Tingkat *output* (*output* level) merupakan pengukuran karakteristik kualitas produk jadi yang CTQ yang diharapkan oleh pelanggan dan manajemen.
c. Yang terakhir adalah pada tingkat *outcome* (*outcome* level). Yaitu pengukuran terhadap suatu produk baik itu barang maupun jasa yang dapat memenuhi

keinginan pelanggan yang dapat diukur dengan tingkat kepuasan konsumen/pelanggan berdasarkan produk yang dihasilkan.]

3. Pengukuran kinerja yang diterapkan pada kondisi *real* perusahaan pada tingkat proses, output, dan/atau outcome yang akan digunakan sebagai baseline kinerja pada pelaksanaan proses Six Sigma. Dalam terminologi Six Sigma, kriteria karakteristik kualitas yang dapat memicu dan/atau memiliki potensi untuk menghasilkan kegagalan atau kecacatan itu disebut CTQ potensial (Gaspersz, 2002).

2.5.2.1 Peta Kontrol untuk Data Atribut

Data yang bersifat kualitatif yang dapat digunakan dalam pencatatan dan analisis disebut dengan data atribut. Data Atribut merupakan data yang dilakukan terhadap data yang tidak memungkinkan untuk dilakukan pengukuran, contohnya penyok, sobek, goresan, pecah, warna yang keliru, dan jenis cacat visual lainnya. (Ariani, 2004).

Alasan lain penggunaan data atribut adalah apabila suatu pengukuran dilakukan tetapi tidak dapat dilakukan karena alasan waktu, biaya dan/atau kebutuhan. Dalam perhitungan data atribut dibutuhkan identifikasi terhadap permasalahan yang terjadi di dalam perusahaan pada semua tingkatan (umum dan khusus). Hal ini disebut dengan peta kontrol (Ariani, 2004).

Peta kontrol p bertujuan untuk menganalisa jumlah kegagalan produk yang diproduksi apakah masih dalam batas maksimal yang ditetapkan perusahaan (Ariani, 2004). Apabila jumlah sampel yang diambil dalam setiap kali observasi memiliki jumlah yang sama maka dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan peta kendali *np-chart*. Namun apabila sampel yang diambil memiliki jumlah yang berbeda-beda atau bervariasi untuk setiap kali pengambilan atau perusahaan perlu melakukan inspeksi terhadap seluruh proses produksi, oleh karena itu perlu digunakan peta pengendali proporsi kesalahan (*p-chart*) (Ariani, 2004). Untuk menentukan proporsi kesalahan dalam setiap sampel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-1):

$$P = \frac{x}{n} \qquad (2\text{-}1)$$

(Ariani, 2004)

Dimana:

P = proporsi kesalahan dalam setiap sampel

x = banyaknya produk yang salah dalam setiap sampel

n = banyaknya observasi

Garis pusat (*Center Line*) peta pengendali proporsi kesalahan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-2):

$$CL = \frac{\sum_{i=1}^{g} pi}{g} \quad (2\text{-}2)$$

(Ariani, 2004)

Dimana:

CL = Garis pusat peta pengendali proporsi kesalahan

Pi = Proporsi kesalahan setiap sampel atau sub kelompok dalam setiap observasi

g = Banyaknya observasi yang dilakukan

sedangkan untuk menentukan *Upper Center Line*(UCL) dan *Lower Center Line* (LCL) untuk peta pengendali proporsi kesalahan tersebut (untuk 3 sigma) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-3) dan (2-4):

$$UCL = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (2\text{-}3)$$

$$LCL = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (2\text{-}4)$$

(Ariani, 2004)

2.5.2.2 Perhitungan Defect Per Million Opportunities (DPMO) dan Level Sigma

Perhitungan DPMO pada masing-masing jenis *defect* dilakukan pada tahapan *measure*. DPMO merupakan ukuran kegagalan produk yang dihitung berdasarkan banyaknya kegagalan per sejuta kemungkinan. Target yang ingin dicapai adalah adanya kegagalan produk sebesar 3,4 tiap satu juta kesempatan. Nilai DPMO dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-5):

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (2\text{-}5)$$

$$DPO = \frac{banyak\ produk\ cacat}{jumlah\ produk\ yang\ diproduksi\ x\ CTQ} \quad (2\text{-}6)$$

(Gasperz, 2002)

Perhitungan level sigma dengan *microsoft excel* menggunakan persamaan (2-7):

$$Level\ sigma = normsinv\left(\frac{1000000 - DPMO}{1000000}\right) + 1{,}5 \quad (2\text{-}7)$$

(Gasperz, 2002)

Langkah-langkah perhitungan DPMO dan level sigma secara sistematis dijelaskan pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Tahapan Perhitungan DPMO dan Level Sigma

Langkah	Tindakan	Persamaan
1	Berapa jumlah produk yang di inspeksi	-
2	Berapa jumlah produk yang gagal / *defect*	-
3	Hitung tingkat kecacatan = (2) / (1)	= (langkah 2 / langkah 1)
4	Banyaknya CTQ potensial	= banyaknya karakteristik CTQ
5	Peluang tingkat kegagalan per karakteristik CTQ	= (langkah 3/ langkah 4)
6	Kemungkinan gagal per sejuta kemungkinan	= (langkah 5 x 1.000.000)
7	Konversi DPMO ke level sigma	-
8	Buat Kesimpulan	-

Sumber: Gaspersz (2002)

2.5.2.3 Perhitungan Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses memiliki definisi yaitu sebuah pembelajaran keteknikan yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana proses produksi suatu perusahaan dapat menghasilkan *output* yang bebas dari cacat/kegagalan.

1. Indeks Kapabilitas proses berdasarkan data atribut

Indeks kapabilitas proses (Cp) meruapak indeks yang menjelaskan kemampuan suatu proses dalam memproduksi produk atau *output* yang sesuai dengan ekspektasi dan spesifikasi yang telah dibuat. Untuk mendapatkan indeks kapabilitas proses untuk data atribut adalah dengan menggunakan persamaan (2-8) sebagai berikut:

$$Cp = \frac{level\ sigma}{3} \qquad (2\text{-}8)$$

(Gasperz, 2002)

Kriteria penilaian Cp (Gasperz, 2002) adalah sebagai berikut:

Jika Cp ≥ 2, dapat disimpulkan bahwa kapabilitas proses yang ada dinilai sangat baik dan dianggap sangat mampu dalam memenuhi ekspetkasi dan pesifikasi target kualitas yang telah dijadikan standar.

Jika 1,00 ≤ Cp ≤ 1,99, dapat disimpulkan bahwa kapabilitas proses masih belum cukup mampu dalam memproduksi produk yang memiliki kualitas baik sehingga perlu uapaya perbaikan proses yang ada dengan tujuan target kegagalan nol.

Jika Cp < 1,00, dapat disimpulkan bahwa kapabilitas proses masih rendah dan sangat tidak mampu untuk menghasilkan produk dengan tingkat kegagalan nol.

2.5.3 Analyze

Fase *analyze* dilakukan sebagai upaya dalam identifikasi akar penyebab permasalahan kualitas yang ada di suatu proses produksi dengan menggunakan alat analisis yang sesuai. Tujuan dari fase analisa adalah untuk sumber pemahaman

terhadap proses bagi masing-masing individu serta dapat melakukan identifikasi alternatif solusi guna perbaikan secara terus menerus.

Pada tahap ini perlu dilakukan beberapa hal berikut ini (Gaspersz, 2002), yaitu:

1. Analisa kapabilitas proses.
2. Penentuan sasaran performansi dari CTQ yang akan diperbaiki dalam proyek *Six Sigma*.
3. Identifikasi penyebab kerusakan produk atau masalah kualitas. Dalam upaya mengidentifikasi penyebab kerusakan terkait kualitas, *5 why analysis* akan digunakan.
4. Menentukan sumber penyebab masalah yang menjadi prioritas untuk diberikan rekomendasi perbaikan.

2.5.4 Improve

Fase *Improve* dilakukan sebagai upaya perbaikan kualitas dalam proses produksi Six *Sigma*. Hal ini dapat dilakukan apabila seluruh rangkaian Six Sigma sebelumnya telah dilakukan. Berdasarkan identifikasi masalah serta akar penyebab permasalahan kualitas tersebut, maka langkah tindakan perbaikan yang sesuai dapat diambil. Pada penelitian ini, fase *improve* akan dilakukan dengan desain eksperimen Taguchi seperti yang dijelaskan pada subab 2.6.

2.5.5 Control

Langkah terakhir dalam Six Sgima merupakan Fase *Control* (Gaspersz, 2002). Pada tahap ini hasil peningkatan kualitas yang telah dilakukan dapat didokumentasikan dan disebarluaskan, dan digunakan sebagai standar baru perusahaan guna meingkatkan proses produksi perusahaan. Tahap *control* dilakukan guna menciptakan standar baru yang dijadikan pedoman untuk proses produksi kedepannya.

Output yang didapatkan dari hasil tindakan *improbe* selanjutnya perlu dilakukan standarisasi serta dilakukan *continues improvement* terhadap permasalahan lain yang muncul sesuai konsep Six Sigma. Standarisasi dilakukan agar praktek-prakter yang sebelumnya tidak perlu dilakukan kembali agar tidak terjadi kesalahan yang berulang. Standarisasi dilakukan agar seluruh tim manajemen ataupun karyawan tidak lagi menggunakan cara kerja lama yang akan menimbulkan permasalahan yang berulang. Selain itu alas an dilakukannya standarisasi adalah agar apabila terdapat kemungkinan terjadi pergantian manajemen dan karyawan, pedoman kerja yang baru dapat menjadi

acuan bagi orang-orang baru agar tidak melakukan kesalahan yang dapat memicu kembali masalah yang sudah pernah diatasi oleh manajemen sebelumnya.

Seluruh proses yang telah diuraikan ditatas, sangat berorientasi pada tindakan pencegahan (prevention), bukan tindakan pendeteksian (*detection)* saja. Dokumentasi dan standar mengenai proses yang seharusnya dilakukan dan solusi perbaikan gangguan yang telah ditindak lanjuti dapat menjadi sumber informasi yang berguna untuk menganalisa gangguan-gangguan kualitas kedepannya sehingga tindakan perbaikan kualitas yang efektif dapat dilakukan.

2.6 TAGUCHI

Sistem perbaikan/rekayasa kualitas yang diimplementasikan dalam penelitian ini adalah Metode *Taguchi* yang berfokus pada perbaikan kualitas dengan biaya, energi, dan waktu eksperimen yang seminimal mungkin yaitu dengan mereduksi jumlah *trial* dalam eksperimen(Soejanto, 2008). Penghematan biaya tersebut merupakan salah satu keunggulan dari metode ini. Sesuai pernyataan di subab sebelumnya, metode *ini* merupakan salah satu metode *Quality Control* yang menggunakan sistem *off line*.

Kontrol kualitas yang bersifat *offline* dapat dilakukan pada perusahaan manufaktur dengan cara merancang desain proses/produk guna meminimalisir penyimpangan-penyimpangan akibat dari variansi proses/produk terhadap gangguan dari faktor yang tidak dapat dikontrol/dikendalikan. Tujuan dari system *quality control* ini adalah agar dapat menghasilkan produk yang dapat diterima dan layak digunakan oleh pelanggan berdasarkan spesifikasi dan harapan yang telah ditetapkan. Perusahaan dapat dengan mudah mencapai tujuan tersebut apabila perusahaan melakukan identifikasi terhadap hal-hal yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas (CTQ) dengan melalukan penyesuaian hal-hal tersebut pada tingkat yang diinginkan (Belavendram, 1995). Beberapa keunggulan metode Taguchi adalah:

1. Mampu mereduksi jumlah implementasi eksperimen apabila dibandingkan dengan memanfaatkan percobaan eksperimen lainnya seperti faktorial, sehingga dapat melakukan penghematan waktu, biaya, dan energi.
2. Dapat memiliki pemahaman terhadap baik rata-rata maupun variasi dari sebuah karakteristik kualitas sekaligus agar pemecahan masalah memiliki ruang lingkup yang lebih luas.

3. Identifikasi faktor-faktor yang memberikan pengaruh terhadap CTQ dapat diketahui dengan melakukan perhitungan ANOVA dan S/N *ratio*, sehingga faktor-faktor yang berpengaruh dapat ditindaklanjuti.

Beberapa kekurangan dari metode *Taguchi* ini yaitu dibutuhkannya seseorang yang sangat *expert* / mengerti produksi secara keseluruhan, baik itu karakteristik bahan, proses produksi, objek penelitian, spesifikasi yang ditetapkan, dll. Sehingga pelaksanaan Taguchi tidak dapat dilakukan oleh sembarang orang. Selain itu, apabila eksperimen Taguchi dilakukan dengan jumlah faktor dan interaksi yang banyak maka akan terjadi penyerapan beberapa interaksi oleh faktor utama. Pembauran tersebut akan berdampak pada berkurangnya keakuratan hasil eksperimen. Dalam pelaksanaan metode Taguchi harus mengerti dan menerapkan seluruh langkah yang merupakan kunci pokok keberhasilan eksperimen ini, Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam Taguchi akan langsung diterapkan pada Bab V.

2.6.1 Orthogonal Array

Matriks ortogonal yaitu suatu matriks yang terdiri dari baris (kombinasi level yang didapatkan dari faktor dalam eksperimen Taguchi) dan kolom (faktor yang dapat diubah dalam eksperimen Taguchi) (Soejanto, 2008). Penentuan matriks ortogonal yang sesuai dengan eksperimen, perlu dilakukan prosedur sebagai berikut (Soejanto, 2008):

1. Mendefinisikan faktor dan level serta jumlahnya.

   Dalam tahap ini dilakukan identifikasi terkait parameter-parameter yang berada pada suatu proses produksi. Dari parameter-parameter yang telah dilakukan maka dapat dicari level-level yang mempengaruhi faktor yang telah ditentukan sebelumnya, dengan itu membuat eksperimen lebih mudah dilakukan.

2. Menentukan derajat kebebasannya

   Derajat kebebasan merupakan nilai yang dapat menentukan banyaknya eksperimen yang harus diimplementasikan dan banyaknya informasi yang diperoleh dari eksperimen tersebut (Soejanto, 2008). Dalam menentukan jumlah eksperimen yang akan diamati adalah sebagai berikut (Soejanto, 2008):

   VOA= jumlah eksperimen – 1

   VFL = jumlah faktor*(jumlah level – 1)

   VOA ≥VFL (2-9)

   (Soejanto, 2008)

3. Memilih matriks ortogonal

   Proses pemilihan matriks orthogonal dilakukan dengan menghitung berdasarkan persamaan dari matriks orthogonal tesebut. Hal ini dapat menentukan jumlah faktor, level, dan pengamatan yang dilakukan. Berikut merupakan bentuk matriks ortogonal (Soejanto, 2008):

   La (b^c) (2-10)

   (Soejanto, 2008)

   L = rancangan bujur sangkar latin

   a = jumlah baris/eskperimen

   b = jumlah level parameter/faktor

   c = jumlah parameter/faktor

Taguchi telah menyediakan beberapa matriks ortogonal sesuai dengan kebutuhan eksperimen yang akan diimplementasikan. Tabel 2.4 adalah bentuk standar matriks ortogonal dari *Taguchi*.

Tabel 2.4 Orthogonal Array

2 *level*	**3 *level***	**4 *level***	**5 *level***	***Level* gabungan**
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{23}(5^6)$	$L_{18}(2^1 \times 3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$	-	$L_{32}(2^1 \times 4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(3^{40})$	-	-	$L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$	-	-	-	$L_{36}(2^3 \times 3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$	-	-	-	$L_{54}(2^1 \times 3^{25})$

Sumber: Soejanto (2008)

2.6.2 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Dalam pelaksanaan eksperimen Taguchi karakteristik kualitas memiliki beberapa klasifikasi target, yaitu:

1. *Nominal the best*, yaitu karakteristik kalitas yang diukur dengan nilai target tertentu dan biasanya berpatokan pada suatu nilai tertentu secara spesifik. Nilai tersebut dapat berupa nilai yang positif maupun negatif.
2. *Smaller the better*, yaitu karakteristik kualitas terukur yang memiliki nilai target sekecil-kecilnya dan memiliki nilai non negative.

3. *Larger the better*, yaitu karakteristik kualitas yang diukur dengan nilai yang sama seperti *smaller the better* yaitu non-negatif dan memiliki nilai target sebesar-besarnya.
4. *Signed target*, yaitu karakteristik kualitas terukur yang memiliki nilai target 0 (nol).
5. *Classified attribute*, yaitu karakteristik kualitas yang diklasifikasikan sebagai skala diskret dan tidak dapat didefinisikan sebagai variabel kontinu. Penilaian subyektif seperti baik atau buruk merupakan dasaran dari karakteristik ini.

Tabel 2.5 menerangkan masing-masing karakteristik kualitas yang telah dijabarkan diatas.

Tabel 2.5 Klasifikasi Karakteristik Kualitas

Karakteristik Kualitas	Target	Contoh
Nominal the best	Terpusat pada nilai tertentu	Volume air dalam botol
Smaller the better	Sekecil mungkin (nol)	Cacat produk
Larger the better	Sebesar mungkin (~)	Kekuatan Tarik
Signed target	Nol	Residual carrant
Classified attribute	-	*Good or bad*, rendah atau tinggi

Sumber : Belavendram (1995)

2.6.3 Klasifikasi Parameter

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas (variable respon) dari suatu dapat diklasifikasikan menjadi (Soejanto, 2008):

1. Faktor *noise* merupakan faktor-faktor pengganggu karakteristik kualitas yang tidak dapat dikontrol/dikendalikan serta diprediksi. Faktor ini memiliki karakteristik yang tidak dapat dikendalikan atau sangat sedikit pengendaliannya karena biasanya mahal dan sulit.
2. Faktor kontrol (terkendali) merupakan faktor yang digunakan sebagai parameter eksperimen Taguchi. Nilai dari faktor ini ditentukan oleh *expert* dalam bidang proses produksi tersebut. Dalam pelaksanaannya faktor kontrol dapat dibagi menjadi lebih dari 1 level. Setelah dilakukan eskperimen, akan didapatkan faktor dan level yang memberikan kontribusi terbesar dalam perbaikan kualitas. Tujuan dalam identifikasi faktor kontrol yang sesuai adalah agar rancangan desain eksperimen kokoh atau tidak sensitive terhadap faktor *noise* yang ada (*robust design).*

3. Faktor *signal* merupakan faktor-faktor yang dapat memebrikan perubahan terhadap nilai-nilai karakteristik kualitas yang akan diukur dalam eksperimen. Faktor *signal* ditentukan oleh pelanggan sesuai harapan dan ekspektasinya.
4. Faktor skala merupakan faktor yang dipakai dalam memberikan perubahan terhadap rata-rata level CTQ guna menciptakan hubungan fungsional yang dibutuhkan antara faktor *signal* dengan karakteristik kualitas. Faktor penyesuaian merupakan nama lain dari faktor *signal*.

2.6.4 Signal Noise to Ratio (S/N Ratio)

Dalam upaya untuk menentukan kekuatan sinyal, perlu dilakukan pehitungan apa yang disebut rasio sinyal terhadap noise (SNR). Semakin tinggi rasionya, semakin mudah untuk mendeteksi sinyal atau mengekstrak informasi bermanfaat dari sinyal lain. Pengetahuan tentang rasio ini memiliki banyak aplikasi penting dalam matematika terapan, kimia analitik, elektronik, dan geosains. Signal to Noise Ratio adalah ide kunci dalam desain eksperimental Taguchi. Rasio S / N adalah parameter yang paling signifikan dan berguna dalam memperhitungkan target dan variasi dalam membandingkan dua set sampel bila dibandingkan dengan membandingkan rata-rata saja, faktor yang memiliki kontribusi pengurangan penyimpangan terhadap variable respon juga didapat oleh metode ini (Soejanto, 1998). Rasio signal-to-noise mengukur bagaimana respons bervariasi relatif terhadap nilai nominal atau target dalam berbagai kondisi kebisingan. Peneliti dapat memilih rasio signal-to-noise yang berbeda, tergantung pada tujuan percobaan. Karakteristik SNR ratio pada penelitian ini adalah *nominal the best*. Berikut perhitungan nilai SNR ratio untuk karakteristik *Nominal The Best*.

$$\eta = 10log_{10}\left[\frac{\mu^2}{\sigma^2}\right] \quad (2\text{-}11)$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dan kerugian kepada masyarakat adalah:

Kerugian = k $\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{y_i^2}\right]$

Dengan:

n = banyaknya sampel

y = nilai sampel

2.6.5 Analysis of Variance (ANOVA) untuk Data Variabel

ANOVA (*Analysis of Variance)* pertama kali diperkenalkan oileh Sir Ronald Fisher, yaitu seorang ahli statistic British (Belavendram 1995:210). Kontribusi dari masing-masing faktor hasil eksperimen Taguchi ditentukan dengan membandingkan metode standar dan analisis varians (ANOVA). Tujuannya adalah untuk mendapatkan karakteristik kualitas, maka semakin besar semakin baik yang dipilih (Soejanto, 2009). Dalam perhitungan ANOVA pengerjaannya adalah berikut ini (Belavendram, 1995).

1. Menghitung nilai *Total Sum of Square* atau Jumlah Kuadrat Total (*SStotal*) dengan persamaan:

   $$SStotal = \sum y^2 \quad (2\text{-}12)$$

   Sumber: Soejanto (2009)

   Dimana y adalah data pada setiap replikasi.

2. Menghitung Jumlah Kuadrat Karena Rata-Rata (*SSmean*), dengan persamaan:

   $$SSmean = n.\bar{y}^2 \quad (2\text{-}13)$$

   Sumber: Soejanto (2009)

   Dimana n adalah total seluruh data replikasi

3. Menghitung Jumlah Kuadrat Faktor (SS_A, SS_n, dst)

   Sebelum menghitung Jumlah Kuadrat Faktor, dilakukan pembuatan tabel respon untuk tiap faktor. Tabel 2.6 Berikut ini adalah *Response Table of Factor Effect*.

   Selanjutnya menghitung Jumlah Kuadrat Faktor dengan persamaan:

   $$SS_A = ((A1)^2 x\, n1) + (A2)^2 + \ldots + (Ai)^2 x\, ni) - SSmean \quad (2\text{-}14)$$

   Sumber: Belavendram (1995)

Tabel 2.6 Response Table of Factor Effect

Class		A	B	C	N
(1)	Level 1				
	Level 2				
	Level k				

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana: A, B, dan C adalah kode dari faktor

4. Menghitung Jumlah Kuadrat *Error* dengan persamaan (2-16):

   SSE= SST-SSmean-SSA-SSB-SSn (2-15)

   Sumber: Soejanto (2009)

5. Pada tahap ini dibuat Tabel ANOVA berikut:

Tabel 2.7 Tabel ANOVA

Sumber	Sq	V	Mq	F-ratio
Mean	Sm	1	Vm	Fm
Faktor A	SA	1	VA	FA
Error	Se	n-2	Ve	1
Total	ST	N	-	-

Sumber: Soejanto (2009)

6. Menghitung derajad kebebasan factor

   v = (banyaknya level-1)

   Sumber: Soejanto (2009)

7. Menghitung derajad kebebasan total

   V_T = (banyaknya eksperimen-1)

   Sumber: Soejanto (2009)

8. Menghitung Rata-Rata Jumlah Kuadrat (MS)

   $MS = \frac{SS}{V}$ (2-16)

   Sumber: Soejanto (2009)

9. Menghitung Rasio (F-Ratio)

   $Fratio = \frac{MS\ pada\ masing-masing\ faktor}{MS\ error}$ (2-17)

   Sumber: Soejanto (2009)

10. Menghitung SS' pada masing-masing factor

    SSA' = SSA – (vA x MSA) (2-18)

    Sumber: Soejanto (2009)

11. Menghitung Rho% (Persentase Rasio Akhir) untuk tiap-tiap faktor

    Rho %A = $\frac{SSA\prime}{SST}$ (2-19)

    Sumber: Soejanto (2009)

2.6.6 Prediksi Kondisi Optimum

Untuk menguji kebenaran pendugaan terhadap level faktor yang berpengaruh, maka dilakukan uji analisis variansi data atribut untuk memprediksi proses nilai rata-ratanya menggunakan *omega transformation (Ω)*. Rata-rata persentase cacat optimal (terkecil) diperoleh dari prediksi persentase cacat yang melibatkan faktor yang mempunyai pengaruh kuat.

$$\Omega predicted = \bar{\Omega} + (\Omega_{x1} - \bar{\Omega}_1) + (\Omega_{y1} - \bar{\Omega}_1) + (\Omega_{z1} - \bar{\Omega}_1) \quad (2\text{-}20)$$

(Belavendram, 1998)

Kemudian nilai transformasi omega ditransformasikan kembali menjadi persentase cacat. Prediksi kondisi optimum:

$$\mu = \frac{1}{1+10^{\frac{\Omega}{-10}}} \quad (2\text{-}21)$$

2.6.7 Interval Kepercayaan

Ukuran nilai maksimum dan minimum suatu data hasil eksperimen Taguchi disebut Interval kepercayaan. Hal ini diharapkan agar nilai rata-rata yang ada akan termasuk dalam *range* persentase kepercayaan yang dinginkan. Berikut ini interval kepercayaan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\mu_{predicted} = \check{y} + (faktorterpilih1 - \check{y}) + \cdots + (faktorterpilihn - \check{y})$$

Sumber: Belavendram (1995)

Dimana: $\check{y}$ adalah rata-rata nilai hasil dari faktor yang terpilih setelah *pooled*

$$Cl = \sqrt{F_{\propto,v1,v2}\ x\ Ve\ x\ \mu\ x\ (1-\mu)x\left(\frac{1}{neff}\right)}$$

$$neff = \frac{total\ number\ of\ degrees\ of\ freedom}{sum\ of\ degree\ of\ freedom\ used\ in\ estimate\ of\ mean} \quad (2\text{-}22)$$

(Belavendram, 1998)

dengan;

$F_{\propto,v1,v2}$ = tabel *F rasio*

α = resiko. *Level* kepercayaan = 1 – resiko

v1 = derajat kebebasan nilai rata-rata yang memiliki nilai selalu 1

v2 = derajat kebebasan variasi kesalahan

Ve = variasi kesalahan gabungan

n = jumlah pengamatan

2.6.8 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi diimplementasikan dengan pengujian yang menggabungkan kombinasi faktor dan level optimal yang didapatkan dari hasil Anova dan SNR Ratio sebelumnya (Soejanto, 2008). Tujuan dari eksperimen konfirmasi adalah untuk melakukan validasi terhadap hasil yang telah didapatkan pada fase *improve* dan analisa.

Tabel 2.8 Perbandingan Interval Kepercayaan Untuk Masing-Masing Kondisi Optimal dan Konfirmasi

Kondisi	Perbandingan	Keterangan	Keputusan
A	◄——►	Optimal	Diterima
	◄——►	Konfirmasi	
B	◄——►	Optimal	Diterima
	◄——►	Konfirmasi	
C	◄——►	Optimal	Ditolak
	◄——►	Konfirmasi	

Sumber: (Belavendram, 1995)

2.7 PLASTIK

Plastik adalah bahan yang memiliki beberapa kekakuan struktural di bawah beban dan digunakan secara umum. Polietilen, polipropilen, poli(vinilklorida), polistiren dan fluorocarbon, epoxies, phenolics dan polyester diklasifikasikan sebagai plastik. Jenis jenis plastik tersebut memiliki berbagai kombinasi properti. Beberapa plastik sangat kaku dan rapuh. Lainnya fleksibel, menunjukkan deformasi elastis dan plastik ketika diberikan tekanan, dan kadang-kadang mengalami fraktur deformasi yang cukup besar. Polimer yang termasuk dalam klasifikasi ini dapat memiliki derajat kristalinitas apa pun, dan semua struktur dan konfigurasi molekul (linier, bercabang, isotaktik, dll.) dimungkinkan. Bahan plastik dibagi menjadi termoplastik atau termoseting.

Beberapa plastik menunjukkan sifat-sifat yang luar biasa. Untuk aplikasi di mana transparansi optik sangat penting, polistirena dan poli (metil metakrilat) sangat cocok; Namun, sangat penting bahwa bahan tersebut sangat amorf atau, jika semikristalin, memiliki kristalit yang sangat kecil. Fluorocarbon memiliki koefisien gesek yang rendah dan sangat tahan terhadap serangan sejumlah bahan kimia, bahkan pada suhu yang relatif tinggi. Mereka digunakan sebagai pelapis pada peralatan masak antilengket, di bantalan dan bushing, dan untuk komponen elektronik suhu tinggi. Tabel 2.9 menunjukkan beberapa material plastik dengan karakteristik dan aplikasinya.

Tabel 2.9 Nama, Karakteristik, Aplikasi pada Material Plastik

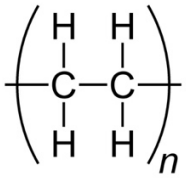
Tipe Material	Karakteristik Aplikasi Utama	Aplikasi	Repeat Unit
Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)	Kekuatan dan ketangguhan yang luar biasa, mudah terbaka, tahan terhadap distorsi	Lapisan kulkas, peralatan taman, mainan, alat pengaman jalan raya	PS, PAN, PB

	panas, larut dalam beberapa pelarut organik, dan sifat listrik yang baik.		
Acrylics [poly(methyl methacrylate)]	Transmisi cahaya yang luar biasa dan ketahanan terhadap pelapukan, sifat mekanik yang sedang	Lensa, penutup pesawat transparan, peralatan peregangan, tanda-tanda di luar ruangan	CH2=C[CH3]CO2H
Polycarbonates	Stabil secara dimensi, penyerapan air rendah, transparan, ketahanan benturan dan daktilitas sangat baik, ketahanan terhadap bahan kimia tidak menonjol	Helm pengaman, lensa, bola cahaya, dasar untuk film fotografi.	[–C(=O)–NH–]
Polyethylene	Tahan kimia dan isolasi listrik, koefisien gesekan yang kuat dan relatif rendah, kekuatan rendah dan ketahanan yang buruk terhadap pelapukan.	Botol fleksibel, mainan, gelas, bagian baterai, baki es, bahan pembungkus film.	$-[CH_2-CH_2]-$,
Polypropylene	Tahan terhadap distorsi panas, sifat listrik yang sangat baik dan kekuatan kelelahan, kimia inert, relatif murah, resistensi yang buruk terhadap sinar UV.	Botol yang disterilkan, film pengemasan, lemari TV, koper.	$[CH_2-CH(CH_3)]_n$
Vinyls	Biaya rendah, bahan untuk keperluan umum, biasanya kaku, tetapi	Penutup aliran, pipa, isolasi kawat listrik, selang taman, catatan	$CH_2=CHCl$

	dapat dibuat fleksibel dengan plasticizer, sering dikopolimerisasi, rentan terhadap distorsi panas.	fonograf.	
Polyester (PET atau PETE)	Salah satu film plastik terberat, kelelahan luar biasa, dan kekuatan sobek, serta ketahanan terhadap kelembaban, asam, gemuk, minyak, dan pelarut.	Kaset perekam magnetik, pakaian, tali ban otomotif, wadah minuman	-CO-C_6H_4-CO-O-CH_2-CH_2-O-

2.7.1 Polyethylene

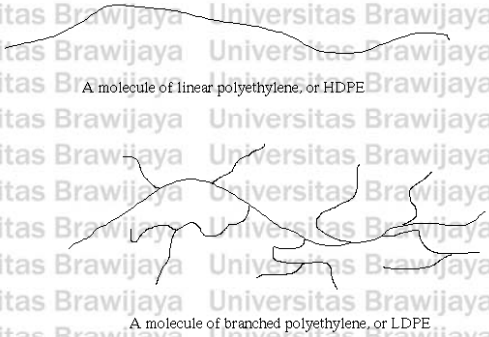
Polyethylene (PE) adalah bahan termoplastik bening hingga keputihan dan sering dibuat menjadi produk film tipis. Bagian yang tebal tembus cahaya dan memiliki penampilan yang seperti lilin. dengan penggunaan pewarna, berbagai macam produk berwarna diperoleh.



Gambar 2.2 Struktur Unit PE
Sumber: Callister(2006)

Pada umumnya terdapat dua tipe Polyethylene yaitu *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *Low Density Polyethylene* (LDPE). LDPE memiliki struktur rantai bercabang, sedangkan polietilen densitas tinggi pada dasarnya memiliki struktur rantai lurus.

Polietilena sejauh ini merupakan bahan plastik yang paling banyak digunakan. Populernya jenis material ini dikarena harga yang rendah dan memiliki banyak sifat industri yang penting termasuk sifat tahan korosi dan isolasi yang luar biasa, dapat digunakan dalam banyak aplikasi produk dengan kekuatan di suhu ruangan hingga suhu rendah dengan yang sangat baik, tingkat fleksibilitas yang baik pada bermacam-macam tingkatan suhu bahkan hingga -73°C, tidak memiliki bau dan hambar serta rendah dalam trnsmisi uap air.



Gambar 2.2 Struktur Rantai LDPE dan HDPE
Sumber: Callister(2006)

Tabel 2.10 Beberapa Karakteristik dari LDPE dan HDPE

Property	Low Density Polyethylene	High Density Polyethylene
Massa Jenis, g/cm^3	0,92-0,93	0,95-0,96
Gaya Tarik, x 1000 psi	0,9-2,5	2,9-5,4
Elongasi, %	550-600	20-120
Kristalinitas, %	65	95

Sumber: Callister(2006)

Polyethylene dapat diaplikasikan pada banyak prdouk, beberapa diantaranya adalah Aplikasi tempat plastik, film plastik untuk pengemasan, isolasi listrik, tabung kimia, peralatan rumah tangga, kantong dan botol yang dicetak dengan sistem tiup.

2.7.1.1 High Density Polyethylene

Jika kondisi polimerisasi digunakan yang menghasilkan percabangan terbatas (yaitu, suhu dan tekanan rendah), hasilnya adalah PE yang lebih linier dengan hanya beberapa cabang pendek. Jenis PE ini disebut HDPE. Sesuai namanya, rantai polimer dalam HDPE dapat dengan mudah mengemas dengan ketat dan struktur kristal terbentuk, sehingga meningkatkan densitas. Secara umum, HDPE lebih kaku, lebih kuat, dan lebih tahan abrasi daripada LDPE.

Untuk mendapatkan rantai polimer panjang di bawah kondisi HDPE, diperlukan katalis. HDPE dapat memiliki suhu leleh di mana saja dari sekitar 120°C hingga 180°C, tergantung pada tingkat, taktik dan berat molekul.

HDPE digunakan dalam preferensi untuk LDPE ketika kekakuan atau kekuatan yang lebih besar diperlukan. Misalnya, susu, air, deterjen, dan botol pemutih adalah HDPE karena biasanya dibuat dengan dinding yang sangat tipis untuk menghemat bahan dan biaya, namun tetap harus mempertahankan bentuknya. HDPE memberikan kekakuan dan kekuatan yang cukup bahkan lebih penting karena ukuran wadah meningkat.

Sifat optik HDPE mencerminkan peningkatan kristalinitas. HDPE kurang jelas secara optik dibandingkan LDPE. Oleh karena itu, HDPE tidak dapat digunakan ketika kejelasan optik merupakan pertimbangan penting. HDPE digunakan untuk kemasan tetapi paling sering digunakan untuk aplikasi seperti tas belanjaan, di mana kejelasan visual tidak penting dan kekuatannya sangat tinggi.

HDPE memiliki kelemahan dari peningkatan kerapuhan dibandingkan dengan LDPE. Dalam aplikasi di mana kekuatan HDPE tinggi dan ketangguhan impak tinggi diperlukan, berat molekul HDPE yang sangat tinggi telah diproduksi. Bahan ini disebut polietilen dengan berat molekul sangat tinggi (UHMWPE) dan benar-benar merupakan subkelompok HDPE, karena dibuat dengan proses yang serupa. Penggunaan UHMWPE jauh lebih kecil daripada penggunaan jenis PE lainnya. UHMWPE biasanya akan memiliki berat molekul dalam kisaran 3 juta hingga 6 juta dibandingkan berat molekul HDPE khas 50.000 hingga 300.000. Selain peningkatan ketangguhan dampak UHMWPE, ketahanan abrasi juga meningkat secara signifikan dibandingkan jenis PE lainnya. Oleh karena itu, UHMWPE digunakan untuk pelapis pada mobil batu bara, panduan dalam peralatan mekanis tempat menggosok diharapkan, seperti roda gigi dan perangkat palsu.

Kepadatan UHMWPE umumnya sedikit lebih tinggi dari HDPE konvensional. Oleh karena itu, bahan ini bahkan lebih tinggi dalam ketahanan pelarut dan permeabilitas lebih rendah dari HDPE dan ini telah menyebabkan beberapa aplikasi unik di industri kimia.

Masalah utama dengan UHMWPE adalah sulitnya melelehkan materi. Berat molekulnya sangat tinggi sehingga sering terjadi pembusukan sebelum mencair. Oleh karena itu, bahan tidak dapat diproses dalam peralatan cetakan plastik tradisional. Umumnya disinter. (Suatu proses di mana bahan serbuk dikemas ke dalam cetakan, dipanaskan hingga tepat di bawah suhu leleh, dan ditahan untuk waktu yang lama di bawah tekanan. Partikel bubuk menyatu bersama-sama dan mengambil bentuk cetakan).

Sintering tidak praktis untuk menghasilkan bagian yang rumit dan oleh karena itu bentuk yang diperoleh di UHMWPE terbatas (Smith, 2002).

HDPE merupakan material plastik yang banyak didaur ulang dan diperbaharui menjadi plastik yang dapat digunakan untuk partisi toilet, kantong belanja, vanity komersial, dan lain-lain. Ini penting karena alasan lingkungan karena HDPE tidak dapat terurai. Faktanya, plastik HDPE dapat bertahan selama bertahun-tahun, jadi memanfaatkan sebanyak mungkin kegunaan itu penting untuk membuka jalan menuju masa depan yang lebih hijau. Hal ini dapat membantu menjaga limbah pada rate yang minimum, dan dapat meningkatkan peringkat keberlanjutan bisnis dengan menggunakan bahan seperti plastik HDPE.

Saat didaur ulang, HDPE umumnya dipisahkan berdasarkan kadar karena beberapa plastik HDPE lebih tebal dan lebih tahan lama daripada yang lain. Semua plastik dibersihkan sehingga hanya bahan HDPE yang dapat dihomogenisasi dan diproses. Dengan menghilangkan puing-puing asing dan membersihkan plastik, HDPE aman untuk melanjutkan daur ulangnya. Setiap partikel yang tersisa pada dasarnya akan merusak produk akhir. HDPE kemudian melalui proses granulasi, yang mengambil potongan plastik HDPE yang lebih besar dan menghancurkannya, atau melelehkannya menjadi pelet dan butiran untuk digunakan nanti. Proses ini akan menjadi pelet dan butiran dan menggabungkan atau membentuknya kembali melalui beberapa proses untuk membuat produk baru menggunakan plastik yang sama yang awalnya didaur ulang (Shenoy, 1996)

Selama pemrosesan polimer, bahan polimer terpapar pada degradasi termal dan oksidatif, menyebabkan pemotongan molekul. Karakteristik fisik polimer daur ulang seperti perilaku aliran, kekuatan tarik, perpanjangan dan dampak akan berbeda dan umumnya lebih rendah daripada polimer murni. Hal ini menyebabkan HDPE daur ulang akan memiliki spesifikasi yang sedikit berbeda dengan HDPE murni, seperti melting point yang lebih rendah (Ali, 2018). Penjelasan yang mungkin adalah bahwa suhu leleh yang lebih rendah mencegah bahan dari degradasi termal selama prosedur pembuatan plastik. Secara umum, suhu leleh yang lebih rendah menghasilkan kinerja lentur yang lebih baik (Gu, 2014).

2.7.2 Teknik Pembentukan untuk Plastik

Cukup beragam teknik yang berbeda digunakan dalam pembentukan bahan polimer. Metode yang digunakan untuk polimer spesifik tergantung pada beberapa

faktor: (1) apakah bahan tersebut termoplastik atau termoseting; (2) jika termoplastik, suhu di mana ia melunak; (3) stabilitas atmosfer dari bahan yang dibentuk; dan (4) geometri dan ukuran produk jadi.

Moulding adalah metode yang paling umum untuk membentuk polimer plastik. Beberapa teknik cetakan yang digunakan termasuk kompresi, transfer, blow injection dan ekstrusi molding. Untuk masing-masing, plastik yang dipeletkan atau digranir halus dipaksa, pada suhu dan tekanan tinggi, untuk mengalir ke dalam, mengisi, dan mengasumsikan bentuk rongga cetakan.

Salah satu metode pembuatan film plastik seperti kantong yang paling umum adalah *Blown Film* (juga disebut *Tubular Film*) *Extrusion*. Prosesnya melibatkan ekstrusi plastik melalui cetakan bundar, diikuti oleh ekspansi "seperti gelembung". Keuntungan utama pembuatan film dengan proses ini termasuk kemampuan untuk:

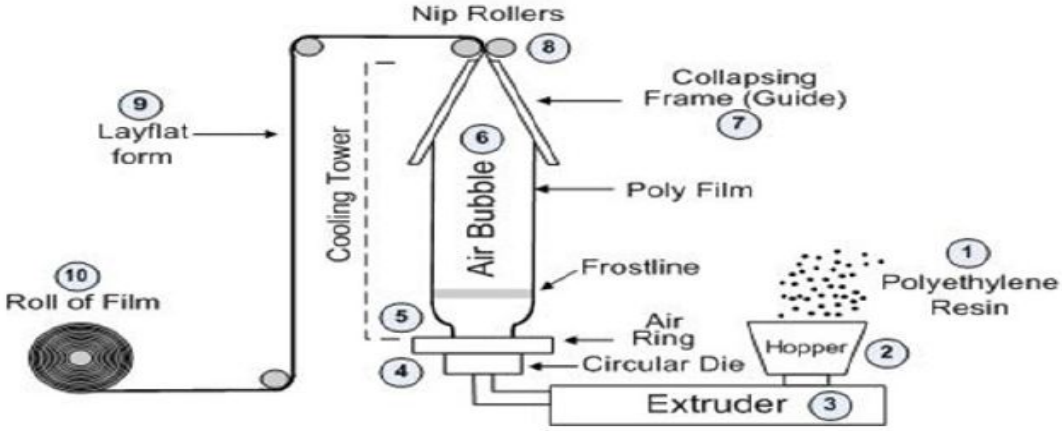
1. Menghasilkan tubing dalam satu operasi
2. Pengaturan lebar dan tebal film dengan mengontrol volume udara di dalam gelembung, output dari ekstruder dan kecepatan pengangkutan
3. Menghilangkan efek ujung seperti pinggiran bead trim dan suhu tidak seragam yang dapat dihasilkan dari ekstrusi film die datar
4. Kemampuan orientasi biaksial (memungkinkan keseragaman sifat mekanik)
5. Blown Film Extrusion dapat digunakan untuk pembuatan film multi-layer yang diekstrusi bersama untuk aplikasi penghalang tinggi seperti kemasan makanan.

Proses *Extrusion Blown Film* diawali dengan masuknya pellet/resin plastik ke dalam Hopeper dan secara perlahan masuk ke kotak extruder untuk dilelehkan. Lelehan plastik tersebut melalui proses ekstrusi pada cetakan annular, biasanya secara vertikal, untuk membentuk tabung berdinding tipis. Udara dihembuskan melalui *air ring* yang berada di tengah cetakan untuk meniupkan tabung sehingga berbentuk seperti balon. Dipasang di atas die, cincin udara berkecepatan tinggi menghembuskan udara ke film yang panas agar terjadi proses pendinginan. Tabung film kemudian berlanjut ke atas, terus mendingin, hingga melewati nip rolls di mana tabung itu diratakan untuk menciptakan apa yang dikenal sebagai tabung film 'lay-flat'. Tabung lay-flat ini kemudian dibawa kembali ke bawah 'menara' ekstrusi melalui rol winder. Pada jalur output yang lebih tinggi, udara di dalam gelembung juga dipertukarkan. Ini dikenal sebagai IBS (Pendinginan Gelembung Internal).

Film lay-flat kemudian disimpan diikat ke gulungan menjadi rol film. Proses selanjutnya adalah membuat roll film menjadi kantong dengan menyegel lebar film dan

memotong atau melubangi untuk membuat setiap kantong. Ini dilakukan sesuai dengan proses film yang ditiup atau pada tahap selanjutnya.

Biasanya, rasio ekspansi antara tabung die dan blown film adalah 1,5 sampai 4 kali diameter die. Penarikan antara ketebalan dinding leleh dan ketebalan film yang didinginkan terjadi dalam arah radial dan longitudinal dan mudah dikontrol dengan mengubah volume udara di dalam gelembung dan dengan mengubah kecepatan angkut. Ini memberikan film blown keseimbangan sifat yang lebih baik daripada film tradisional atau film ekstrusi yang ditarik ke bawah sepanjang arah ekstrusi saja.



Gambar 2.3 Proses *Blown Film Extrusion*
Sumber: Golghate 2013

Halaman Sengaja Dikosongkan

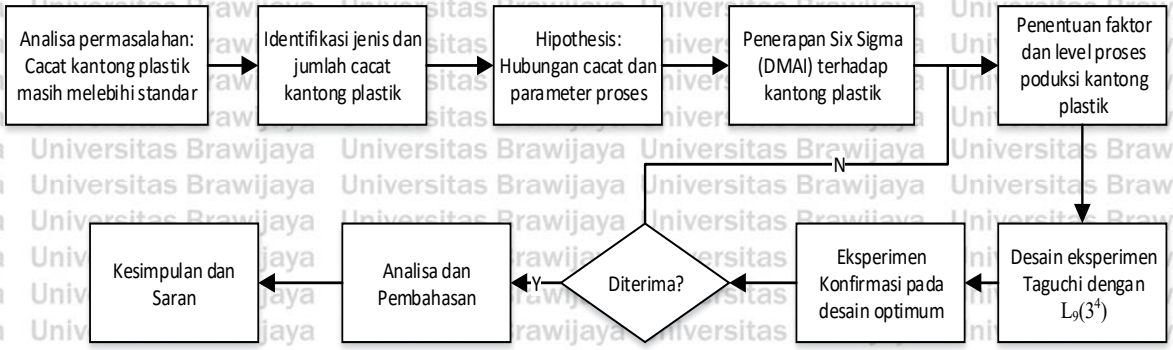
BAB III
KERANGKA KONSEP PENELITIAN

Dalam melaksanakan penelitian, kerangka konsep sangat diperlukan agar penelitian terarah dan mudah dipahami oleh pembaca. Adapun beberapa poin dalam Bab ini adalah kerangka konsep, identifikasi variabel, metode, dan hipotesis.

3.1 KERANGKA KONSEP PENELITIAN

Persaingan ketat di dunia industri menuntut semua pihak dalam suatu perusahaan untuk menciptakan produk yang sesuai dengan spesifikasi pelanggan dan manajemen demi memperluas pangsa pasar. Kualitas produk sangat penting bagi keberlangsungan hidup sebuah perusahaan dimana konsumen sekarang menjadi lebih kritis dalam memilih produk yang akan dibeli. Vincent Gaspersz (2002) mendefinisikan kualitas sebagai peningkatan karakteristik kualitas dengan diiringi penurunan variasi produk yang secara terus menerus dan konsisten, hal ini dilakukan guna mencapai spesifikasi dan kebutuhan yang ditetapkanserta meningkatkan *satisfaction* seluruh *stakeholder*. Permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah mengenai kualitas kantong plastik di PT. Asia Recycle Mandiri yang menggunakan mesin *Extrusion Blown Film*.

Extrusion Blown Film merupakan salah satu proses produksi kantong plastik yang umumnya digunakan di Indonesia. Selama proses *blow film*, beberapa bagian harus diidentifikasi dalam hal kepadatan, kekuatan, cacat, dll. Jika parameter proses produksi dapat disesuaikan dengan cara yang tepat, karakteristik yang diperlukan dalam mencapai produk berkualitas akan mudah terpenuhi. Metode pengoptimalan harus memberikan teknik yang sangat efektif dalam menemukan nilai parameter proses terbaik yang mengarah ke pengurangan penyimpangan. Berdasarkan hal tersebut mendorong semua pihak khususnya peneliti untuk melakukan pengendalian kualitas dengan harapan dapat mengetahui parameter yang paling berpengaruh serta kombinasi parameter optimal dalam kualitas kantong plastik tersebut. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah meminimalisir jumlah kegagalan produk yang dihasilkan perusahaan sehingga dapat menekan biaya dalam jangka panjang. Gambar 3.1 merupakan kerangka dari penelitian ini.



Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian

3.2 IDENTIFIKASI VARIABEL

Penelitian ini terdiri dari variabel terikat dan bebas dimana variabel terikat adalah kualitas dari kantong plastik, sedangkan variabel bebasnya adalah suhu leleh, tekanan ekstrusi, suhu pendinginan *blowing,* kecepatan injeksi dan waktu packing. Adapun fungsi variabel bebas akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Suhu *Extruder* (*Extruder Temperature)*

   Titik leleh (*melting point)* merupakan istilah ilmiah yang digunakan untuk menentukan titik leleh suatu zat kimia. Ketika panas ditambahkan, ikatan antara rantai polimer pecah, ini merupakan suhu dimana terjadinya fase perubahan material dari padat menjadi cair (Reddy, 2016). Tiap material memiliki titik leleh yang berbeda-beda, oleh karena itu suhu pelelehan merupakan salah satu variabel yang signifikan dalam menentukan kualitas sebuah produk akhir. Suhu leleh yang terlalu rendah bagi suatu material akan mengakibatkan pelelehan yang tidak sempurna sehingga akan berdampak besar terhadap produk, begitu pula sebaliknya, apabila suhu terlalu tinggi (*overheating)* melewati *melting point* dari suatu material maka akan mengakibatkan degradasi produk sehingga *mechanical* properties-nya dapat menurun (Khan, 2014).

2. Putaran *Screw* (*Screw Rotation)*

   Variabel ini terdapat pada bagian unit yang sama seperti suhu leleh yaitu pada *extruder unit*, dimana palet plastik dimasukan lalu dilelehkan dengan bantuan pemanasan dan tekanan ekstrusi dari *screw* secara kontinyu. Seperti yang dikemukakan oleh Hartono (2012), dengan memberikan kecepatan dan tekanan yang sesuai dengan tingkat material plastik, akan menghasilkan dimensi spesimen yang diinginkan. Apabila tekanan dan putaran ditambahkan, maka akan terjadi proses

penyusutan plastik setelah proses *blowing*. Akibat dari penyusutan tersebut, maka dimensi spesimen menjadi tidak sesuai spesifikasi.

3. Putaran *Winder (Winder rotation)*

Putaran *winder* pada proses *blowing and rolling* adalah proses di mana plastik dari hasil *blowing* ditarik dan digulung dengan putaran tertentu agar menjadi roll plastik yang nantinya siap dipotong dan direkatkan. Putaran *winder* ini memberikan pengaruh terhadap kualitas akhir produk karena putaran yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan plastik menipis dan berlubang, dan sebaliknya apabila putaran terlalu rendah maka akan terjadi kerutan.

4. Putaran *Take Up (Take Up Rotation)*

Kondisi pemrosesan seperti *take up rotation* (proses penarikan dan pemerataan gelembung) merupakan variabel penting dalam proses *extrusion blown film.* Ketidakstabilan gelembung atau cacat seperti ketebalan yang tidak sempurna merupakan akibat kontrol yang tidak tepat dari sekrup rotasi ekstrusi dan kecepatan rol take-up serta tekanan udara internal (Karkhanis, 2017). Variabel ini mengendalikan ketinggian *frost line,* yaitu titik dimana polimer membeku dan tidak lagi mampu meregang.

3.3 METODE YANG DIGUNAKAN

Dalam setiap proses produksi terdapat variasi. Ketika variasi ini melampaui batas-batas tertentu, cacat produk tidak dapat dihindari. Six Sigma adalah prinsip yang bertujuan untuk mengurangi variasi dan menghilangkan pemborosan sebanyak mungkin (Montgomery, 2013).

Six Sigma merupakan suatu *tool* yang digunakan untuk meningkatkan dan mengendalikan proses produksi dengan mengurangi penyimpangan/variasi proses yang terkait dengan karakteristik kualitas produk, hal ini menggambarkan bagaimana suatu proses menyimpang dari target. Ide utama Six Sigma adalah untuk memasukkan enam standar deviasi antara mean (target) dan batas spesifikasi. Apa pun di luar batas spesifikasi dianggap sebagai cacat dan diukur dengan bagian per juta (PPM) atau cacat per juta peluang (DPMO) (Alshammari, et.al., 2018).

Metodologi DMAIC digunakan dalam penelitian ini untuk meningkatkan proses *extrusion blown film*. DMAIC adalah akronim yang merupakan singkatan dari *Define, Measure, Analyze, Improve,* dan *Control*. Namun pada penelitian ini akan dibatasi hingga proses *Improve.* Seperti yang dilakukan Ain & Panchal (2017) dalam penelitiannya

terhadap tas anyaman laminasi plastik dengan menggunakan metode *Six Sigma,* tahapan DMAI dilakukan dan ditemukan cacat utama pada produk serta saran perbaikan telah diusulkan.

Setelah mengidentifikasi akar penyebab dalam tahap analisis, beralih ke fase perbaikan. Dalam fase perbaikan, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan solusi yang memungkinkan, memilih solusi terbaik, menguji solusi dan kemudian mengevaluasi peningkatan dalam hal tingkat sigma. Salah satu faktor utama dalam kesuksesan suatu produksi adalah parameter proses. Parameter proses dapat disesuaikan melalui desain eksperimen (DOE). Untuk mendukung hal tersebut, metode Taguchi digunakan untuk memberikan solusi proses parameter yang optimal.

Taguchi adalah teknik untuk meningkatkan kualitas. Metode Taguchi bertujuan untuk meminimalisir penyimpangan/variasi dalam proses melalui rancangan eksperimen yang kokoh (*robust design*). Tujuan utama dari metode ini adalah mencapai produk-produk berkualitas tinggi dengan harga produksi yang rendah. Desain yang kuat (*robust design*) adalah konsep baru yang terkait dengan pembuatan produk dan layanan berkualitas tinggi tanpa cacat. Desain ini memiliki toleransi yang tinggi terhadap faktor, yang tidak dapat dikontrol (Mikovic, 2014).

Radhwan (2015) menyimpulkan bahwa metode Taguchi dapat digunakan untuk meminimalkan cacat penyusutan (*shrinkage*). Taguchi adalah metode yang sangat berguna yang dapat digunakan untuk memberikan cara efisien dan ekonomis daripada metode trial and error yang berkontribusi terhadap pemborosan.

Metode *Six Sigma* dan *Taguchi* yang dilaksanakan dalam penelitian ini memiliki tujuan untuk menunjukkan upaya peningkatan kualitas yang dilakukan secara statistik sehingga dapat memberikan dalam menganalisa tingkat kegagalan produk yang dihasilkan oleh PT. Asia Recycle Mandiri yang diluar standar yang ditetapkan, serta melakukan identifikasi akar permasalahan untuk kemudian dianalisa solusi perbaikan terhadap permasalahan tersebut sehingga hasil akhirnya adalah menghasilkan rekomendasi perbaikan kualitas produksi yang dapat digunakan untuk peningkatan kualitas berkelanjutan.

3.4 HIPOTESIS

Hipotesis yang dibuktikan kebenarannya dalam penelitian ini adalah :

1. Adakah hubungan antara suhu leleh dengan jumlah produk cacat yang dihasilkan pada proses produksi kantong plastik di PT. Asia Recycle Mandiri?
2. Adakah hubungan antara putaran *screw* dengan jumlah produk cacat yang dihasilkan pada proses produksi kantong plastik di PT. Asia Recycle Mandiri?
3. Adakah hubungan antara putaran winder dengan jumlah produk cacat yang dihasilkan pada proses produksi kantong plastik di PT. Asia Recycle Mandiri?
4. Adakah hubungan antara putaran *take up* dengan jumlah produk cacat yang dihasilkan pada proses produksi kantong plastik di PT. Asia Recycle Mandiri?

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV
METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian yang diterapkan pada penelitian ini disebut metode penelitian. Pada Bab Metode Penelitian ini akan dipaparkan secara secara detail semua rincian urutan pelaksanaan penelitian meliputi tempat dan waktu, jenis, objek, variabel, dan tahapan penelitian.

4.1 JENIS PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas kantong plastik di PT. Asia Recycle Mandiri dengan melihat hubungan antara parameter proses yang dipilih dengan tingkat cacat produk yang dihasilkan. Berdasarkan prosedur, alat dan teknik yang digunakan, penelitian ini dikategorikan dalam beberapa jenis penelitian. Hal ini dikarenakan ada beberapa bagian penelitian yang mewakili jenis penelitian yang berbeda. Adapun penjelasannya sebagai berikut:

1. Berdasarkan metode, penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian eksperimen. Penelitian ekperimen adalah penelitian yang dilakukan guna mengidentifikasi potensi yang disebabkan oleh suatu variabel tertentu yang berdampak terhadap variabel lain dalam situasi yang terkontrol (Sugiyono, 2003).
2. Menurut tingkat eksplanasi, penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian deksriptif yang artinya penelitian ini bertujuan untuk mendefinisikan suatu keadaan yang terjadi pada saat ini. Penelitian deskriptif berfokus pada permasalahan aktual yang ada pada saat penelitian berlangsung (Sugiyono, 2003).
3. Dari segi sifat masalahnya, penelitian ini termasuk penelitian korelasional yang memiliki tujuan untuk mendeskripsikan hubungan antar variasi suatu faktor berdasarkan koefisien korelasi (Suryabrata, 1983).

4.2 TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Lokasi penelitian ini dilakukan di PT. Asia Recycle Mandiri yang berada di Jl. Solo - Purwodadi No.17, Sidorejo, Selokaton, Gondangrejo, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Waktu pelaksanaan penelitian pada bulan Agustus-Desember 2018.

4.3 TAHAP PENELITIAN

Terdapat 4 tahapan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

4.3.1 Tahap Pendahuluan

Berikut ini tahap penelitian pendahuluan:

1. Studi Lapangan

   Studi Lapangan adalah langkah permulaan yang dilakukan pada suatu penelitian. Pada tahap studi lapangan pengamatan dan peninjauan langsung terhadap kondisi lantai produksi perusahaan dilakukan untuk mengetahui proses produksi kantong plastik dan data cacat yang sering terjadi pada proses produksi kantong plastik di PT. Asia Recycle Mandiri.

2. Studi Pustaka

   Studi pustaka merupakan usaha pengkajian informasi lanjut berkaitan dengan teori yang dapat menunjang penelitian ini. Studi pustaka didapatkan dari jurnal, skripsi, tesis, dan buku referensi yang berkaitan dengan penelitian. Hal ini diharapkan dapat memberikan konsep teori, metode, analisa, dan perbaikan yang berhubungan dengan permasalahan dan tujuan penelitian yang ingin dicapai.

3. Identifikasi dan perumusan masalah

   Tahap identifikasi berfungsi untuk memahami permasalahan yang terjadi di perusahaan. Setelah dilakukan identifikasi masalah maka selanjutnya dilakukan perumusan masalah guna meringankan penentuan metode yang nantinya digunakan untuk penyelesaian masalah yang telah diidentifikasi.

4. Penetapan tujuan penelitian

   Tujuan penelitian ditetapkan dengan cara mengkaji masalah yang telah dipaparkan pada poin sebelumnya. Tujuan penelitan juga dapat dilakukan guna mengidentifikasi batasan yang diperlukan dalam pelaksanaan eksperimen serta dimaksudkan agar penulis fokus terhadap masalah yang akan diteliti.

5. Perumusan Hipotesis

   Penelitian yang terarah dengan baik merupakan kunci kesuksesan penelitian, hal ini dilakukan dengan perumusan hipotesa/dugaan terlebih dahulu terhadap masalah yang ada. Menurut Soemadi Suryabrata, dugaan penelitian merupakan pernyataaan sementara yang perlu diuji kebenarannya secara empiris.

4.3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahapan ini dilakukan sebagai modal dalam pelaksanaan eksperimen. Data yang telah dikumpulkan terbagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Data Primer (Langsung)

   Data primer adalah data/informasi yang diperoleh langsung oleh peneliti dari sumber. Data primer pada penelitian ini didapatkan dari percobaan eksperimen langsung terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kegagalan/cacat produk kantong plastik PT. Asia Recycle Mandiri. Metode yang dilakukan dalam pengumpulan data primer adalah:

   a. Wawancara, merupakan metode yang dilakukan dalam mengumpulkan data dengan cara memberikan pertanyaan langsung kepada sumber yang terkait untuk memperoleh informasi.
   b. Observasi, dilakukan dengan cara pengamatan langsung pada lantai produksi perusahaan.

2. Data Sekunder (Tidak Langsung)

   Data milik perusahaan, studi literatur, bahan pustaka merupakan data sekunder. Misalnya profil perusahaan, struktur organisasi perusahaan, visi dan misi perusahaan, dan lain-lain. Data sekunder yang dikumpulkan adalah data profil perusahaan, jumlah produksi kantong plastik HDPE KW 4 tahun 2017, dan data cacat produk pada proses produksi kantong plastik HDPE KW 4 di PT. Asia Recycle Mandiri.

4.3.3 Tahap Pengolahan Data

Setelah melakukan pengamatan dan pengambilan data-data di perusahaan, langkah berikutnya adalah melakukan pengolahan dan analisis data yang diselesaikan dengan metode terkait agar menjadi informasi yang memberi nilai tambah. Pengolahan data dilakukan berdasarkan masalah yang dibahas yaitu terkait kualitas produk (cacat produk) dengan menggunakan metode Six Sigma menurut Gasperz, sebagai berikut:

1. *Define*

   Tahapan awal yang dilakukan pada proyek Six Sigma adalah fase *Define.* Pada tahapan ini dilakukan identifikasi dan pendefinisian kondisi yang sedang dialami perusahaan pada masa sekarang, proses yang dilakukan adalah sebagai berikut:

   a. Penjabaran aliran produksi

Penjelasan mengenai alur proses produksi dilaksanakan pada pada tahap *define*, hal ini digunakan sebagai tahapan pertama untuk memahami proses produksi secara keseluruhan. Alur proses produksi digunakan dalam upaya melihat gambaran lengkap dari proses produksi terhadap objek yang telah ditetapkan, yaitu kantong plastik HDPE KW 4.

b. Identifikasi Karakteristik Kualitas *(Critical to Quality)*

Objek pada penelitian ini yaitu kantong plastik perlu dilakukan penetapan karakteristik kualitas. Hal ini dirancang berdasarkan kebutuhan dan keinginan spesifik dari pihak perusahaan. Dari penetapan karakteristik kualitas, akan didapatkan berbagai jenis cacat yang mungkin dapat terjadi pada *output*.

2. *Measure*

Setelah definisi alur produksi dan karakteristik kualitas dilakukan, selanjutnya diteruskan dengan tahapan *measure*. Pada tahap *measure,* data yang sudah diperoleh dari tahap sebelumnya dilakukan pengukuran dan pengolahan. Beberapa aktivitas yang dilakukan pada tahap *measure* adalah sebagai berikut*:*

a. Penentuan prioritas perbaikan kualitas

Urutan presentase cacat yang ada dibuat dengan menggunakan *Pareto Chart* guna mengetahui urutan prioritas cacat kritis yang perlu diperbaiki terlebih dahulu.

b. Pembuatan *control chart*

Control chart digunakan untuk melihat trend hasil produksi perusahaan apakah masih dalam batas kendali atau diluar batas kendali.

c. Pengukuran *baseline* kinerja

Baseline Kinerja digunakan dengan satuan *Defect Per Million Opportunity* (DPMO) serta tingkat level dan kemampuan proses (*capability*) untuk *current condition* perusahaan.

3. *Analyze*

Penentuan terhadap kemampuan/kapabilitas suatu proses dengan menggunakan *Capability Process Index* (CPI) serta mengidentifikasikan penyebab masalah yang terjadi merupakan proses yang dilakukan pada tahapan Analisa. Beberapa penjelasan terkait hal yang dilakukan pada tahap analisa adalah sebagai berikut:

a. Analisa Kapabilitas Proses

Pengetahuan akan kapabilitas kinerja yang dihasilkan oleh suatu proses pada masa sekarang merupakan tujuan dari analisa kapabilitas proses. Hal ini berguna

untuk melihat kemampuan proses apakah dapat memenuhi spesifikasi yang telah dibuat.

b. Analisa Penyebab Cacat

Metode yang dilakukan dalam menganalisa akar penyebab masalah dari cacat kritis pada penelitian ini adalah metode 5 *why analysis.* Hal ini bertujuan agar dapat diketahui penyebab masalah sehingga dapat diberikan solusi perbaikan.

4. *Improve*

Pada tahap ini dilakukan upaya guna memperbaiki permasalahan yang sedang diteliti. Pada penelitian ini upaya perbaikan dilakukan dengan melaksanakan desain eksperimen Taguchi ke dalam proses produksi yang diharapkan dapat meminimalkan *defect* yang terjadi pada produk kantong plastik. Beberapa hal yang dilakukan pada fase Improve adalah sebagai berikut:

a. Penentuan variabel respon

Variabel dependen atau variabel respon eksperimen ditentukan pada tahap improve. Variabel respon pada penelitian ini adalah kualitas kantong plastik.

b. Penentuan variabel tak terkendali/faktor *noise*

Variabel yang tidak dapat dikendalikan atau sering disebut sebgai faktor *noise* juga ditetapkan pada tahap ini. Variabel ini dapat mengganggu performansi eksperimen dan produk yang nantinya dihasilkan dalam proses produksi. Beberapa alasan mengapa faktor ini tak dapat dikontrol adalah kondisi yang sulit seperti cuaca, biaya yang sangat mahal, dll. Pada penelitian ini, material plastik *recycle* yang memungkinkan lolosnya material yang bukan HDPE, operator mesin, cuaca merupakan faktor *noise.*

c. Penentuan variabel independent/faktor kontrol

Faktor dan level yang diduga berpengaruh pada penelitian ini ditentukan pada tahap ini. Penentuan faktor dan level dilakukan dengan cara diskusi dan wawancara bersama tim produksi di PT. Asia Recycle Mandiri. Tabel 4.1 memaparkan faktor dan level yang berpengaruh pada proses produksi kantong plastik.

Tabel 4.1 Faktor dan Level Eksperimen

Faktor yang berpengaruh	Level Faktor		
	1	2	3
Suhu Extruder (screw+die) (°C)	160	170	180
Putaran Screw (RPM)	3.288	3.468	3.648
Putaran *Winder* (RPM)	1.242	1.302	1.362

Putaran *Take Up* (RPM)	1.560	1.620	1.680

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa faktor putaran *screw, take up* dan *winder* menggunakan satuan RPM. Pada aplikasi di PT. ARM, kenyataannya menggunkaan satuan *Hertz*. Pada penelitian ini dilakukan konversi ke RPM.

d. Penentuan Karakteristik Kualitas

Karakteristik kualitas yang digunakan pada penelitian ini adalah *nominal the best.* Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas produk dianggap baik apabila mencapai suatu *nominal* tertentu.

e. Penentuan Matriks *Orthogonal Array*

Dalam penetapan matriks OA, jumlah faktor dan level yang akan diimplementasikan dalam eksperimen Taguchi dijadikan pertimbangan. *Orthogonal arra*y yang didapatkanb untuk penelitian ini adalah L_9 (3^4).

f. Eksperimen Konfirmasi

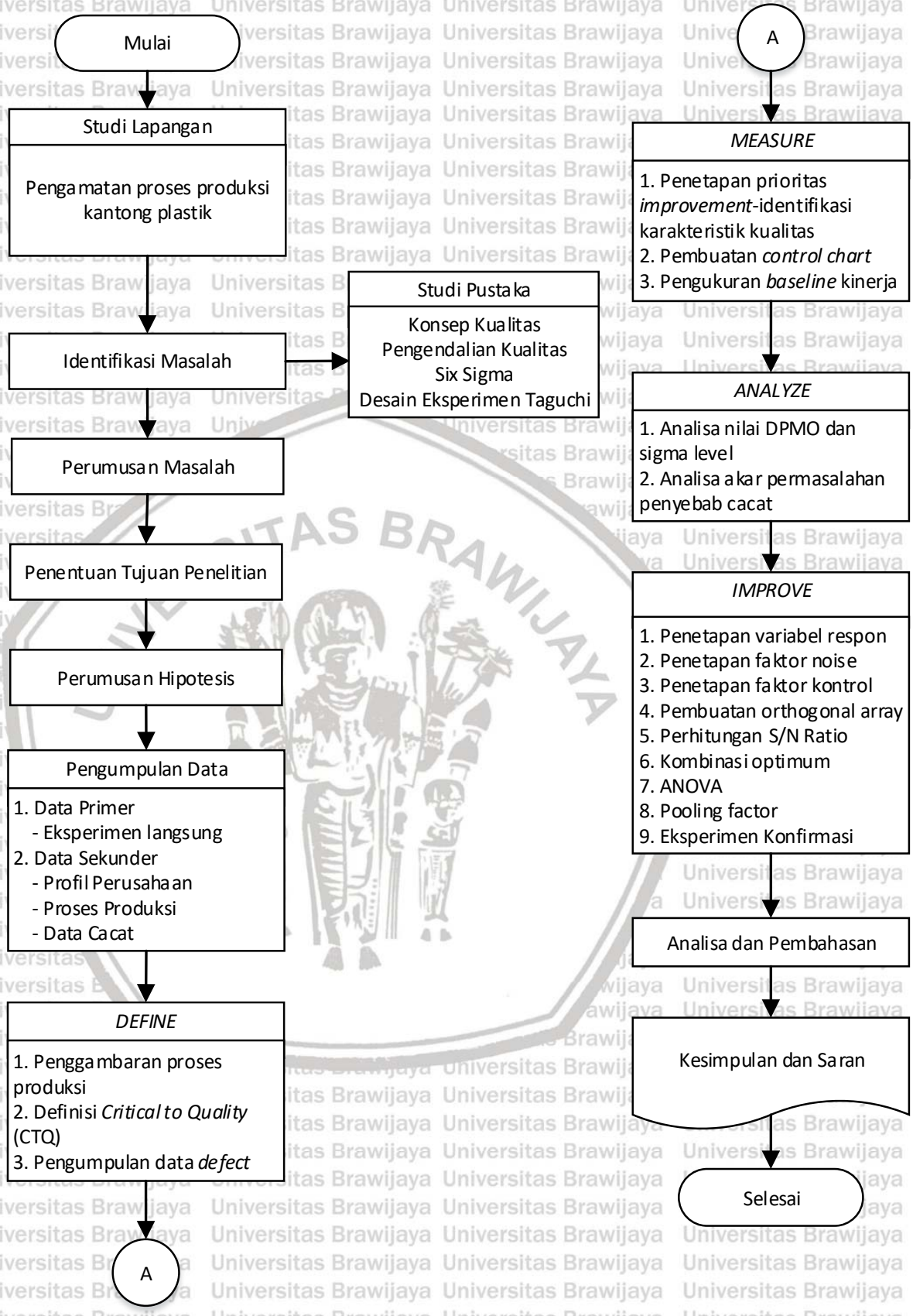
Eksperimen Konfirmasi dilakukan sebagai bentuk proses validasi terhadap kombinasi faktor dan level optimum yang didapat dari eksperimen Taguchi. Setelah itu dilakukan perbandingan yang didapatkan dari hasil eksperimen konfrimasi dengan hasil eksperimen sebelumnya.

4.3.4 Tahap Analisa Dan Kesimpulan

Tahapan terakhir pada penelitian ini adalah analisa dan kesimpulan, dimana analisa akan dilakukan terkait hasil yang telah didapatkan dari penelitian pada subab sebelumnya. Dari analisa tersebut akan diketahui kesesuaian antara hasil penelitian dengan tujuan penelitian yang telah dibuat pada awal penelitian. Proses terakhir yaitu pengambilan kesimpulan dari keseluruhan penelitian yang dilakukan.

4.4 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Alur penelitian yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian tergambar pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya menjadi landasan dalam pelaksanaan penelitian. Untuk mendapatkan data – data yang diperlukan dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung (*observation*), *interview* dan pengambilan data – data sekunder. Pengumpulan data ini dilakukan di PT. Asia Recycle Mandiri. Setelah data tersebut terkumpul, akan dilakukan pengolahan dan pembahasan sehingga bisa didapatkan hasil penelitian yang nantinya akan menjawab perumusan masalah dan tujuan penelitian yang sudah diterapkan.

5.1 GAMBARAN UMUM PT. ASIA RECYCLE MANDIRI

Pada sub bab ini dipaparkan gambaran umum dari PT. Asia Recycle Mandiri. Gambaran umum perusahaan akan memberikan pandangan terhadap kondisi perusahaan saat ini dengan rumusan masalah yang ada. Gambaran umum perusahaan terdiri dari profil dan sejarah perusahaan, visi dan misi perusahaan, struktur organisasi, manajemen personalia, dan produk perusahaan.

5.1.1 Profil PT. Asia Recycle Mandiri

PT. Asia Recycle Mandiri adalah perusahaan manufaktur plastik daur ulang pimpinan Eny Susilo Budi yang berdiri sejak tahun 1998. Perusahaan ini merupakan anak perusahaan PT. Asia Cakra Ceria yang bergerak di industri plastik murni. Berdirinya perusahaan ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan pabrik-pabrik plastik di kota Solo akan adanya unit daur ulang plastik untuk penanganan *waste* dan *aval* hasil produksi mereka yang berlimpah. Volume sampah yang tidak terkendali dari rumah tangga, toko-toko dan rumah sakit juga menjadi urgensi tersendiri untuk mendirikan unit daur ulang plastik. Dengan peluang bisnis yang ada serta perlunya upaya pengelolaan lingkungan khususnya yang terkait dengan sampah plastik, perusahaan ini menjadi sebuah solusi untuk segala permasalahan tersebut. Proses daur ulang yang dilakukan oleh perusahaan ini menghasilkan produk jadi maupun barang mentah dari limbah plastik yang ada sehingga dapat diproses kembali oleh untuk menjadi produk yang baru yang memilki nilai tambah. Beberapa dampak positif yang dapat terlihat dengan adanya perusahaan ini adalah terciptanya rantai bisnis mutualisme antara pabrik-pabrik plastik, penambahan lapangan

kerja, terdukungnya program penyelamatan lingkungan terkait isu *go green* yang ada, serta adanya edukasi lebih untuk masyarakat mengenai penanganan limbah plastik.

5.1.2 Visi dan Misi PT. Asia Recycle Mandiri

Untuk kelancaran kegiatan operasional perusahaan diperlukan adanya kesatuan visi dan misi. Visi dan misi merupakan cetak biru sebagai tonggak keberhasilan perusahaan. Berikut adalah visi dan misi PT. Asia Recycle Mandiri.

1. Visi

   Menjadi badan usaha profesional yang sukses memanfaatkan sampah plastik dengan melakukan proses *recycle* guna memproduksi barang yang dapat berguna kembali demi melestarikan dan menyelamatan lingkungan hidup.

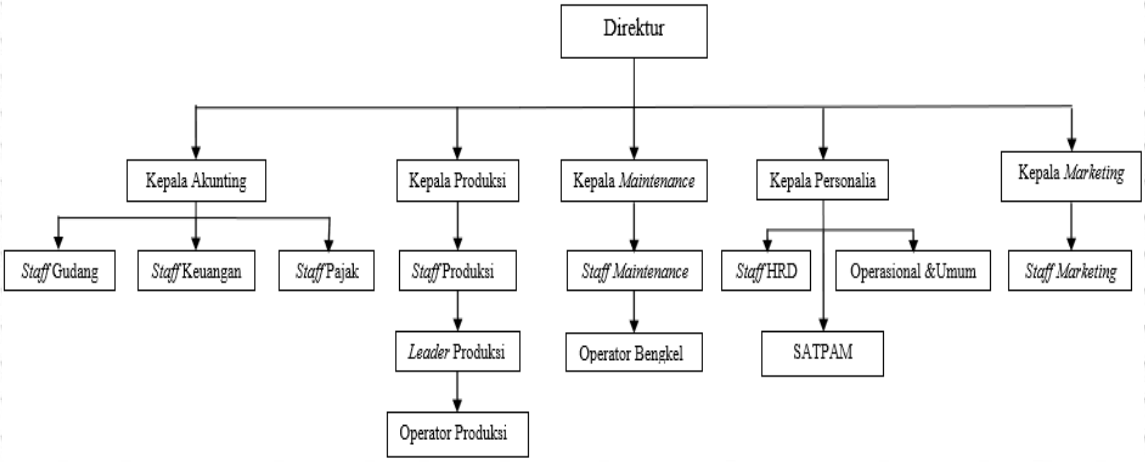
2. Misi

   a. Bekerja sama dengan pihak pengelola TPSA (Tempat Pembuangan Sampah Akhir) dalam memanfaatkan sampah.
   b. Memasarkan dan mengenalkan produk hasil daur ulang untuk kebutuhan masyarakat.
   c. Bersama para mitra membangun kesejahteraan, penyelamatan lingkungan hidup, dan penciptaan lapangan kerja.

5.1.3 Struktur Organisasi PT. Asia Recycle Mandiri

Dalam meningkatkan efisiensi dan efektifitas kegiatan operasional perusahaan, struktur organisasi adalah hal yang sangat penting. Struktur organisasi menunjukkan hierarki jabatan, hubungan antara divisi satu dan lainnya, serta posisi satu dan lainnya. Struktur organisasi juga dapat menunjukkan tugas, wewenang, dan tanggung jawab di dalam sebuah organisasi. Struktur organisasi PT. Asia Recycle Mandiri digambarkan pada Gambar 5.1.

Dari gambar 5.1 dapat dilihat bahwa jabatan paling tinggi adalah direktur. Direktur membawahi beberapa jabatan lain yaitu kepala akunting, kepala produksi, kepala *maintenance*, kepala personalia, dan kepala *marketing*. Berikut adalah penjelasan mengenai jabatan-jabatan yang ada di PT. Asia Recycle Mandiri.



Gambar 5.1 Struktur Organisasi PT. Asia Recycle Mandiri
Sumber: Manajemen PT. Asia Recycle Mandiri

1. Direktur: seseorang yang ditunjuk pemilik perusahaan untuk memimpin perusahaan serta memiliki kewenangan untuk merumuskan dan menetapkan segala kebijaksanaan dan program umum perusahaan.
2. Kepala Akunting: bertanggung jawab untuk mengkoordinir operasional penyusunan laporan keuangan maupun tahunan, membuat *budgeting* perusahaan dan perencanaan aliran dana perusahaan. Dalam melaksanakan tanggung jawabnya, kepala akunting dibantu oleh beberapa jabatan lain yaitu:
   a. *Staff* Gudang: bertugas untuk menjalankan segala kegiatan yang berhubungan dengan pergudangan antara lain pengendalian persediaan, perencanaan persediaan dan kontrol pengiriman barang.
   b. *Staff* Keuangan: bertugas untuk menjalankan segala kegiatan yang berhubungan dengan keuangan perusahaan dan mempertanggungjawabkannya secara tertulis.
   c. *Staff* Pajak: bertugas untuk memahami masalah perpajakan dan keuangan yang berlaku di negara Indonesia, membuat dan mempertanggungjawabkan laporan perpajakan perusahaan.
3. Kepala Produksi: bertanggung jawab untuk mengkoordinir kegiatan operasional proses produksi, menjaga mutu produksi, mengawasi dan mengkoordinir semua kegiatan produksi, serta mengevaluasi seluruh kegiatan produksi supaya dapat dilakukan perbaikan di kemudian hari.
   a. *Staff* Produksi: bertugas untuk menjalankan segala kegiatan operasional proses produksi sesuai rencana, mengatur dan mengontrol *raw material* sehingga diproses menjadi produk jadi dengan spesifikasi target yang telah ditetapkan perusahaan.

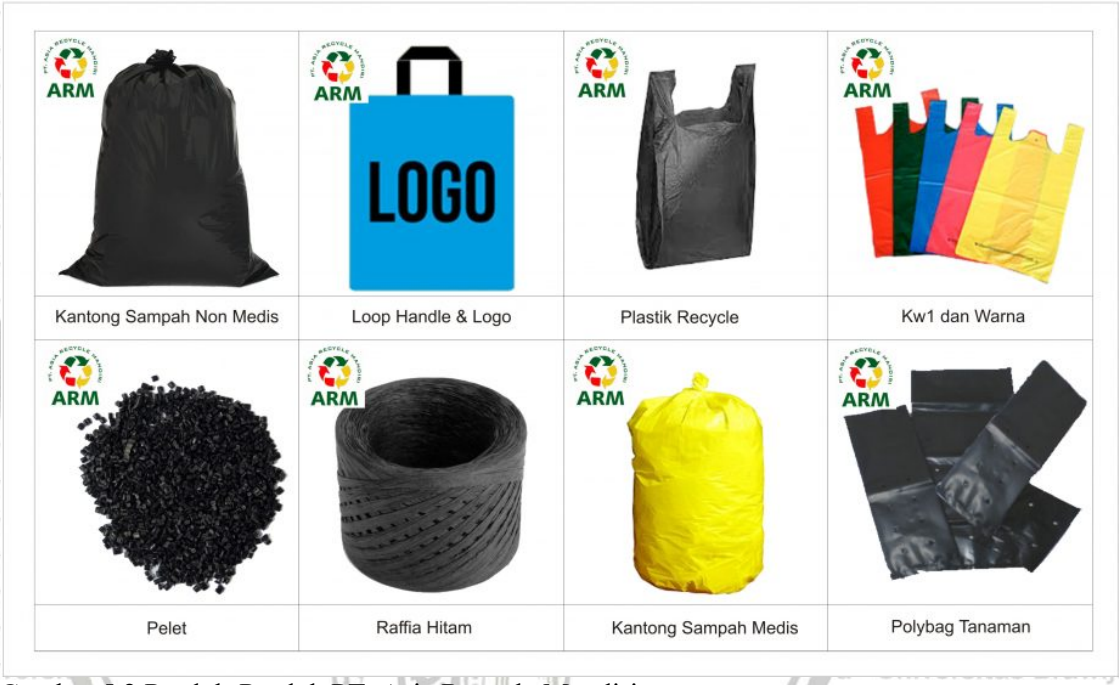
b. *Leader* Produksi: bertugas untuk memimpin, mengawasi dan mengatur operator produksi, serta menjaga agar produksi tetap bisa beroperasi dan membuat laporan akan jalannya proses produksi.
c. Operator Produksi: bertugas untuk mengoperasikan mesin dan peralatan sesuai prosedur untuk mengolah bahan baku menjadi bahan jadi yang saip dikemas.

4. Kepala *Maintenance*: bertanggung jawab untuk mengkoordinir kegiatan operasional proses *maintenance*, menjaga kualitas perawatan mesin dan peralatan perusahaan, mengawasi dan mengkoordinir semua kegiatan *maintenance*, serta merencanakan dan mengevaluasi seluruh kegiatan *maintenance*.
   a. *Staff Maintenance*: bertugas untuk menjalankan segala kegiatan operasional proses *maintenance* sesuai rencana, bertanggung jawab untuk menjaga kelayakan mesin dan peralatan perusahaan, membuat jadwal perawatan, mengkoordinir operator bengkel, melaporkan hasil kegiatan perawatan pada kepala *maintenance*.
   b. Operator Bengkel: bertugas untuk melakukan operasi perawatan mesin dan peralatan perusahaan sesuai produser yang sudah ditetapkan.
5. Kepala Personalia: bertanggung jawab untuk mengkoordinir kegiatan pengelolaan SDM (Sumber Daya Manusia) yang mengatur hubungan industrial antara perusahaan dan karyawannya, bertanggung jawab terhadap karyawan basis data, daftar gaji dan pembayaran lainnya, serta bertanggung jawab terhadap perkrutan dan evaluasi karyawan.
   a. *Staff* HRD: bertugas untuk memperhatikan dan mengatur semua aktifitas dari departemen SDM perusahaan.
   b. Operasional dan Umum: bertugas untuk membantu dan mendukung segala kegaitan perusahaan pada jam kerja.
   c. SATPAM: bertugas untuk mengutamakan keamanan dan ketertiban di lingkungan perusahaan.
6. Kepala *Marketing*: bertanggung jawab sebagai pemimpin dan bertanggung jawab terhadap seluruh kegiatan pemasaran dengan harapan dapat memenuhi target penjualan yang diinginkan.
   a. *Staff Marketing*: bertugas untuk memperkenalkan suatu perusahaan kepada masyarakat melalui produknya, membantu pendapatan perusahaan dengan melakukan penjualan produk, menjalin relasi dengan lingkungan luar,

mengumpulkan banyak informasi terkait semua hal yang berhubungan dengan peningkatan *sales* produk.

5.2 PRODUK YANG DIHASILKAN DI PT. ASIA RECYCLE MANDIRI

Produk PT. Asia Recycle Mandiri merupakan plastik daur ulang yang berasal dari sampah plastik. Produk tersebut terdiri dari kantong sampah hitam, kantong sampah medis, kantong KW 4, kantong KW 1&2 warna, *polybag* tanaman, *print logo*, rafia, serta plastik PP dan LDPE. Gambar 5.2 adalah gambaran serta penjelasan mengenai produk-produk tersebut.



Gambar 5.2 Produk-Produk PT. Asia Recycle Mandiri
Sumber: Website PT. Asia Recycle Mandiri

1. Kantong sampah

Kantong sampah PT. Asia Recycle Mandiri terdiri dari dua jenis yaitu kantong sampah biasa dan kantong sampah medis. Kantong sampah biasa berwarna hitam, sedangkan kantong sampah medis berwarna kuning, cokelat, dan ungu. Tebal dan ukuran kantong sampah dapat dibuat sesuai permintaan namun berkisar antara 50 x 70, 60 x 80, 80 x 100, 90 x 120 dan 100 x 120 dengan ketebalan 030 sampai 050.

2. Kantong KW 4

Kantong KW 4 merupakan kantong plastik kresek hitam yang merupakan hasil dari daur ulang sampah plastik. Kantong KW 4 dipasarkan di seluruh Indonesia khususnya Jawa, Sumatera, Kalimantan dan Papua. Berikut adalah merk-merk kantong KW4 yang diproduksi oleh PT. Asia Recycle Mandiri.

a. Los Hitam: plastik dengan *packing* 1kg, dilipat dan diikat tali rafia.
b. Jangkar SJ: plastik warna hitam jumbo dengan isi 30pcs/*pack*.
c. Kampak: plastik non los dengan *packing* 1kg, dilipat dan diikat tali rafia.
d. Merang: plastik hitam non los dengan *packing*pp tiket 1/2kg.

3. Kantong KW 1 & 2 warna

Kantong KW 1 & 2 merupakan kantong plastik sampah maupun kantong plastik kresek dengan bahan baku *pellet* murni yang memiliki karakter tidak berbau. Pelanggan yang memenuhi *Minimun Order Quantity* (MOQ) dapat menentukan ukuran bentuk dan spesifikasi yang diinginkan. Berikut adalah merk-merk kantong KW 1 & 2 yang diproduksi oleh PT. Asia Recycle Mandiri.

a. Los Warna: plastik dengan tiga jenis warna dengan *packing* 1kg, dilipat dan diikat tali rafia.
b. Arema Warna: plastik warna *grade* 1 dengan *packing*pp tiket 2ons/*pack*.
c. Arema SJ:plastik warna kuning super jumbo dengan isi 30pcs/*pack*.
d. Anchor: plastik warna *grade* 2 dengan *packing* pp tiket Anchor 3ons/*pack*.
e. Murai: plastik warna *grade 1* dengan *packing* pp sablon berisi 300gr/*pack*.
f. Delta: plastik warna putih kualitas KW super dengan *packing* 1kg diikat tiket Los.

4. *Polybag* tanaman

Polybag tanaman yang diproduksi PT. Asia Recycle Mandiri bermerk*Polybag* Arema, adalah hasil produk daur ulang yang terbuat dari HDPE dengan kekuatan setara PE. *Polybag* Arema dipasarkan di seluruh Indonesia khususnya di kota Surabaya, Palembang, Lampung, Pekanbaru dan Balikpapan serta di pulau Sulawesi, Kalimantan, Maluku dan Jawa. Pelanggan yang memenuhi *Minimum Order Quantity* (MOQ) dapat menentukan ukuran bentuk dan spesifikasi yang diinginkan.

5. *Loop handle* dan logo

PT. Asia Recycle Mandiri menerima order *loop handle* beserta *print* logo pada badan *loop handle* tersebut. Jenis produk ini dipasarkan baik lokal maupun internasional. Pelanggan tetap PT. Asia Recycle Mandiri saat ini antara lain dari negara Inggris dan Cina. Pelanggan yang memenuhi *Minimum Order Quantity* (MOQ) dapat menentukan ukuran bentuk dan spesifikasi yang diinginkan.

6. Rafia Hitam

Rafia hitam yang diproduksi PT. Asia Recycle Mandiri adalah hasil produk daur ulang terbuat dari HDPE dengan kekuatan setara PE. *Packaging* dari produk ini

adalah plastik bening dengan tiket yang berisi 6 buah rafia hitam.Rafia hitam dipasarkan di seluruh Indonesia khususnya di daerah Jawa.

7. *Pellet*

Pellet adalah bijih plastik yang dapat diproses menjadi plastik kresek dengan mesin *blower*. *Pellet* PT. Asia Recycle Mandiri berasal dari sampah plastik yang melalui proses *washing*, pemanasan, pendinginan dan pemotongan. Produk ini dijual kepada pabrik-pabrik plastik lain yang membutuhkan.

5.3 PENGUMPULAN DATA

Data yang diperoleh dari PT. Asia Recycle Mandiri adalah data jumlah produksi kantong plastik dan cacat produk kantong plastik HDPE KW4 bulan Januari sampai bulan Desember 2017. Pada Tabel 1.1 di Subab Pendahuluan telah didapatkan data jumlah produksi dan cacat tersebut. Dalam perhitungan jumlah cacat di PT. ARM, dibagi menjadi tiga bagian proses yaitu BS, Mesin, dan Plong. Cacat BS merupakan cacat yang terjadi pada proses awal kedatangan bahan baku hingga proses blowing dan rolling. Beberapa contoh cacat BS adalah mata ikan, cek meter, dan *shrinkage*. Cacat Mesin merupakan cacat yang terjadi pada proses *sealing* seperti cacat *seal* berlubang. Sedangkan Cacat Plong adalah cacat yang muncul pada proses mesin plong, seperti tidak kesejajaran *handle* kantong.

5.4 PENGOLAHAN DATA

Data yang telah didapatkan dari perusahaan diolah berdasarkan siklus DMAI (*Define, Measure, Analyze, Improve*) pada metode *Six Sigma* agar dapat diperoleh prioritas masalah, lalu akan diberikan rekomendasi perbaikan sebagai upaya untuk mengurangi cacat pada produk kantong plastik rHDPE KW 4 di PT. ARM.

5.4.1 *Define*

Proses mendefinisikan dan mendeskripsikan permasalahan yang sedang dihadapi dan tujuan yang ingin didapatkan oleh PT. Asia Recycle Mandiri merupakan tahapan yang dilakukan pada fase *define*. Peneliti melakukan penjabaran alur objek penelitian dengan menggunakan *tools* diagram alir *(flowchart)* guna memahami proses produksi kantong plastik rHDPE KW 4 di PT. ARM. Setelah mengetahui proses produksinya, selanjutnya dilakukan pendefinisian *Crtitical To Quality* serta pengumpulan data *reject.* Selanjutnya akan dijelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam fase *Define.*

5.4.1.1 Diagram Alir (flowchart) Proses Produksi

Proses produksi pada PT. Asia Recycle Mandiri, khususnya produksi kantong plastik KW 4, memiliki alur proses tertentu. Alur proses itu terdiri dari proses kedatangan bahan baku, *washing*, *grinding*, *melt pelletizing*, *blowing and rolling*, *cutting and sealing* dan berakhir dengan proses *packaging*. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai setiap proses tersebut. Penjelasan dan gambar proses produksi pada PT. Asia Recycle Mandiri adalah sebagai berikut.

1. Kedatangan *raw material*

Gambar 5.3 *Raw Material* yang belum disortir
Sumber: Manajemen PT. Asia Recycle Mandiri

Gambar 5.3 menunjukkan bahan baku sampah plastik yang datang dari *supplier*. Sampah tersebut biasanya masih terdiri dari berbagai tipe plastik sehingga masih perlu disortir kembali untuk untuk mendapatkan bahan yang dibutuhkan perusahaan untuk memproduksi plastik kantong KW 4 yaitu HDPE. Apabila bahan yang datang tidak lolos sortir, maka bahan tersebut akan ditolak dan akan dikirim kembali ke *supplier* supaya mendapatkan bahan pengganti baru. Setelah itu, proses sentri dilakukan untuk memisahkan air dan lumpur dari plastik sehingga dapat ditimbang sebelum dilakukan proses selanjutnya.

2. *Washing* 1

Gambar 5.4 menunjukkan bahan baku yang sedang dicuci. Pada proses ini juga dilakukan pemberian obat anti bakteri supaya bahan baku menjadi higienis. Bahan baku tersebut selanjutnya akan dialirkan ke mesin *grinder*.

Gambar 5.4 Proses *washing*
Sumber: Manajemen PT. Asia Recycle Mandiri

3. *Grinding*

Gambar 5.5 Mesin *grinder*
Sumber: Manajemen PT. Asia Recycle Mandiri

Pada mesin *grinder* dilakukan pencacahan bahan baku menjadi *flakes*. *Flakes* merupakan pecahan-pecahan kecil plastik seperti Gambar 5.6. *Flakes* kemudian dicuci kembali di sepanjang aliran menuju ke mesin *pellet*.

Gambar 5.6 *Flakes* Plastik
Sumber: Manajemen PT. Asia Recycle Mandiri

4. *Melt Pelletizing*

Gambar 5.7 *Melt pelletizing*
Sumber: Manajemen PT. Asia Recycle Mandiri

Setelah *flakes* dicuci dan dialirkan ke mesin *pellet* yang dapat dilihat pada Gambar 5.7. Proses yang terjadi pada mesin *pellet* adalah *melt pelletizing* dimana *flakes* dilelehkan dan ditarik menjadi seperti pada Gambar 5.8 sebelum dipotong menjadi *pellet*. *Pellet* dapat juga disebut dengan bijih plastik yaitu bahan utama untuk produk-produk plastik yang berbentuk butiran-butiran seperti pada Gambar 5.9. *Pellet* akan dialirkan ke tahapan selanjutnya sementara dicampurkan dengan pewangi di sepanjang alirannya.

Gambar 5.8 Proses tarik pada mesin *pellet*
Sumber: Manajemen PT. Asia Recycle Mandiri

Gambar 5.9 Biji plastik
Sumber: Manajemen PT. Asia Recycle Mandiri

5. *Blowing and rolling*

Gambar 5.10 menunjukkan *blower machine* dimana proses *blowing and rolling* dilakukan. *Pellet* dialirkan dan dicampurkan dengan material lainnya di cetakan *extruder* yang dipanaskan dengan suhu tertentu. Lalu material ditiup melalui *die exit* atau lubang di tengah cetakan sehingga memiliki rongga (balon) dan ditarik oleh *nip roller* untuk proses *rolling* dengan ukuran tertentu. *Output* dari mesin ini adalah produk jadi berupa plastik *roll* seperti Gambar 5.11. Apabila terdapat *pellet* yang gagal tiup, *pellet* tersebut menjadi *waste* yang otomatis akan tersisihkan menjadi prongkol. Prongkol tersebut dikembalikan ke proses *melt pelletizing* untuk dilelehkan dan dijadikan *pellet* kembali hingga dapat ditiup.

6. *Cutting and Sealing*

Roll plastik akan melalui proses *cutting* seperti pada mesin *cutter* di belakang pada Gambar 5.12. Potongan plastik yang sudah sesuai ukuran akan direkatkan bagian

bawahnya sehingga menjadi kantong plastik. Kantong tersebut akan dilubangi untuk bagian genggamannya dan dilipat oleh *operator* lipat.

Gambar 5.10 *Blower machine*
Sumber: Manajemen PT. Asia Recycle Mandiri

Gambar 5.11 Plastik *roll* dengan berbagai ukuran dan warna
Sumber: Manajemen PT. Asia Recycle Mandiri

Gambar 5.12 Proses *cutting* dan *sealing*
Sumber: Manajemen PT. Asia Recycle Mandiri

7. *Packaging*

Gambar 5.13 Proses *packaging*
Sumber: Manajemen PT. Asia Recycle Mandiri

Kantong plastik siap pakai dari proses sebelumnya akan masuk ke stasiun *packaging* seperti pada Gambar 5.13. Plastik-plastik tersebut dimasukkan ke dalam plastik bening dan diberikan tiket yaitu lembaran kecil bertuliskan merk. Produk disusun sesuai merknya dan siap untuk dikirimkan kepada distributor dan pelanggan.

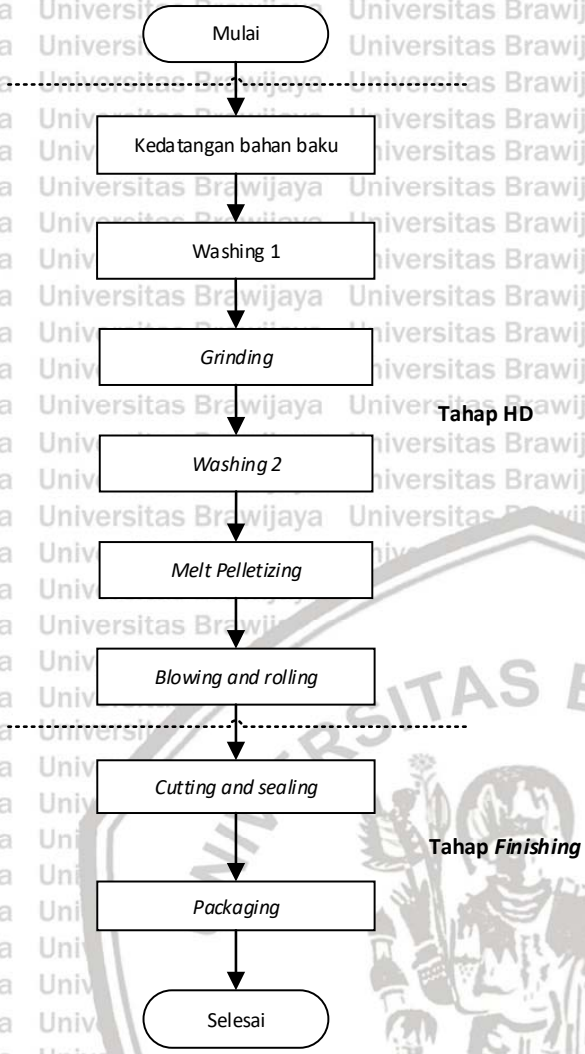
Gambar 5.14 menunjukkan urutan proses (diagram alir) proses produksi kantong plastik rHDPE KW 4 yang meliputi proses HD dan proses Finishing. Proses HD diawali dengan proses kedatangan *raw material* dan diakhiri dengan proses *rolling,* sedangkan proses *Finisihing* diawali dengan proses *cutting* dan ditutup dengan proses pengepakan.

5.4.1.2 Definisi Critical-to-Quality (CTQ)

Critical-to-quality (CTQ) pada tiap proses produksi kantong plasti rHDPE KW 4 perlu didefinisikan guna mendapatkan gambaran terhadap atribut produk akhir yang nantinya dihasilkan pada tiap proses produksi. Pada Tabel 5.1 ditampilkan rekap dari CTQ yang dihasilkan berdasarkan observasi.

5.4.1.3 Pengumpulan Data *Defect*

Berdasarkan CTQ yang telah ditetapkan pada poin sebelumnya, dilakukan identifikasi terhadap performansi proses produksi pada kantong plastik rHDPE KW 4 CM 9gr/m. Identifikasi dilakukan dengan cara membandingkan standar maksimal cacat produk dengan jumlah cacat riil yang terjadi. Tabel 5.2 merupakan rekap data *reject* berdasarkan observasi di perusahaan.



Gambar 5.14 Diagram alir (*flowchart)* proses produksi kantong plastik rHDPE KW 4 di PT. Asia Recycle Mandiri

Tabel 5.1 Data *Critical-to-Quality* (CTQ) pada Produksi Kantong Plastik rHDPE

No	Proses	Jenis Defect	Keterangan
1	*Washing*	-	-
2	*Grinding*	*Big Flakes* (BF)	Ukuran *flakes* atau cacahan plastik masih terlalu besar untuk diproses pemanasan
3	*Melt Pelletizing*	*Hard Pellet* (HP)	Pellet/biji plastik hasil pelelehan terlalu keras/terdapat butiran yang belum leleh sempurna
4	*Blowing and rolling*	Mata ikan (MI)	Cacat permukaan yang ditandai dengan rongga melingkar dengan lapisan lebih tipis dibanding bagian lainnya
		Setelan (ST)	Cacat permukaan yang tebal lapisannya tidak merata. Hampir sama seperti mata ikan, namun memiliki bentuk memanjang dari ujung ke ujung plastik
		Cek Meter (CM)	Timbangan plastik per meter tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan.
		Shrinkage (SK)	Permukaan plastik berkerut

Tabel 5.1 Rekap *Critical-to-Quality* (CTQ) pada Produksi Kantong Plastik rHDPE (Lanjutan)

No	Proses	Jenis Defect	Keterangan
5	*Cutting and sealing*	Bolong Lasan (BL)	*Seal* kantong berlubang
		Handle tidak simetris (HTS)	Pemotongan *handle* kantong tidak simteris
6	*Packaging*	-	

Berikut merupakan beberapa penjelasan tambahan untuk beberapa cacat di Tabel 5.1.

1. *Sealing* (Bolong Lasan)

Gambar 5.15 Cacat *Sealing*

Jenis cacat ini merupakan jenis cacat yang terjadi di mesin *sealing*. Kantong plastik dibuat menggunakan lembaran plastik terpisah yang disatukan dan direkatkan di sepanjang tepinya. Gambar 1 adalah contoh cacat yang terjadi pada saat penyegelan/pengelasan. Umumnya cacat ini ditandai dengan kegagalan pengelasan yang mengakibatkan perekatan/penyegelan tidak sempurna, seperti berlubang atau bocor. Berdasarkan wawancara dengan pengawas mesin *sealer*, waktu pengelasan mempengaruhi tingkat cacat *sealing* yang dihasilkan. Kecepatan waktu pengelasan pada mesin *sealing* di perusahaan ini berpatokan pada frekuensi mesin yaitu berkisar antara 45-50Hz. Adapun penyebab lain cacat ini adalah suhu mesin *sealing*. Suhu *sealer* pada saat proses pengelasan mempengaruhi kondisi kantong plastik. Suhu pada mesin *sealing* berkisar antara 180-200°C.

2. *Shrinkage*

Cacat *shrinkage/wrinkling* sangat umum ditemukan pada proses produksi plastik film tipis (Flores dkk, 2015). Penyebab kerutan bisa sangat bervariasi. Meskipun demikian, pemahaman tentang beberapa penyebab dan solusi umum dapat membantu meminimalkan upaya agar mencapai sasaran mutu yang dinginkan. Penjajaran mesin *blowing* merupakan salah satu penyebab permasalahan ini. *Misalignment* pada mesin *blowing* sering terjadi pada saat awal mula proses produksi dijalankan. Oleh karena itu memeriksa penyelarasan mesin adalah titik awal yang penting dan investasi yang baik.

Gambar 5.16 Cacat *Shrinkage*

Blow up ratio (BUR) merupakan hitungan matematis dalam menentukan diameter film plastik, BUR juga mempengaruhi orientasi molekul polimer. Film ditarik untuk mencapai diameter utama gelembung. Pada saat yang sama, ia ditarik ke arah mesin oleh pergerakan peralatan. Dengan menarik film ke dua arah, molekul menjadi berorientasi pada kedua arah, sehingga terbentuk ukuran gelembung yang diinginkan. Perhitungan BUR yang tidak tepat akan menghasilkan cacat *shrinkage* karena tarikan yang tidak selaras. Hasil penelitian Yan 2018, menunjukkan bahwa koefisien perpindahan panas dan efektivitas pendinginan film pada plastik film jauh lebih sensitif terhadap *blowing ratio.*

3. Mata Ikan

Gambar 5.17 Cacat Mata Ikan *(Fish Eye)*

Gambar 5.17 adalah cacat mata ikan yang terjadi pada proses ekstrusi HD, yaitu proses pelelehan pelet plastik hingga proses tiup kantong plastik. Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa terdapat bagian-bagian plastik yang lebih tipis dibanding lainnya, berbentuk mata ikan. Mata ikan adalah cacat permukaan yang dapat mengganggu penampilan film plastik dikarenakan ketebalan yang tidak rata. Hal ini dapat berdampak buruk apabila variasi ketebalan terlalu tinggi. Cacat ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu yang pertama adalah pencampuran bahan, sebelum dilakukan peniupan film plastik di mesin HD, resin/palet plastik dilelehkan dan

dicampurkan pada mesin leleh. Pencampuran bahan yang tidak baik dapat menyebabkan cacat mata ikan (Khan, 2014).

Berkaitan dengan faktor pencampuran bahan, kualitas lapisan plastik film dapat ditingkatkan dengan memilih temperatur pada barel pencampuran dan pelelehan resin yang sesuai (Gruber, 2011). Jika suhu barel terlalu rendah untuk melelehkan bahan sepenuhnya, resin/pelet yang tidak dilelehkan akan bergabung dengan aliran leleh, yang merusak permukaan bagian tersebut.

Solusi yang dapat dilakukan untuk menekan cacat ini adalah periksa pencampuran bahan, membersihkan resin, barel, sistem transfer & pengumpan hopper. Memeriksa polimer yang terbakar. Memeriksa homogenitas resin dan suhu barel.

4. *Handle Misalignment* (*Handel* Tidak Simetris)

Penyebab permasalahan cacat ini didominasi oleh kesalahan *human error*, dimana penempatan *cutting board* tidak sesuai. Selama ini proses pemotongan *handle* dilakukan dengan manual, yaitu operator sendiri yang memposisikan *handle* dan bahan plastik. Oleh karena itu dapat dilakukan pemasangan cetakan/mold yang sudah tertanam di meja cetakan agar meminimalisir kesalahan peneyelarasan *handle.*

Gambar 5.18 *Handle Misalignment*

5. Cek Meter

Cacat cek meter adalah jenis cacat *variable* yang tidak dapat dilihat secara visual. Melainkan perlu dilakukan penimbangan seperti pada Gambar 5.19. Dalam pelaksanan proses produksi, kantong plastik di PT. ARM dapat dibedakan berdasarkan ketebalan plastik per meter-nya, atau yang sering disebut dengan Cek Meter. Cek Meter merupakan istilah yang dibuat dan digunkan sendiri oleh PT. ARM. Ketebalan tertentu diproduksi sesuai dengan permintaan *customer.* Semakin besar cek meter maka semakin besar ketebalan plastik. Kualitas cek meter yang baik perlu memiliki nilai yang sama atau $\pm$0,2 gr dari standar yang ditetapkan perusahaan. Nilai cek meter yang tidak sesuai akan merugikan baik pihak perusahaan maupun

customer. Apabila cek meter melebihi spesifikasi, maka kerugian berada di perusahaan karena artinya material yang dikeluarkan lebih banyak sehingga plastik lebih tebal dari spesifikasi yang telah dibuat. Sebaliknya, apabila cek meter kurang dari spesifikasi, maka *customer* akan merasa rugi karena ketebalan plastik tidak sampai standar yang mereka harapkan.

Gambar 5.19 Pengecekan Cek Meter

Pada Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa cacat yang disertakan hanya cacat mulai dari mesin *blowing and rolling*, sedangkan untuk mesin *washing, grinding, melt pelletizing,* dan *packaging* tidak dimasukan. Hal ini dikarenakan tidak adanya proses kontrol kualitas pada mesin-mesin tersebut, sehingga tidak terdapat data cacat. Menurut kepala produksi, kontrol kualitas pada ketiga mesin tersebut tidak dibutuhkan karena apabila terdapat cacat pada mesin tersebut, misalnya *big flakes* pada mesin *grinding*, operator hanya melihat secara kasat mata lalu langsung melakukan proses *grinding* ulang hingga ukuran cacahan kantong plastik sudah seperti yang diinginkan untuk dilakukan proses selanjutnya. Begitu pula cacat *hard pellet* pada mesin *melt pelletizing*, apabila terlihat jenang/cairan plastik yang masih keras maka beberapa setting mesin seperti suhu dan kecepatan akan disesuaikan sehingga output selanjutnya sesuai yang diinginkan. Penjelasan selanjutnya akan lebih fokus pada mesin *blowing and rolling* dan *finishing*.

Pada Tabel 5.2 juga terdapat beberapa hari yang tidak memiliki data, hal tersebut menunjukkan bahwa pada hari tersebut, tidak ada produksi di Mesin A. Seperti yang telah dijelaskan di BAB I, standar persentase cacat untuk proses Finishing jauh lebih tinggi yaitu 18%, dibandingkan dengan proses HD yang hanya 3-4%. Tabel 5.2 menjelaskan perbedaan jumlah cacat yang tinggi.

Tabel 5.2 Data Cacat Kantong Plastik HDPE KW 4 Bulan Januari 2019 Mesin A

Tgl	HD					Finishing		
	Produksi (kg)	Cacat (kg)				Produksi	Cacat (kg)	
		MI	ST	CM	SK		BL	HTS
1	-	-	-	-	-		-	-
2	9.220	48	96	185	31,9	9.358,3	1.000	927
3	8.670,1	35	105	214	51,4	9.161,4	967	940
4	8.697,8	44	132	284	37,8	9.264,7	1.055	985
5	7.294,8	67	85	125	27,4	9.854,0	1.085	865
6	7.610,4	55	73	98	32,5	-	-	-
7	7.755	103	98	189	38,6	8.688,9	880	944
8	7.514,1	88	102	219	28	9.533,5	1.029	1.017
9	6.867,6	59	93	174	20,3	10.643,4	1.002	1.086
10	7.655,3	78	115	236	42,9	10.049,0	1.082	993
11	8.948,9	95	200	274	23,1	10.273,2	1.006	1.045
12	8.620,8	102	196	279	28,3	10.108,6	1.040	1.020
13	9.478,4	123	221	394	59,1	-	-	-
14	8.364,9	112	238	319	75,2	9.554,0	1.049	967
15	8.346,8	125	194	294	21,7	9.536,3	921	932
16	7.841,1	95	227	326	48,5	10.233,2	925	866
17	4.695,7	78,0	194,0	226,0	51,2	3.811,1	513	490
18	7.108,2	104	425	592	73,8	10.957,1	1.224	1.057
19	7.434,2	94	275	347	49,3	6.756,5	911	593
20	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-
23	8.709,3	89	210	385	51,2	9.792,1	1.337	1.039
24	8.507,4	82	195	384	50,6	9.111,1	1.472	953
25	8.868	72	210	447	41,5	9.910,4	1.405	954
26	9.705	52	105	194	32,8	6.196,1	855	605
27	9.921,2	58	96	210	44,6	-	-	-
28	9.481	74	235	372	34	8.631,3	862	838
29	8.404,9	112	283	456	64,8	8.358,0	1.012	925
30	8.788,5	82	195	294	77,1	9.846,0	1.112	1.047
31	9.449,9	113	231	389	47,9	9.906,2	1.238	892

5.4.2 *Measure*

Pengukuran terhadap objek penelitian pada PT. Asia Recycle Mandiri dilakukan pada tahap *measure*. Penelitian ini dilakukan terhadap jumlah cacat kantong plastik rHDPE pada bulan Januari 2019. Pada tahap ini dilakukan identifikasi *Critical To Quality* (CTQ), perhitungan kapabilitas proses dan perhitungan nilai DPMO dan level sigma. Tahapan yang dilakukan pada fase *measure* dapat dilihat di bawah ini.

5.4.2.1 Penetapan Prioritas Improvement

Prioritas perbaikan dilakukan dengan menghitung jumlah cacat produk agar mempermudah dalam mengidentifikasi cacat mana yang akan dijadikan prioritas. Tabel 5.3 berikut menunjukkan jumlah cacat berdasarkan jenis dan prosesnya.

Tabel 5.3 Rekap Jumlah Cacat pada Masing-Masing Jenis dan Proses

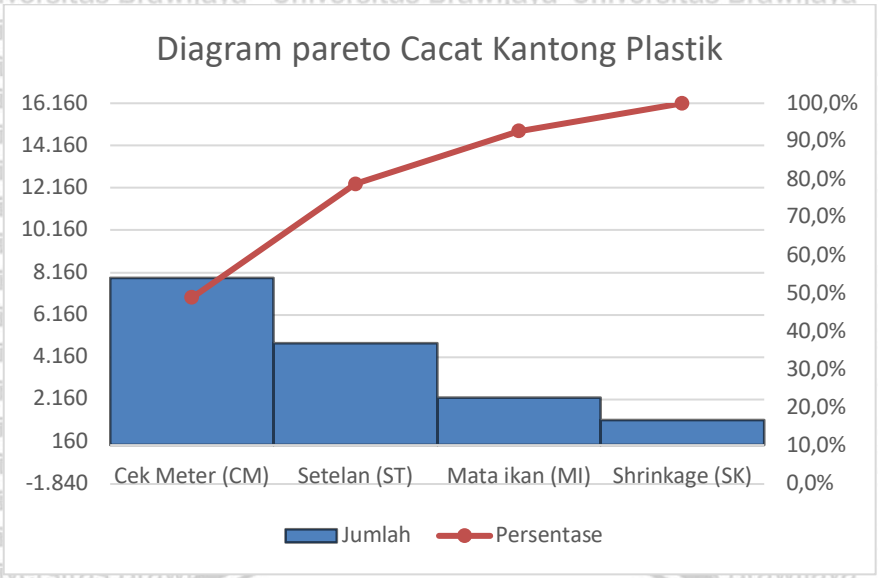
No	Proses	Jenis Cacat	Jumlah (kg)
1	*Blowing and rolling*	Mata ikan (MI)	2.239
		Setelan (ST)	4.829
		Cek Meter (CM)	7.906
		Shrinkage (SK)	1.186
2	*Cutting and sealing*	Bolong Lasan (BL)	24.982
		Handle tidak simetris (HTS)	21.980

Dari Tabel 5.3 diatas dapat dilihat bahwa cacat pada proses *cutting and sealing* memiliki jumlah yang tinggi dibanding proses *blowing and rolling.* Hal ini wajar karena input dan standar cacat dari proses ini memang tinggi. Standar persentase cacat proses *cutting and sealing* memang cukup tinggi yaitu maks 18%, berbeda dengan empat cacat lain yang berasal dari proses HD dengan standar 4% saja. Namun, cacat pada proses *cutting and sealing* tidak dapat diteliti lebih lanjut dalam penelitian ini dikarenakan keterbatasan setting mesin pada proses tersebut. Pada penelitian Mehat (2011), salah satu parameter signifikan dalam proses produksi plastik adalah tekanan *packing*/*sealing.* Dalam kenyataannya di PT. ARM, mesin *sealing* yang digunakan masih semi manual, dimana menggunakan tuas yang dioperasikan oleh operator. Parameter yang ada pada mesin tersebut hanya suhu *sealing*. Oleh karena itu, proses yang akan dilanjutkan penelitiannya adalah hanya *blowing and rolling.*

Jenis *defect* yang paling banyak terjadi akan diketahui dengan melihat urutan presentasi cacat dari yang terbesar hingga terkecil guna melihat priortas kritis *defect* yang perlu segera diperbaiki. Proses pengurutan jenis cacat ini dilakukan dengan menggunakan Diagram Pareto. Dari Tabel 5.4 dapat dilihat jenis cacat Cek Meter merupakan jenis cacat yang memiliki tingkat frekuensi kemunculan tertinggi pada proses *Blowing and Rolling* kantong plastik rHDPE KW4.

Tabel 5.4 Perhitungan Diagram Pareto Untuk Masing-Masing Cacat

No	Jenis Cacat	Jumlah (kg)	%	%kumulatif
1	Cek Meter (CM)	7.906	48,92	48,92
2	Setelan (ST)	4.829	29,88	78,81
3	Mata ikan (MI)	2.239	13,86	92,66
4	Shrinkage (SK)	1.186	7,34	100,00



Gambar 5.20 Diagram Pareto Frekuensi Masing-Masing Cacat

Dari Gambar 5.20 dapat dilihat urutan frekuensi kemunculan jenis cacat yang tertinggi, yaitu Cek Meter. Kontribusi cacat Cek Meter adalah sebesar 48,92% dibandingkn dengan keseluruhan jenis cacat pada proses *Blowing and Rolling*.

Pada penelitian ini Cek Meter yang akan diteliti adalah 9gr/m. Pemilihan ini berdasarkan produk yang paling sering diproduksi oleh PT. Asia Recycle Mandiri dan memiliki presentase *defect* terbesar dibandingkan dengan produk lainnya.

5.4.2.2 Pembuatan Control Chart

Pengontrolan proses produksi kantong plastik rHDPE KW4 cek meter 9gr/m dilakukan agar performansi proses produksi perusahaan dapat dilihat secara seksama berdasarkan produk akhir yang telah dihasilkan. P Chart adalah jenis *control chart* yang dapat dijadikan acuan untuk melihat performansi proses yang menggunakan data atribut. Pengontrolan proses produksi dilakukan dengan mengidentifikasi tiap poin apakah berada dalam batas kontrol atas dan bawah atau tidak, serta digunakan untuk melihat apakah ada variasi data. Berikut dijabarkan perhitungan *P Control Chart* untuk proses *blowing and rolling*.

1. Nilai P bar

$$\text{P bar} = \frac{\sum \text{P}}{\sum \text{n}}$$

$$\text{P bar} = \frac{16.160}{223.959} = 0{,}072$$

$$\text{Nr} = \frac{223.959}{27} = 8{,}295$$

2. Perhitungan nilai LCL

$$\text{LCL} = 0{,}072 - 3\sqrt{\frac{0{,}072\,(1-0{,}072)}{8.295}}$$

$$\text{LCL} = 0{,}0635$$

3. Perhitungan nilai UCL

$$\text{UCL} = \text{P bar} + 3\sqrt{\frac{\text{P bar}\,(1-\text{p bar})}{\text{N}}}$$

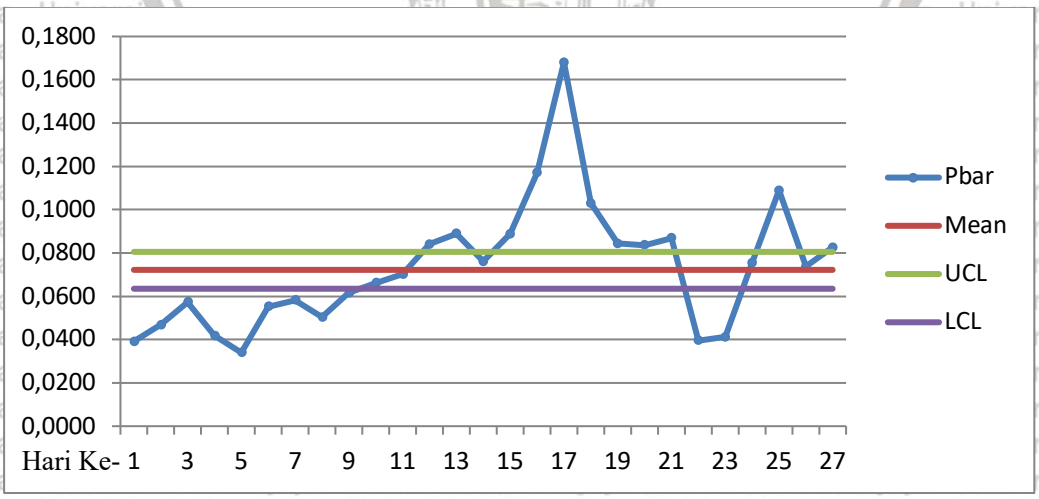
$$\text{UCL} = 0{,}0805$$

4. Perhitungan proporsi *defect*

$$(Proportion)_i = \frac{(\text{Jumlah } Defect)_i}{\sum(\text{Target Produksi})}$$

$$(Proportion)_i = \frac{360{,}9}{9220} = 0{,}0391$$

Berdasarkan Gambar 5.21 yaitu peta pengendali proporsi atau p-chart untuk proses *blowing and rolling*. Menurut hasil dari perhitungan untuk peta pengendali proporsi nilai UCL adalah 0,0805 dan LCL adalah 0,0635. Terdapat banyak sekali observasi yang diluar batas kendali UCL pada proses *blowing and rolling* sehingga proses ini dapat dikatakan tidak stabil.Hal ini mungkin saja disebabkan oleh variasi alasan khusus yang muncul pada proses tersebut. Variasi penyebab masalah akan dicari menggunakan analisa 5 *why* pada tahap berikutnya.



Gambar 5.21 P-Chart Proses *Blowing and Rolling*

Tabel 5.5 Perhitungan P-Chart Prose *Blowing and rolling*

No	Target Produksi (kg)	Jumlah cacat (kg)	Proportion
1	-	-	-
2	9.220	360,9	0,0391
3	8.670	405,4	0,0468
4	8.698	497,8	0,0572
5	7.295	304,4	0,0417
6	7.610	258,5	0,0340
7	7.755	428,6	0,0553
8	7.514	437	0,0582
9	6.868	346,3	0,0504
10	7.655	471,9	0,0616
11	8.949	592,1	0,0662
12	8.621	605,3	0,0702
13	9.478	797,1	0,0841
14	8.365	744,2	0,0890
15	8.347	634,7	0,0760
16	7.841	696,5	0,0888
17	4.696	549,2	0,1170
18	7.108	1194,8	0,1681
19	7.434	765,3	0,1029
20	-	-	-
21	-	-	-
22	-	-	-
23	8.709	735,2	0,0844
24	8.507	711,6	0,0836
25	8.868	770,5	0,0869
26	9.705	383,8	0,0395
27	9.921	408,6	0,0412
28	9.481	715	0,0754
29	8.405	915,8	0,1090
30	8.789	648,1	0,0737
31	9.450	780,9	0,0826
Total	8.709	16.160	0,0734

5.4.2.3 Pengukuran Baseline Kinerja

Dalam pelaksanaan metode Six Sgima, dilakukan pengukuran baseline kinerja yaitu dengan mengguanakan satuan pengukuran *Defect Per Million Opportunity* (DPMO) serta tingkat kemampuan proses sebalum dilakukannya perbaikan. Pengukuran baseline kinerja dilakukan untuk melihat kemampuan menghasilkan tiap output pada proses produksi. Berikut adalah langkah-langkah pengukuran baseline kinerja.

a. Perhitungan nilai DPO

$$DPO = \frac{banyaknya\ defect}{Target\ produksi\ total\ x\ CTQ\ potensial}$$

$$DPO = \frac{16.160}{223.959\ x\ 4} = 0{,}01804$$

b. Perhitungan nilai DPMO

$$DPMO = DPO\ x\ 1.000.000$$

$$DPMO = 0{,}018038\ x\ 1.000.000 = 18.038$$

c. Penentuan Sigma Level

$$Level\ Sigma = normsinv\ \frac{(1.000.000 - DPMO)}{1.000.000} + 1{,}5$$

$$Level\ Sigma = normsinv\ \frac{(1.000.000 - 18.038)}{1.000.000} + 1{,}5$$

$$Level\ Sigma = 3{,}596$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa saat ini proses produksi kantong plastik rHDPE KW 4 di PT. ARM masih rendah karena nilai DPMO masih tinggi, yaitu pada cacat *blowing and rolling* didapatkan nilai DPMO sebesar 18.038 yang berarti dari 1 juta kemungkinan yang ada mungkin akan terdapat 18.038 kejadian yang menghasilkan cacat kantong plastik. Nilai DPMO untuk cacat *blowing and rolling* kemudian diubah ke dalam level sigma dan diperoleh nilai 3,596 sigma.

5.4.2.4 Penentuan Kapabilitas Proses

Perhitungan nilai kapabilitas proses (Cp) bertujuan agar kemampuan suatu proses saat ini dalam menghasilkan produk dapat diketahui. Tabel 5.6 menunjukkan hasil perhitungan nilai Cp untuk proses produksi kantong plastik rHDPE KW4 CM 9 gr/m.

Tabel 5.6 Perhitungan Nilai Kapabilitas Proses (Cp) Kantong Plastik

Proses	Jumlah Cacat	DPMO	Level Sigma	Cp
Blowing and rolling	16.160	18.038	3,596	1,198

Contoh perhitungan kapabilitas proses untuk proses *blowing and rolling*:

$$\text{CP} = \left(\frac{\text{Level Sigma}}{3}\right) = \left(\frac{3{,}596}{3}\right) = 1{,}198$$

Karena $1{,}00 \leq \text{Cp} \leq 1{,}99$, yaitu Cp = 1,198 maka kemampuan proses dianggap belum cukup mampu dalam mencapai target kegagalan nol, sehingga masih diperlukan pengendalian dan perbaikan proses.

5.4.3 *Analyze*

Tahapan analisa digunakan untuk mengidentifikasi penyebab permasalahan yang ada. Seperti yang dijelaskan pada tahap *measure,* obje penelitian ini adalah kantong plastik rHDPE KW 4 dengan cek meter 9gr/m. Pemilihan produk tersebut karena kantong

plastik rHDPE KW 4 merupakan produk yang paling sering diproduksi oleh PT. Asia Recycle Mandiri dan memiliki presentase *defect* terbesar dibandingkan dengan produk lainnya.

5.4.3.1 Analisa Akar Permasalahan Penyebab Cacat

Metode yang digunakan untuk menganalisa penyebab terjadinya kegagalan pada proses produksi di PT ARM adalah 5 *Why Analysis*. Metode 5 *Why Analysis* dimanfaatkan untuk menemukan akar permasalahan kualitas yang mempengaruhi karakteristik kualitas kunci pada kantong plastik rHDPE KW 4 CM 9 gr/m sehingga dapat menemukan solusi dari permasalahan kualitas di perusahaan. Informasi mengenai penyebab permasalahan didapatkan dari hasil diskusi dan wawancara dengan operator dan manager produksi serta melakukan observasi langsung di PT. Asia Recycle Mandiri. Dari analisa tersebut, akan didapatkan parameter-parameter mendasar yang dapat menghasilkan cacat produk. Analisa terhadap akar permasalahan penyebab cacat cek meter pada produksi kantong plastik rHDPE KW 4 CM 9gr/m dapat dilihat pada Tabel 5.7. Poin berikut merupakan jabaran detail mengenai penyebab cacat yang terjadi:

1. Jadwal *maintenance* atau pembersihan di PT. ARM masih belum dilaksanakan dengan baik. Dalam kegiatan sehari-hari, penjadwalan pembersihan mesin seperti *extruder, hopper, ring* udara, dan *nip roller* tidak dilakukan secara menyeluruh. Seringkali pembersihan dilakukan secara korektif, yaitu apabila terdeteksi suatu masalah yang berkaitan dengan material. Kondisi mesin yang tidak dibersihkan dengan baik di mana banyak bahan skrap berada pada barrel dan area unit hidrolik. Kondisi ini akan mengarah pada situasi di mana bahan asing atau bahan bekas akan bercampur dengan bahan asli dan pada saat yang sama menyebabkan cacat (Mishra, 2015)
2. Pemasangan *Nip Roller* tidak sesuai. Dalam proses produksi *blown-film*, *nip rolls* di bagian atas menara memiliki beberapa fungsi. Nip roller berfungsi untuk memungkinkan jalur pipihan plastik melalui *roller*, sementara juga membuka bagian atas bingkai. *Nip Roller* harus memipihkan film dari die ekstrusi secara konsisten tanpa variasi kecepatan, sehingga ketebalan plastik merata dan juga harus menjebak udara di dalam gelembung. Kesalahan dalam setting jarak antar kedua roller atau kecepatannya akan mengakibatkan berbagai jenis cacat (Cantor, 2019), seperti *shrinkage* dan cek meter.

3. Penerapan standar setting mesin dalam suatu proses produksi merupakan hal yang sangat penting dalam menciptakan *output* yang memiliki kualitas baik dan konsisten. Namun, dalam penerapannya, PT. Asia Recycle Mandiri masih belum dapat konsisten menerapkan standar setting mesin, hal ini dikarenakan setting mesin yang cukup banyak sehingga perusahaan masih terus menjalankan *trial error*. Beberapa diantara setting mesin tersebut adalah temperatur, kecepatan, dan waktu. Selain menghabiskan waktu yang banyak, *trial error* juga menyebabkan *waste* produk meningkat.
4. Pemanasan mesin terlalu cepat. Proses produksi di PT. ARM diawali dengan melakukan pemanasan seluruh mesin di lantai produksi selama 2 jam, khususnya untuk mesin *blowing and rolling*. Hal ini dilakukan agar mesin *extruder* berada pada panas suhu tertentu. Pemanasan yang terlalu cepat dapat menyebabkan ruang *extruder* masih terlalu dingin untuk melelehkan pellet plastik
5. Ring udara pada mesin *blowing* di PT. ARM memiliki tuas manual sehingga operator harus sangat teliti dalam melakukan setting *ring* udara. Kesalahan yang terjadi dalam setting *ring* udara akan mengakibatkan plastik film yang terlalu cepat terkristalisasi sebelum mencapai *nip roller* atau sebaliknya, belum cukup keras untuk dilakukan proses *rolling* (Yan, 2018). Kristalisasi adalah proses dimana, pada pendinginan, fase padat terjadi yang dihasilkan dari cairan leleh yang memiliki struktur molekul sangat acak (Callister, 2006).

5.4.4 *Improve (Metode Taguchi)*

Dengan permasalahan yang sudah ada disertai dengan pengetahuan mengenai akar permasalahm, proses *improve* diterapkan dengan menggunakan Metode *Taguchi/ Design of Experiment* (DOE). Tujuan dari metode ini adalah menghasilkan kombinasi parameter yang terdiri dari faktor dan level yang optimal sehingga dapat mengurangi penyimpangan yang terjadi. Berikut merupakan tahapan yang dilakukan pada metode Taguchi.

5.4.4.1 Penetapan Variabel Respon

Variabel respon sangat bergantung dengan perlakuan yang diperoleh dari variabel independent/variabel bebas. Variabel respon pada eksperimen ini adalah nilai cek meter. Nilai cek meter nantinya akan dihitung berdasarkan jumlah eksperimen dan replikasi eksperimen. Pencatatan nilai eksperimen dilakukan dalam setiap 15-30 menit jalannya produksi.

5.4.4.2 Penetapan Faktor *Noise*

Variabel tidak terkontrol atau yang disebut dengan faktor *noise* pada penelitian ini adalah operator mesin, cuaca dan bahan baku material.

5.4.4.3 Penetapan Faktor Kontrol

Variabel Independen atau yang sering disebut dengan faktor kontrol yang nantinya mempengarhui variabel respon ditetapkan berdasarkan anlisa 5 why pada subab sebelumnya. Untuk memiliki pemahaman yang komprehensif untuk faktor-faktor yang mempengaruhi proses *blow film extrusion*, dilakukan diskusi dengan tim produksi. Sebelum menentukan variabel independent pada penelitian ini, faktor kontrol yang selama ini sudah ditetapkan oleh perusahaan perlu diketahui sebagai perbandingan hasil akhir. Tabel 5.8 merupakan faktor kontrol/*setting* mesin yang telah digunakan oleh perusahaan sebagai kondisi awal dalam proses produksi kantong plastik rHDPE KW 4 CM 9gr/m.

Tabel 5.7 *Current Condition* Setting Perusahaan

No	Faktor	Setting
1	Suhu *Extruder* (°C)	180
2	Putaran *Screw* (Rpm)	3.468
3	Putaran *Winder* (Rpm)	1.302
4	Putaran Take Up (Rpm)	1.680

Langkah selanjutnya adalah penetapan faktor kontrol yang akan digunakan pada eksperimen Taguchi. Setelah didapatkan faktor, lalu akan ditetapkan level dari masing-masing faktor/parameter. Level yang selama ini sudah digunakan oleh perusahaan sebagai kondisi sekarang juga dimasukan dalam rancangan desain eksperimen. Tabel 5.9 ini merupakan faktor kontrol yang digunakan.

Tabel 5.8 Faktor dan Level Desain Eksperimen

No	Faktor	Level 1	Level 2	Level 3	Satuan
1	Suhu *Extruder*	160	170	180	(°C)
2	Putaran *Extruder*	3.288	3.468	3.648	Rpm
3	Putaran *Winder*	1.242	1.302	1.362	Rpm
4	Putaran *Take Up*	1.560	1.620	1.680	Rpm

Tabel 5.9 Sumber-Sumber Penyebab Cacat Cek Meter Pada Produksi Kantong Plastik Rhdpe Kw 4 Cm 9gr/m

Cacat	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Cek Meter	Terdapat permasalahan pada sistem penarikan film plastik	Kepadatan antar lapisan roll tidak seragam	Tekanan antar nip roller tidak sesuai	Nip roller terlalu rapat di satu sisi	
			Nip roller tidak berputar dengan benar	Roller kotor	Pembersihan roller tidak terjadwal dengan baik (Mishra, 2015)
			Udara yang keluar dari *bubble nip roller* tidak seragam	Pemasangan nip roller tidak *sesuai* (Cantor, 2019)	
		Film plastik meregang terlalu jauh	Tekanan mesin terlalu tinggi	Kecepatan *take up* film dan kecepatan *winder* tidak sesuai	Belum adanya setting mesin yang dijadikan standar perusahaan
				Kecepatan *screw* + *die* tidak stabil	
			Pendinginan film *bubble* tidak merata	Diameter *bubble* yang tidak stabil	Ring udara tidak disetting dengan benar (Yan, 2018), (Callister, 2006).
	Die/extruder bermasalah	Aliran leleh tidak merata pada die/extruder	Die terlalu dingin	Pemanasan mesin terlalu cepat	
			Distribusi tekanan yang tidak rata	Kecepatan *screw* + *die* terlalu tinggi	Belum adanya setting mesin yang dijadikan standar perusahaan
			Jalur *die* kotor	Terdapat sisa material yang terbakar dan tercampur dengan resin baru	Tidak ada jadwal pembersihan *filter*/*die*
	Material/*resin*/*pellet* bermasalah	Terdapat variasi viskositas material	Pellet belum leleh sempurna	Temperatur pemanasan tidak sesuai	
			Mixing pada cetakan tidak optimal	Pellet terkontaminasi dengan sisa pellet yang terbakar pada pemanasan sebelumnya	Resin/pellet pada *die* yang sempat *off* tidak dibersihkan kembali

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

Dua Setting yang selama ini digunakan di perusahan pada Tabel 5.8 yaitu putaran *extruder,* putaran *take up* diletakkan pada tengah level yaitu level 2, dan diberikan pilihan level atas dan bawah dari kedua faktor tersebut. Sedangkan untuk perlakuan pada level faktor suhu *extruder* dan *winder* berbeda. *Current condition setting* suhu *extruder* diletakkan di level 3, diturunkan untuk level 1 dan 2. Menurut manajer produksi, hal ini diputuskan berdasarkan pertimbangan yang ada di perusahaan. Selama ini sering terjadi kualitas kantong plastik yang kurang baik, seperti lapisan plastik yang mudah berlubang. Hal ini diduga terjadi karena degradasi plastik akibat pemanasan yang terlalu tinggi. Sama halnya untuk putaran *winder,* setting perusahaan diletakkan di level 3, serta diturunkan untuk level 1 dan 2. Sering ditemukan penipisan atau cacat *shrinkage* yang terjadi saat roll akhir plastik. Oleh karena itu, diputuskan untuk menurunkan setting level faktor putaran *winder.*

Terdapat 4 faktor kontrol yang digunakan dalam eksperimen. Setiap faktor memiliki masing-masing level. Berikut ini merupakan penjelasan untuk masing-masing faktor kontrol.

1. Suhu *Extruder*

   Kotak *extruder* merupakan bagian dimana dilelehkannya pellet plastik. Pemberian temperatur yang sesuai dapat menghasilkan cairan plastik sempurna, tidak menggumpal dan tidak terlalu panas yang menyebabkan kualitas hasil kantong menurun. Material sHDPE yang digunakan sebagai input proses produksi memliki ketahanan terhadap temperatur hingga 185°C (Callister, 2006). Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap faktor suhu mesin *extruder* dengan level faktor 160°C, 170°C dan 180°C. Suhu maksimal 185°C tidak digunakan pada penelitian ini dikarenakan berdasarkan diskusi dengan pihak produksi penggunaan suhu 185°C jarang digunakan, dikhawatirkan suhu terlalu panas akan menyebabkan bahan terbakar dan kualitas plastik menurun. Terlebih material yang digunakan adalah daur ulang yang sudah pernah dilakukan pemanasan sebelumnya.

2. Putaran *Screw*

   Selain suhu, terdapat faktor kecepatan *extruder screw* di dalam kotak *extruder.* Aliran polimer bergantung dengan viskositasnya. Viskositas akan bervariasi berdasarkan laju geser dan suhu leleh. Oleh sebab itu, putaran *screw* pada mesin *extruder* mengontrol laju geser polimer. Apabila putaran *screw* terlalu rendah, hal ini akan menyebabkan pengerasan material di dalam *extruder* dan menghasilkan

prongkol. Prongkol adalah material polimer yang mengeras dan dapat mengganggu kelancaran proses tiup kantong. Sebaliknya, apabila putaran *extruder* terlalu tinggi, bahan plastik akan tersembur dari dalam cetakan dan dikhawatirkan dapat menyebabkan ketebalan plastik yang lebih besar dibandingkan spesifikasinya. Hal ini dikarenakan aliran polimer yang sudah bergerak maju sedangkan waktu tiup polimer sebelumnya masih berjalan. Level faktor putaran *screw* pada penelitian ini adalah masing-masing 3.288, 3.468, dan 3.648 RPM. Di PT. ARM, mesin untuk parameter ini kecepatannya dilihat dalam bentuk putaran, oleh karena itu menggunakan satuan Rpm.

3. Putaran *Take up*

Take up speed pada mesin *blowing and rolling* berkaitan dengan teori *Blow Up Ratio* pada proses *Blown Film Extrusion*. *Blow up ratio* (BUR) merupakan hitungan matematis dalam menentukan diameter film plastik. BUR juga mempengaruhi orientasi molekul polimer (Yan, 2018). Film ditarik untuk mencapai diameter utama gelembung. Pada saat yang sama, film ditarik *(take up)* ke arah mesin. Dengan menarik film ke dua arah, molekul menjadi berorientasi pada kedua arah, sehingga terbentuk ukuran gelembung yang diinginkan. Perhitungan BUR yang tidak tepat akan menghasilkan cacat karena tarikan yang tidak selaras. Namun dikarenakan mesin *blowing and rolling* di perusahaan merupakan mesin semi manual sehingga tidak terdapat settingan BUR. Setting yang berkaitan dengan BUR hanya pada putaran *take up* nya saja. Adapun level faktor putaran *take up* pada penelitian ini adalah 1.242, 1.302, dan 1.362 RPM. Di PT. ARM, mesin untuk parameter ini kecepatannya dilihat dalam bentuk putaran, oleh karena itu menggunakan satuan RPM.

4. Putaran Winder

Fungsi roll winder sama halnya seperti *take up* yaitu menggulung plastik, namun posisi *winder* berada di bagian bawah mesin *blowing and rolling* serta diameter roll *winder* yang lebih besar dibandingkan roll *take up.* Take up menggulung plastik hasil blowing dari atas mesin, sedangkan winder menggulung plastik yang sudah jadi dari bawah agar tidak kendur. Parameter ini memiliki satuan RPM dengan nilai level faktor 1.560, 1.620, dan 1.680.

Pada Tabel 5.10 berikut ini akan ditampilkan faktor-faktor dan level faktor yang nantinya akan digunakan pada penelitian.

Tabel 5.10 Kombinasi Faktor dan Level yang Dianggap Berpengarhuh

Faktor Berpengaruh	Level Faktor		
	1	2	3
Suhu Extruder (screw+die) (°C)	160	170	180
Putaran Screw (Rpm)	3.288	3.468	3.648
Putaran *Winder* (Rpm)	1.242	1.302	1.362
Putaran *Take Up* (Rpm)	1.560	1.620	1.680

5.4.4.4 Penetapan Karakteristik Kualitas

Untuk penetapan karakteristik kualitas proses produksi kantong plastik rHDPE KW 4 CM 9 gr/m yang diharapkan adalah *nominal the best* sehingga dapat meningkatkan kualitas kantong plastik dan mengurangi output yang gagal. Oleh karena itu, penetapan karakterstik kualitas yang diinginkan pada kantong plastik yaitu semakin mendekati 9 gr/m kantong plastik yang dihasilkan maka semakin baik kualitas kantong plastik tersebut, sehingga penelitian ini akan menghasilkan *setting level optimal.*

5.4.4.5 Penetapan Orthogonal Array

Perhitungan *Orthogonal Array* dulakukan dengan peratama melakukan kalkukasi derajat kebebasan untuk variabel independen/kontrol pada penelitian ini seperti yang dijabarkan pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Kalkuasi *Degree of Freedom*

Faktor		DF
Kode	Penjelasan	
A	Suhu Extruder (screw+die) (°C)	(3-1)
B	Putaran Screw	(3-1)
C	Putaran *Take up*	(3-1)
D	Putaran *Winder*	(3-1)
Total		8

Dari Tabel 5.11 didapatkan hasil yaitu delapan (8). Oleh karena itu *orthogonal array* yang memungkinkan digunakan adalah $L_8=3^4$, namun tidak terdapat OA dengan nilai tersebut pada kenyataannya didesain eksperimen *Taguchi,* maka OA perlu ditingkatkan menjadi $L_9=3^4$.

Inputan pada eksperimen taguchi ini merupakan empat parameter/faktor dengan masing-masing faktor mempunyai tiga level dan tidak terdapat interaksi antar level faktor. Tabel 5.12 menggambarkan nilai *orthogonal array* eksperimen.

Tabel 5.12 *Orthogonal Array*

Eksperimen	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Sumber : Soejanto, 2008

Banyaknya eksperimen yang dilakukan harus mengikuti *orthogonal array* $L_9(3^4)$ yang telah ditetapkan yaitu 9 kali eksperimen.

5.4.4.6 Pelaksanaan Eksperimen Taguchi

Desain eksperimen Taguchi dilakukan pada tahap ini, faktor-faktor berpengaruh pada proses produksi kantong plastik rHDPE KW 4 9gr/cm akan mengikuti aturan yang ada pada Tabel 5.12. Pemeriksaan terhadap kantong plastik dilakukan mengikuti bagian *quality control* perusahaan yaitu setelah proses roll selesai dilakukan penimbangan berat kantong plastik. Pengamatan terhadap jumlah kantong plastik dilakukan tiap 15-30 menit sekali. Data pada hasil eksperimen *Taguchi* merupakan berat kantong plastik.

Tabel 5.13 Hasil Akhir Desain Eksperimen *Taguchi*

Eksperimen	**Faktor Kontrol**				**Hasil**		
	A	**B**	**C**	**D**	**I**	**II**	**III**
1	1	1	1	1	8,1	8,3	8,2
2	1	2	2	2	8,6	8,5	8,4
3	1	3	3	3	7,7	7,8	7,9
4	2	1	2	3	8,1	8,1	7,9
5	2	2	3	1	8	7,9	7,8
6	2	3	1	2	9,6	9,5	9,9
7	3	1	3	2	8,6	8,8	8,7
8	3	2	1	3	9,1	9	9,2
9	3	3	2	1	10,8	10,6	10,8

Dari Tabel 5.13selanjutnya akan dilakukan pengolahan data dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan *Signal to Noise Ratio* (SNR).

5.4.4.7 Perhitungan Analysis of Variance (ANOVA)

Berikut dijabarkan tahapan kalkulasi ANOVA untuk data atribut pada penelitian ini:

1. Perhitungan rata-rata berat kantong plastik

$$Rata - Rata\ Eksperimen\ I = \frac{8{,}1 + 8{,}3 + 8{,}2}{3} = 8{,}20$$

Tabel 5.14 menunjukkan perhitungan hasil rata-rata berat kantong plastik.

Tabel 5.14 Hasil Akhir Perhitungan Rata-Rata Berat Kantong Plastik

Eksperimen	Faktor Kontrol				Hasil			Rata-rata
	A	B	C	D	I	II	III	
1	1	1	1	1	8,1	8,3	8,2	8,20
2	1	2	2	2	8,6	8,5	8,4	8,50
3	1	3	3	3	7,7	7,8	7,9	7,80
4	2	1	2	3	8,1	8,1	7,9	8,03
5	2	2	3	1	8	7,9	7,8	7,90
6	2	3	1	2	9,6	9,5	9,9	9,67
7	3	1	3	2	8,6	8,8	8,7	8,70
8	3	2	1	3	9,1	9	9,2	9,10
9	3	3	2	1	10,8	10,6	10,8	10,73

2. Pembuatan Tabel Respon

Response Tabel bertujuan untuk mengetahui efek dari setiap level faktor terhadap respon (berat kantong plastik). *Response* dilakukan dengan melihat parbedaan nilai rata-rata respon antar lvel faktor dan juga mengurutkan parbedaan level faktor tersebut dari yang terbesar hiingga terkecil. Berikut merupakan contoh perhitungan:

Faktor A dengan level pertama $(\overline{A1}) = \frac{\sum rata-ratalevel\ 1\ padafaktorA}{3}$

Faktor A dengan level pertama $(\overline{A1}) = \frac{(8{,}1+8{,}3+8{,}2)}{3}$

Faktor A dengan level pertama $(\overline{A1})$ = 8,167

Tabel 5.15 berikut menampilkan hasil dari perhitungan Tabel respon.

Tabel 5.15 Hasil Akhir Perhitungan Tabel Respon Berat Kantong Plastik

Faktor	A	B	C	D
1	8,17	8,31	8,99	8,94
2	8,53	8,50	9,09	8,96
3	9,51	9,40	8,13	8,31
Diff	1,34	1,09	0,96	0,64
Rank	1	2	3	4

Pemilihan nilai yang terbaik berdasarkan dari kriteria karakteristik kualitas yang digunakan yaitu *Nominal The Best* yang memiliki karakteristik nilai 9gr/m. Dimana hasil yang diharapkan mendekati satu nilai yang direncanakan. Tujuannya adalah untuk kondisi optimal dari setiap level faktor terhadap respon yaitu berat plastik. Pada penelitian ini nilai targetnya adalah 9gr/m. Nilai yang paling tinggi pada faktor A adalah pada level 3 yaitu 9,51, faktor B pada level 3 9,40, faktor C pada level 2 9,09, dan faktor D pada level 2 yaitu 8,96. Selanjutnya nilai tertinggi dari setiap level faktor akan dikurangi dengan nilai terendah pada level faktor yang sama, nilai terendah pada faktor A dimiliki oleh level 1 yaitu 8,17, faktor B pada level 1 8,31, faktor C pada level 3 8,13, faktor D pada level 3 8,31. Kemudian setelah nilai tertinggi pada setiap faktor dikurangi dengan nilai level faktor terendah pada faktor yang sama maka didapatkan nilai hasil pengurangan yang nanti akan diurutkan dari yang terbesar sampai nilai terkecil sehingga didapatkan ranking pada tiap faktor.

Dari perhitungan tabel respon diatas, didapatkan salah satu level dari keempat faktor yang mendekati 9gr/cm yaitu Faktor A Level 2 (Suhu Extruder 170°C), Faktor B Level 2 (Putaran Screw 3.468 RPM), Faktor C Level 1 (Putaran *Take Up* 1.242 RPM), dan Faktor D Level 2 (Kecepatan *Winder* 1.620 RPM).

3. Pengolahan Data ANOVA

a. Perhitungan Sum of Square Total (SSTotal)

$SST = \sum y^2$

$SST = 8{,}1^2 + 8{,}3^2 + 8{,}2^2 + 8{,}6^2 + \cdots + 9{,}2^2 + 10{,}8^2 + 10{,}6^2 + 10{,}8^2$

$SST = 2.083{,}53$

b. Perhitungan Sum of Square Mean(*SSmean*)

1) Total cek meter= $8{,}1 + 8{,}3 + 8{,}2 + 8{,}6 + \cdots + 9{,}2 + 10{,}8 + 10{,}6 + 10{,}8$

Total cek meter = 235,9

Rata – rata cek meter $(\bar{y}) = \frac{\text{Total berat kantong}}{27}$

Rata – rata cek meter $(\bar{y}) = \frac{235{,}9}{27} = 8{,}737$

2) $Ssmean = n.\bar{y}^2$

$Ssmean = 27.\left(\frac{235{,}9}{27}\right)^2 = 2.061{,}067$

c. Perhitungan Sum of Square masing – masing faktor (SS_A, SS_B, SS_C, SS_D)

1) $SS_A = ((\overline{A1})^2\ x\ n1) + ((\overline{A2})^2\ x\ n2) + ((\overline{A3})^2\ x\ n3) - SSmean$

$SS_A = (8{,}167^2 x9) + (8{,}533^2 x9) + (9{,}511^2 x9) - 2.061{,}067 = 8{,}694$

2) $SS_B = ((\overline{B1})^2\ x\ n1) + ((\overline{B2})^2\ x\ n2) + ((\overline{B3})^2\ x\ n3) - SSmean$

$SS_B = (8{,}311^2 x9) + (8{,}5^2 x9) + (9{,}4^2 x9) - 2.061{,}067 = 6{,}094$

3) $SS_C = ((\overline{C1})^2\ x\ n1) + ((\overline{C2})^2\ x\ n2) + ((\overline{C3})^2\ x\ n3) - SSmean$

$SS_C = (8{,}989x9) + (9{,}089x9) + (8{,}133^2 x9) - 2.061{,}067 = 4{,}965$

4) $SS_D = ((\overline{D1})^2\ x\ n1) + ((\overline{D2})^2\ x\ n2) + ((\overline{D3})^2\ x\ n3) - SSmean$

$SS_D = (8{,}944^2 x9) + (8{,}956^2 x9) + (8{,}311^2 x9) - 2.061{,}067 = 2{,}450$

d. Perhitungan Sum of Square Eror (SSe)

$SSe = SST - SSmean - SS_A - SS_B - SS_c - SS_d$

$SSe = 2.083{,}53 - 2.061{,}067 - 8{,}694 - 6{,}094 - 4{,}965 - 2{,}450 = 0{,}260$

e. Membuat hipotesis awal

1) H0: Tidak terdapat pengaruh faktor A terhadap nilai cek meter

H1: Terdapat pengaruh faktor A terhadap nilai cek meter

2) H0: Tidak terdapat pengaruh faktor B terhadap nilai cek meter

H1: Terdapat pengaruh faktor B terhadap nilai cek meter

3) H0: Tidak terdapat pengaruh faktor C terhadap nilai cek meter

H1: Terdapat pengaruh faktor C terhadap nilai cek meter

4) H0: Tidak terdapat pengaruh faktor D terhadap nilai cek meter

H1: Terdapat pengaruh faktor A terhadap nilai cek meter

f. Pembuatan Tabel ANOVA

1) Perhitungan Faktor Degree of Freedom

V_A = *(number of Levels – 1)*

$V_A = (3 - 1) = 2$

2) Perhitungan Total Degree of Freedom

$v_T = (number\ of\ experiment - 1)$

$v_T = (27 - 1) = 26$

3) Perhitungan Mean Square (MS)

$MSA = \frac{SSA}{vA}$

$MSA = \frac{8{,}69}{2} = 4{,}35$

4) Perhitungan Rasio (F-Ratio)

$F\ ratio\ A = \frac{Ms\ A}{Ms\ Error}$

$F\ ratio\ A = \frac{4{,}35}{0{,}01} = 300{,}95$

5) Perhitungan SS' Pada masing-masing faktor

SS' faktor = SS faktor – (v faktor x MSerror)

SSA' = 8,69– (2 x 0,01)= 8,67

SSe' = SST – jumlah semua faktor

SSe' = 22,46 – (8,67+ 6,07+ 4,94 + 2,42)

SSe' = 0,38

6) Perhitungan Rho%.

Rho% A = $\frac{SSA'}{SST}$

Rho% A = $\frac{8,67}{22,46}$ = 38,58%

4. Pembuatan Tabel ANOVA

Tabel 5.16 ANOVA

Sumber	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Ratio %
A	8,69	2	4,35	300,95	8,67	38,58
B	6,09	2	3,05	210,95	6,07	27,00
C	4,97	2	2,48	171,87	4,94	21,98
D	2,45	2	1,22	84,79	2,42	10,78
Error	0,26	18	0,01	1	0,38	1,67
SSt	22,46	26	11,12			
Mean	2061,07	1				
SSTotal	2083,53	27				

Berikut yang dapat disimpulkan dari pengujian dugaan dan kesimpulan yang diperoleh dari tabel 5.16.

a. H0: Tidak terdapat pengaruh faktor A terhadap nilai cek meter

H1: Terdapat pengaruh faktor A terhadap nilai cek meter

Kesimpulan: F-Ratio = 300,95 ≥ F-Tabel F 0,05 (2;18) = 3,55, maka H0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor A terhadap nilai cek meter

b. H0: Tidak terdapat pengaruh faktor B terhadap nilai cek meter

H1: Terdapat pengaruh faktor B terhadap nilai cek meter

Kesimpulan: F-Ratio = 210,95 ≥ F-Tabel F 0,05 (2;18) = 3,55, maka H0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor B terhadap nilai cek meter

c. H0: Tidak terdapat pengaruh faktor C terhadap nilai cek meter

H1: Terdapat pengaruh faktor C terhadap nilai cek meter

Kesimpulan: F-Ratio = 171,87 ≥ F-Tabel F 0,05 (2;18) = 3,55, maka H0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor C terhadap nilai cek meter

d. H0: Tidak terdapat pengaruh faktor D terhadap nilai cek meter

H1: Terdapat pengaruh faktor A terhadap nilai cek meter

Kesimpulan: F-Ratio = 84,79 ≥ F-Tabel F 0,05 (2;18) = 3,55, maka H0 ditolak artinya ada pengaruh faktor D terhadap nilai cek meter

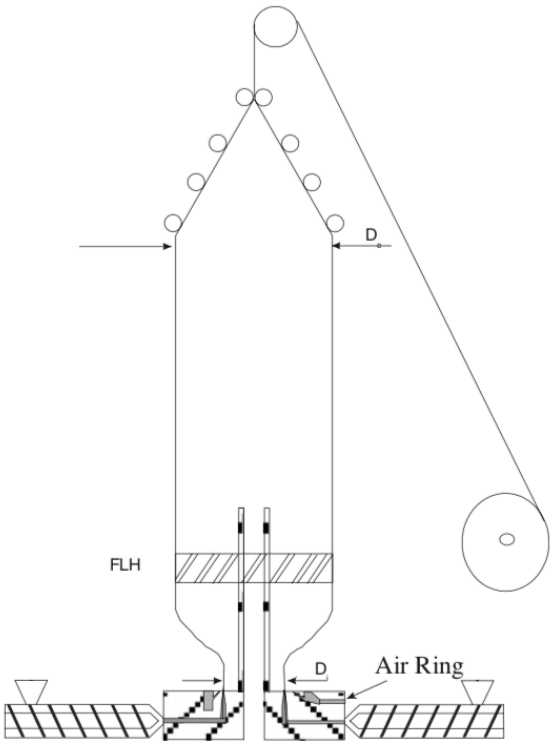
Dari hipotesis di atas dapat dilihat bahwa nilai yang dimiliki oleh keempat faktor F-Ratio ≥ F-Tabel (F 0,05 (2;18) = 3,55). Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua faktor tersebut memberikan kontribusi terhadap hasil nilai cek meter.

Faktor A (Suhu *extruder*) memiliki kontribusi terbesar diantara faktor lainnya, yaitu 38,58%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kale (2013), yang melakukan eksperimen taguchi material HDPE terhadap cacat *shrinkage,* ditemukan bahwa suhu leleh merupakan parameter yang paling efektif dalam mereduksi cacat *shrinkage*. Temperatur ekstrusi adalah salah satu faktor yang memainkan peran utama dalam menentukan sifat-sifat yang terkait dengan plastik film akhir yang diproduksi. Suhu leleh 170 °C, merupakan suhu yang sesuai bagi rHDPE. Suhu yang terlalu rendah dapat memungkinkan plastik belum cair seutuhnya, sedangkan suhu yang terlalu tinggi secara signifikan meningkatkan jumlah molekul yang diaktifkan dan mempercepat gerakan molekul, dan dengan demikian meningkatkan reaksi. Temperatur yang lebih tinggi melibatkan lebih banyak energi dan dapat menyebabkan degradasi (Wang, 2015). Sehingga sangat mungkin kontribusi dari faktor suhu esktruder adalah yang terbesar diantara faktor lainnya.

Faktor yang berpengaruh selanjutnya adalah faktor B (putaran *screw*) 27%. Selama ekstrusi, pellet, serbuk atau resin dialirkan ke depan melalui barel yang dipanaskan oleh sekrup, sehingga putaran/kecepatan berkontribusi terhadap pemanasan dan peleburan (plastisisasi). *Extruder screw* mencampur bubuk atau resin dan memberikan hasil pencairan yang homogen ke cetakan (Hanani, 2014). Pada tabel 5.13 dapat dilihat suhu yang terlalu tinggi disertai putaran *screw* tinggi menghasilkan ketebalan plastik yang tinggi. Hal ini selaras dengan Callister (2006) yang menyatakan bahwa peningkatan ketebalan *lamellar* (lapisan) dapat diinduksi oleh proses anil (pemanasan) dan kecepatan *screw* yang tinggi sedangkan kecepatan *rolling* rendah.

Faktor berpengaruh ketiga adalah faktor C (putaran *take up*) dengan kontribusi 21,98%. Rasio pengambilan/*Take Up Ratio* (TUR) didefinisikan sebagai kecepatan film pada *nip roll* atas kecepatan polimer meleleh pada pintu keluar cetakan. Pada pengaplikasian *Take Up* di PT. ARM, tidak menggunakan ratio, melainkan putaran/kecepatan saja dikarenakan keterbatasan mesin. Polimer cair yang berasal dari *die* extruder dipadatkan pada jarak tertentu dari *die exit* karena efek pendinginan diikuti

oleh kristalisasi, yang disebut *freeze line height* (FLH). Setelah titik ini, tidak ada lagi deformasi yang diasumsikan dan oleh karena itu diameter gelembung dianggap konstan (Majumder, 2008). Menurut penelitian Pirkle (2010), nilai *Take Up* yang tinggi berhubungan dengan pengurangan ketebalan film yang lebih besar. Operasi yang stabil juga dibatasi untuk *take-up* yang lebih tinggi. Untuk rasio *take-up* yang tinggi, kemungkinan ketidakstabilan lain muncul yang disebut *draw resonance instability*, seperti kerutan yang muncul akibat polimer belum mencapai FLH namun putaran *take up* yang terlalu tinggi.



Gambar 5.22 Proses *Blowing and Rolling*
Sumber: Gamache (2005)

Terakhir adalah faktor D (putaran *winder*) yaitu 10,78%. Faktor ini walaupun tidak signifikan, namun tetap memberikan pengaruh terhadap kualitas kantong plastik. Kualitas hasil *winding* bergantung kepada *take up*, semakin banyak film yang ditarik, semakin banyak regangan yang ada, sehingga semakin sulit *rolling winder* (Smith). Ukuran *roll winder* yang lebih besar dari *take up* seperti yang terlihat pada Gambar 5.22, membuat *winder* harus bergerak lebih pelan dibandingkan *take up* untuk menyesuaikan kecepatan.

Keempat faktor diatas masing-masing memiliki hubungan yang mempengaruhi kualitas kantong plastik. Di dalam barel terdapat screw yang memiiki dua fungsi utama. Berputar untuk mencampurkan dan memanaskan polimer, dan sebagai piston untuk memasukan plastik cair kedalam rongga cetak. Bedasarkan sifat reologi dari lelehan,

semakin tinggi putaran *screw* disertai suhu *extruder* yang juga meningkat, mengakibatkan semakin banyak resin yang dipanaskan dan masuk ke *die exit*, sehingga hasil lapisan akan semakin tebal. Hal ini berbanding lurus dengan hasil eksperimen *Taguchi* pada Tabel 5.13. Pada eksperimen ke-9, suhu dan putaran yang digunakan adalah yang tertinggi, hal ini mengakibatkan hasil cek meter tertinggi diantara eksperimen lainnya yaitu 10,6-10,8 gr/m. Begitu pula dengan dua faktor lainnya. Kecepatan putaran lembaran film merupakan kecepatan putaran dari *roll* dan *winder* saat berputar membawa lembaran film. Dari Tabel 5.14 dapat dilihat bahawa kecepatan putaran *screw* dapat dipengaruhi oleh kecepatan putaran lembaran film *(Line Speed)* karena semakin cepat lembaran film berjalan, maka resin juga harus semakin cepat keluar sebelum menimbulkan keluaran dengan pelapisan resin yang tidak merata. Pada eksperimen ke-3 dapat dilihat seluruh faktor dipilih level tertinggi, kecuali faktor suhu dimana disetting terendah, hasil cek meter didapatkan terkecil. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan/putaran yang tinggi namun tidak disertai lelehan yang cepat akan menghasilkan lapisan platik yang tipis.

Pada tabel 5.16, diketahui bahwa Rho% error adalah sebesar 1,67% dari jumlah kuadrat total. Sehingga dapat diketahui pula total persen kontribusi seluruh faktor adalah sebesar 98,33%. Sehingga faktor yang memiliki pengaruh terbesar terhadap nilai cek meter adalah faktor A (suhu ekstruder), faktor B (putaran *screw*), dan faktor C (putaran *take up*). Sedangkan faktor D (putaran *winder*) merupakan faktor yang memberikan pengaruh paling rendah terhadap nilai cek meter diantara faktor lainnya.

5. Pooling Up

Setelah didapatkan hasil perhitungan ANOVA yaitu untuk mengetahui faktor yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap variabel respon, langkah selanjutnya adalah *pooling up* dengan menggunakan separuh derajat kebebasan pada *orthogonal array* yaitu dua faktor terkontrol. Pada perhitungan ANOVA semua faktor mempunyai pengaruh yang signifikan kecuali faktor D (putaran *winder)* oleh karena itu faktor D diambil untuk *pooiling up* berdasarkan tingkat signifikansi yang paling kecil. Berikut merupakan kalkukasi untuk *pooling up* faktor D.

a. *SS (pooled e)* = SSe + SSD
   SS (pooled e) = 0,26 + 2,45= 2,71
b. *DF (pooled e)* = ve + vD
   DF (pooled e) = 18 + 2 = 20
c. $MS_{pooled\ e} = \frac{SSpoolede}{DFpoolede}$

$MS_{pooled\ e} = \frac{2,71}{20} = 0,14$

Dengan demikian nilai MS (pooled e) akan mengubah nilai semua faktor tetapi metode perhitungan ulang mirip dengan perhitungan ANOVA sebelumnya

Tabel 5.17 merupakan hasil perhitungan ANOVA setelah dilakukan *pooling* terhadap faktor D.

Pada Tabel 5.18 akan ditunjukkan hasil *pooling up* akhir yang menyisakan 3 faktor yang memiliki kontribusi terbesar.

Tabel 5.17 ANOVA *Pooling*

Sumber	Pooled	SS	DF	MS	Fratio	SS'	RATIO%
A		8,69	2	4,35	32,09	8,42	37,50
B		6,09	2	3,05	22,49	5,82	25,92
C		4,97	2	2,48	18,32	4,69	20,90
D	Y	2,45	2				
Error		0,26	18	0,01			
Pooled		2,71	20	0,14	1	3,52	15,68
SSt		22,46	26				
Mean		2061,07	1				
SSTotal		2083,53	27				

Tabel 5.18 Tabel *Pooling Up* Akhir

Sumber	SS	DF	MS	Fratio	SS'	RATIO%
A	8,69	2	4,35	32,09	8,42	37,50
B	6,09	2	3,05	22,49	5,82	25,92
C	4,97	2	2,48	18,32	4,69	20,90
Pooled	2,71	20	0,14	1,00	3,52	15,68
SSt	22,46	26				
Mean	2.061,07	1				
SSTotal	2.083,53	27				

Berikut adalah hasil yang diperoleh dari Tabel ANOVA di atas setelah dilakukan *pooling* terhadap faktor D.

a. H0: Tidak terdapat pengaruh faktor A terhadap nilai cek meter

   H1: Terdapat pengaruh faktor A terhadap nilai cek meter

   Kesimpulan: F-Ratio = 32,09 ≥ F-Tabel F 0,05 (2;18) = 3,55, maka H0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor A terhadap nilai cek meter

b. H0: Tidak terdapat pengaruh faktor B terhadap nilai cek meter
H1: Terdapat pengaruh faktor B terhadap nilai cek meter
Kesimpulan: F-Ratio = 22,49 ≥ F-Tabel F 0,05 (2;18) = 3,55, maka H0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor B terhadap nilai cek meter

c. H0: Tidak terdapat pengaruh faktor C terhadap nilai cek meter
H1: Terdapat pengaruh faktor C terhadap nilai cek meter
Kesimpulan: F-Ratio = 18,32 ≥ F-Tabel F 0,05 (2;18) = 3,55, maka H0 ditolak artinya terdapat pengaruh faktor C terhadap nilai cek meter

Pada hipotesa di atas, dapat diketahui bahwa ketiga faktor yaitu A, B, memiliki nilai F-Ratio ≥ F-Tabel (F 0,05 (2;18) = 3,55). Sehingga dapat disimpulkan bahwa baik A, B, dan C memiliki kontribusi terhadap nilai cek meter dengan kontribusi masing-masing yaitu 37,5%; 25,92%; 20,9% dari jumlah kuadrat total.

5.4.4.8 Perhitungan Nilai Signal to Noise Ratio (SNR)

Berikut ini merupakan tahapan pengujian ANOVA SNR.

1. Perhitungan SNR Untuk Tiap Eksperimen

Berikut contoh perhitungan mean (μ)

$$\mu = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} yi$$

$$\eta = 10log_{10}\left[\frac{\mu^2}{\sigma^2}\right]$$

$$\eta = 10log_{10}\left[\frac{\mu^2}{\sigma^2}\right]$$

$$\eta = 10log_{10}\left[\frac{(8,2)^2}{0,01^2}\right]$$

Tabel 5.19 menunjukkan hasil perhitungan nilai S/N ratio untuk setiap replikasi eksperimen

Tabel 5.19 Perhitungan SNR

Eksperimen	Faktor Kontrol				Hasil			y	μ	σ	SNR (NTB)
	A	B	C	D	I	II	III				
1	1	1	1	1	8,10	8,30	8,20	24,60	8,20	0,01	-40,04
2	1	2	2	2	8,60	8,50	8,40	25,50	8,50	0,01	-40,35
3	1	3	3	3	7,70	7,80	7,90	23,40	7,80	0,01	-39,60
4	2	1	2	3	8,10	8,10	7,90	24,10	8,03	0,01	-38,61

5	2	2	3	1	8,00	7,90	7,80	23,70	7,90	0,01	-39,71
6	2	3	1	2	9,60	9,50	9,90	29,00	9,67	0,03	-35,10
7	3	1	3	2	8,60	8,80	8,70	26,10	8,70	0,01	-40,55
8	3	2	1	3	9,10	9,00	9,20	27,30	9,10	0,01	-40,94
9	3	3	2	1	10,80	10,60	10,80	32,20	10,73	0,01	-41,13

2. Pembuatan Tabel Respon SNR

Faktor A dengan level pertama $(\overline{A1}) = \frac{\sum rata-rata\ level\ 1\ pada faktor A}{3}$

Faktor A dengan level pertama $(\overline{A1}) = \frac{(40,04+40,35+39,6)}{3}$

Faktor A dengan level pertama $(\overline{A1})$= 40,87

Tabel 5.20 Tabel Respon SNR

Faktor	A	B	C	D
1	-40,00	-39,73	-38,69	-40,29
2	-37,81	-40,33	-40,03	-38,67
3	-40,87	-38,61	-39,96	-39,72
Diff	3,07	1,73	1,34	1,63

Tabel respon 5.20 ini berbeda dengan tabel respon rata-rata sebelumnya, dimana tabel respon variansi dimanfaatkan untuk melihat pengaruh variansi produk, sedangkan tabel respon rata-rata dimanfaatkan agar level faktor yang memiliki kontribusi tertinggi/optimal dan mempengaruhi nilai rata-rata diketahui.

3. Mengolah data ANOVA nilai SNR *pooled*

a. Menghitung Jumlah Kuadrat Total (SST)

$SST = \sum y^2$

$SST = -40{,}04^2 + -40{,}35^2 + -39{,}6^2 + \cdots + -40{,}55^2 + -40{,}94^2 + -41{,}13^2$

SST = 14.111,16

b. Menghitung mean semua eksperimen

Perhitungan mean semua eksperimen dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{-40{,}04 + -40{,}35 + -39{,}6 + \cdots + -40{,}55 + -40{,}94 + -41{,}13}{9}$$

$$\bar{y} = -39{,}56$$

c. Menghitung *Sum of Square due to mean* atau (*SSmean*)

SSmean = n.$\bar{y}^2$

Dimana,

n = jumlah eksperimen = 9

SSmean = 9 x $(-39{,}56)^2$ =14.084,12

d. Menghitung jumlah kuadrat masing – masing faktor (SS_A, SS_B, SS_C). Beriklut contoh perhitungan SS_A.

$SS_A = ((\overline{A1})^2\ x\ n1) + ((\overline{A2})^2\ x\ n2) + ((\overline{A3})^2\ x\ n3) - SSmean$

$SS_A = (-40^2 x9) + (-37{,}81^2 x9) + (-40{,}87^2 x9) - 14.084{,}12 = 14{,}96$

e. Menghitung *Sum of Square (Pooled e)*

$SS_{(pooled\ e)} = SST - SSmean - SS_A - SS_B - SS_c$

$SS_{(pooled\ e)} = 14.111{,}16 - 14.084{,}12 - 14{,}96 - 4{,}6 - 3{,}39 = 4{,}08$

f. Membuat Tabel ANOVA

1) Menghitung Derajat Kebebasan Faktor

V_A = *(number of Levels – 1)*

$V_A = (3 - 1) = 2$

Demikian pula dengan derajat kebebasan B dan C

2) Menghitung Derajat Kebebasan Total

Total V = (banyaknya eksperimen -1)

Total V = (9-1) = 8

3) Menghitung Derajat Kebebasan *Pooled e*

$V_{(pooled\ e)}$ = Total V – VA-VB-VC

$V_{(pooled\ e)}$ = 8-2-2-2 = 2

4) Menghitung *Mean Sum of Square* (MS)

MSA = $\frac{SSA}{vA}$

MSA = $\frac{14{,}96}{2}$ = 7,48

5) Menghitung Rasio (F-Ratio)

F ratio A = $\frac{\text{Ms A}}{\text{Ms Error}}$

F ratio A = $\frac{7{,}48}{0{,}23}$ = 33,01

6) Mengitung SS' Pada masing-masing faktor

SS' faktor = SS faktor – (v faktor x MSerror)

SSA' = 14,96– (2 x 0,023)= 14,51

SSe' = SST – jumlah semua faktor

SSe' = 27,03 – (14,51+4,15+2,93)

SSe' = 5,44

7) Menghitung Rho%

Rho% A = $\frac{SSA'}{SST}$

Rho% A = $\frac{14,51}{27,03}$ = 53,67%

Tabel ANOVA nilai SNR ditampilkan pada tabel 5.21. Hasil akhir analisis varians dapat dilihat dalam Tabel 5.22.

Tabel 5.21 *ANOVA SNR*

Sumber	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Ratio %
A	14,96	2	7,48	33,01	14,51	53,67
B	4,60	2	2,30	159,34	4,15	15,35
C	3,39	2	1,69	117,22	2,93	10,85
D	Y	2				
Sspooled	4,08	2	0,23	16	5,44	20,12
SSt	27,03	8	11,70			
Mean	14084,12	1				
SSTotal	14111,16	9				

Tabel 5.22 Hasil Akhir ANOVA SNR

Sumber	SS	DF	MS	Fratio	SS'	Ratio %
A	14,96	2	7,48	33,01	14,51	53,67
B	4,60	2	2,30	159,34	4,15	15,35
C	3,39	2	1,69	117,22	2,93	10,85
Pooled	4,08	2	0,23	16	5,44	20,12
SSt	27,03	8				
Mean	14.084,12	1				
SSTotal	14.111,16	9				

Dari Tabel 5.22, dilakukan *pooling* 1 faktor saja, yaitu faktor D, karena faktor tersebut mempunyai nilai *Sum of Squares* (SS) terendah dari ketiga faktor lainnya. Sedangkan faktor A, B, dan C merupakan faktor yang berpengaruh dan berkontribusi tinggi disbanding faktor D. Kalkulasi persentase kontribusi menunjukan persentase kontribusi *error* sebesar 20,12% yang berarti faktor yang berpengaruh signifikan tidak ada yang hilang dari eksperimen.

5.4.4.9 Penentuan *Setting* Level Optimal

Tabel 5.23 menunjukkan perbandingan pengaruh tiap parameter yang dilakukan terhadap CTQ yang diamati berdasarkan faktor rata-rata dan variansi.

Tabel 5.23 Pengaruh faktor pada hitungan rata-rata dan variansi Taguchi

Faktor	Ranking		Pengaruh	Level
	Rata-rata	Variansi		
A	1	1	Signifikan dan Kontribusi besar	A2
B	2	2	Signifikan dan Kontribusi besar	B2
C	3	3	Signifikan dan Kontribusi besar	C1
D	4	4	Signifikan dan Kontribusi kecil	D2

Berikut adalah penjelasan pemilihan setting level optimal

1. Dalam perhitungan rata-rata, faktor A, B, dan C memberikan pengaruh dan kontribusi besar. Dapat dilihat dari tabel ANOVA rata-rata nilai SNR pada F ratio lebih besar dibandingkan dengan F Tabel, sehingga kesimpulan yang dapat diambil adalah keempat faktor memiliki pengaruh dan dapat dilihati dari persen kontribusi bahwa ketiga faktor A, B, dan C berperan besar. Pemimlihan level faktor dapat dilihat dari tabel respon rata-rata. Pada penelitian ini didapatkan hasil yang paling mendekati cek meter 9gr/m adalah Faktor A level 2, B level 2, dan C level 1.
2. Dalam perhitungan variansi, faktor A, B, dan D memberikan pengaruh dan kontribusi besar. Dapat dilihat dari tabel ANOVA rata-rata nilai SNR pada F ratio memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan F Tabel, sehingga kesimpulan yang dapat diambil adalah seluruh faktor memiliki pengaruh dan dapat dilihati kontribusi terbesar dimiliki oleh faktor A, B, dan C. Pemimlihan level faktor dapat dilihat dari tabel respon rata-rata. Pada penelitian ini didapatkan hasil yang paling mendekati cek meter 9gr/m adalah Faktor A level 2, B level 2, dan D level 2.

5.4.4.10 Perkiraan Kondisi dan Selang Interval Kepercayaan Nilai Rata-rata dan *Signal to Noise Ratio* (SNR)

Kalkulasi *setting* level optimum telah ditentukan maka langkah selanjutnya yang ditempuh yaitu membuat perkiraan kondisi optimal untuk mengoptimalkan nilai cek meter. Hasil ANOVA menunjukkan kombinasi level faktor yang optimal yaitu faktor A (suhu ekstruder 170°C), faktor B (putaran *screw* 3.468 RPM), dan faktor C (putaran *take up* 1.560 RPM), dan faktor D (putaran *winder* 1.302RPM)

1. Kondisi optimal nilai rata – rata
   a. Perkiraan kondisi optimal nilai rata-rata seluruh data

$$\bar{y} = 8{,}74$$

Perhitungan selang kepercayaan nilai prediksi rata – rata ($\bar{y}$)

$$\mu_{prediksi} = \bar{y} + (\overline{A2} - \bar{y}) + (\overline{B2} - \bar{y}) + (\overline{C1} - \bar{y})$$

$$\mu_{prediksi} = 8{,}74 + (8{,}53 - 8{,}74) + (8{,}50 - 8{,}74) + (8{,}99 - 8{,}74)$$

$$\mu_{prediksi} = 8{,}55$$

2. Perhitungan selang kepercayaan nilai rata – rata

$$Cl\ mean = \pm\sqrt{\left(F_{\alpha.v1.v2}x\ MSEe\left|\frac{1}{neff}\right|\right)}$$

Keterangan neff :

$$neff = \frac{total\ number\ of\ experiment}{sum\ of\ degree\ of\ freedom\ used\ in\ estimate\ of\ mean}$$

$$neff = \frac{9x3}{DF\mu + DFA + DFB + \mathrm{DFC}}$$

$$neff = \frac{27}{1+2+2+2} = 3{,}86$$

Maka perhitungan selang kepercayaan sebagai berikut :

$$Clmean = \pm\sqrt{\left(F_{\alpha.v1.v2}xMSe\left|\frac{1}{neff}\right|\right)}$$

$$CImean = \pm\sqrt{\left(F_{0.05.1,.20}\ x\ 0{,}07\ x\left|\frac{1}{3{,}86}\right|\right)}$$

$$CImean = \pm\sqrt{\left(4{,}35\ x4{,}07x\left|\tfrac{1}{3{,}86}\right|\right)}\ Clmean = \pm 2{,}132$$

Maka selang kepercayaan untuk proses optimal :

$$\mu_{prediksi} - Cl \leq \mu_{prediksi} \leq \mu_{prediksi} + Cl$$

$$8{,}55 - 2{,}132 \leq \mu_{prediksi} \leq 8{,}55 + 2{,}132$$

$$6{,}41 \leq 8{,}55 \leq 10{,}69$$

3. Kondisi optimal untuk SNR.

a. Perkiraan kondisi optimal untuk nilai SNR seluruh data

$$\bar{y} = -39{,}56$$

Rata – rata cacat seluruhnya *Signal Noise Ratio (SNR)* ($\bar{y}$) = 9,02

Perhitungan selang kepercayaan nilai prediksi rata – rata ($\bar{y}$)

$$\mu_{prediksi} = -35{,}99$$

4. Selang Kepercayaan nilai rata – rata

$$Cl\ mean = \pm\sqrt{\left(F_{\alpha.v1.v2}x\ MSEe\left|\frac{1}{neff}\right|\right)}$$

Keterangan neff :

$$neff = \frac{total\ number\ of\ experiment}{sum\ of\ degree\ of\ freedom\ used\ in\ estimate\ of\ mean}$$

$$neff = \frac{9}{1+2+2} = 1{,}8$$

Maka perhitungan selang kepercayaan sebagai berikut :

$$Clmean = \pm\sqrt{\left(F_{\alpha.v1.v2}xMSe\left|\frac{1}{neff}\right|\right)}$$

$$CImean = \pm\sqrt{\left(F_{0.05.1,.4}\ x\ 0{,}23\ x\left|\frac{1}{1{,}8}\right|\right)}$$

$$CImean = \pm\sqrt{\left(7{,}71\ x0{,}23x\left|\frac{1}{1{,}8}\right|\right)}\ Clmean = \pm\ 0{,}985$$

Maka selang kepercayaan untuk proses optimal :

$$\mu_{prediksi} - Cl \leq \mu_{prediksi} \leq \mu_{prediksi} + Cl$$

$$(35{,}99) - 0{,}985 \leq (35{,}99) \leq (35{,}99) + 0{,}985$$

$$(36{,}98) \leq (35{,}99) \leq (35{,}01)$$

Pada perhitungan selang kepercayaan, digunakan alpha sebesar 5% atau tingkat kepercayaan 95. Semakin besar tingkat kepercayaan maka semakin detail dan semakin valid data yang akan dihasilkan, dan semakin kecil variansi data atau persebaran data yang ada maka data akan semakin terfokus dan detail.

5.4.4.11 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilaklukan sebagai bentuk validasi rancangan proses. Seluruh parameter baik yang berkontribusi besar maupun kecil digunakan dalam eksperimen konfirmasi. Level faktor yang diambil adalah level faktotr terbaik dari masing-masing faktor.

Untuk eksperimen konfirmasi dalam percobaan ini dilaksanakan di PT. ARM. Level faktor yang digunakan sesuai dengan hasil setting level optimal eksperimen taguchi yaitu A (suhu ekstruder 170℃), faktor B (putaran *screw* 3.468 RPM), dan faktor C (putaran *take up* 1.560 RPM), dan faktor D (putaran *winder* 1.302RPM). Tabel 5.25 menunjukkan hasil eskperimen konfirmasi dan SNR.

Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata yang ditransformasikan ke nilai SNR, perhitungan interbal kepercayaan dan membandingkan interval kepercayaan kondisi optimal dengan eksperimen konfirmasi yang telah dibuat. Hal ini dapat menunjukkan keputusan diterima atau ditolaknya percobaan ini dengan cara membandingkan dalam bentuk grafik.

Tabel 5. 24 Hasil Perhitungan Eksperimen Konfirmasi dan SNR

Eksperimen	Hasil
1	9,10
2	9,10
3	8,90
4	9,00
5	9,20
6	9,00
7	9,10
8	9,00
9	9,10
10	8,90

1. Perhitungan nilai rata-rata dan ditransformasikan ke dalam SNR

   a. Nilai hasil rata-rata

$$\bar{y} = 9{,}04$$

   b. Perhitungan untuk SNR *nominal the best* adalah sebagai berikut:

      1) Perhitungan nilai variansi

$$\sigma^2 = \frac{1}{10} \times ((9{,}10 - 9{,}04)^2 + (9{,}10 - 9{,}04)^2 + \ldots + (9{,}10 - 9{,}04)^2 + (8{,}9 - 9{,}04)^2)$$

$$\sigma^2 = 0{,}0084$$

      2) Nilai hasil perhitungan SNR *Nominal The Best* (contoh replikasi pertama)

$$\eta = -10log_{10}\left[\frac{\mu^2}{\sigma^2}\right]$$

$$\eta = -10log_{10}\left[\frac{9{,}04^2}{0{,}0084}\right] = -39{,}88$$

2. Perhitungan interval kepercayaan eksperimen konfirmasi

Pada proses ini dilakukan perbandingan antara selang kepercayaan dugaan sebelumnya dengan konfirmasi.

a. Nilai rata-rata

$$Clmean = \pm\sqrt{\left(F_{\alpha.v1.v2} x MSe \left|\frac{1}{neff}\right| + \left|\frac{1}{r}\right|\right)}$$

$$CImean = \pm\sqrt{\left(F_{0.05.1,.20}\ x\ 0{,}07\ x \left|\frac{1}{3{,}86}\right| + \left|\frac{1}{10}\right|\right)}$$

$$CImean = \pm\sqrt{\left(4{,}35\ x4{,}07x \left|\frac{1}{3{,}86}\right| + \left|\frac{1}{10}\right|\right)} = Clmean = \pm\ 2{,}165$$

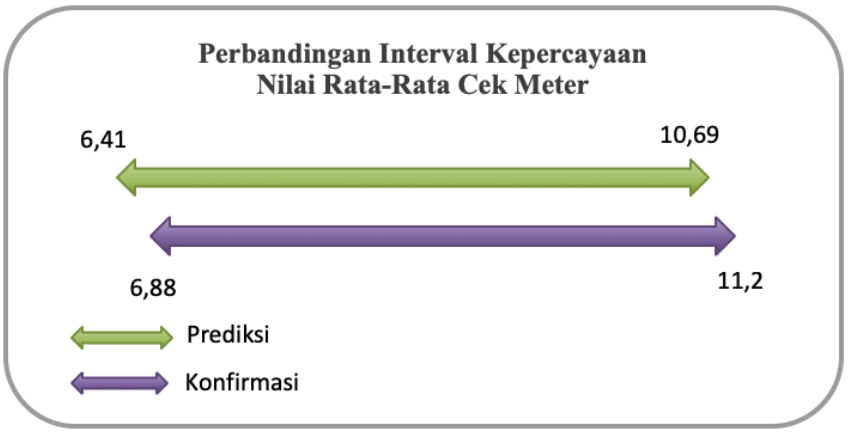
Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan selang kepercayaan nilai rata-rata eksperimen konfirmasi sebagai berikut:

$$\mu_{konfirmasi} - Cl \leq \mu_{konfirmasi} \leq \mu_{konfirmasi} + Cl$$

$$9{,}04 - 2{,}165 \leq \mu_{konfirmasi} \leq 9{,}04 + 2{,}165$$

$$6{,}88 \leq 9{,}04 \leq 11{,}2$$

Berikut merupakan grafik perbandingan selang kepercayaan optimal dari eksperimen konfirmasi rata-rata.



Gambar 5.23 Perbandingan Interval Kepercayaan Rata-Rata Cek Meter

b. Nilai SNR

$$Clmean = \pm\sqrt{\left(F_{\alpha.v1.v2} x MSe \left|\frac{1}{neff}\right| + \left|\frac{1}{r}\right|\right)}$$

$$CImean = \pm\sqrt{\left(F_{0.05.1,.4}\ x\ 0{,}23\ x \left|\frac{1}{8}\right| + \left|\frac{1}{10}\right|\right)}$$

$$CImean = \pm\sqrt{\left(7{,}71\ x0{,}23x\left|\frac{1}{8}\right| + \left|\frac{1}{10}\right|\right)} = Clmean = \pm 1{,}078$$

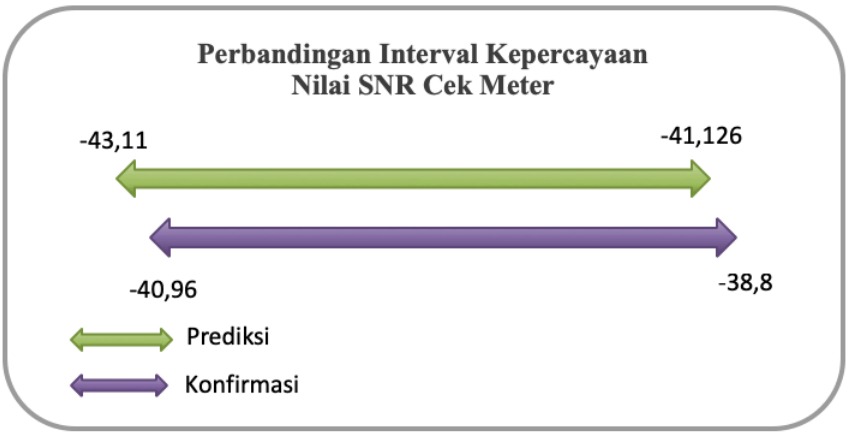
Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan selang kepercayaan nilai SNR eksperimen konfirmasi

$$\mu_{konfirmasi} - Cl \leq \mu_{konfirmasi} \leq \mu_{konfirmasi} + Cl$$

$$(39{,}88) - 1{,}078 \leq (39{,}88) \leq (39{,}88) + 1{,}078$$

$$-40{,}96 \leq -39{,}88 \leq -38{,}8$$

Berikut merupakan grafik perbandingan selang kepercayaan.



Gambar 5.24 Perbandingan Interval Kepercayaan Nilai SNR Cek Meter

Kedua grafik yakni pada gambar 5.23 dan 5.24 memberikan kesimpulan terkait diterimanya hasil eksperimen konfirmasi. Hal ini juga dapat diartikan bahwa hasil desain eksperimen layak untuk digunakan serta setting level optimal layak untuk dijadikan standar di perusahaan dalam upaya perbaikan nilai cek meter rHDPE KW 4. Selain itu, dengan menggunakan level faktor optimal, sepuluh eksperimen kantong plastik telah memiliki nilai cek meter yang sesuai standar perusahaan yaitu 9gr/m $\pm 2\ cm$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan faktor dan level faktor optimal, dapat dihasilkan kantong plastik dengan nilai cek meter yang sudah ditentukan perusahaan.

BAB VI
PENUTUP

Penelitian ini diakhiri dengan bagian penutup, dimana pada Bab ini akan dijabarkan terkait kesimpulan yang dapat dipetik dari hasil observasi dan penelitian yang telah dilaksanakan serta pemberian saran yang yang diharapkan dapat diterapkan baik oleh perusahaan maupun oleh peneliti selanjutnya.

6.1 KESIMPULAN

Dari hasil koleksi, analisa dan kalkukasi yang dilakukan dengan Metode *Six Sigma* dan Taguchi, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Kantong plastik rHDPE KW 4 yang memiliki jumlah *defect* terdapat pada proses *blowing and rolling*. *Critical To Quality* (CTQ) pada proses tersebut adalah mata ikan, setelan, cek meter, dan *shrinkage.*
2. Nilai *Defect Per Million Opportunity* (DPMO) untuk kondisi saat ini pada proses *blowing and rolling* adalah 18.038, level sigma 3,596 dan kapabilitas proses 1,198. Karena $1{,}00 \leq Cp \leq 1{,}99$, yaitu $Cp = 1{,}198$ dapat disimpulkan bahwa kemampuan proses belum layak sehingga diperlukan peningkatan kualitas secara terus menerus menuju tingkat kegagalan nol
3. Faktor-faktor penyebab terjadi *defect* pada kantong plastik rHDPE dicari dengan menggunakan 5 why *analysis*. Berdasarkan hasil dari diskusi dengan pihak produksi di PT. ARM, masalah yang diberikan rekomendasi perbaikan untuk cacat cek meter adalah pembersihan *roller* tidak terjadwal dengan baik, belum adanya setting mesin yang dijadikan standar perusahaan, ring udara tidak disetting dengan benar, resin/pellet pada *die* yang sempat off tidak dibersihkan kembali.
4. Rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk perusahaan berdasarkan pada hasil dari eksperimen Taguchi. Didapatkan kombinasi faktor dan level yang optimal dari masing-masing parameter yaitu Suhu leleh 170 °C, dengan kontribusi 34,76%, putaran *screw* 3.468 RPM dengan kontribusi 27%, putaran *take up* 1.242 RPM dengan kontribusi 21,98%, dan terakhir adalah faktor D putaran *winder* 1.620 RPM yaitu 10,78%.

6.2 SARAN

Pada penelitian ini, saran akan ditujukan pada perusahaan dan peneliti selanjutnya sebgai upaya pengembangan kedepan.

1. Untuk penelitian sejenis selanjutnya disarankan sekiranya metode *Taguchi* dapat digunakan pada karakteristik mutu dengan menggunakan variabel independen lainnya mengingat metode ini sudah banyak digunakan dalam melakukan perbaikan kualitas produk dengan cara pengurangan variabilitas proses. Pada Tabel 1.1 dapat dilihat bahwa trend cacat tiap bulan dapat berubah-ubah, hal ini dapat dijadikan bahan penelitian selanjutnya. Variabel independen lainnya yang mungkin dapat diteliti adalah dari sisi bahan baku, kinerja operator, cuaca, dan lain-lain.
2. Penerapan tindakan prefentif diperlukan sebagai usaha dalam memperbaiki kemampuan proses. Perusahaan perlu menerapkan hal ini guna memperlancar jalannya proses produksi dan selalu berada pada kondisi stabil serta memastikan tidak ada mesin yang rusak/*down*.
3. Langkah yang perlu diambil oleh perusahaan agar tercapainya *setting level optimal* adalah perawatan mesin secara terjadwal dan rutin, penerapan parameter produksi yang sesuai, dan memilah *supplier* kantong plastik yang memiliki spesifikasi sesuai dengan ketetapan perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullaha, J., Shanb, L.W. & Ismail, H. (2016). *Optimization Of Injection Moulding Process Parameters For Recycled High Density Polyethylene (Rhdpe) Using The Taguchi Method.* International Journal of Mechanical And Production Engineering. Volume- 4, Issue-3, ISSN: 2320-2092,76-81.

Ain, Q.A. & Panchal, J. (2017). *Improving quality of plastic woven laminated bags manufacturing by minimizing defects using six sigma.* IJCRT. Volume 5, Issue 3, ISSN: 2320-2882, 28-37.

Ali, M., Mohammad, E., Salleh,M., & Hussein. (2018). *Tensile properties of ternary blends for HDPE/PP/RECYCLE HDPE in blow moulding process.* Journal of Advanced Manufacturing Technology. eISSN: 2289-8107.

Alshammari, A., Redha, S., Hussain, S., Nazzal, T., Kamal, Z. & Smew,W. (2018). *Quality Improvement in Plastic Injection Molding Industry: Applying Lean Six Sigma to SME in Kuwait.* Proceedings of the International Conference IEOM Society International. 2856-2865.

Ariani, Dorothea Wahyu. 2004. Pengendalian Kualitas Statistik Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas. Yogyakarta : Penerbit Andi Yogyakarta.

Assauri, Sofjan. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi.* Edisi Revisi. Jakarta: FE-UI.

Belavendram, Nicolo. 1995. *Quality by Design Taguchi Techniques for Industrial Experimentation.* London: Prentince Hall International.

Callister, W, D. (2006). *Material Science and Engineering: An Introduction.* John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd.

Cantor, Krik. (2019). Blown Film Extrusion 3e (Third Edition). Hanser. Pages 69-99

Dwiwedi, A.K. & Kumar, S. (2015). *Practical application of Taguchi method for optimization of process parameters in Injection Molding Machine for PP material*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Volume: 02 Issue: 04, e-ISSN: 2395 -0056, 264-268.

E. Gamache, Jean-François Agassant, Y. Demay, P. G. Lafleur. (2005). *Evaluation of Stresses in a Two-Layer Co-Extruded LDPE Melt Blown Film*. Journal of Plastic Film and Sheeting, SAGE Publications, 2005, 21 (2), pp.127-144. 10.1177/8756087905057006 . hal-00572061

Fei, N.C., Mehat, N.M., Kamaruddin, S. & Arif, Z.M. (2013). *Improving the Performance of Reprocessed ABS Products from the Manufacturing Perspective via the Taguchi Method. Hindawi Publishing Corporation*. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Manufacturing Engineering. Volume 2013, 1-9.

Flores-Johnson, E.A., et.al. (2015). Modelling wrinkling interactions produced by patterned defects in metal thin films. Extreme Mechanic Letters. 4 175-185. Elsevier

Gaspersz, Vincent. 2002. *Pedoman Implementasi Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA & HACCP.* Jakarta : PTT Gramedia Pustaka Utama.

Gruber, D., Berger, D., Pacher, G., Friesenbichler, B. (2011). *Novel approach to the measurement of the visual perceptibility of sink marks on injection molding parts.* Polymer Testing. 30 651–656

Golghate, C.D. & Pawar, M.S. (2013). *Adopting Best Practices In Blown Film Extrusion Process: Need Of The Hour To Control Environmental Burdensi*. Trans Stellar International Journal Of Industrial Engineering & Technology (IJIET). Vol. 3, Issue 1, 63-77.

Gu, F., Hall, P., Miles, N., Ding, Q., & Wu, T. (2014). *Improvement of mechanical properties of recycled plastic blends via optimizing processing parameters using the Taguchi method and principal component analysis*. Materials and Design 62 (2014) 189–198

Hanani, Z, A, N., O'Mahony, J., Roos, Y., Oliveira, P., Kerry, J.P. (2014). *Extrusion of gelatin-based composite films: Effects of processing temperature and pH of film forming solution on mechanical and barrier properties of manufactured films*. Food packaging and shelf life 2 (2014) 91–101

Hartono. (2012). *Meningkatkan Mutu Produk Plastik Dengan Metode Taguchi.* Indonesia.

Hasan, M. & Iqbal. (2009). *Pokok-pokok Materi Statistik I (Statistik Deskriptif).* Edisi 2. Jakarta: PT. Bumi Aksara.

Jaware, A., Bhandarem, K., Sonawane, G., & Bhagat, S. (2018). *Seven Quality Tools A Review.* International Research Journal of Engineering and Technology. Volume: 05 Issue: 05, 2796-2798.

Kale, H.P. & Hambire, U.V. (2013). *Optimization of Injection Molding Process Parameter for Reducing Shrinkage by Using High Density Polyethylene (HDPE) Material.* International Journal of Science and Research (IJSR). Vol. 4, Issue 5, 722-725.

Kamaruddin, S., Khan, Z., & Foong, S, H. (2010). *Application of Taguchi Method in the Optimization of Injection Moulding Parameters for Manufacturing Products from Plastic Blend.* IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol.2, No.6, December 2010 ISSN: 1793-8236.

Kamaruddin, S., Zakarria, N.S. & Mehat, N.M. (2016). *The Influence Of Plastic Extrusion Blow Molding Parameters On Waste Reduction*. ARPN Journal of Engineering and Applied Science. Vol. 11, No. 20, 12029-12032.

Kamsiati, E., Herawati, H. & Purwani, E. Y. (2017). *Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu Dan Ubikayu Di Indonesia.* Jurnal Litbang Pertanian Vo. 36 No.2. 67-76.

Karkhanis, S., Sabo, R., Stark, N.M. & Matuana, L.M. (2017). *Blown film extrusion of poly(lactic acid) without melt strength enhancers*. Journal of Applied Polymer Science. 1-10.

Kavade, M.V. & Kadam, S.D. (2012). *Parameter Optimization of Injection Molding of Polypropylene by using Taguchi Methodology.* IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). Volume 4, Issue 4, 49-58.

Khan, J.G., Dalu, R.S. & Gadekar, S.S. (2014). *Defects In Extrusion Process And Their Impact On Product Quality.* Vol. 3, No. 3, 188-194.

Kumar, D. & Kumar, S. (2015). *Process parameters optimization for HDPE material in Extrusion Blown Film Machinery using Taguchi method*. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). Volume 12, Issue 4, 1-3.

Majumder, K. K. (2008). *Blown Film Extrusion: Experimental, Modelling and Numerical Study*. School of Civil, Environmental and Chemical Engineering Science, Engineering and Technology Portfolio RMIT University.

Mehat, N, M. & Kamaruddin, S. (2011). *Optimization of mechanical properties of recycled plastic products via optimal processing parameters using the Taguchi method*. Journal of Materials Processing Technology. 1989-1994

Mikovic, J., Velickovic, S., Aleksandrovic, S., Adamovic, D. & Catic, D. (2014). *Application Of Taguchi Methods In Testing Tensile Strength Of Polyethylene.* International Quality Conference. 575-582.

Mishra, A., Mishra, P., & Sachendra. (2015). *Six Sigma Methodology In A Plastic Injection Molding Industry: A Case Study*. International Journal of Industrial Engineering and Technology. ISSN 0974-3146 Volume 7, Number 1 (2015), pp. 15-30

Montgomery, Douglas, C. 2009. *Introduction to Statistical Quality Control, Sixth Edition.* United States of America : John Wiley & Sons, Inc.

Pande, P.S., Robert, P., Neuman, & Ronald, R.C. (2002). *The Six Sigma Way (Bagaimana GE, Motorola, dan Perusahaan Terkenal Lainnya Mengasah Kinerja Mereka).* Yogyakarta: Andi.

Pirkle, C. & Braatz, R, D. (2010). *Instabilities and multiplicities in non isothermal blown film extrusion including the effects of crystallization.* Journal of Process Control

Radhwan, H., Mustaffa, M.T., Annuar, A.F., Azmi, H., Zakaria, M.Z., & Khalil, A.N.M. (2015). *An Optimization of Shrinkage in Injection Molding Parts by Using Taguchi Method*. Journal of Advanced Research in Applied Mechanics. Vol. 10, No. 1, 1-8.

Reddy, C.S.K., Khan, K.K.A. & Nagaraja, C. (2016). *A Review on the Determination of Melting Point Measurement System.* Singapore: International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering. International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. Vol. 5, Issue 2, 975-979.

Reksohadiprojo, Soekamto dan Sudarmo, I.G. (2000). *Manajemen Produksi.* Edisi 4. Yogyakarta: BPFE.

Samandhi, T.M.A., Ari., Prudensy, F. & Singal, Y.M.I. (2008). *Penerapan Six Sigma untuk Meningkatkan Kualitas Produk Bimoli Classic*. Jurnal Teknik Industri Undip. Vol. 3, No. 1.

Shenoy, A.V., and Saini, D.R. (1996). *Thermoplastic Melt Rheology and Processing*. Marcel Dekker Inc., New York.

Smith, R. Duane. (2002) *The Challenges of Winding Flexible Packaging Film",* Society of Plastic Engineer's ANTEC Conference, Moscone Convention Center, San Francisco, CA.

Smith, W.F. (2002). *Principles of Material Science and Engineering.* McGraw-Hill Series in Material Science and Engineering.

Soejanto, Irwan. (2008). *Rekayasa Kualitas: Eksperimen dengan Teknik Taguchi.* Surabaya : Yayasan Humaniora.

Sugiyono. (2003). *Metode Penelitian Bisnis*. Edisi 1, Bandung: Alfabeta.

Suryabrata, S. (1983). *Metodologi Penelitian*. Jakarta: Rajawali.

Tjiptono, Fandy, Diana, A. (2011). *Total Quality Management.* Yogyakarta: Andi.

Wang, C., Wang, H., & Liu, Y. (2015). *Separation of polyethylene terephthalate from municipal waste plastics by froth flotation for recycling industry.* Waste Management 35. 42–47

Yan, X., Huang, Y. & He, K. (2018). *Effect of ejection angle and blowing ratio on heat transfer and film cooling effect on a winglet tip*. International Journal of Heat and Mass Transfer. 357–374

Yizong, T., Ariff, Z.M. & Khalil, A.M. (2017). *Influence of Processing Parameters on Injection Molded Polystyrene using Taguchi Method as Design of Experiment*. Science Direct Procedia Engineering 184 (2017) 350 – 359.