



TUGAS AKHIR - SS 141501

**PENGENDALIAN KUALITAS PROSES PENETASAN
TELUR AYAM DI PT X UNIT HATCHERY MALANG
MENGUNAKAN PETA KENDALI MULTIATRIBUT**

**INTAN NURUL AMALIA
NRP 062114 4000 0124**

**Dosen Pembimbing
Dr. Drs. Agus Suharsono, M.S
Ni Luh Putu Satyaning Pradnya Paramita, S.Si., M.Sc**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



TUGAS AKHIR - SS 141501

**PENGENDALIAN KUALITAS PROSES PENETASAN
TELUR AYAM DI PT X UNIT HATCHERY MALANG
MENGUNAKAN PETA KENDALI MULTIATRIBUT**

**INTAN NURUL AMALIA
NRP 062114 4000 0124**

**Dosen Pembimbing
Dr. Drs. Agus Suharsono, M.S
Ni Luh Putu Satyaning Pradnya Paramita, S.Si., M.Sc**

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - SS 141501

**QUALITY CONTROL OF EGGS HATCHING
PROCESS IN PT X HATCHERY UNIT MALANG
USING MULTI-ATTRIBUTES CONTROL CHART**

**INTAN NURUL AMALIA
SN 062114 4000 0124**

Supervisors

Dr. Drs. Agus Suharsono, M.S

Ni Luh Putu Satyaning Pradnya Paramita, S.Si., M.Sc

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS, COMPUTING, AND DATA SCIENCE
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

PENGENDALIAN KUALITAS PROSES PENETASAN TELUR AYAM DI PT X UNIT HATCHERY MALANG MENGUNAKAN PETA KENDALI MULTIATRIBUT

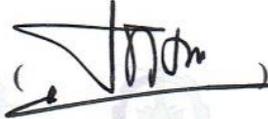
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Program Studi Sarjana Departemen Statistika
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
Intan Nurul Amalia
NRP. 062114 4000 0124

Disetujui oleh Pembimbing
Dr. Drs. Agus Suharsono, M.S
NIP. 19580823 198403 1 003

Ni Luh Putu Satyaning Pradnya
Paramita, S.Si., M.Sc
NIP. 1991201712036

()
()



Mengetahui,
Kepala Departemen


Dr. Suhartono
NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2018

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PENGENDALIAN KUALITAS PROSES PENETASAN TELUR AYAM DI PT X UNIT HATCHERY MALANG MENGUNAKAN PETA KENDALI MULTIATRIBUT

Nama : Intan Nurul Amalia
NRP : 062114 4000 0124
Departemen : Statistika-FMKSD-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Drs. Agus Suharsono, MS
Ni Luh Putu Satyaning Pradnya
Paramita, S.Si., M.Sc

Abstrak

PT X melakukan pengendalian kualitas mulai dari pembibitan DOC hingga proses akhir secara ketat namun selama ini perusahaan belum melakukan pengendalian kualitas lebih jauh menggunakan metode statistik. Pada penelitian ini, dilakukan analisis pengendalian kualitas secara statistik terhadap proses penetasan telur ayam menggunakan peta kendali p multiatribut karena tiga jenis kecacatan telur yang terjadi, yaitu abnormal, retak, dan pecah saling berkorelasi satu sama lain sehingga pengendalian kualitasnya dilakukan secara simultan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandang 1 dan 3 merupakan kandang yang paling bermasalah sehingga monitoring kualitas difokuskan pada telur yang berasal dari kedua kandang tersebut. Peta kendali p multiatribut fase I menunjukkan bahwa proses penetasan telur yang berasal dari kedua kandang tersebut belum terkendali secara statistik. Setelah diperoleh peta kendali fase I yang sudah in control, ternyata batas kendali yang diperoleh menunjukkan pergeseran proses yang semakin buruk pada fase II. Artinya, kecacatan telur yang terjadi pada fase II mengalami peningkatan dari periode sebelumnya. Dari hasil identifikasi diketahui bahwa abnormalitas merupakan jenis cacat yang memberikan kontribusi terbesar terhadap kecacatan telur yang mengakibatkan proses penetasan telur ayam tidak terkendali secara statistik.

Kata kunci: Kecacatan telur, pengendalian kualitas, peta kendali multiatribut, proses penetasan telur.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

QUALITY CONTROL OF EGGS HATCHING PROCESS IN PT X HATCHERY UNIT MALANG USING MULTI- ATTRIBUTES CONTROL CHART

Name : Intan Nurul Amalia
Student Number : 062114 4000 0124
Department : Statistics
Supervisors : Dr. Drs. Agus Suharsono, MS
Ni Luh Putu Satyaning Pradnya
Paramita, S.Si., M.Sc

Abstract

PT X perform quality control from DOC seeding to end of the process strictly yet hasn't been applied any statistical methods for quality control. The analysis of statistical quality control for the eggs hatching process is performed using p multi-attributes control chart. Since there are three types of defected eggs (abnormal, cracked, and broken) which are significantly correlated to one and another, the analysis of quality control is undertaken simultaneously. The results of the analysis show that cage 1 and 3 are the most problematic cages, hence the analysis is focused on both cages. The p multi-attributes control chart on phase I shows that the hatching process of the eggs gathered from both cages has not been statistically controlled. After the control chart on phase I is obtained, the control limit shows that there is a shifting process on phase II. The quality process on phase II is worse than phase I; the defected eggs produced on phase II has increased from the previous period. The cause of defected eggs has been identified and it suggests that the most contributive defects type causing the statistically uncontrolled eggs hatching process is abnormal eggs.

Keywords: *Defected eggs, eggs hatching process, multi-attributes control chart, quality control.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Pengendalian Kualitas Proses Penetasan Telur Ayam di PT X Unit Hatchery Malang Menggunakan Peta Kendali Multi-atribut”** dengan baik dan tepat pada waktunya. Penyusunan Tugas Akhir ini penulis telah menerima bantuan, bimbingan, saran, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan doa, bimbingan, motivasi, serta dukungan dalam bentuk moril maupun materiil kepada penulis.
2. Bapak Dr. Drs. Agus Suharsono, MS dan Ibu Ni Luh Putu Satyaning Pradnya Paramita, S.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Diaz Fitra Aksioma, M.Si selaku dosen wali sekaligus dosen penguji yang telah memberikan segala nasehat dan bimbingan kepada penulis selama masa studi serta saran yang membangun dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, MT selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Suhartono selaku Kepala Departemen Statistika FMKSD ITS dan Bapak Dr. Sutikno, M.Si selaku Ketua Prodi Sarjana Departemen Statistika FMKSD ITS.
6. Pihak perusahaan, khususnya Mas Mokhammad Khusnul Khitam, S.Pt selaku Manager Hatchery yang telah memberikan kemudahan dalam proses pengambilan data dan sangat ramah dalam memberikan berbagai informasi yang dibutuhkan penulis.
7. Teman-teman Statistika ITS angkatan 2014, RESPECT, dengan *tagline* “Lebih dekat dari tetangga, lebih besar dari keluarga” yang telah memberikan hangatnya kebersamaan dan rasa kekeluargaan selama masa perkuliahan hingga penyelesaian Tugas Akhir ini.

8. Semua teman, relasi, dan berbagai pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penelitian selanjutnya. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan kelemahan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak guna perbaikan di masa mendatang.

Surabaya, Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Uji Bartlett.....	7
2.2 Uji Homogenitas.....	7
2.3 Peta Kendali Atribut.....	8
2.3.1 Peta Kendali p	9
2.3.2 Peta Kendali p Multiatribut.....	10
2.3.3 Identifikasi Variabel Penyebab Proses yang Tidak Terkendali.....	13
2.4 Diagram Pareto.....	15
2.5 Diagram Ishikawa.....	15
2.6 Proses Penetasan Telur Ayam.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Sumber Data.....	21
3.2 Variabel Penelitian.....	21

3.3	Langkah Penelitian	23
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	25
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1	Karakteristik Data Kecacatan Telur.....	29
4.2	Uji Dependensi antar Jenis Kecacatan Telur	31
4.3	Pengujian Homogenitas antar Kandang.....	31
4.4	Pengendalian Kualitas Proses Penetasan Telur Ayam....	32
4.4.1	Peta Kendali p Multiatribut Kandang 1 Fase I.....	33
4.4.2	Peta Kendali p Multiatribut Kandang 1 Fase II....	38
4.4.3	Peta Kendali p Multiatribut Kandang 3 Fase I.....	43
4.4.4	Peta Kendali p Multiatribut Kandang 3 Fase II....	48
4.5	Diagram Pareto Kecacatan Telur.....	52
4.6	Identifikasi Penyebab Terjadinya Cacat Telur Dominan	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan).....	27
Gambar 4.1 Diagram Batang Persentase Kecacatan Telur Selama Periode 1 Januari – 30 April 2018.....	30
Gambar 4.2 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 1 Fase I.....	34
Gambar 4.3 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 1 Revisi Pertama.....	38
Gambar 4.4 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 1 Fase II....	39
Gambar 4.5 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 3 Fase I.....	44
Gambar 4.6 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 3 Revisi Pertama.....	47
Gambar 4.7 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 3 Fase II....	48
Gambar 4.8 Diagram Pareto Kecacatan Telur Kandang 1	52
Gambar 4.9 Diagram Pareto Kecacatan Telur Kandang 3	53
Gambar 4.10 Peta Kendali p Multiatribut Gabungan Fase I dan Fase II untuk Kandang 1.....	54
Gambar 4.11 Peta Kendali p Multiatribut Gabungan Fase I dan Fase II untuk Kandang 3.....	54
Gambar 4.12 Diagram Ishikawa Penyebab Kecacatan Telur	55

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.2 <i>Set Point</i> Temperatur Pada Mesin <i>Setter</i>	18
Tabel 2.3 <i>Set Point</i> Temperatur Pada Mesin <i>Hatcher</i>	19
Tabel 2.4 Standar <i>Grade</i> Ayam <i>Broiler</i>	19
Tabel 3.1 Nilai Bobot Masing-Masing Jenis Kecacatan Telur	22
Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian.....	23
Tabel 4.1 Nilai δ Pengamatan Tidak Terkendali di Fase I untuk Kandang 1	34
Tabel 4.2 Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> Fase I untuk Kandang 1 menggunakan <i>Marginal</i> <i>Control Chart</i>	35
Tabel 4.3 Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> Fase I untuk Kandang 1 menggunakan Peta Kendali Univariat.....	36
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Identifikasi Variabel Penye- bab <i>Out of Control</i> Fase I untuk Kandang 1	37
Tabel 4.5 Nilai δ Pengamatan Tidak Terkendali di Fase II untuk Kandang 1	40
Tabel 4.6 Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> Fase II untuk Kandang 1 menggunakan <i>Marginal</i> <i>Control Chart</i>	40
Tabel 4.7 Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> Fase II untuk Kandang 1 menggunakan <i>Marginal</i> <i>Control Chart</i> (Lanjutan).....	41
Tabel 4.8 Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> Fase II untuk Kandang 1 menggunakan Peta Kendali Univariat.....	42
Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Identifikasi Variabel Penye- bab <i>Out of Control</i> Fase II untuk Kandang 1	43
Tabel 4.10 Nilai δ Pengamatan Tidak Terkendali di Fase I untuk Kandang 3	44
Tabel 4.11 Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> Fase I untuk Kandang 3 menggunakan <i>Marginal</i> <i>Control Chart</i>	45

Tabel 4.12	Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> Fase I untuk Kandang 3 menggunakan Peta Kendali Univariat.....	46
Tabel 4.13	Perbandingan Hasil Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> Fase I untuk Kandang 3	46
Tabel 4.14	Nilai δ Pengamatan Tidak Terkendali di Fase II untuk Kandang 3	49
Tabel 4.15	Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> Fase II untuk Kandang 3 menggunakan <i>Marginal Control Chart</i>	49
Tabel 4.16	Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> Fase II untuk Kandang 3 menggunakan Peta Kendali Univariat.....	50
Tabel 4.17	Perbandingan Hasil Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> Fase II untuk Kandang 3	51

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A.** Data Kecacatan Telur Periode 1 Januari-30 April 2018 yang Berasal dari Semua Kandang
- Lampiran B.** *Output* SPSS Uji Dependensi antar Jenis Cacat
- Lampiran C.** *Output* SPSS Uji Homogenitas Kandang
- Lampiran D.** *Syntax* Matlab Peta Kendali p Multiatribut Fase I.
- Lampiran E.** *Syntax* Matlab Pembuatan Peta Kendali p Multiatribut Fase II dengan Batas Kendali Fase I yang *In Control*
- Lampiran F.** *Syntax* Matlab Pembuatan Peta Kendali Univariat
- Lampiran G.** Hasil Perhitungan Statistik Marginal dan Batas Kendali Marginal Fase I untuk Kandang 1
- Lampiran H.** Peta Kendali p Univariat di Kandang 1 Fase I
- Lampiran I.** Hasil Perhitungan Statistik Marginal dan Batas Kendali Marginal Fase II untuk Kandang 1
- Lampiran J.** Peta Kendali p Univariat di Kandang 1 Fase II
- Lampiran K.** Hasil Perhitungan Statistik Marginal dan Batas Kendali Marginal Fase I untuk Kandang 3
- Lampiran L.** Peta Kendali p Univariat di Kandang 3 Fase I
- Lampiran M.** Hasil Perhitungan Statistik Marginal dan Batas Kendali Marginal Fase II untuk Kandang 3
- Lampiran N.** Peta Kendali p Univariat di Kandang 3 Fase II

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas adalah prosedur yang digunakan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi kriteria yang telah ditentukan. Kualitas yang baik sangat penting untuk menjaga keseimbangan kegiatan produksi dan pemasaran suatu produk. Hal tersebut disebabkan oleh sikap konsumen yang menginginkan barang dan jasa dengan kualitas yang terjamin sehingga menyebabkan persaingan antara perusahaan semakin ketat. Oleh karena itu, perusahaan perlu menerapkan kebijakan untuk menjaga kualitas produknya agar diterima konsumen dan dapat bersaing dengan produk sejenis dari perusahaan lain. Untuk meningkatkan kepercayaan konsumen diperlukan sebuah peningkatan dan pengendalian kualitas yang mampu memenuhi kebutuhan pasar serta mengungguli para pesaingnya. Dalam bidang industri, pengendalian kualitas melibatkan pengembangan sistem untuk memastikan bahwa produk dan jasa dirancang dan diproduksi untuk memenuhi atau melampaui persyaratan dari pelanggan maupun produsen. Pengendalian kualitas dilakukan agar perusahaan dapat lebih cepat mengetahui penyebab terjadinya penyimpangan sehingga perusahaan dapat memutuskan tindakan yang diambil dengan tepat untuk mencegah kerugian yang akan ditimbulkan sebagai akibat dari penyimpangan tersebut.

PT X merupakan salah satu industri peternakan terintegrasi dan terbesar di Indonesia. Kompetensi utama PT X adalah produksi pakan ternak, produksi bibit ayam (*Day Old Chicks/DOC*), peternakan ayam komersial, *contract growing*, pemotongan ayam, dan produksi makanan olahan. Proses pengendalian kualitas dilakukan sejak proses pembibitan agar dapat menghasilkan DOC yang berkualitas tinggi. DOC tidak hanya harus siap produksi, tetapi juga harus mempunyai performa yang baik untuk menghasilkan daging maupun telur yang banyak dan berkualitas. Proses pengendalian mutu mulai dari pembibitan DOC hingga proses akhir produksi dilakukan secara ketat karena produk

peternakan menjadi produk yang dibutuhkan untuk konsumsi sehari-hari.

Untuk meminimumkan terjadinya telur yang gagal menetas atau hasil tetasan berupa DOC yang kurang baik, maka perlu dilakukan *monitoring* kualitas terhadap proses penetasannya. DOC yang berkualitas dapat dihasilkan dari telur yang bebas dari kecacatan, yaitu abnormal, retak, dan pecah. *Monitoring* kualitas terhadap proses penetasan telur yang dilakukan PT X unit Hatchery Malang masih sebatas pencatatan hasil inspeksi kualitas dan analisis dengan statistika deskriptif berupa proporsi kecacatan telur yang berasal dari masing-masing kandang. Selain itu, pihak perusahaan belum melakukan pengendalian kualitas lebih jauh menggunakan metode statistik. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan pengendalian kualitas secara statistik untuk mengetahui apakah proses penetasan telur ayam sudah berjalan dengan baik atau belum sehingga dapat digunakan sebagai bahan evaluasi pada proses penetasan telur ayam di masa mendatang.

Inilah yang mendasari penelitian mengenai penerapan peta kendali p multiatribut pada pengendalian kualitas terhadap proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang. Metode pengendalian kualitas statistik dengan peta kendali p multiatribut digunakan karena karakteristik kualitas yang diamati merupakan data atribut yaitu jenis kecacatan telur, dimana kecacatan yang terjadi lebih dari satu jenis cacat dan terdapat korelasi antar jenis cacatnya. Selain itu, peta kendali ini dapat digunakan ketika masing-masing jenis cacat memiliki tingkat kecacatan yang berbeda. Peta kendali p multiatribut yang didesain dua sisi ini juga mampu memberikan informasi mengenai perubahan proses yang semakin baik maupun proses yang semakin buruk. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan masukan atau usulan kepada pihak perusahaan dalam menentukan strategi pengendalian kualitas di masa yang akan datang sebagai upaya pengendalian dan peningkatan kualitas DOC yang dihasilkan.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Setyobudi (2012) mengenai manajemen penetasan di PT Hatchery Super Unggas Jaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PT SUJA menghasilkan tiga jenis *grade* DOC yaitu *grade* A Premium atau super, *grade* B/BM bobot rata-rata 38 gram, dan *grade* C polos

terlihat pusar hitam. Bibit ayam yang berkualitas memiliki ciri-ciri lincah dan aktif, bersuara nyaring, bulu tidak kusut, kaki mengkilap, pusar menutup sempurna, dan mata jernih bersinar. Pada penelitian tersebut hanya dilakukan analisis secara deskriptif dan belum menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC) untuk mengevaluasi penetasan di PT SUJA. Sukmawati (2012) melakukan penelitian untuk mengetahui mutu proses penetasan DOC menggunakan metode SPC pada mesin *hatchery* di PT Reza Perkasa. Pada penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa persentase kecacatan anak ayam DOC paling tinggi yaitu pada bulan Juni dan Januari sebesar 22.75% dan 19.12%. Berdasarkan diagram pareto didapat kecacatan yang paling sering terjadi yaitu kematian dalam cangkang (*dead in shell*) sebesar 93.7% dari total kecacatan yang terjadi. Dari diagram sebab-akibat diketahui penyebab kecacatan sehingga perusahaan dapat mengambil tindakan yang tepat untuk menekan tingkat kecacatan pada proses penetasan DOC.

Siregar (2015) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui apakah proses produksi AQUA kemasan 240 ml telah terkendali secara statistik dengan mengamati lima jenis cacat. Data yang digunakan adalah data bulan Desember 2014 untuk fase I dan data bulan Januari 2015 untuk fase II. Peta kendali p multivariat pada fase I menggambarkan kondisi yang terkendali dan batas kendali pada fase I cocok digunakan pada fase II sehingga peta kendali pada fase II menggambarkan kondisi yang terkendali juga. Dengan menggunakan diagram pareto diketahui frekuensi jenis cacat yang dominan yaitu cacat *lid*. Dengan menggunakan diagram sebab akibat dapat diketahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap ketidakstabilan produk yaitu mesin, metode, manusia, dan lingkungan. Metode yang sama juga digunakan oleh Cahyanto (2016) pada pengontrolan proses *rolling plate* baja di PT Gunawan Dianjaya Steel. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengevaluasi proses produksi tahap *rolling* periode Desember 2015 dan Januari 2016. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses belum terkendali pada kedua periode tersebut. Dari penelitian tersebut diketahui pula bahwa pada periode Desember 2015 semua jenis cacat memiliki proporsi yang sama sedangkan pada periode Januari 2016 jenis cacat yang dominan adalah *chamber* dan *scale*. Faktor-

faktor penyebab cacat yang telah diketahui di antaranya adalah kinerja mesin, bahan baku, dan faktor manusia.

1.2 Rumusan Masalah

Pada serangkaian proses penetasan telur ayam, pemilihan telur tetas yang bebas cacat sebagai *raw material* menjadi penentu keberhasilan dari proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian kualitas secara statistik terhadap proses penetasan telur ayam mengingat perusahaan belum pernah melakukan hal tersebut selama ini. Berdasarkan hal tersebut, rumusan masalah yang muncul sebagai acuan untuk analisis pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik data kecacatan dalam proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang pada periode 1 Januari hingga 30 April 2018?
2. Bagaimana *monitoring* kualitas terhadap proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang pada periode 1 Januari hingga 30 April 2018 menggunakan peta kendali multiatribut?
3. Jenis cacat apa yang dominan terjadi dalam proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang pada periode 1 Januari hingga 30 April 2018?
4. Bagaimana identifikasi penyebab terjadinya jenis cacat dominan dalam proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang pada periode 1 Januari hingga 30 April 2018?

1.3 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini berdasarkan rumusan masalah yang diambil adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui karakteristik data kecacatan dalam proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang pada periode 1 Januari hingga 30 April 2018.
2. Melakukan *monitoring* kualitas terhadap proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang pada periode 1 Januari hingga 30 April 2018 menggunakan peta kendali multiatribut.

3. Mengetahui jenis cacat dominan dalam proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang pada periode 1 Januari hingga 30 April 2018 menggunakan diagram Pareto.
4. Melakukan identifikasi penyebab terjadinya jenis cacat dominan dalam proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang pada periode 1 Januari hingga 30 April 2018 menggunakan diagram sebab akibat.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi PT X, yaitu pihak perusahaan dapat mengetahui hasil *monitoring* kualitas terhadap proses penetasan telur ayam periode 1 Januari hingga 30 April 2018. Selain itu, hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai masukan dan pertimbangan bagi pihak perusahaan dalam menentukan strategi pengendalian kualitas di masa yang akan datang sebagai upaya peningkatan kualitas proses penetasan telur ayam sehingga dapat menghasilkan bibit ayam yang lebih berkualitas.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini, *monitoring* difokuskan terhadap kualitas telur tetas sebagai *raw material* yang digunakan dalam proses penetasan telur ayam yang berjalan pada periode 1 Januari hingga 30 April 2018.
2. Apabila pada pengujian homogenitas diperoleh hasil bahwa kecacatan telur yang berasal dari tujuh kandang bersifat homogen, maka *monitoring* kualitas proses penetasan telur ayam dengan menggunakan peta kendali p multiatribut hanya dilakukan satu kali karena dianggap sudah dapat mewakili keseluruhan kandang. Sedangkan apabila tidak homogen, maka peta kendali p multiatribut dibuat sebanyak dua dari tujuh kandang yang dimiliki perusahaan. Dua kandang tersebut merupakan kandang yang paling bermasalah berdasarkan informasi yang diberikan perusahaan dan karakteristik kecacatannya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uji Bartlett

Uji Bartlett digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel pada kasus multivariat. Hipotesis yang digunakan untuk melakukan uji Bartlett adalah sebagai berikut.

H_0 : $\rho = \mathbf{I}$ (matriks korelasi merupakan matriks identitas)

H_1 : $\rho \neq \mathbf{I}$ (matriks korelasi bukan merupakan matriks identitas)

Statistik uji yang digunakan dalam uji Bartlett adalah sebagai berikut.

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

Keterangan:

n : Banyak data pengamatan

p : Banyak variabel yang digunakan

\mathbf{R} : Matriks korelasi

Daerah kritis yang digunakan dalam uji Bartlett ini adalah H_0 ditolak jika $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{\alpha, 0.5p(p-1)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$. Hal ini berarti bahwa matriks korelasi bukan merupakan matriks identitas, dengan kata lain terdapat hubungan antar variabelnya (Morrison, 1990).

2.2 Uji Homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk mengetahui apakah matriks varians-kovarians antar populasi bersifat homogen atau tidak. Uji homogenitas dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya adalah metode Box's *M test*. Rumusan hipotesis yang digunakan dalam uji homogenitas ini adalah sebagai berikut.

H_0 : $\Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_g$ (matriks varians-kovarians antar populasi homogen)

H_1 : Minimal terdapat satu $\Sigma_i \neq \Sigma_j$ (matriks varians-kovarians antar populasi tidak homogen)

Statistik uji dalam uji homogenitas menggunakan Box's *M test* adalah sebagai berikut (Johnson & Wichern, 2007).

$$C = (1 - u)M \quad (2.2)$$

dimana:

$$u = \left[\sum_{l=1}^g \frac{1}{n_l - 1} - \frac{1}{\sum_{l=1}^g (n_l - 1)} \right] \left[\frac{2p^2 + 3p - 1}{6(p+1)(g-1)} \right] \quad (2.3)$$

$$M = \left[\sum_{l=1}^g (n_l - 1) \right] \ln |S_{pooled}| - \sum_{l=1}^g [(n_l - 1) \ln |S_l|] \quad (2.4)$$

$$S_{pooled} = \frac{1}{\sum_{l=1}^g (n_l - 1)} \{ (n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2 + \dots + (n_g - 1)S_g \} \quad (2.5)$$

Keterangan:

p : Banyak variabel yang digunakan

g : Banyak grup/populasi

n_l : Ukuran sampel pada populasi ke- l

S_l : Matriks kovarians pada populasi ke- l , dimana $l = 1, 2, \dots, g$

S_{pooled} : Matriks kovarians *pooled*

Daerah kritis dalam uji *Box's M* ini adalah H_0 ditolak jika

$C > \chi_{p(p+1)(g-1)/2}^2$ yang berarti bahwa matriks varians-kovarians antar populasi tidak homogen.

2.3 Peta Kendali Atribut

Peta kendali merupakan suatu alat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan-perubahan atau penyimpangan dari spesifikasi produk atau jasa yang telah ditetapkan oleh suatu perusahaan dalam pelaksanaan proses. Melalui peta kendali dapat diketahui grafik variasi dari suatu proses apakah masih terdapat dalam batas kontrol dan mengetahui perubahan yang terjadi dalam suatu proses, sehingga produk yang mengalami kerusakan selama proses bisa ditekan atau dihilangkan.

Peta kendali atribut merupakan salah satu peta kendali yang digunakan untuk mengendalikan kualitas produk selama proses yang tidak dapat diukur (*unmeasurable*), tetapi dapat dihitung. Pengukuran dari unit sampel diklasifikasikan dalam dua kategori, yaitu baik atau buruk, sukses atau gagal, cacat atau tidak cacat, dan sebagainya (Ariani, 1999).

2.3.1 Peta Kendali p

Peta kendali p adalah peta kendali yang menggunakan proporsi dari ketidaksesuaian produk dalam suatu sampel yang sedang diinspeksi. Dengan peta kendali ini, jumlah sampel tiap inspeksi diambil secara periodik dan jumlah sampelnya berbeda-beda tiap inspeksi atau pengamatan (Montgomery, 2013). Proporsi dari ketidaksesuaian (p) didefinisikan sebagai rasio dari banyak ketidaksesuaian atau cacat yang terambil (D) dengan jumlah sampel yang terambil (n), sehingga bisa dibentuk persamaan sebagai berikut.

$$p = \frac{D}{n} \quad (2.6)$$

Apabila p tidak diketahui, maka harus ditaksir dari data observasi. Prosedur secara umum adalah memilih m sampel pendahuluan, masing-masing berukuran n . Sebagai aturan umum, m haruslah 20 atau 25. Maka jika ada D_i unit tak sesuai dalam sampel i , bagian tak sesuai dalam sampel ke- i tersebut dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m \hat{p}_i}{m} \quad (2.7)$$

Jika digunakan $k = 3$, maka batas kendali peta kendali p dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} UCL &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \\ CL &= \bar{p} \\ LCL &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Keterangan :

UCL : Upper Control Limit

LCL : Lower Control Limit

\bar{p} : Rata-rata dari proporsi produk cacat

n : Ukuran subgrup.

2.3.2 Peta Kendali p Multiatribut

Peta kendali p multiatribut merupakan pengembangan dari peta kendali p univariat dimana dalam peta kendali ini dilakukan pengendalian kualitas dari beberapa karakteristik kualitas atribut secara simultan. Dalam peta kendali p multiatribut digunakan nilai pembobot untuk mengontrol dan menaksir parameter tingkat kecacatan secara keseluruhan dalam proses.

Tingkat kecacatan secara keseluruhan dievaluasi dengan menggambarkan proses satu sampel dari n item, misalkan $\mathbf{D} = (D_0, D_1, \dots, D_i, \dots, D_k)$ menjadi vektor dari $(k+1)$ kategori cacat, D_i menunjukkan kategori tingkat cacat, D_0 adalah kategori bebas cacat, dan D_k adalah cacat yang paling serius. Karena cacat yang berbeda membawa penurunan kualitas proses yang berbeda pula, maka sesuai dengan vektor \mathbf{D} , dapat didefinisikan vektor bobot yang merupakan evaluasi numerik dari tingkat cacat yang ditemukan dalam sebuah produk. Penentuan bobot kecacatan dapat ditentukan berdasarkan beberapa faktor antara lain disfungsi produk, ketidakpuasan, kerugian ekonomi, peningkatan biaya, atau kerugian yang disebabkan oleh kecacatan produk (Cozzucoli, 2009).

Produk yang diklasifikasikan dalam masing-masing $(k+1)$ kategori kualitas cacat dimana variabel acak multiatribut $\mathbf{X} = (X_0, X_1, \dots, X_i, \dots, X_k)$ memiliki distribusi multinomial dengan parameter n dan vektor probabilitas $\mathbf{p} = (p_0, p_1, \dots, p_i, \dots, p_k)$ sehingga $0 \leq p_i \leq 1$ dan $\sum p_i = 1$. X_i adalah jumlah item dalam sampel yang diklasifikasikan dalam kategori cacat D_i yang menunjukkan tingkat cacat ke- i sedangkan p_i adalah probabilitas item yang diklasifikasikan dalam kategori cacat D_i . Dalam prosedur pengendalian kualitas, p_i adalah proporsi ketidaksesuaian item yang diklasifikasikan sebagai cacat di kelas i . Akibatnya, variabel acak multiatribut \mathbf{X} memiliki distribusi acak multinomial dengan parameter (n, \mathbf{p}) dimana n adalah ukuran sampel dan \mathbf{p} adalah vektor probabilitas.

Vektor nilai pembobot diberikan oleh $\mathbf{d} = (d_0, d_1, \dots, d_i, \dots, d_k)$ pada vektor kategori cacat \mathbf{D} dengan nilai pembobot sebesar $0 \leq d_i \leq 1$, $d_i < d_{i+1}$, $d_0 = 0$, dan $d_l = 1$, dimana nilai pembobotnya ditentukan oleh perbedaan tingkat cacat. Jadi, untuk menentukan

vektor \mathbf{d} dan vektor \mathbf{p} , indeks normalisasi dari tingkat cacat keseluruhan adalah sebagai berikut.

$$\delta = \sum_{i=0}^k d_i p_i \quad (2.9)$$

Keterangan:

d_i = Vektor pembobot ($0 \leq d_i \leq 1$)

p_i = Proporsi ketidaksesuaian item kelas cacat ke- i

δ = Tingkat cacat keseluruhan ($0 \leq \delta \leq 1$)

Karena $0 \leq p_i \leq 1$ dan $0 \leq d_i \leq 1$ sehingga indeks hanya dapat diambil antara nilai nol dan satu, yaitu $0 \leq \delta \leq 1$. Hal ini dilakukan untuk mengukur bobot tingkat cacat keseluruhan. Dalam kasus-kasus ekstrim, indeks diambil minimum ketika semua item yang diproduksi bebas dari cacat, yaitu $\delta = 0$ jika dan hanya jika $p_i = 0$, $i = 1, \dots, k$ atau diambil maksimal ketika item yang diproduksi semua diklasifikasikan dalam kelas cacat maksimum yaitu $\delta = 1$ jika dan hanya jika $p_k = 1$.

Misalkan $\mathbf{X} = (X_0, X_1, \dots, X_i, \dots, X_k)$ adalah estimator maksimum likelihood dari parameter $\mathbf{p} = (p_0, p_1, \dots, p_i, \dots, p_k)$ dimana $\hat{p}_i = x_i/n$. Oleh karena itu, untuk menduga parameter δ digunakan statistik sampling sebagai berikut.

$$\hat{\delta} = \sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \quad (2.10)$$

Dimana $\hat{\delta}$ merupakan estimator tak bias dari δ . Sehingga nilai ekspektasi dari $\hat{\delta}$ adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} E(\delta) &= E\left(\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i\right) \\ E(\delta) &= \sum_{i=0}^k E(d_i \hat{p}_i) \\ E(\delta) &= \sum_{i=0}^k E(d_i)E(\hat{p}_i) \\ E(\delta) &= \sum_{i=0}^k d_i p_i \end{aligned} \quad (2.11)$$

Dan nilai varians dari $\hat{\delta}$ adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{var}(\hat{\delta}) &= \text{var}\left(\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i\right) = \sum_{i=0}^k \text{var}(d_i \hat{p}_i) \\
 \text{var}(\hat{\delta}) &= \sum_{i=0}^k \text{var}(d_i) \text{var}(x_i/n) \\
 \text{var}(\hat{\delta}) &= \sum_{i=0}^k \left[d_i^2 \left(\frac{1}{n^2} \right) n p_i (1 - p_i) \right] \\
 \text{var}(\hat{\delta}) &= \frac{1}{n} \sum_{i=0}^k d_i^2 p_i (1 - p_i) \\
 \text{var}(\hat{\delta}) &= \frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 p_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i p_i \right)^2 \right]
 \end{aligned} \tag{2.12}$$

Sehingga penaksir tak bias dari $\text{var}(\hat{\delta})$ adalah sebagai berikut.

$$s^2(\hat{\delta}) = \frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \right)^2 \right] \tag{2.13}$$

Berdasarkan teorema limit pusat multivariat Lindenberg-Lèvy, vektor $\hat{\mathbf{p}}$ mempunyai distribusi normal multivariat sehingga penaksir $\hat{\delta}$ mempunyai distribusi normal asimtotik. Oleh karena itu, selang kepercayaan $(1-\alpha)$ simultan untuk tingkat cacat keseluruhan dapat diperoleh dengan menggunakan prosedur berdasarkan pertidaksamaan Šidák sebagai berikut (Šidák, 1967, 1968).

$$\begin{aligned}
 \hat{\delta} = \sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \in \\
 \left\{ \sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \pm z_{(1-\alpha)^{1/(k+1)}} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \right\}
 \end{aligned} \tag{2.14}$$

Dimana $z_{(1-\alpha)^{1/(k+1)}}$ adalah kuantil atas $(1-\alpha)^{1/(k+1)}$ dari distribusi normal standar.

Umumnya, $\mathbf{p}_0 = (p_{00}, p_{10}, \dots, p_{i0}, \dots, p_{k0})$ tidak diketahui dan perlu diestimasi menggunakan m sampel pendahuluan dari ukuran n berdasarkan proses terkendali. Misalkan $\mathbf{X}_t = (X_{0t}, X_{1t}, \dots,$

X_{it}, \dots, X_{kt} , $t = 1, 2, \dots, m$ menjadi satu set sampel pendahuluan dari ukuran n yang diambil dari proses multinomial \mathbf{X} dengan parameter (n, \mathbf{p}) . Secara khusus, X_{it} adalah jumlah item dalam sampel ke- t yang diklasifikasikan dalam kategori cacat D_i . Oleh karena itu, penaksir tak bias dari parameter p_i adalah sebagai berikut.

$$\bar{\hat{p}}_i = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \hat{p}_{it}, i = 1, 2, \dots, k \quad (2.15)$$

Dimana $\hat{p}_{it} = x_{it}/n_t$ dengan $i = 0, \dots, k$ dan $t = 1, 2, \dots, m$. Sehingga diperoleh nilai batas kendali atas (UCL), garis tengah (CL), dan batas kendali bawah (LCL) pada peta kendali p multiatribut sebagai berikut.

$$\begin{aligned} UCL &= \sum_{i=0}^k d_i \bar{\hat{p}}_i + z_{(1-\alpha)^{1/(k+1)}} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 \bar{\hat{p}}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i \bar{\hat{p}}_i \right)^2 \right]} \\ CL &= \sum_{i=0}^k d_i \bar{\hat{p}}_i \\ LCL &= \sum_{i=0}^k d_i \bar{\hat{p}}_i - z_{(1-\alpha)^{1/(k+1)}} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 \bar{\hat{p}}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i \bar{\hat{p}}_i \right)^2 \right]} \end{aligned} \quad (2.16)$$

Dengan nilai batas kendali yang diperoleh, penurunan kualitas proses akan terjadi ketika nilai statistik sampling $\hat{\delta}$ berdasarkan persamaan (2.10) berada di atas UCL atau peningkatan kualitas proses akan terjadi ketika nilai statistik sampling $\hat{\delta}$ berada di bawah UCL.

2.3.3 Identifikasi Variabel Penyebab Proses yang Tidak Terkendali

Identifikasi variabel penyebab proses yang tidak terkendali merupakan langkah penting dalam melakukan pengendalian kualitas dengan lebih dari satu karakteristik kualitas secara simultan. Ketika nilai statistik sampling ($\hat{\delta}$) berada di luar batas kendali, prosedur ini perlu dilakukan untuk mengetahui karakteristik kualitas mana yang memberikan kontribusi terbesar dalam perubahan proses sehingga menyebabkan suatu proses berada dalam kondisi tidak terkendali. Terdapat dua pendekatan

yang dapat digunakan dalam melakukan identifikasi variabel penyebab proses yang tidak terkendali, yaitu (i) membuat peta kendali sebanyak kombinasi $k-1$ variabel dari k variabel yang digunakan, disebut sebagai *marginal control chart* dan (ii) membuat peta kendali univariat yang dapat digunakan untuk memberikan informasi tambahan mengenai sinyal *out of control*. Berdasarkan prosedur interpretasi sinyal *out of control* yang dilakukan oleh Taleb (2009), langkah-langkah dalam melakukan identifikasi variabel penyebab proses yang tidak terkendali adalah sebagai berikut.

- **Langkah 1:** Menghitung nilai statistik sampling ($\hat{\delta}$) untuk semua kombinasi ($k-1$) variabel dari k variabel karakteristik kualitas yang digunakan. Nilai $\hat{\delta}$ yang telah didekomposisikan variabelnya disebut sebagai *marginal statistic*, dinotasikan $\hat{\delta}_{t(i)}$, dimana (i) adalah variabel yang tidak diikutsertakan dalam perhitungan *marginal statistic* dengan $i = 1, 2, \dots, k$.
- **Langkah 2:** Membuat *plot* nilai *marginal statistic* yang diperoleh pada langkah 1 ke dalam *marginal control chart* dengan batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) seperti pada persamaan (2.16) tanpa memasukkan variabel ke- i , dapat dinotasikan sebagai $UCL_{(i)}$ dan $LCL_{(i)}$.
- **Langkah 3:** Jika nilai $\hat{\delta}_{t(i)}$ pada *plot* berada di dalam batas kendali *marginal control chart*, maka dapat disimpulkan bahwa variabel ke- i tersebut adalah variabel penyebab terjadinya perubahan proses (kondisi tidak terkendali) yang terdeteksi pada *joint multivariate control chart* (peta kendali dengan kombinasi semua k variabel).

Sebagai contoh, sebuah perusahaan melakukan pengendalian kualitas terhadap tiga variabel secara simultan ($i = 1, 2, 3$). Ketika pada peta kendali multivariat terdeteksi bahwa terdapat lima pengamatan yang *out of control* sehingga perlu dilakukan identifikasi variabel penyebab terjadinya kondisi tersebut. Nilai $\hat{\delta}_{t(1)}, \hat{\delta}_{t(2)}, \hat{\delta}_{t(3)}$ yang telah dihitung kemudian di-*plot*-kan ke dalam tiga *marginal control chart* dan ditemukan bahwa $\hat{\delta}_{t(2)}$ berada di dalam $UCL_{(2)}$ maupun $LCL_{(2)}$ sedangkan dua *marginal*

control chart yang lain masih berada di luar batas kendali ($\hat{\delta}_{t(1)}$ berada di luar $UCL_{(1)}$ dan $LCL_{(1)}$, $\hat{\delta}_{t(3)}$ di luar $UCL_{(3)}$ dan $LCL_{(3)}$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa variabel kedua merupakan variabel penyebab terjadinya *out of control* pada *joint multivariate control chart*.

2.4 Diagram Pareto

Diagram pareto adalah sebuah metode untuk mengelola kesalahan, masalah, atau cacat guna membantu memusatkan perhatian untuk upaya penyelesaian masalah. Diagram ini dibuat berdasarkan karya Vilfredo Pareto, seorang pakar ekonomi pada abad ke-19. Joseph M. Juran mempopulerkan pekerjaan Pareto dengan menyatakan 80% permasalahan perusahaan merupakan hasil dari penyebab yang 20% saja (Heizer & Render, 2009). Langkah-langkah dalam pembuatan diagram Pareto adalah sebagai berikut.

1. Mengelompokkan masalah yang ada dan nyatakan hal tersebut dalam angka yang bisa terukur secara kuantitatif.
2. Mengatur masing-masing penyebab atau masalah yang ada sesuai dengan pengelompokkan yang dibuat. Pengaturan dilaksanakan berurutan sesuai dengan besarnya nilai kuantitatif masing-masing. Selanjutnya gambarkan keadaan ini dalam bentuk grafik kolom. Penyebab nilai kuantitatif terkecil digambarkan paling kanan.
3. Membuat grafik garis secara kumulatif (berdasarkan persentase penyimpangan) di atas grafik kolom ini. Grafik garis ini dimulai dari penyebab penyimpangan terbesar terus terkecil.

2.5 Diagram Ishikawa

Diagram Ishikawa atau yang biasa disebut sebagai diagram tulang ikan atau diagram sebab-akibat merupakan diagram yang digunakan untuk mengidentifikasi sumber penyebab atau akar dari permasalahan yang terjadi dalam proses. Penyebab dari masalah yang terjadi sering diakibatkan oleh lima elemen yaitu, *Man*, *Method*, *Machine*, *Material*, dan *Environment* (Montgomery, 2013). Penjelasan lima elemen dari diagram Ishikawa adalah sebagai berikut.

- a. Manusia (*man*), karyawan atau operator berperan sangat besar di dalam pelaksanaan proses produksi karena mereka yang berhubungan langsung dengan mesin dan bahan baku. Tingkat kedisiplinan dan keahlian operator juga menjadi faktor yang penting untuk diperhatikan.
- b. Mesin (*machine*), merupakan faktor yang cukup penting karena berhubungan langsung dengan bahan baku yang akan diolah dan proses *setting* mesin juga merupakan salah satu hal yang cukup penting untuk diperhatikan.
- c. Bahan baku (*material*), faktor material dapat mempengaruhi hasil akhir dari produk dan dapat juga mengakibatkan kecacatan.
- d. Metode (*method*), kesalahan metode dapat mengakibatkan hasil akhir yang cacat atau tidak sesuai dengan yang seharusnya dibuat.
- e. Lingkungan (*environment*), faktor lingkungan dapat mempengaruhi kondisi material yang akan diproses atau mempengaruhi orang atau karyawan dalam melaksanakan proses produksi.

2.6 Proses Penetasan Telur Ayam

Penetasan merupakan suatu proses perkembangan embrio di dalam telur sampai telur pecah menghasilkan anak ayam, penetasan dapat dilakukan secara alami oleh induk ayam atau secara buatan (*artifisial*) menggunakan mesin tetas (Suprijatna dkk, 2005). Proses penetasan terdiri dari penerimaan telur tetas dari perusahaan pembibitan, seleksi dan fumigasi telur tetas, *setting* telur tetas pada mesin *setter* atau pengeram, transfer telur tetas pada mesin *hatcher*. Faktor yang perlu diperhatikan agar penetasan berhasil adalah fumigasi mesin tetas, temperatur dan kelembaban, mesin inkubasi (*setter*), ventilasi, posisi telur selama inkubasi dan pembalikan, membedakan telur fertil selama *candling*, *pulling* dan *sexing* (Kartasudjana & Suprijatna, 2006). Proses penetasan telur ayam dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Penerimaan HE

HE yang diterima oleh unit penetasan berasal dari perusahaan yang sama namun unit yang berbeda, yaitu unit pembibitan PT X. Unit pembibitan yang berperan sebagai pemasok

HE tersebut sama-sama berlokasi di Kabupaten Malang dan berjarak hanya sekitar dua kilometer dari unit penetasannya. Penanganan telur tetas sebelum ditetaskan adalah seleksi telur tetas atau *grading*, fumigasi telur tetas, dan penyimpanan sementara telur tetas di dalam *cooling room* sebelum dimasukkan ke mesin *setter*. Telur yang digunakan sebagai telur tetas harus melewati proses *grading* dan fumigasi, tujuannya adalah untuk mendapatkan anak ayam yang sesuai dengan harapan. Telur tetas diseleksi berdasarkan bentuk, kebersihan cangkang dan bobot telur tetas berkisar 51-58 gram (Sudaryani & Santoso, 2002). Untuk mendapatkan telur tetas yang memiliki daya tetas tinggi harus memperhatikan kebersihan kerabang (cangkang) telur, bobot dan bentuk telur, dan kerabang telur dalam keadaan utuh (Rahayuningtyas dkk, 2014). Selain itu, dilakukan pemeriksaan juga apakah telur yang akan ditetaskan mengalami abnormalitas dengan ciri-ciri bentuk tidak oval, cangkang telur tipis, warna cangkang cenderung pucat, cangkang berpasir, dan cangkang keriput.

2. Penyimpanan HE

Apabila dalam proses penetasan telur tetas harus disimpan terlebih dahulu, sebaiknya temperatur tempat penyimpanan tidak lebih tinggi dari temperatur untuk perkembangan embrio. Oleh karena itu, temperatur ruang penyimpanan telur berkisar 18°C dengan kelembaban ruangan berkisar 75-80 % RH. Telur tetas tidak boleh disimpan terlalu lama, diusahakan kurang dari 5 hari penyimpanan dengan posisi penyimpanan ujung tumpul telur terletak di atas (Suprijatna dkk, 2005).

3. Pengeraman

Telur yang siap ditetaskan dimasukkan ke dalam mesin *setter* selama 18 hari. Mesin *setter* memiliki *set point* temperatur dan kelembaban yang berbeda setiap harinya. Mesin *setter* menggunakan sistem *heating* yang berfungsi sebagai pengatur panas dalam mesin dan *cooling* untuk mendinginkan mesin. *Set point* temperatur pada mesin *setter* dari hari ke hari semakin menurun karena dalam telur mengalami perkembangan dan menghasilkan panas dari tubuh embrio ayam sendiri. Operator mesin melakukan pemeriksaan setiap tiga jam sekali terhadap mesin *setter* tersebut untuk mendeteksi apakah terdapat masalah

pada mesin tersebut. Apabila temperatur mesin mencapai 0.5F di atas *set point*, maka akan terdapat alarm *high temperature* yang mengindikasikan sistem *cooling* mesin bermasalah sehingga operator mesin akan melakukan pemeriksaan terhadap mesin tersebut. Begitu juga sebaliknya, apabila temperatur mesin berada 0.5F di bawah *set point*, maka akan terdapat alarm *low temperature* yang mengindikasikan bahwa sistem *heating* mesin bermasalah. *Set point* temperatur yang digunakan perusahaan selama masa pengeraman telur adalah sebagai berikut.

Tabel 2.1 *Set Point* Temperatur Pada Mesin *Setter*

Hari ke-	<i>Set Point</i> (F)	Hari ke-	<i>Set Point</i> (F)
1	100.4	10	99.7
2	100.2	11	99.5
3	100.1	12	99.3
4	100.1	13	98.9
5	100	14	98.6
6	100	15	98.3
7	99.9	16	98
8	99.8	17	97.8
9	99.8	18	97.8

4. Transfer HE

HE yang sudah melewati masa pengeraman di mesin *setter* selama 18 hari selanjutnya ditransfer / dipindahkan ke dalam mesin *hatcher*. Pada proses transfer ini dilakukan peneropongan terhadap HE untuk mengidentifikasi telur yang infertil atau telur yang akan gagal menetas. Telur yang infertil ditandai dengan warna yang terang sedangkan telur yang fertil ditandai dengan warna yang gelap seperti tidak tembus cahaya saat dilakukan peneropongan. Karyawan juga melakukan inspeksi apakah terdapat keretakan pada cangkang telur sebagai akibat dari *handling* yang kasar. Telur yang terdeteksi infertil dan retak akan disingkirkan sehingga tidak dapat dilanjutkan pada tahap berikutnya.

5. Penetasan telur

HE yang sudah melewati masa pengeraman di mesin *setter* selama 18 hari kemudian dipindahkan ke dalam mesin *hatcher*

untuk mengalami penetasan pada hari ke-19 sampai hari ke-21. Mesin *hatcher* juga memiliki *set point* temperatur dan kelembaban agar telur dapat menetas dengan baik. Operator mesin melakukan pemeriksaan mesin *hatcher* setiap tiga jam sekali untuk mendeteksi apakah mesin *hatcher* yang bekerja sudah sesuai dengan *set point* temperatur yang sudah distel. *Set point* temperatur yang digunakan perusahaan selama masa penetasan telur adalah sebagai berikut.

Tabel 2.2 *Set Point Temperatur Pada Mesin Hatcher*

Hari ke-	Set Point (F)
19	97.8
20	97.6
21	97.5

6. Penanganan setelah telur menetas

Telur yang sudah menetas tidak langsung dilakukan pemisahan DOC dengan cangkang telurnya. Telur yang sudah menetas harus melewati masa inkubasi sampai bulu anak ayam sudah 95% kering. DOC yang sudah dipisahkan dari cangkang telurnya kemudian diseleksi untuk memilih DOC yang berkualitas dan siap didistribusikan berdasarkan *grade* yang telah ditetapkan. DOC yang berkualitas ditandai dengan tidak terdapat cacat fisik, puser kering dan tertutup baik, kaki berwarna kuning cerah dan tidak kering, dapat berdiri tegak, warna bulu tidak kusam, responsif, dan beratnya berkisar antara 67%-68% dari bobot telur awal. Klasifikasi DOC yang ditetapkan oleh PT X diberikan pada tabel berikut.

Tabel 2.3 *Standar Grade Ayam Broiler*

Umur Induk (Minggu)	Kategori	Berat HE (Gram)	Berat DOC (Gram)
25 - 67	Polos	45 - 41.9	31 - 34
27 - 67	BM	52 - 54.9	35 - 37
30 - 67	A1	55 - 60.9	38 - 40
36 - 55	A2	61 - 72	41 - 47
40 - 67	A3	> 72	> 47

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua macam, yaitu data sekunder dan data primer yang berasal dari PT X unit Hatchery Malang. Data sekunder merupakan data kecacatan telur sebagai hasil dari proses seleksi telur tetas (*hatching eggs/HE*) pada periode 1 Januari hingga 30 April 2018. Proses seleksi HE tersebut dilakukan setiap hari dengan cara melakukan inspeksi secara menyeluruh, yaitu tanpa melakukan pengambilan sampel HE dimana banyaknya HE yang diseleksi berbeda setiap hari tergantung dari banyaknya HE yang diterima pada hari tersebut. HE yang diterima oleh pihak *hatchery* (unit penetasan) berasal dari tujuh kandang yang ada di *breeding farm*-nya (unit pembibitan). Pada penelitian ini data proses penetasan telur ayam dibagi menjadi dua fase, yaitu proses penetasan telur ayam periode 1 Januari-31 Maret 2018 untuk fase I dan periode 1-30 April 2018 untuk fase II. Sedangkan data primer diperoleh melalui wawancara kepada pihak PT X unit Hatchery Malang untuk mendapatkan data berupa deskripsi penyebab terjadinya kecacatan telur yang digunakan untuk membuat diagram sebab-akibat.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam *monitoring* kualitas proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang adalah jumlah telur cacat yang diklasifikasikan menjadi tiga jenis kecacatan, yaitu telur abnormal, telur retak, dan telur pecah. Definisi masing-masing jenis kecacatan telur adalah sebagai berikut.

a. Telur abnormal

Telur dikatakan abnormal apabila telur tersebut memiliki ciri-ciri antara lain bentuk telur tidak oval, cangkang telur tipis, warna cenderung pucat, cangkang telur berpasir, dan cangkang telur keriput sehingga telur yang abnormal berpotensi untuk menyebabkan terjadinya jenis cacat yang lain, yaitu retak dan pecah. Telur abnormal mengindikasikan bahwa terdapat masalah

pada kesehatan induk ayam sehingga perusahaan perlu melakukan penanganan terhadap kondisi kandangnya.

b. Telur retak

Keretakan pada cangkang telur dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti terinjak oleh ayam dan terkena lantai kandang. Telur yang retak dapat terjadi sebagai akibat dari cangkang telur yang tipis sehingga rentan mengalami keretakan. Selain itu, keretakan telur juga dapat disebabkan oleh proses *handling* yang kasar ketika dipindahkan dari unit *breeding farm* ke unit *hatchery*.

c. Telur pecah

Telur yang pecah juga memiliki penyebab yang sama dengan telur yang retak. Telur yang pecah dideskripsikan cangkang telur telah terbuka namun masih terdapat isi telur (putih dan kuning telur) di dalamnya.

Pada satu butir telur terdapat kemungkinan lebih dari satu jenis cacat, misalkan abnormal dan retak atau abnormal dan pecah, dan tidak mungkin bahwa retak dan pecah dapat terjadi secara bersamaan. Jika dalam satu telur terdapat dua jenis kecacatan, maka karyawan yang melakukan seleksi HE akan menggolongkan telur tersebut ke dalam salah satu jenis cacat saja yang tingkat kecacatannya paling parah. Dengan demikian, data penelitian ini masih dapat dikatakan memiliki distribusi Multinomial dengan parameter (n, \mathbf{p}) .

Setiap jenis kecacatan telur memiliki efek yang berbeda sehingga perlu dilakukan pembobotan. Nilai bobot yang diberikan mengacu pada kebijakan perusahaan untuk masing-masing jenis kecacatan telur adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Nilai Bobot Masing-Masing Jenis Kecacatan Telur

Klasifikasi Tingkat Kecacatan	Jenis Kecacatan Telur	Bobot (%)
Cacat kritis	Telur pecah	85
Cacat major	Telur retak	70
Cacat minor	Telur abnormal	50

Struktur data yang digunakan dalam *monitoring* kualitas proses penetasan telur ayam dengan peta kendali p multiatribut ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian

Pengamatan (t)	Jumlah HE yang diterima (n)	Jenis Kecacatan Telur (i)		
		Abnormal (X_1)	Retak (X_2)	Pecah (X_3)
1	n_1	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	$x_{1,3}$
2	n_2	$x_{2,1}$	$x_{2,2}$	$x_{2,3}$
3	n_3	$x_{3,1}$	$x_{3,2}$	$x_{3,3}$
...
95	n_{119}	$x_{119,1}$	$x_{119,2}$	$x_{119,3}$

dimana:

n_t = jumlah HE yang diterima pada pengamatan ke- t

$x_{i,t}$ = jumlah HE yang cacat berdasarkan jenis kecacatan ke- i pada pengamatan ke- t

i = 1, 2, 3

t = 1, 2, ..., 119

3.3 Langkah Penelitian

Langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

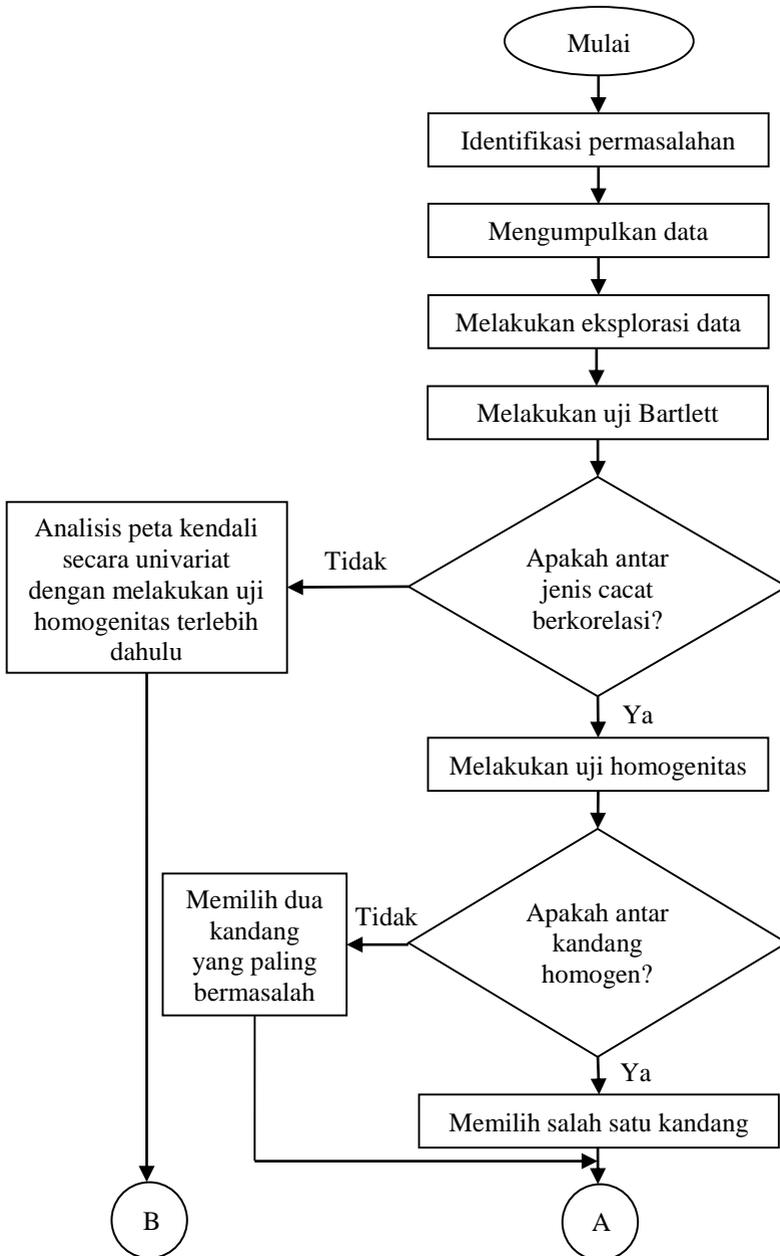
1. Mengidentifikasi masalah pada kualitas telur yang diterima oleh PT X unit Hatchery Malang yang diklasifikasikan ke dalam tiga jenis kecacatan, yaitu telur abnormal, retak, dan pecah.
2. Melakukan pengumpulan data kecacatan telur dalam proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang untuk digunakan dalam penelitian.
3. Melakukan eksplorasi data untuk mengetahui karakteristik data kecacatan telur dalam proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang.
4. Melakukan uji Bartlett terhadap data jumlah kecacatan telur berdasarkan masing-masing jenis cacat untuk mengetahui apakah antar jenis kecacatan telur saling berhubungan dengan menggunakan persamaan (2.1).
5. Melakukan pengujian homogenitas berdasarkan perhitungan statistik uji menggunakan persamaan (2.2) untuk mengetahui apakah kecacatan telur yang berasal dari tujuh kandang bersifat homogen. Apabila diperoleh hasil bahwa kecacatan telur yang berasal dari tujuh kandang tersebut

bersifat homogen, maka pembuatan peta kendali p multiatribut hanya dilakukan satu kali karena dianggap sudah dapat mewakili semua kandang. Sedangkan apabila diperoleh hasil sebaliknya, maka hanya dibuat dua peta kendali p multiatribut dari dua kandang yang paling bermasalah. Hal tersebut mengacu pada batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini.

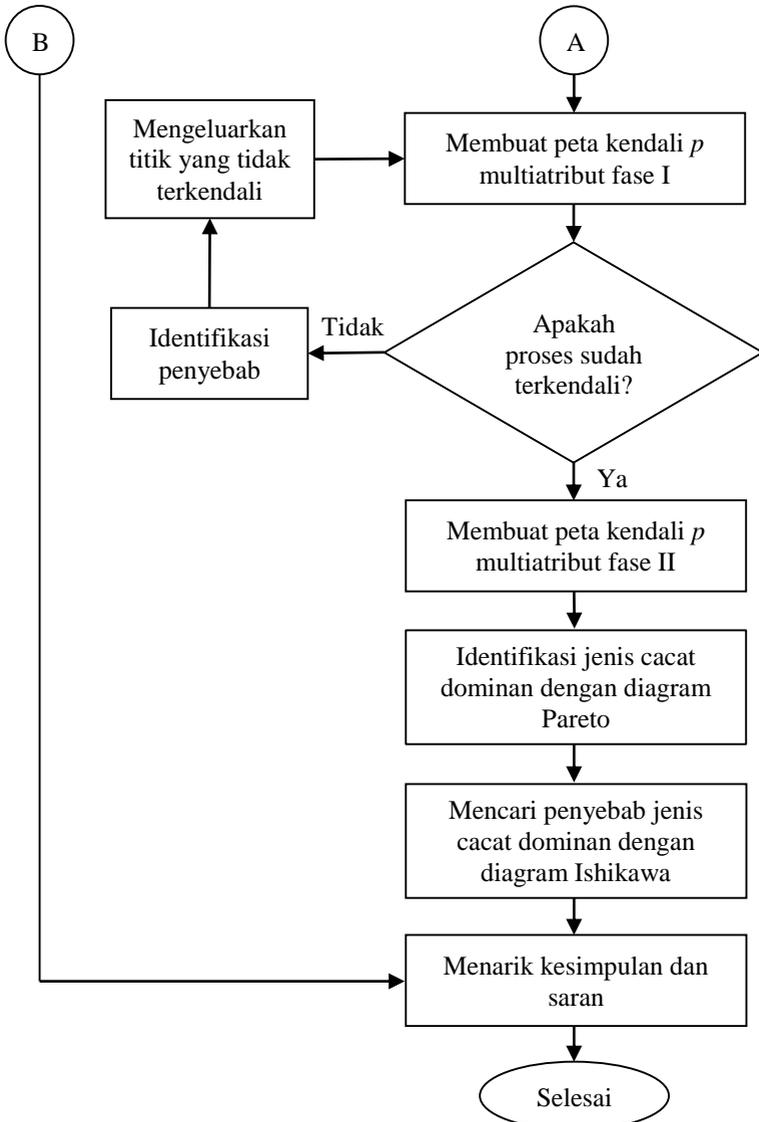
6. Membuat peta kendali p multiatribut dengan langkah-langkah sebagai berikut.
 - Mendapatkan estimasi parameter $\hat{\delta}$ menggunakan persamaan (2.10) untuk menentukan nilai tingkat cacat keseluruhan dengan bobot yang sesuai dengan jenis cacat yang akan digunakan dalam penentuan batas kendali.
 - Membuat peta kendali p multiatribut dengan batas kendali yang sudah ditentukan untuk mengetahui apakah proses penetasan telur ayam pada fase I sudah terkendali secara statistik. Jika pada fase I terdapat titik yang tidak terkendali maka dilakukan identifikasi variabel penyebab terjadinya tidak terkendali tersebut dengan cara seperti yang dijelaskan dalam sub bab 2.3.3. Jika penyebabnya diketahui dan diasumsikan prosesnya dapat diperbaiki (*assignable causes*) maka titik tersebut dapat dikeluarkan dan dihitung kembali nilai estimasi parameternya untuk memperoleh batas kendali yang baru hingga mencapai proses dalam keadaan terkendali. Proses pada fase I yang sudah terkendali kemudian dapat dilanjutkan dengan membuat peta kendali p multiatribut untuk proses pada fase II untuk mengetahui apakah proses penetasan telur ayam pada fase II sudah terkendali secara statistik.
7. Membuat diagram Pareto untuk mengetahui jenis cacat dominan yang terjadi dalam proses penetasan telur ayam.
8. Membuat diagram sebab-akibat untuk mengidentifikasi penyebab kecacatan telur dominan berdasarkan diagram Pareto. Deskripsi pada diagram sebab-akibat diperoleh melalui wawancara kepada pihak perusahaan.
9. Melakukan penarikan kesimpulan dan saran berdasarkan analisis yang telah dilakukan.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan langkah penelitian di atas, diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

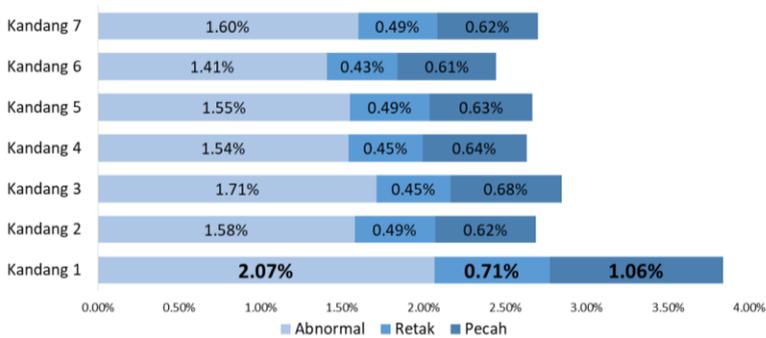
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

PT X merupakan salah satu industri peternakan terintegrasi dan terbesar di Indonesia dimana salah satu produk yang dihasilkan adalah bibit ayam umur sehari (*Day Old Chick/DOC*). PT X melakukan *monitoring* kualitas yang cukup ketat pada proses penetasan telur ayam agar dapat menghasilkan DOC berkualitas sehingga DOC yang dihasilkan tersebut dapat diterima konsumen dengan baik dan mampu bersaing dengan produk sejenis dari perusahaan lain.

Pada penelitian ini, dilakukan analisis pengendalian kualitas secara statistik dalam proses penetasan telur di PT X unit Hatchery Malang periode 1 Januari hingga 30 April 2018. Telur tetas (*hatching eggs/HE*) yang diterima dari unit *breeding farm* PT X digunakan untuk menjalani proses penetasan telur ayam hingga dihasilkan DOC yang berkualitas. HE yang akan diikutsertakan dalam proses penetasan telur harus bebas dari tiga jenis kecacatan, yaitu abnormal, retak, dan pecah. Berikut merupakan hasil analisis dari data kecacatan telur di PT X unit Hatchery Malang.

4.1 Karakteristik Data Kecacatan Telur

Untuk meminimumkan terjadinya telur yang gagal menetas atau hasil tetasan berupa DOC yang kurang baik, HE yang akan diikutsertakan dalam proses penetasan telur ayam harus bebas dari kecacatan. HE yang diterima berasal dari tujuh kandang yang ada di unit pembibitan (*breeding farm*) PT X dimana unit tersebut berjarak sekitar 2 kilometer dari unit penetasannya. Pada dasarnya, induk ayam dalam masing-masing kandang diberikan perlakuan yang sama, yaitu jenis pakan yang diberikan dan frekuensi pemberian pakannya. Namun, masing-masing kandang memiliki status kesehatan yang berbeda sehingga pemberian vitamin/obat juga dibedakan sesuai dengan kondisi kesehatan induk ayam pada masing-masing kandang tersebut. Untuk mengetahui karakteristik data kecacatan telur berdasarkan jenis cacatnya pada masing-masing kandang selama periode 1 Januari hingga 30 April 2018, ditunjukkan diagram batang sebagai berikut.



Gambar 4.1 Diagram Batang Persentase Kecacatan Telur Selama Periode 1 Januari – 30 April 2018

Berdasarkan Gambar 4.1, dapat diketahui bahwa telur yang diterima dari kandang 1 memiliki persentase kecacatan telur paling besar untuk keseluruhan jenis cacat daripada kandang yang lain. Telur yang diterima dari kandang 3 memiliki persentase kecacatan telur terbesar kedua namun hanya terjadi pada dua jenis cacat saja. Persentase telur cacat yang berasal dari kandang 1 adalah 2.07% untuk telur abnormal, 0.71% untuk telur retak, dan 1.06% untuk telur pecah. Persentase telur cacat yang berasal dari kandang 3 adalah 1.71% untuk telur abnormal, 0.45% untuk telur retak, dan 0.68% untuk telur pecah. Sedangkan kandang yang menghasilkan kecacatan telur paling sedikit adalah kandang 6 dengan persentase sebesar 1.41% untuk telur abnormal, 0.43% untuk telur retak, dan 0.61% untuk telur pecah. Dengan demikian, dapat diidentifikasi bahwa dua kandang yang paling bermasalah berdasarkan besarnya persentase telur abnormal yang terjadi selama periode 1 Januari hingga 30 April 2018 adalah kandang 1 dan kandang 3.

Menurut informasi yang diberikan perusahaan, kecacatan telur diakibatkan oleh beberapa hal berdasarkan jenis cacatnya. Abnormalitas telur didominasi oleh cangkang telur yang tipis sehingga jenis cacat ini dapat menyebabkan jenis cacat yang lain, yaitu retak atau bahkan pecah. Telur retak dan pecah dapat disebabkan oleh faktor lain, misalnya proses *handling* yang kasar, namun faktor ini memberikan kontribusi yang kecil terhadap kedua jenis cacat telur tersebut. Tingginya persentase abnormalitas telur pada kandang 1 dan kandang 3 mengindikasikan bahwa *maintenance* kandang belum dilakukan secara optimal sehingga

menyebabkan kondisi kesehatan induk ayam pada kedua kandang tersebut menjadi kurang baik. Oleh karena itu, pihak PT X perlu melakukan evaluasi lebih dalam agar abnormalitas telur dapat ditangani secara efektif.

4.2 Uji Dependensi antar Jenis Kecacatan Telur

Kecacatan telur yang terjadi setiap hari pada periode 1 Januari hingga 30 April 2018 adalah telur abnormal, telur retak, dan telur pecah. Salah satu ciri telur abnormal adalah cangkang telur yang tipis sehingga rentan mengakibatkan jenis cacat yang lain, yaitu retak atau pecah. Maka dari itu, secara teori dapat dikatakan bahwa antar jenis kecacatan telur saling dependen. Teori tersebut dapat diperkuat dengan melakukan pengujian dependensi antar jenis kecacatan menggunakan uji Bartlett. Nilai statistik uji Bartlett dihitung menggunakan persamaan (2.1) dan hasilnya ditunjukkan pada Lampiran B, yaitu sebesar 349.423. Dengan tingkat signifikansi (α) 5% dan derajat bebas sebesar 3, diketahui nilai $\chi^2_{(0.05,3)}$ adalah 7.815 sehingga keputusan yang diambil adalah tolak H_0 karena nilai statistik uji yang diperoleh lebih besar dari nilai $\chi^2_{(0.05,3)}$. Pengambilan keputusan juga dapat dilakukan dengan membandingkan *p-value* dengan tingkat signifikansi yang telah ditentukan, dimana *p-value* yang diperoleh yaitu 0.000 lebih kecil dari 0.05 yang berarti bahwa antar jenis cacat saling dependen. Dengan demikian, hasil pengujian ini dapat menguatkan teori bahwa antar jenis kecacatan telur memang saling berhubungan satu sama lain.

4.3 Pengujian Homogenitas antar Kandang

PT X memiliki tujuh kandang di unit *breeding farm* Kabupaten Malang. Meskipun dosis, frekuensi, dan jenis pakan sama, namun pada kenyataannya terdapat perbedaan status kesehatan induk ayam dalam masing-masing kandangnya sehingga pemberian vitamin/obat juga dibedakan. Oleh karena itu, dilakukan pengujian homogenitas untuk mengetahui apakah proporsi tiga jenis kecacatan telur yang berasal dari tujuh kandang bersifat homogen. Pengujian homogenitas menggunakan Box's M test dihitung menggunakan persamaan (2.2). Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Lampiran C, diketahui bahwa

nilai statistik uji Box's M yang diperoleh adalah sebesar 349.747. Dengan tingkat signifikansi (α) 5% dan derajat bebas sebesar 36, diketahui nilai $\chi^2_{(0.05,36)}$ adalah 50.998. Jika nilai $\chi^2_{(0.05,36)}$ tersebut dibandingkan dengan nilai statistik uji Box's M yang telah diperoleh, maka keputusan yang diambil adalah tolak H_0 karena nilai Box's M lebih besar daripada nilai $\chi^2_{(0.05,36)}$. Selain itu, keputusan tolak H_0 juga dapat diambil berdasarkan *p-value* sebesar 0.000 yang lebih kecil dari tingkat signifikansi yang telah ditentukan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kecacatan telur yang berasal dari tujuh kandang tidak memiliki sifat yang homogen sehingga *monitoring* kualitas menggunakan peta kendali *p* multiatribut harus berbeda pada masing-masing kandang asal telur yang diterima perusahaan.

Sesuai dengan batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini, peneliti membuat dua peta kendali *p* multiatribut dari dua kandang yang paling bermasalah. Pihak PT X memberikan informasi kepada peneliti bahwa kandang yang paling bermasalah dapat ditentukan berdasarkan besarnya persentase telur abnormal yang dihasilkan dari masing-masing kandang. Berdasarkan karakteristik data kecacatan telur yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1, dapat ditentukan bahwa dua kandang yang paling bermasalah adalah kandang 1 dan kandang 3. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan *monitoring* kualitas terhadap kecacatan telur yang bersumber dari kedua kandang tersebut.

4.4 Pengendalian Kualitas Proses Penetasan Telur Ayam

Pengendalian kualitas statistik terhadap proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang dilakukan dengan menggunakan peta kendali *p* multiatribut karena ketiga jenis kecacatan telur dikendalikan secara simultan. Berdasarkan hasil uji homogenitas kandang diketahui bahwa kecacatan telur yang dihasilkan dari tujuh kandang tidak bersifat homogen sehingga pada penelitian ini analisis peta kendali *p* multiatribut dilakukan terhadap dua kandang yang paling bermasalah secara terpisah, yaitu kandang 1 dan kandang 3.

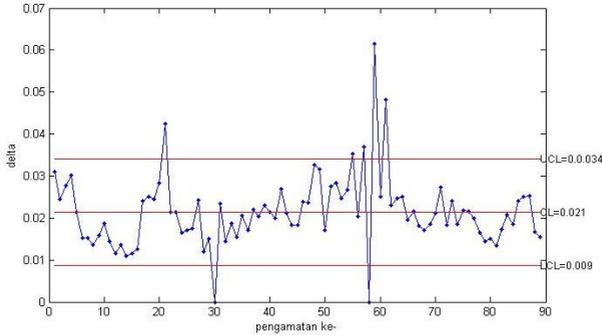
Data kecacatan telur yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua fase, yaitu fase I periode 1 Januari hingga 31

Maret 2018 dan fase II periode 1 hingga 30 April 2018. Pembagian data fase I dan data fase II tersebut dilakukan berdasarkan alasan karena pada bulan Januari-Maret adalah musim penghujan sedangkan pada bulan April sudah memasuki musim kemarau. Pada musim kemarau, suhu udara cenderung lebih tinggi dibandingkan pada musim penghujan sehingga akan mempengaruhi kondisi induk ayam dalam kandang yang ada di *breeding farm* PT X, dimana sistem perkandangan yang digunakan oleh perusahaan adalah *open house* yaitu sistem perkandangan yang mengandalkan cuaca luar.

Peta kendali p multiatribut fase I dibuat untuk menentukan apakah proses penetasan telur ayam telah dikontrol selama periode bulan Januari hingga Maret 2018. Selain itu, pembuatan peta kendali p multiatribut fase I digunakan untuk melihat apakah batas kendali yang handal dapat dibentuk untuk memantau proses penetasan telur ayam di masa mendatang. Sedangkan peta kendali p multiatribut fase II dibuat untuk melihat apakah proses penetasan telur ayam masih berada dalam kondisi yang stabil ketika batas kendali peta kendali p multiatribut fase I digunakan pada fase II. Oleh karena itu, analisis peta kendali p multiatribut dilakukan sebanyak dua kali pada masing-masing kandang yang dianalisis.

4.4.1 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 1 Fase I

Kandang 1 merupakan kandang yang berukuran paling kecil namun teridentifikasi sebagai kandang yang paling bermasalah karena menghasilkan persentase kecacatan telur tertinggi untuk semua jenis cacat dibandingkan kandang yang lain. Pembuatan peta kendali p multiatribut fase I untuk proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 1 ini dilakukan dengan membuat *plot* nilai tingkat cacat keseluruhan ($\hat{\delta}$) yang dihitung menggunakan persamaan (2.10), dimana nilai pembobot untuk masing-masing jenis cacat ditunjukkan pada Tabel 3.1. Dengan menetapkan tingkat signifikansi (α) sebesar 0.0027, peta kendali p multiatribut fase I yang terbentuk untuk proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 1 dengan batas kendali yang diperoleh berdasarkan persamaan (2.16) adalah sebagai berikut.



Gambar 4.2 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 1 Fase I

Peta kendali p multiatribut pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa dengan batas kendali atas (UCL) sebesar 0.034 dan batas kendali bawah (LCL) sebesar 0.009, terdapat tujuh pengamatan yang memiliki nilai $\hat{\delta}$ di luar batas kendali. Hal ini mengindikasikan bahwa proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 1 periode 1 Januari hingga 31 Maret 2018 belum terkendali secara statistik. Titik-titik pengamatan yang berada di luar batas kendali tersebut ditunjukkan oleh pengamatan ke-21, 30, 55, 57, 58, 59, dan 61 dengan nilai $\hat{\delta}$ yang diberikan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Nilai $\hat{\delta}$ Pengamatan Tidak Terkendali di Fase I untuk Kandang 1

t	Nilai $\hat{\delta}$
21	0.043
30	0.000
55	0.035
57	0.037
58	0.000
59	0.061
61	0.048

Titik pengamatan yang tidak terkendali yang ditunjukkan oleh Tabel 4.1 selanjutnya dilakukan identifikasi untuk mengetahui jenis cacat apa yang berkontribusi dalam menyebabkan kondisi tidak terkendali pada tujuh pengamatan tersebut. Identifikasi jenis cacat penyebab tidak terkendali dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan, yaitu membuat *marginal control chart* pada setiap kombinasi dua jenis cacat dari tiga jenis cacat yang ada dan

selanjutnya dilakukan analisis peta kendali p secara univariat. Dengan tiga jenis cacat yang ada, maka banyaknya kombinasi dua jenis cacat adalah tiga kombinasi sehingga terbentuk tiga *marginal control chart*. Hasil identifikasi variabel penyebab *out of control* pada peta kendali p multiatribut fase I untuk telur yang berasal dari kandang 1 menggunakan *marginal control chart* adalah sebagai berikut.

Tabel 4.2 Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Fase I untuk Kandang I menggunakan *Marginal Control Chart*

t	Kondisi Titik Pengamatan Pada <i>Marginal Control Chart</i>			Variabel Penyebab <i>Out of Control</i>
	X_2, X_3	X_1, X_3	X_1, X_2	
21	I	O	O	X_1
30	O	O	O	Tidak terdapat variabel penyebab <i>out of control</i> karena tidak ada kecacatan
55	I	I	O	X_1, X_2
57	O	O	I	X_3
58	O	O	O	Tidak terdapat variabel penyebab <i>out of control</i> karena tidak ada kecacatan
59	O	O	O	Tidak teridentifikasi
61	O	O	I	X_3

Keterangan:

O = *Out of control*

I = *In control*

Berdasarkan hasil identifikasi variabel penyebab kondisi *out of control* pada Tabel 4.2 dengan hasil perhitungan *marginal statistic* $\hat{\delta}_{t(i)}$, $UCL_{(i)}$, dan $LCL_{(i)}$ yang tertera pada Lampiran G, teridentifikasi bahwa variabel X_1 menjadi kontributor dalam menyebabkan kondisi *out of control* pada pengamatan ke-21 karena nilai $\hat{\delta}_{21(1)}$ berada di dalam batas kendali (*in control*) *marginal control chart*. Hal serupa juga terjadi pada pengamatan ke-55, 57, dan 61 dimana ketiga pengamatan tersebut berada dalam kondisi *in control* pada *marginal control chart* sehingga dapat teridentifikasi variabel penyebab *out of control*-nya. Jika dilihat peta kendali p multiatribut pada Gambar 4.2, pengamatan ke-30

dan ke-58 berada dalam kondisi *out of control* dengan nilai $\hat{\delta}$ sebesar 0.000 yang berarti bahwa pada kedua pengamatan tersebut tidak ditemukan kecacatan sehingga tidak terdapat variabel penyebab *out of control*-nya. Sedangkan pengamatan ke-59 memiliki nilai $\hat{\delta}$ sebesar 0.061 yang jauh berada di atas UCL. Hal ini berarti bahwa tingkat cacat keseluruhan sangat tinggi sehingga diduga semua variabel jenis cacat menyebabkan kondisi *out of control* pada pengamatan tersebut.

Selanjutnya dibuat peta kendali univariat untuk masing-masing variabel jenis cacat yang ditunjukkan pada Lampiran H, dimana peta kendali univariat digunakan sebagai pendekatan kedua dalam melakukan identifikasi variabel penyebab *out of control*. Hasil identifikasi variabel penyebab *out of control* dengan menggunakan peta kendali univariat diberikan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Fase I untuk Kandang I menggunakan Peta Kendali Univariat

t	Kondisi Titik Pengamatan Pada Peta Kendali Univariat			Variabel Penyebab <i>Out of Control</i>
	X ₁	X ₂	X ₃	
21	O	I	I	X ₁
30	O	I	I	X ₁
55	O	I	I	X ₁
57	I	I	O	X ₃
58	O	I	I	X ₁
59	O	O	O	X ₁ , X ₂ , X ₃
61	O	O	O	X ₁ , X ₂ , X ₃

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa variabel X₁ teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* pada pengamatan ke-21, 30, 55, dan 58 karena empat pengamatan tersebut terdeteksi berada dalam kondisi tidak terkendali di peta kendali univariat untuk variabel X₁. Pada pengamatan ke-57 hanya pada peta kendali univariat untuk variabel X₃ yang berada dalam kondisi tidak terkendali sehingga variabel X₃ teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control*. Sedangkan pengamatan ke-59 dan 61 berada dalam kondisi tidak terkendali pada semua peta kendali

univariatnya sehingga variabel X_1 , X_2 , dan X_3 diduga menjadi penyebab *out of control* pada peta kendali p multiatribut.

Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Fase I untuk Kandang 1

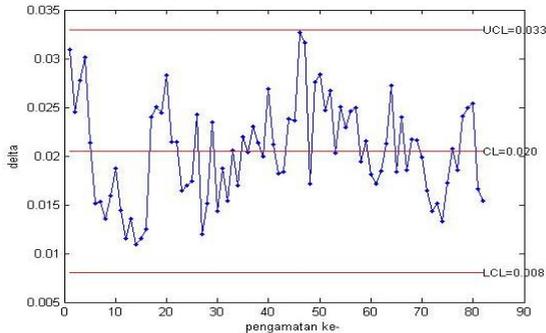
t	Hasil Identifikasi Menggunakan <i>Marginal Control Chart</i>	Hasil Identifikasi Menggunakan Peta Kendali Univariat
21	X_1	X_1
30	Tidak terdapat variabel penyebab <i>out of control</i> karena tidak ada kecacatan	X_1
55	X_1, X_2	X_1
57	X_3	X_3
58	Tidak terdapat variabel penyebab <i>out of control</i> karena tidak ada kecacatan	X_1
59	Tidak teridentifikasi	X_1, X_2, X_3
61	X_3	X_1, X_2, X_3

Berdasarkan Tabel 4.4, identifikasi variabel penyebab *out of control* menggunakan *marginal control chart* dan peta kendali univariat menunjukkan hasil yang hampir sama ketika kedua pendekatan tersebut dibandingkan. Misalnya, dengan membuat *marginal control chart*, variabel X_1 teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* pada pengamatan ke-21. Variabel tersebut juga teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* pada pengamatan ke-21 ketika peta kendali univariatnya dibuat. Identifikasi menggunakan peta kendali univariat semakin menguatkan hasil dari identifikasi menggunakan *marginal control chart* bahwa variabel X_1 (abnormal) merupakan penyebab kondisi tidak terkendali pada pengamatan ke-21.

Berbeda dengan hasil identifikasi pada pengamatan ke-55 yang menunjukkan bahwa variabel X_1 dan X_2 pada *marginal control chart* teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* tetapi variabel X_2 tidak terdeteksi terjadi *out of control* pada peta kendali univariatnya. Untuk pengamatan ke-55 ini, terjadinya kondisi tidak terkendali pada peta kendali p multiatribut diduga diakibatkan oleh interaksi dua variabel jenis cacat, yaitu X_1 dan X_2 . Pada pengamatan ke-59, tidak satupun variabel yang teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* karena tidak satupun

marginal control chart yang menunjukkan kondisi *in control* sehingga diduga bahwa semua variabel jenis cacat yang menjadi penyebabnya. Setelah diidentifikasi menggunakan peta kendali univariat, terbukti bahwa memang semua variabel jenis cacat yang menjadi penyebab proses tidak terkendali pada pengamatan tersebut.

Tujuh pengamatan yang berada dalam kondisi *out of control* tersebut dikeluarkan dan dihitung kembali batas kendalinya untuk membentuk peta kendali p multiatribut baru hingga mencapai kondisi yang terkendali (*in control*). Peta kendali p multiatribut baru yang terbentuk setelah tujuh pengamatan yang *out of control* dikeluarkan adalah sebagai berikut.



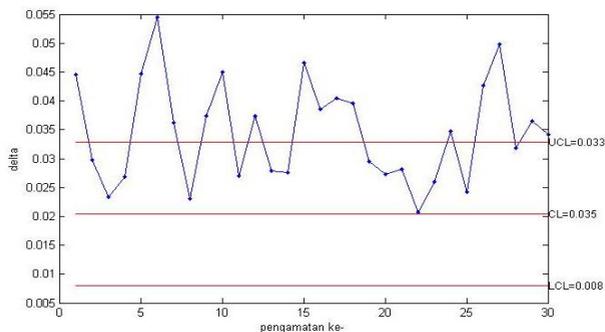
Gambar 4.3 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 1 Setelah Revisi

Batas kendali baru yang diperoleh pada peta kendali p multiatribut setelah tujuh pengamatan dikeluarkan adalah 0.033 untuk UCL dan 0.008 untuk LCL. Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa semua pengamatan berada dalam batas kendali dan tidak ada satupun pengamatan yang terdeteksi *out of control*. Hal ini mengindikasikan bahwa proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 1 pada periode 1 Januari hingga 31 Maret 2018 sudah terkendali secara statistik sehingga batas kendali yang terbentuk akan digunakan untuk memantau proses penetasan telur ayam pada fase II, yaitu periode 1 hingga 30 April 2018.

4.4.2 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 1 Fase II

Nilai batas kendali yang telah diperoleh pada peta kendali p multiatribut fase I yang sudah berada dalam kondisi *in control* selanjutnya digunakan untuk memantau proses penetasan telur

ayam yang berasal dari kandang 1 pada fase II, yaitu periode bulan April 2018. Hal ini dilakukan untuk melihat apakah proses penetasan telur ayam di fase II berada dalam kondisi relatif stabil pada fase I atau terjadi pergeseran proses ketika batas kendali peta p multiatribut di fase I diterapkan pada peta kendali p multiatribut di fase II ini. Peta kendali p multiatribut fase II untuk proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 1 adalah sebagai berikut.



Gambar 4.4 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 1 Fase II

Peta kendali p multiatribut fase II yang terbentuk di Gambar 4.4 menunjukkan bahwa $plot$ nilai tingkat cacat keseluruhan ($\hat{\delta}$) selama periode bulan April 2018 berada di atas garis tengah (CL) ketika batas kendali fase I digunakan pada peta kendali p multiatribut di fase II ini. Pada peta kendali p multiatribut fase II untuk proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 1 ini terdapat sebanyak 16 pengamatan yang *out of control* sehingga dapat disimpulkan bahwa proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 1 pada periode bulan April 2018 tidak terkendali secara statistik. Banyaknya pengamatan yang terdeteksi *out of control* di peta kendali p multiatribut fase II ini mengindikasikan bahwa terjadi pergeseran proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang dari fase sebelumnya. Selain itu, tingkat cacat keseluruhan ($\hat{\delta}$) yang berada di sisi atas garis tengah menunjukkan bahwa secara visual telah terjadi pergeseran proses yang semakin buruk. Artinya, kecacatan telur yang berasal dari kandang 1 pada periode bulan April 2018 mengalami peningkatan dari periode

sebelumnya. 16 pengamatan yang berada di luar batas kendali tersebut memiliki nilai $\hat{\delta}$ yang diberikan pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Nilai $\hat{\delta}$ Pengamatan Tidak Terkendali di Fase II untuk Kandang 1

t	Nilai $\hat{\delta}$	t	Nilai $\hat{\delta}$
1	0.045	16	0.039
5	0.045	17	0.040
6	0.054	18	0.040
7	0.036	24	0.035
9	0.037	26	0.043
10	0.045	27	0.050
12	0.037	29	0.037
15	0.047	30	0.034

Titik pengamatan yang tidak terkendali yang ditunjukkan oleh Tabel 4.5 selanjutnya diidentifikasi untuk mengetahui variabel penyebab *out of control* pada 16 pengamatan tersebut. Sama seperti peta kendali p multiatribut fase I, identifikasi di fase II ini juga dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan. Hasil identifikasi variabel penyebab *out of control* pada peta kendali p multiatribut fase II untuk kandang 1 menggunakan *marginal control chart* adalah sebagai berikut.

Tabel 4.6 Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Fase II untuk Kandang 1 menggunakan *Marginal Control Chart*

t	Kondisi Titik Pengamatan Pada <i>Marginal Control Chart</i>			Variabel Penyebab <i>Out of Control</i>
	X_2, X_3	X_1, X_3	X_1, X_2	
1	O	O	O	Tidak teridentifikasi
5	O	O	O	Tidak teridentifikasi
6	O	O	O	Tidak teridentifikasi
7	I	O	O	X_1
9	O	O	O	Tidak teridentifikasi
10	O	O	O	Tidak teridentifikasi
12	O	O	O	Tidak teridentifikasi
15	O	O	O	Tidak teridentifikasi
16	O	O	O	Tidak teridentifikasi
17	O	O	I	X_3
18	O	O	I	X_3
24	I	O	O	X_1

Tabel 4.7 Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Fase II untuk Kandang 1 menggunakan *Marginal Control Chart* (Lanjutan)

t	Kondisi Titik Pengamatan Pada <i>Marginal Control Chart</i>			Variabel Penyebab <i>Out of Control</i>
	X ₂ ,X ₃	X ₁ ,X ₃	X ₁ ,X ₂	
26	O	O	O	Tidak teridentifikasi
27	O	O	I	X ₃
29	I	O	O	X ₁
30	I	O	O	X ₁

Keterangan:

O = *Out of control*

I = *In control*

Berdasarkan hasil identifikasi variabel penyebab *out of control* pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 dengan hasil perhitungan *marginal statistic* $\hat{\delta}_{t(i)}$, $UCL_{(i)}$, dan $LCL_{(i)}$ yang tertera pada Lampiran I, diketahui bahwa dari 16 pengamatan yang *out of control*, terdapat sebanyak sembilan pengamatan yang tidak teridentifikasi variabel penyebabnya karena tidak ada satupun *marginal control chart* yang menunjukkan kondisi *in control*. Sembilan pengamatan yang tidak teridentifikasi tersebut memiliki nilai tingkat cacat keseluruhan ($\hat{\delta}$) yang jauh berada di atas UCL. Hal ini berarti bahwa tingkat cacat keseluruhan pada sembilan pengamatan tersebut sangat tinggi sehingga diduga semua variabel jenis cacat menjadi kontributor dalam menyebabkan kondisi *out of control*. Pada pengamatan ke-7, 24, 29, dan 30, variabel X₁ teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* sedangkan variabel X₃ teridentifikasi sebagai penyebab *out of control* pada pengamatan ke-17, 18, dan 27.

Selanjutnya dibuat peta kendali univariat untuk masing-masing variabel sebagai pendekatan kedua dalam melakukan identifikasi variabel penyebab *out of control* dimana peta kendali univariat ditunjukkan oleh Lampiran J dan hasilnya diberikan pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Fase II untuk Kandang I menggunakan Peta Kendali Univariat

t	Kondisi Titik Pengamatan Pada Peta Kendali Univariat			Variabel Penyebab <i>Out of Control</i>
	X ₁	X ₂	X ₃	
1	O	I	O	X ₁ , X ₃
5	O	O	I	X ₁ , X ₂
6	O	I	O	X ₁ , X ₃
7	O	I	I	X ₁
9	O	I	O	X ₁ , X ₃
10	O	I	O	X ₁ , X ₃
12	O	I	O	X ₁ , X ₃
15	I	I	I	X ₃
16	I	I	I	X ₃
17	I	I	O	X ₃
18	I	I	O	X ₃
24	O	I	I	X ₁
26	O	I	O	X ₁ , X ₃
27	O	I	O	X ₁ , X ₃
29	O	I	I	X ₁
30	I	I	I	Tidak teridentifikasi

Keterangan:

O = *Out of control*

I = *In control*

Tabel 4.8 menunjukkan hasil bahwa variabel X₁ dan X₃ teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* pada pengamatan ke-1, 5, 6, 9, 10, 12, 26, dan 27. Pada pengamatan ke-7, 24, dan 29, hanya pada peta kendali univariat untuk variabel X₁ yang berada dalam kondisi tidak terkendali sehingga variabel X₁ teridentifikasi sebagai penyebabnya. Pada pengamatan ke-15, 16, 17, 18 teridentifikasi bahwa variabel yang menjadi penyebab *out of control* adalah variabel X₃. Namun, pada pengamatan ke-30 tidak teridentifikasi variabel penyebab *out of control* karena tidak ada satupun peta kendali univariat yang mendeteksi *out of control* pada pengamatan tersebut.

Tabel 4.9 Perbandingan Hasil Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Fase II untuk Kandang 1

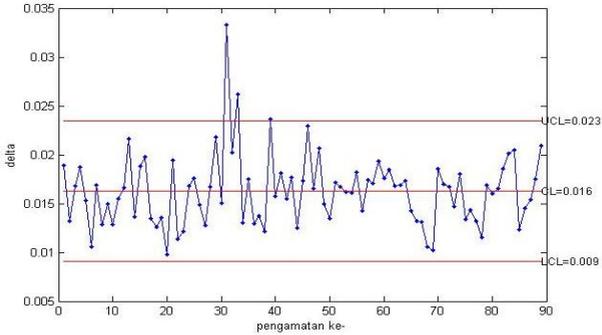
t	Hasil Identifikasi Menggunakan <i>Marginal Control Chart</i>	Hasil Identifikasi Menggunakan Peta Kendali Univariat
1	Tidak teridentifikasi	X_1, X_3
5	Tidak teridentifikasi	X_1, X_2
6	Tidak teridentifikasi	X_1, X_3
7	X_1	X_1
9	Tidak teridentifikasi	X_1, X_3
10	Tidak teridentifikasi	X_1, X_3
12	Tidak teridentifikasi	X_1, X_3
15	Tidak teridentifikasi	X_3
16	Tidak teridentifikasi	X_3
17	X_3	X_3
18	X_3	X_3
24	X_1	X_1
26	Tidak teridentifikasi	X_1, X_3
27	X_3	X_1, X_3
29	X_1	X_1
30	X_1	Tidak teridentifikasi

Jika hasil identifikasi variabel penyebab *out of control* menggunakan *marginal control chart* dan peta kendali univariat dibandingkan, diketahui bahwa pada pengamatan ke-7, 17, 18, 24, dan 29 teridentifikasi variabel penyebab yang sama ketika dilakukan identifikasi menggunakan *marginal control chart* dan peta kendali univariat. Pada pengamatan ke-30, variabel X_1 teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* karena *marginal control chart* menunjukkan kondisi yang *in control* ketika variabel X_1 tidak digunakan. Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh identifikasi menggunakan peta kendali univariat dimana tidak ada satupun peta kendali univariat yang mendeteksi terjadinya kondisi *out of control* pada pengamatan ke-30. Hal ini berarti bahwa kondisi *out of control* pada pengamatan ke-30 adalah sebagai akibat dari perubahan yang terjadi dari korelasi antar variabelnya.

4.4.3 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 3 Fase I

Kandang 3 di PT X unit Hatchery Malang teridentifikasi sebagai kandang yang paling bermasalah kedua setelah kandang 1

namun memiliki kapasitas induk ayam yang lebih besar dibandingkan kapasitas induk ayam di kandang 1. Dengan menggunakan prosedur yang sama seperti pembuatan peta kendali p multiatribut fase I untuk proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 1, peta kendali p multiatribut fase I yang terbentuk untuk proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 3 adalah sebagai berikut.



Gambar 4.5 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 3 Fase I

Peta kendali p multiatribut pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa dengan batas kendali atas (UCL) sebesar 0.0235 dan batas kendali bawah (LCL) sebesar 0.0091, terdapat tiga pengamatan yang memiliki nilai $\hat{\delta}$ di luar batas kendali. Terjadinya kondisi *out of control* pada tiga pengamatan tersebut mengindikasikan bahwa proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 3 pada periode 1 Januari hingga 31 Maret 2018 tidak terkendali secara statistik. Titik-titik pengamatan yang berada di luar batas kendali tersebut ditunjukkan oleh pengamatan ke-31, 33 dan 39 dengan nilai $\hat{\delta}$ yang diberikan pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Nilai $\hat{\delta}$ Pengamatan Tidak Terkendali di Fase I untuk Kandang 3

t	Nilai $\hat{\delta}$
31	0.033
33	0.026
39	0.007

Tiga titik pengamatan yang tidak terkendali tersebut selanjutnya dilakukan identifikasi untuk mengetahui variabel jenis cacat apa yang memberikan kontribusi terbesar terhadap kondisi *out of control* pada peta kendali p multiatribut fase I ini. Dengan

menghitung UCL dan LCL pada tiga *marginal control chart* yang dihasilkan oleh kombinasi dua dari tiga variabel yang digunakan, berikut adalah hasil identifikasi variabel penyebab *out of control* menggunakan *marginal control chart*.

Tabel 4.11 Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Fase I untuk Kandang 3 menggunakan *Marginal Control Chart*

t	Kondisi Titik Pengamatan Pada <i>Marginal Control Chart</i>			Variabel Penyebab <i>Out of Control</i>
	X ₂ ,X ₃	X ₁ ,X ₃	X ₁ ,X ₂	
31	O	O	O	Tidak teridentifikasi
33	I	I	O	X ₁ , X ₂
39	I	I	O	X ₁ , X ₂

Keterangan:

O = *Out of control*

I = *In control*

Berdasarkan Tabel 4.11 dengan hasil perhitungan *marginal statistic* $\hat{\delta}_{t(i)}$, UCL_(i), dan LCL_(i) yang tertera pada Lampiran K, teridentifikasi bahwa variabel X₁ dan X₂ menjadi kontributor dalam menyebabkan kondisi *out of control* pada pengamatan ke-33 dan 39 karena nilai $\hat{\delta}_{33(1)}$, $\hat{\delta}_{33(2)}$ dan $\hat{\delta}_{39(1)}$, $\hat{\delta}_{39(2)}$ berada di dalam batas kendali (*in control*) pada dua *marginal control chart*. Sedangkan pada pengamatan ke-31 tidak teridentifikasi variabel penyebabnya karena tidak ada satupun *marginal control chart* yang menunjukkan kondisi *in control* sehingga diduga bahwa semua variabel jenis cacat menjadi kontributor dalam menyebabkan kondisi *out of control* pada pengamatan ke-31 tersebut.

Langkah selanjutnya yaitu membuat peta kendali univariat untuk masing-masing variabel yang digunakan sebagai pendekatan kedua dalam melakukan identifikasi variabel penyebab *out of control*. Peta kendali univariat tercantum pada Lampiran L dimana hasil identifikasi variabel penyebab *out of control* diberikan pada Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Fase I untuk Kandang 3 menggunakan Peta Kendali Univariat

t	Kondisi Titik Pengamatan Pada Peta Kendali Univariat			Variabel Penyebab <i>Out of Control</i>
	X ₁	X ₂	X ₃	
31	O	O	I	X ₁ , X ₂
33	O	O	I	X ₁ , X ₂
39	O	I	I	X ₁

Keterangan:

O = *Out of control*

I = *In control*

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa variabel X₁ dan X₂ teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* pada pengamatan ke-31 dan 33 karena dua pengamatan tersebut terdeteksi berada dalam kondisi tidak terkendali pada peta kendali univariat variabel X₁ dan X₂. Pada pengamatan ke-39 hanya pada peta kendali univariat untuk variabel X₁ yang berada dalam kondisi *out of control* sehingga variabel X₁ teridentifikasi sebagai variabel penyebabnya.

Tabel 4.13 Perbandingan Hasil Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Fase I untuk Kandang 3

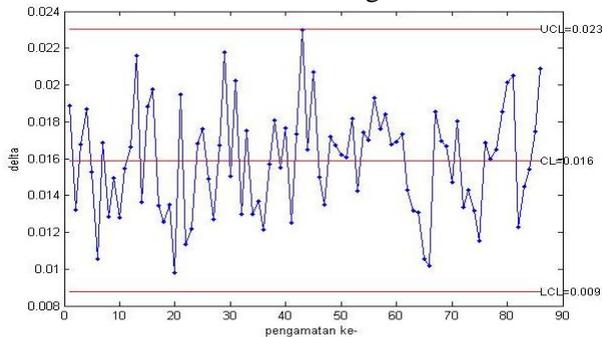
t	Hasil Identifikasi Menggunakan <i>Marginal Control Chart</i>	Hasil Identifikasi Menggunakan Peta Kendali Univariat
31	Tidak teridentifikasi	X ₁ , X ₂
33	X ₁ , X ₂	X ₁ , X ₂
39	X ₁ , X ₂	X ₁

Berdasarkan Tabel 4.13, diketahui bahwa ketika identifikasi variabel penyebab *out of control* dilakukan dengan membuat *marginal control chart*, variabel X₁ dan X₂ teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* pada pengamatan ke-33. Variabel tersebut juga teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* pada pengamatan ke-33 ketika peta kendali univariatnya dibuat. Berbeda dengan hasil identifikasi pada pengamatan ke-39 yang menunjukkan bahwa variabel X₁ dan X₂ dalam *marginal control chart* teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* tetapi variabel X₂ tidak terdeteksi *out of control* pada peta kendali univariatnya. Untuk pengamatan ke-39 ini, terjadinya

kondisi *out of control* diduga diakibatkan oleh interaksi dua variabel jenis cacat, yaitu X_1 dan X_2 .

Identifikasi menggunakan *marginal control chart* pada pengamatan ke-31 diperoleh hasil bahwa tidak ada satupun variabel yang teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* sehingga diduga semua variabel jenis cacat menjadi penyebabnya. Namun ketika dilakukan identifikasi variabel penyebab *out of control* menggunakan peta kendali univariat, diperoleh hasil bahwa variabel X_1 dan X_2 teridentifikasi sebagai variabel penyebabnya. Dengan demikian, kondisi *out of control* pada pengamatan ke-31 diakibatkan oleh interaksi dari semua variabel jenis cacat, yaitu variabel X_1 , X_2 , dan X_3 .

Tiga pengamatan yang berada dalam kondisi *out of control* tersebut selanjutnya dikeluarkan dan dihitung kembali batas kendalinya untuk membentuk peta kendali p multiatribut baru hingga mencapai kondisi yang terkendali (*in control*). Peta kendali p multiatribut baru yang terbentuk setelah tiga pengamatan yang *out of control* dikeluarkan adalah sebagai berikut.



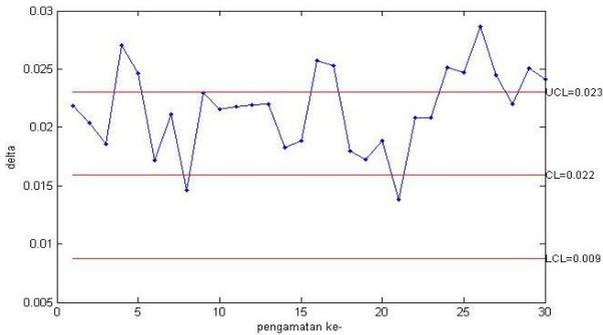
Gambar 4.6 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 3 Setelah Revisi

Batas kendali baru yang diperoleh pada peta kendali p multiatribut setelah tiga pengamatan dikeluarkan adalah 0.023 untuk UCL dan 0.0088 untuk LCL. Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa semua pengamatan berada dalam batas kendali dan tidak ada satupun pengamatan yang terdeteksi *out of control*. Hal ini mengindikasikan bahwa proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 3 pada periode 1 Januari hingga 31 Maret 2018 sudah terkendali secara statistik sehingga batas kendali yang terbentuk

akan digunakan untuk memantau proses penetasan telur ayam pada fase II, yaitu periode 1 hingga 30 April 2018.

4.4.4 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 3 Fase II

Batas kendali pada peta kendali p multiatribut fase I yang sudah berada dalam kondisi *in control* selanjutnya digunakan untuk memantau proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 3 pada fase II. Hal ini dilakukan untuk melihat apakah proses penetasan telur ayam di fase II berada dalam kondisi relatif stabil terhadap fase I atau telah terjadi pergeseran proses. Peta kendali p multiatribut fase II untuk proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 3 ketika batas kendali fase I digunakan adalah sebagai berikut.



Gambar 4.7 Peta Kendali p Multiatribut Kandang 3 Fase II

Peta kendali p multiatribut fase II yang terbentuk pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa terdapat sebanyak sepuluh pengamatan yang terdeteksi *out of control* sehingga dapat disimpulkan bahwa proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 3 selama periode bulan April 2018 tidak terkendali secara statistik. Berdasarkan Gambar 4.7 pula terlihat bahwa nilai tingkat cacat keseluruhan ($\hat{\delta}$) pada *plot* selama periode bulan April 2018 berada di atas garis tengah (CL) ketika batas kendali fase I digunakan pada peta kendali p multiatribut di fase II ini. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi pergeseran proses yang semakin buruk. Dengan kata lain, kecacatan telur yang berasal dari kandang 3 periode bulan April 2018 mengalami peningkatan dari periode sebelumnya. Sepuluh pengamatan yang berada di luar

batas kendali memiliki nilai $\hat{\delta}$ yang diberikan pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Nilai $\hat{\delta}$ Pengamatan Tidak Terkendali di Fase II untuk Kandang 3

t	Nilai $\hat{\delta}$
4	0.027
5	0.025
16	0.026
17	0.025
24	0.025
25	0.025
26	0.029
27	0.024
29	0.025
30	0.024

Titik pengamatan yang berada di luar batas kendali yang ditunjukkan oleh Tabel 4.14 selanjutnya diidentifikasi untuk mengetahui variabel penyebab *out of control* pada sepuluh pengamatan tersebut. Sama seperti peta kendali p multiatribut fase I, identifikasi di fase II ini juga dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan. Hasil identifikasi variabel penyebab *out of control* pada peta kendali p multiatribut fase II untuk kandang 3 menggunakan *marginal control chart* adalah sebagai berikut.

Tabel 4.15 Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Fase II untuk Kandang 3 menggunakan *Marginal Control Chart*

t	Kondisi Titik Pengamatan Pada Marginal Control Chart			Variabel Penyebab Out of Control
	X₂,X₃	X₁,X₃	X₁,X₂	
4	I	O	O	X ₁
5	O	I	O	X ₂
16	O	O	I	X ₃
17	I	O	O	X ₁
24	O	O	I	X ₃
25	O	O	I	X ₃
26	O	O	O	Tidak teridentifikasi
27	O	I	I	X ₂ , X ₃
29	I	O	O	X ₁
30	I	O	I	X ₁ , X ₃

Keterangan:

O = *Out of control*

I = *In control*

Berdasarkan hasil identifikasi variabel penyebab *out of control* pada Tabel 4.15 dengan hasil perhitungan *marginal statistic* $\hat{\delta}_{t(i)}$, $UCL_{(i)}$, dan $LCL_{(i)}$ yang tertera pada Lampiran M, diketahui bahwa dari sepuluh pengamatan yang *out of control*, terdapat satu pengamatan, yaitu pengamatan ke-26, yang tidak teridentifikasi variabel penyebabnya karena tidak ada satupun *marginal control chart* yang menunjukkan kondisi *in control* pada pengamatan tersebut. Variabel X_1 teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* pada pengamatan ke-4, 17, dan 29, variabel X_2 teridentifikasi pada pengamatan ke-5, sedangkan variabel X_3 teridentifikasi sebagai penyebab *out of control* pada pengamatan ke-16, 24, dan 25. Pada pengamatan ke-27, variabel penyebab *out of control* adalah X_2 dan X_3 sedangkan pada pengamatan ke-30 variabel penyebab *out of control* adalah X_1 dan X_3 . Selanjutnya dibuat peta kendali univariat untuk masing-masing variabel sebagai pendekatan kedua dalam melakukan identifikasi variabel penyebab *out of control* dimana peta kendali univariat tercantum pada Lampiran N dan hasilnya diberikan pada Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4.16 Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Fase II untuk Kandang 3 menggunakan Peta Kendali Univariat

t	Kondisi Titik Pengamatan Pada Peta Kendali Univariat			Variabel Penyebab <i>Out of Control</i>
	X_1	X_2	X_3	
4	O	O	O	X_1
5	I	I	I	Tidak teridentifikasi
16	O	I	O	X_3
17	O	I	I	X_1
24	O	I	O	X_3
25	O	I	O	X_3
26	O	I	O	X_1, X_3
27	I	I	I	X_3
29	I	I	I	X_1
30	I	I	O	X_1

Keterangan:

O = *Out of control*

I = *In control*

Tabel 4.16 menunjukkan hasil bahwa variabel X_1 teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* pada pengamatan ke-4, 17, 29, dan 30 sedangkan variabel X_3 teridentifikasi pada pengamatan ke-16, 24, 25, dan 27. Pada pengamatan ke-26 teridentifikasi bahwa variabel yang menjadi penyebab *out of control* adalah variabel X_1 dan X_3 . Namun, pada pengamatan ke-5 tidak teridentifikasi variabel penyebab *out of control* karena tidak ada satupun peta kendali univariat yang mendeteksi *out of control* pada pengamatan tersebut.

Tabel 4.17 Perbandingan Hasil Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Fase II untuk Kandang 3

t	Hasil Identifikasi Menggunakan <i>Marginal Control Chart</i>	Hasil Identifikasi Menggunakan Peta Kendali Univariat
4	X_1	X_1
5	X_2	Tidak teridentifikasi
16	X_3	X_3
17	X_1	X_1
24	X_3	X_3
25	X_3	X_3
26	Tidak teridentifikasi	X_1, X_3
27	X_2, X_3	X_3
29	X_1	X_1
30	X_1, X_3	X_1

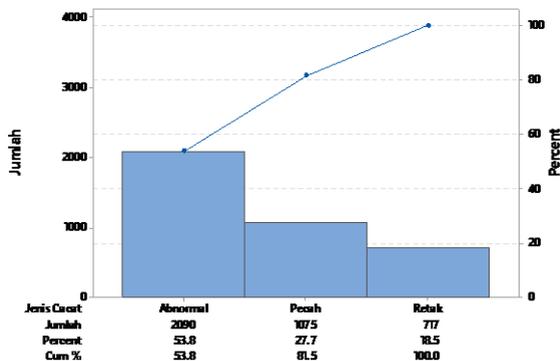
Berdasarkan Tabel 4.17, diketahui bahwa pada pengamatan ke-4, 16, 17, 24, 25, dan 29 teridentifikasi variabel penyebab yang sama ketika dilakukan identifikasi menggunakan *marginal control chart* dan peta kendali univariat. Hasil identifikasi pada pengamatan ke-27 menunjukkan bahwa variabel X_2 dan X_3 pada *marginal control chart* teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* tetapi variabel X_2 tidak terdeteksi terjadi *out of control* pada peta kendali univariatnya. Hal serupa juga terjadi pada pengamatan ke-30 dimana variabel X_1 dan X_3 teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* ketika diidentifikasi menggunakan *marginal control chart* tetapi variabel X_3 tidak terdeteksi terjadi *out of control* pada peta kendali univariatnya.

Untuk pengamatan ke-27 dan 30 ini, terjadinya kondisi tidak terkendali pada peta kendali p multiatribut diduga diakibatkan oleh interaksi dari dua variabel jenis cacat, yaitu variabel X_2 dengan X_3 untuk pengamatan ke-27 dan variabel X_1 dengan X_3 untuk pengamatan ke-30.

Pada pengamatan ke-26, tidak satupun variabel yang teridentifikasi sebagai variabel penyebab *out of control* karena tidak ada satupun *marginal control chart* yang menunjukkan kondisi *in control* sehingga diduga semua variabel jenis cacat yang menjadi penyebabnya. Setelah diidentifikasi menggunakan peta kendali univariat, diperoleh hasil bahwa variabel X_1 dan X_3 terdeteksi terjadi *out of control* namun variabel X_2 masih berada dalam kondisi *in control* pada pengamatan tersebut. Dengan demikian, kondisi *out of control* pada pengamatan ke-26 dapat terjadi sebagai akibat dari interaksi semua variabel jenis cacat.

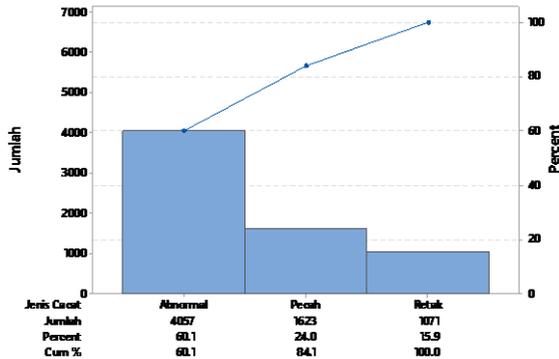
4.5 Diagram Pareto Kecacatan Telur

Pada penelitian ini, diagram Pareto digunakan untuk mengetahui penyebab dominan dari kecacatan telur yang terjadi dalam proses penetasan telur ayam. Terdapat tiga kategori yang digunakan sebagai indikator sebutir telur dikatakan cacat, yaitu abnormal, retak, dan pecah. Analisis diagram Pareto untuk data kecacatan telur dalam proses penetasan telur ayam di PT X selama periode 1 Januari hingga 30 April yang berasal dari kandang 1 dan kandang 3 secara berurutan adalah sebagai berikut.



Gambar 4.8 Diagram Pareto Kecacatan Telur Kandang 1

Berdasarkan Gambar 4.8, dapat diketahui bahwa dalam proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 1 pada periode 1 Januari hingga 30 April 2018 ditemukan total 3882 kecacatan telur yang terdiri dari 2090 butir atau 53.8% telur yang abnormal, 1075 butir atau 27.7% telur yang pecah, dan 717 butir atau 18.5% telur yang retak. Dengan demikian, jenis cacat telur abnormal memberikan kontribusi terbesar dalam kecacatan telur sehingga jenis cacat ini perlu ditangani terlebih dahulu.

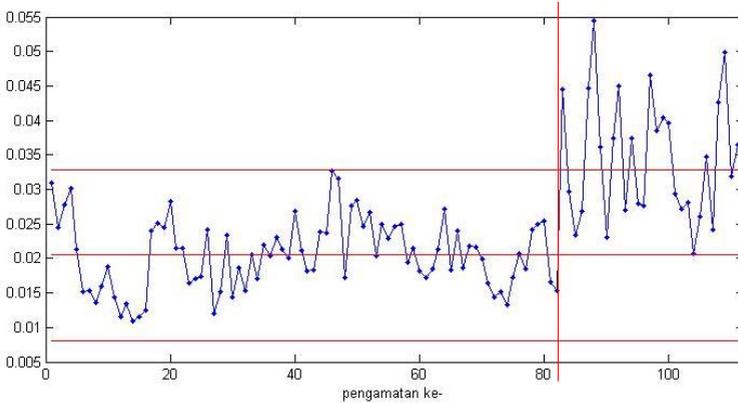


Gambar 4.9 Diagram Pareto Kecacatan Telur Kandang 3

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa jenis cacat telur abnormal juga memberikan kontribusi terbesar dalam kecacatan telur yang berasal dari kandang 3 selama periode 1 Januari hingga 30 April 2018. Selama periode tersebut, ditemukan total 6571 kecacatan telur yang terdiri dari 4057 butir atau 60.1% telur yang abnormal, 1623 butir atau 24% telur yang pecah, dan 1071 butir atau 15.9% telur yang retak. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pihak perusahaan perlu memprioritaskan jenis cacat telur abnormal untuk ditangani terlebih dahulu sehingga perusahaan dapat meminimumkan kerugian yang terjadi dan dapat menghasilkan bibit ayam (DOC) yang lebih berkualitas di masa mendatang.

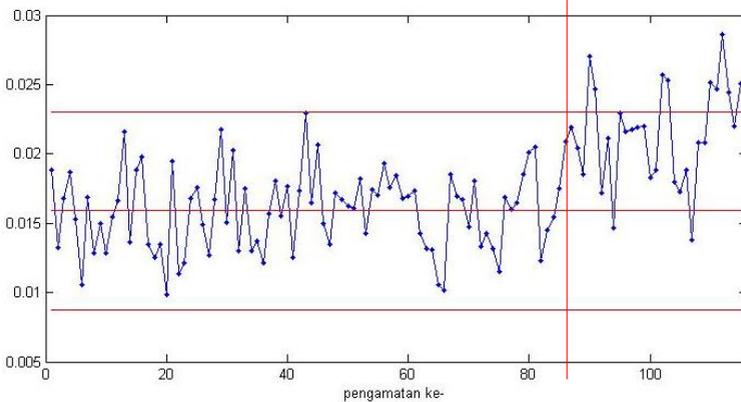
4.6 Identifikasi Penyebab Terjadinya Cacat Telur Dominan

Berikut adalah peta kendali p multiatribut proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang periode 1 Januari hingga 30 April 2018.



Gambar 4.10 Peta Kendali p Multiatribut Gabungan Fase I dan Fase II untuk Kandang 1

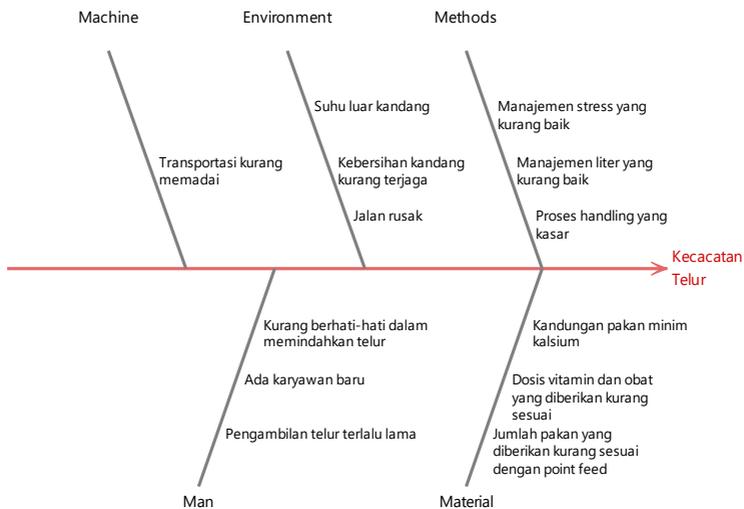
Pada Gambar 4.10, *plot* nilai tingkat cacat keseluruhan ($\hat{\delta}$) di sisi kiri garis merah menunjukkan proses penetasan telur ayam pada periode 1 Januari hingga 31 Maret 2018 (fase I) sedangkan di sisi kanan garis merah menunjukkan proses pada periode 1 hingga 30 April 2018 (fase II). Proses penetasan telur ayam pada fase II menunjukkan bahwa nilai tingkat cacat keseluruhan ($\hat{\delta}$) pada *plot* mengalami peningkatan dari periode sebelumnya. Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi pergeseran kualitas proses penetasan telur yang semakin menurun karena proporsi kecacatan telur semakin tinggi pada fase II.



Gambar 4.11 Peta Kendali p Multiatribut Gabungan Fase I dan Fase II untuk Kandang 3

Gambar 4.11 memberikan kesimpulan yang sama dengan Gambar 4.10 bahwa proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 3 pada fase II menunjukkan adanya pergeseran kualitas proses yang semakin menurun karena proporsi kecacatan telur semakin meningkat dari periode sebelumnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya peningkatan kecacatan telur pada kandang 1 dan kandang 3 sehingga pihak perusahaan dapat melakukan evaluasi untuk meminimumkan kecacatan telur pada proses penetasan di masa mendatang.

Pada analisis dengan diagram Pareto, didapatkan hasil bahwa jenis cacat telur abnormal merupakan jenis cacat yang memberikan pengaruh terbesar terhadap kecacatan telur yang terjadi selama periode 1 Januari hingga 30 April 2018. Oleh karena itu, pihak PT X perlu melakukan identifikasi penyebab terjadinya telur yang abnormal untuk ditangani terlebih dahulu.



Gambar 4.12 Diagram Ishikawa Penyebab Kecacatan Telur

Gambar 4.12 merupakan hasil identifikasi penyebab kecacatan telur secara keseluruhan. Jika ditelusuri lebih dalam, diketahui bahwa telur abnormal disebabkan oleh empat faktor utama, yaitu metode, material, lingkungan, dan manusia. Pada faktor metode, terjadinya telur abnormal terdiri dari dua sebab,

yaitu manajemen *stress* dan manajemen *litter* yang kurang baik. Manajemen stres digunakan untuk meminimumkan *stress* yang ada di sekeliling kandang, dimana *stress* bisa berasal dari lingkungan atau dari pengelola. Jika manajemen *stress* yang diterapkan oleh perusahaan kurang baik, maka induk ayam di kandang menjadi *stress* sehingga induk ayam tersebut menghasilkan telur dengan kualitas yang kurang baik pula. Sedangkan manajemen *litter* dilakukan untuk menjaga *litter* (alas kandang) tetap dalam kondisi kering dengan cara membalik *litter* secara rutin. Kondisi *litter* yang basah dan lembab akan mempengaruhi kesehatan ayam serta kualitas telur yang dihasilkan.

Pada faktor material, diketahui terdapat tiga sebab yang mengakibatkan terjadinya telur abnormal. *Point feed* atau standar jumlah pakan yang diberikan pada induk ayam harus disesuaikan dengan umur ayam saat itu. Jika jumlah pakan yang diberikan lebih besar dari *point feed*-nya, maka induk ayam akan menjadi terlalu gemuk sehingga menghasilkan telur yang cenderung kecil karena jalan keluarnya telur dari induk ayam tersebut telah tertutup oleh lemak. Pakan yang diberikan harus mengandung kalsium yang tinggi agar telur yang dihasilkan memiliki cangkang yang keras sehingga tidak rentan retak atau pecah. Vitamin dan obat yang diberikan pada induk ayam juga harus sesuai dengan dosis yang dianjurkan agar kondisi kesehatan induk ayam tersebut tetap terjaga sehingga produksi telurnya lebih optimal.

Pada faktor lingkungan terdapat dua penyebab telur abnormal, yaitu suhu di luar kandang dan kebersihan kandang yang kurang terjaga. Kedua faktor tersebut akan mengakibatkan induk ayam menjadi stres dan kurang sehat sehingga kualitas telur yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar perusahaan. Namun, suhu di luar kandang merupakan sebab yang tidak bisa dikendalikan karena sistem perkandangan yang digunakan oleh perusahaan adalah *open house*, dimana sistem perkandangan ini hanya mengandalkan suhu luar dan tidak terdapat sistem kontrol temperatur dan kelembaban dalam kandang.

Abnormalitas telur juga dapat diakibatkan oleh faktor manusia. Setelah melakukan wawancara dengan pihak perusahaan, diketahui bahwa salah satu penyebab telur abnormal adalah karyawan baru. Karyawan yang masih baru dapat menyebabkan

peluang terjadinya *human error* menjadi lebih besar dibandingkan karyawan lama yang sudah berpengalaman. Karyawan baru masih dalam proses pembelajaran karena membutuhkan waktu untuk mempelajari *Standard Operating Procedure* (SOP) yang ditetapkan perusahaan mengenai *maintenance* kandangnya.

Transportasi yang kurang memadai tidak menyebabkan telur menjadi abnormal, melainkan dapat menyebabkan telur menjadi retak atau bahkan pecah sehingga faktor mesin tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap abnormalitas telur. Penyebab-penyebab kecacatan telur pada Gambar 4.12 selain yang sudah dijelaskan di atas merupakan penyebab kecacatan telur untuk jenis cacat retak dan pecah. Telur retak dan pecah memiliki penyebab yang sama sehingga cara penanganan terhadap kedua jenis cacat ini juga sama. Setelah dilakukan peninjauan terhadap penyebab terjadinya telur abnormal, pihak perusahaan perlu melakukan *improvement* pada *maintenance* kandangnya. Pihak perusahaan juga perlu melakukan evaluasi terhadap telur yang retak dan pecah setelah abnormalitas telur sudah ditangani dengan baik. Dengan demikian, pihak perusahaan dapat meminimumkan kecacatan telur secara keseluruhan sehingga dihasilkan telur tetas ayam yang lebih berkualitas di masa mendatang.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Data kecacatan telur dalam proses penetasan telur ayam di PT X unit Hatchery Malang selama periode Januari-April 2018 menunjukkan bahwa kandang yang paling bermasalah adalah kandang 1 dan kandang 3. Kedua kandang tersebut menunjukkan persentase kecacatan telur terbesar sehingga *monitoring* kualitas dilakukan terhadap proses penetasan telur ayam yang berasal dari kedua kandang tersebut.
2. Peta kendali p multiatribut fase I menunjukkan bahwa proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 1 maupun dari kandang 3 belum terkendali secara statistik. Peta kendali p multiatribut fase II untuk proses penetasan telur ayam yang berasal dari kedua kandang tersebut menunjukkan kualitas proses penetasan telur ayam yang semakin menurun. Dengan kata lain, kecacatan telur yang terjadi pada fase II mengalami peningkatan dari periode sebelumnya sehingga dapat disimpulkan bahwa proses penetasan telur ayam yang berasal dari kandang 1 maupun kandang 3 belum terkendali secara statistik. Setelah dilakukan identifikasi, jenis cacat yang menjadi penyebab dominan proses penetasan telur menjadi tidak terkendali secara statistik adalah jenis cacat abnormal.
3. Diagram Pareto kecacatan telur di kandang 1 dan kandang 3 memberikan hasil yang sama bahwa jenis cacat telur abnormal memberikan kontribusi terbesar dalam kecacatan telur keseluruhan. Telur abnormal perlu ditangani terlebih dahulu agar pihak perusahaan dapat meminimumkan kerugian yang terjadi dan dapat menghasilkan bibit ayam yang lebih berkualitas di masa mendatang.
4. Berdasarkan analisis diagram sebab-akibat, diidentifikasi bahwa terdapat empat faktor yang menjadi penyebab

terjadinya jenis cacat abnormal. Tiga faktor tersebut adalah faktor metode, material, lingkungan, dan manusia.

5.2 Saran

Saran yang diberikan peneliti berdasarkan analisis yang telah dilakukan sebelumnya meliputi dua hal, yaitu saran untuk penelitian selanjutnya dan saran untuk pihak perusahaan sebagai berikut.

1. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan *monitoring* kualitas terhadap produk akhir yang dihasilkan dari proses penetasan telur ayam, yaitu bibit ayam (DOC). Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas DOC yang dihasilkan melalui proses penetasan telur ayam yang dilakukan oleh PT X unit Hatchery Malang.
2. Telur abnormal mengindikasikan bahwa *maintenance* kandang yang dilakukan oleh pihak perusahaan masih belum optimal. Pihak perusahaan sebaiknya melakukan *improvement* pada *maintenance* kandangnya karena telur abnormal memberikan kontribusi terbesar terhadap banyaknya kecacatan telur yang menyebabkan proses penetasan telur menjadi tidak terkendali secara statistik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, D. W. (1999). *Manajemen Kualitas*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Cahyanto, H. D. (2016). *Penerapan Peta P Multiatribut Pada Pengontrolan Proses Rolling Plate Baja di PT Gunawan Dianjaya Steel, Tbk*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Cozzucoli, P. C. (2009). Process Monitoring with Multivariate p-Control Chart. *International Journal of Quality, Statistics, and Reliability, Volume 2009*.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Operations Management*. New Jersey: Pearson Education.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. United States of America: Prentice Hall.
- Kartasudjana, R., & Suprijatna, E. (2006). *Manajemen Ternak Unggas*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control Seventh Edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Morrison, D. F. (1990). *Multivariate Statistical Methods Third Edition*. New York: Mc Graw Hill Publishing Comfiney.
- Rahayuningtyas, A., Furqon, M., & Santoso, T. (2014). Rancang Bangun Alat Penetas Telur Sederhana Menggunakan Sensor Suhu dan Penggerak Rak Otomatis. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan PKM : Sains, Teknologi, dan Ilmu Kesehatan*. 4, pp. 245-252. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Setyobudi, A. D. (2012). *Manajemen Penetasan di PT Hatchery Super Unggas Jaya Kecamatan Sukorejo Kabupaten Pasuruan*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Šidák, Z. (1967). Rectangular Confidence Regions for The Means of Multivariate Normal Distributions. *Journal of The American Statistical Associations*, 62, 626-633.
- Šidák, Z. (1968). On Multivariate Normal Probabilities of Rectangles: Their Dependence on Correlations. *The Annals of Mathematical Statistics*, 39, 1425-1434.

- Siregar, M. (2015). *Pengendalian Kualitas Produk dengan Menggunakan Peta Kendali P Multivariat di PT Tirta Sibayakindo*. Medan: Universitas Negeri Medan.
- Soeparno, R., Rihastuti, Indratiningsih, Suharjono, & Triatmojo. (2011). *Dasar Teknologi Hasil Ternak*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Sudaryani, & Santoso. (2002). *Pembibitan Ayam Ras*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sukmawati, A. (2012). *Analisis Mutu Proses Penetasan Anak Ayam DOC (Day Old Chick) dengan Menggunakan Metode Statistical Process Control Pada Mesin Hatchery di PT Reza Perkasa*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Suprijatna, E., Atmomarsono, U., & Kartasudjana, R. (2005). *Ilmu Dasar Ternak Unggas*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Taleb, H. (2009). Control Chart Applications for Multivariate Attribute Processes. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 56, 399-410.
- Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Statistika Edisi Ke-3*. Alih Bahasa: Bambang Sumantri. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

LAMPIRAN

Lampiran A. Data Kecacatan Telur Periode 1 Januari-30 April 2018 yang Berasal dari Semua Kandang

Tanggal	Jenis Farm	Total Terima HE	Jenis Kecacatan			Total Cacat	HE Siap Tetas
			X1	X2	X3		
1 Januari 2018	Kandang 1	959	36	13	3	52	907
	Kandang 2	2340	49	13	12	74	2266
	Kandang 3	2016	46	13	7	66	1950
	Kandang 4	2142	45	14	9	68	2074
	Kandang 5	2304	34	11	18	63	2241
	Kandang 6	2382	42	19	22	83	2299
	Kandang 7	2358	51	26	13	90	2268
2 Januari 2018	Kandang 1	962	22	7	9	38	924
	Kandang 2	2351	42	16	1	59	2292
	Kandang 3	2052	28	3	13	44	2008
	Kandang 4	2160	22	7	16	45	2115
	Kandang 5	2316	30	13	5	48	2268
	Kandang 6	2417	24	10	6	40	2377
	Kandang 7	2364	22	11	7	40	2324
4 Januari 2018	Kandang 1	966	17	8	15	40	926
	Kandang 2	2388	26	10	19	55	2333
	Kandang 3	2088	34	10	13	57	2031
	Kandang 4	2250	30	8	17	55	2195
	Kandang 5	2340	30	12	16	58	2282
	Kandang 6	2448	24	10	14	48	2400
	Kandang 7	2394	22	8	14	44	2350
...
...
...
30 April 2018	Kandang 1	704	21	6	11	38	666
	Kandang 2	1836	46	8	12	66	1770
	Kandang 3	1800	45	8	18	71	1729
	Kandang 4	1800	46	10	18	74	1726
	Kandang 5	1836	46	10	10	66	1770
	Kandang 6	1908	47	11	14	72	1836
	Kandang 7	1819	40	9	14	63	1756

Lampiran B. Output SPSS Uji Dependensi antar Jenis Cacat
KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.656
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	357.429
	df	3
	Sig.	.000

Lampiran C. Output SPSS Uji Homogenitas Kandang

**Box's Test of Equality
of Covariance
Matrices^a**

Box's M	349.747
F	9.613
df1	36
df2	1303566.436
Sig.	.000

Tests the null hypothesis
that the observed
covariance matrices of the
dependent variables are
equal across groups.

a. Design: Intercept +
Kandang

Lampiran D. *Syntax* Matlab Peta Kendali p Multiatribut Fase I

```
%Peta Kendali  $p$  Multiatribut Kandang 1 Fase 1
kdlfase1 = xlsread('F:/TUGAS AKHIR/data
TA/Data Kandang v2.xlsx','Kd 1 Fase
1','C1:F90');
nt = xlsread('F:/TUGAS AKHIR/data TA/Data
Kandang v2.xlsx','Kd 1 Fase 1','B1:B90');
weight=[0 0.5 0.7 0.85];
[m,k]=size(kdlfase1)
for i = 1:k
    for t = 1:m
        pti(t,i)=kdlfase1(t,i)/nt(t);
        pr(t,i)=pti(t,i)*weight(i);
    end
    pi_bar(i)=mean(pti(:,i));
    dp(i)=pi_bar(i)*weight(i);
    ddp(i)=dp(i)*weight(i);
end
for t = 1:m
    delta(t)=sum(pr(t,:));
end
a=(1-0.0027)^(1/(k));
z=norminv(a);
nbar=mean(nt);
ucl=sum(dp)+(z*sqrt((1/nbar)*(sum(ddp)-
(sum(dp)*sum(dp))))))
cl=sum(dp)
lcl=sum(dp)-(z*sqrt((1/nbar)*(sum(ddp)-
(sum(dp)*sum(dp))))))

%Membentuk Peta Kendali  $p$  Multiatribut
for t=1:m
    uclt(t,1)=ucl;
    clt(t,1)=cl;
    lclt(t,1)=lcl;
end
X=1:m;
Y=delta;
plot(X,Y,'b.-',X,uclt,'r-',X,clt,'r-
',X,lclt,'r-')
Xlabel('pengamatan ke-')
Ylabel('delta')
```

Lampiran E. *Syntax* Matlab Pembuatan Peta Kendali p Multiatribut Fase II dengan Batas Kendali Fase I yang *In Control*

```
%Peta Kendali p Multiatribut Kandang 1 Fase 2
kdlfase2 = xlsread('F:/TUGAS AKHIR/data
TA/Data Kandang v2.xlsx','Kd 1 Fase
2','C1:F31');
nt = xlsread('F:/TUGAS AKHIR/data TA/Data
Kandang v2.xlsx','Kd 1 Fase 2','B1:B31');
weight=[0 0.5 0.7 0.85];
[m,k]=size(kdlfase2)
for i = 1:k
    for t = 1:m
        pti(t,i)=kdlfase2(t,i)/nt(t);
        pr(t,i)=pti(t,i)*weight(i);
    end
    pi_bar(i)=mean(pti(:,i));
    dp(i)=pi_bar(i)*weight(i);
    ddp(i)=dp(i)*weight(i);
end
for t = 1:m
    delta(t)=sum(pr(t,:));
end
ucl=0.03291;
cl=0.020479;
lcl=0.00804;

%Membentuk Peta Kendali p Multiatribut
for t=1:m
    uclt(t,1)=ucl;
    clt(t,1)=cl;
    lclt(t,1)=lcl;
end
X=1:m;
Y=delta;
plot(X,Y,'b.-',X,uclt,'r-',X,clt,'r-
',X,lclt,'r-')
Xlabel('pengamatan ke-')
Ylabel('delta')
```

Lampiran F. Syntax Matlab Pembuatan Peta Kendali Univariat

```
%Univariate p Control Chart Kandang 1 Fase 1
abn = xlsread('F:/TUGAS AKHIR/data TA/Data
Kandang v2.xlsx','Kd 1 Fase 1','D1:D90');
ni = xlsread('F:/TUGAS AKHIR/data TA/Data
Kandang v2.xlsx','Kd 1 Fase 1','B1:B90');
t=length(abn)
for i = 1:t
    pi(i)=abn(i)/ni(i);
end
pi_bar=mean(pi);
nbar=mean(ni);
ucl=pi_bar+(3*sqrt((pi_bar*(1-pi_bar))/nbar))
cl=pi_bar
lcl=pi_bar-(3*sqrt((pi_bar*(1-pi_bar))/nbar))

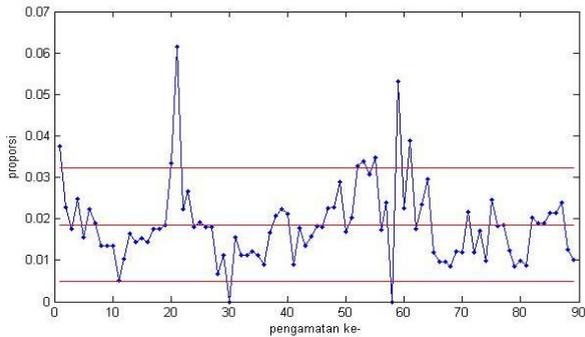
%Creating univariate p control chart
for i=1:t
    uclt(i,1)=ucl;
    clt(i,1)=cl;
    lclt(i,1)=lcl;
end
X=1:t;
Y=pi;
plot(X,Y,'b.-',X,uclt,'r-',X,clt,'r-
',X,lclt,'r-')
Xlabel('pengamatan ke-')
Ylabel('proporsi')
```

Lampiran G. Hasil Perhitungan Statistik Marginal dan Batas Kendali Marginal Fase I untuk Kandang 1

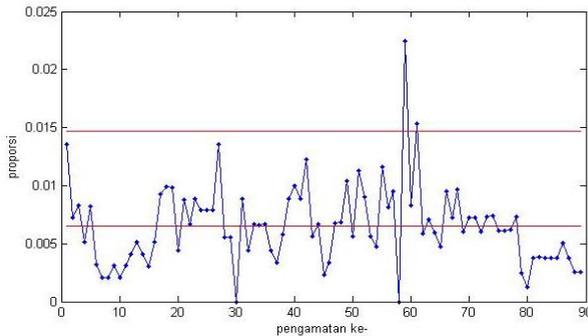
t	Nilai Marginal Statistik			Batas Kendali ₍₁₎		Batas Kendali ₍₂₎		Batas Kendali ₍₃₎	
	$\hat{\delta}_{t(1)}$	$\hat{\delta}_{t(2)}$	$\hat{\delta}_{t(3)}$	UCL	LCL	UCL	LCL	UCL	LCL
21	0.012	0.036	0.037	0.022	0.002	0.028	0.006	0.023	0.005
30	0	0	0						
55	0.018	0.027	0.025						
57	0.025	0.03	0.019						
58	0	0	0						
59	0.035	0.046	0.042						
61	0.029	0.038	0.03						

Lampiran H. Peta Kendali p Univariat di Kandang 1 Fase I

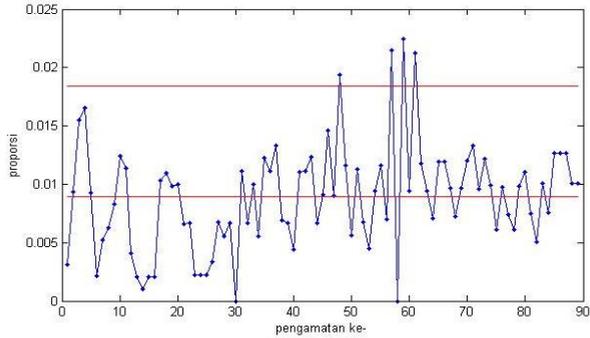
Lampiran H1. Peta Kendali p untuk Jenis Cacat Abnormal



Lampiran H2. Peta Kendali p untuk Jenis Cacat Retak



Lampiran H3. Peta Kendali p untuk Jenis Cacat Pecah

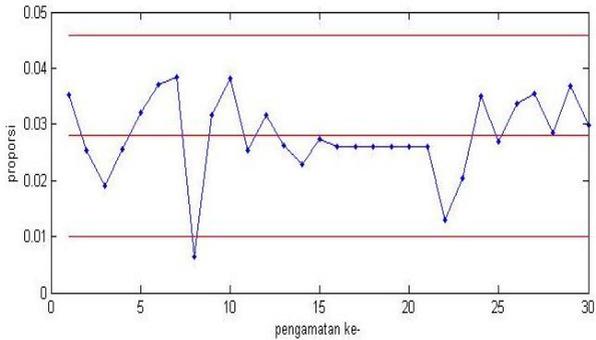


Lampiran I. Hasil Perhitungan Statistik Marginal dan Batas Kendali Marginal Fase II untuk Kandang 1

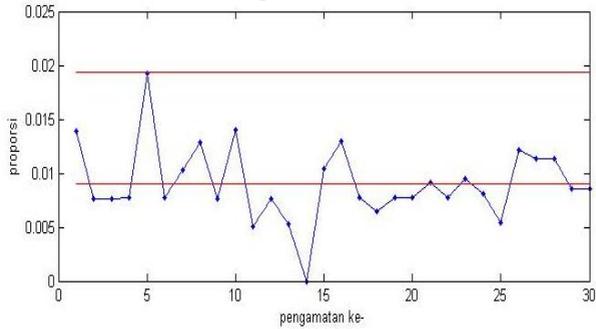
t	Nilai Marginal Statistik			Batas Kendali ₍₁₎		Batas Kendali ₍₂₎		Batas Kendali ₍₃₎	
	$\hat{\delta}_{t(1)}$	$\hat{\delta}_{t(2)}$	$\hat{\delta}_{t(3)}$	UCL	LCL	UCL	LCL	UCL	LCL
1	0.027	0.035	0.027	0.022	0.002	0.027	0.005	0.022	0.004
5	0.029	0.031	0.029						
6	0.036	0.049	0.024						
7	0.017	0.029	0.026						
9	0.022	0.032	0.021						
10	0.026	0.035	0.029						
12	0.022	0.032	0.021						
15	0.033	0.039	0.021						
16	0.026	0.030	0.022						
17	0.027	0.035	0.018						
18	0.027	0.035	0.018						
24	0.017	0.029	0.023						
26	0.026	0.034	0.025						
27	0.032	0.042	0.026						
29	0.018	0.031	0.024						
30	0.019	0.028	0.021						

Lampiran J. Peta Kendali p Univariat di Kandang 1 Fase II

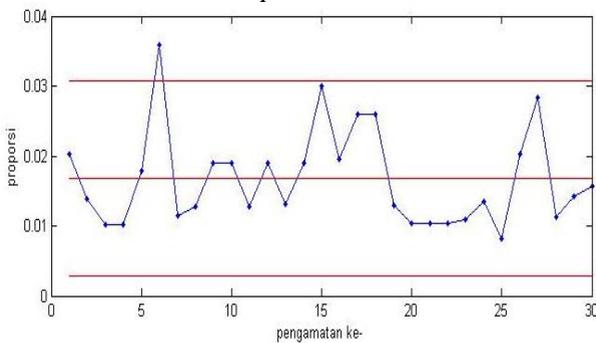
Lampiran J1. Peta Kendali p untuk Jenis Cacat Abnormal



Lampiran J2. Peta Kendali p untuk Jenis Cacat Retak



Lampiran J3. Peta Kendali p untuk Jenis Cacat Pecah

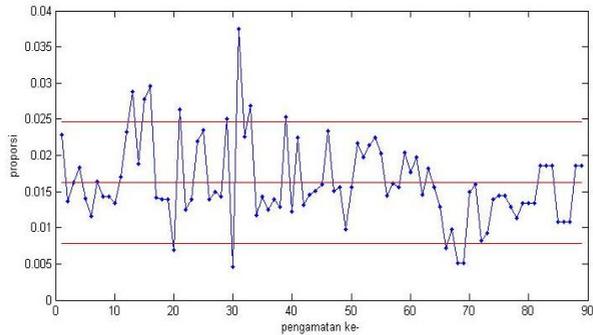


Lampiran K. Hasil Perhitungan Statistik Marginal dan Batas Kendali Marginal Fase I untuk Kandang 3

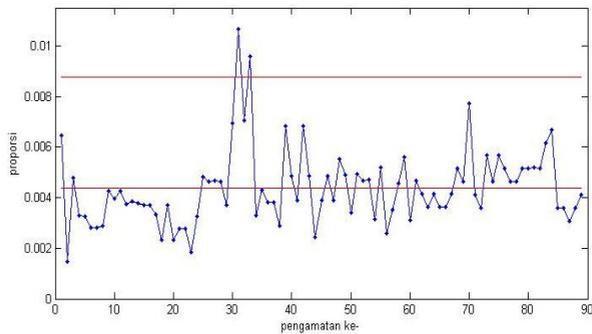
t	Nilai Marginal Statistik			Batas Kendali ₍₁₎		Batas Kendali ₍₂₎		Batas Kendali ₍₃₎	
	$\hat{\delta}_{t(1)}$	$\hat{\delta}_{t(2)}$	$\hat{\delta}_{t(3)}$	UCL	LCL	UCL	LCL	UCL	LCL
31	0.015	0.026	0.026	0.014	0.003	0.02	0.007	0.017	0.006
33	0.013	0.02	0.02						
39	0.011	0.019	0.017						

Lampiran L. Peta Kendali p Univariat di Kandang 3 Fase I

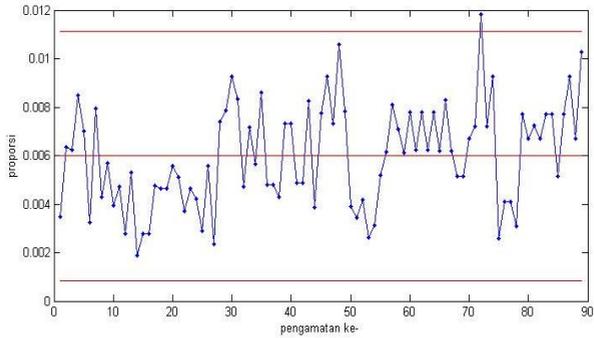
Lampiran L1. Peta Kendali p untuk Jenis Cacat Abnormal



Lampiran L2. Peta Kendali p untuk Jenis Cacat Retak



Lampiran L3. Peta Kendali p untuk Jenis Cacat Pecah

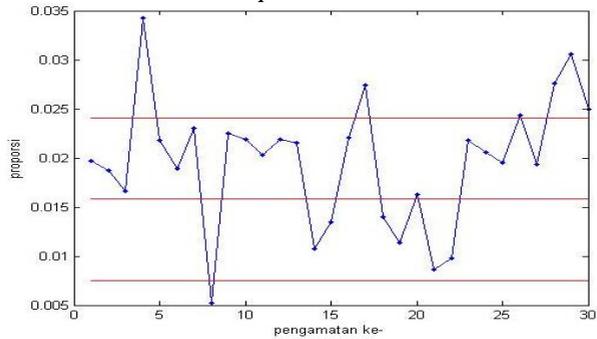


Lampiran M. Hasil Perhitungan Statistik Marginal dan Batas Kendali Marginal Fase II untuk Kandang 3

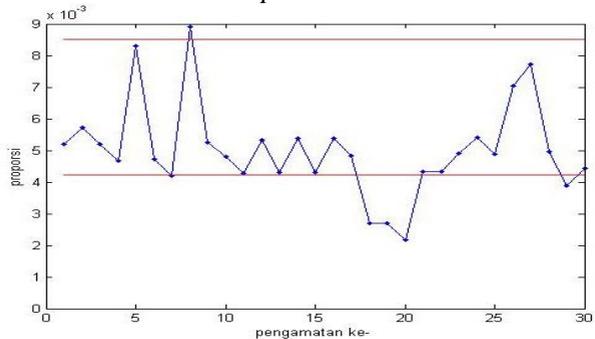
t	Nilai Marginal Statistik			Batas Kendali ₍₁₎		Batas Kendali ₍₂₎		Batas Kendali ₍₃₎	
	$\hat{\delta}_{t(1)}$	$\hat{\delta}_{t(2)}$	$\hat{\delta}_{t(3)}$	UCL	LCL	UCL	LCL	UCL	LCL
4	0.010	0.024	0.020	0.014	0.002	0.019	0.007	0.016	0.006
5	0.014	0.019	0.017						
16	0.015	0.022	0.015						
17	0.012	0.022	0.017						
24	0.015	0.021	0.014						
25	0.015	0.021	0.013						
26	0.016	0.024	0.017						
27	0.015	0.019	0.015						
29	0.010	0.022	0.018						
30	0.012	0.021	0.016						

Lampiran N. Peta Kendali p Univariat di Kandang 3 Fase II

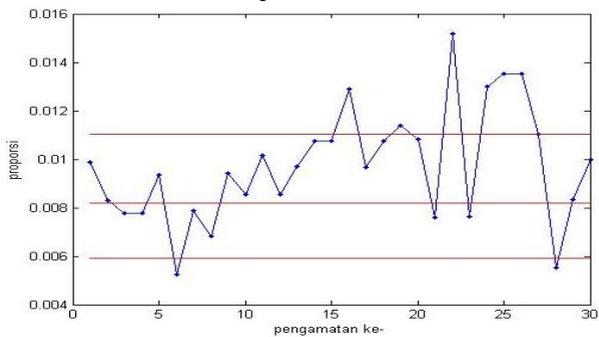
Lampiran N1. Peta Kendali p untuk Jenis Cacat Abnormal



Lampiran N2. Peta Kendali p untuk Jenis Cacat Retak



Lampiran N3. Peta Kendali p untuk Jenis Cacat Pecah



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Intan Nurul Amalia, lahir di Tulungagung, 23 Mei 1995 sebagai anak ketiga dari empat bersaudara oleh Bapak H. Masykur Zaini dan Ibu Hj. Hunaidah. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Botoran 1 Tulungagung, SMP Negeri 1 Tulungagung, dan SMA Negeri 1 Boyolangu Tulungagung. Setelah lulus SMA pada tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikannya di Departemen Statistika, Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data (FMKSD) ITS melalui jalur Mandiri tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 1314100124 / 06211440000124. Organisasi kampus yang pernah diikuti penulis yaitu sebagai Asisten Manajer 2 Divisi WeCloth di UKM Technopreneurship Development Center ITS periode 2015-2016, Staff Departemen Kewirausahaan Himpunan Mahasiswa Statistika ITS (HIMASTA-ITS) periode 2015-2016, dan Ketua Biro Fundraising Departemen Kewirausahaan HIMASTA-ITS periode 2016-2017. Pengalaman lain yang dimiliki penulis antara lain sebagai panitia Generasi Integralistik (GERIGI) ITS, koordinator acara Latihan Keterampilan Mahasiswa Wirausaha Tingkat Dasar (LKMW-TD), dan koordinator dokumentasi Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Tingkat Dasar (LKMM-TD) yang diadakan oleh Departemen Statistika ITS. Selain itu, penulis juga memiliki beberapa pengalaman keprofesian, yaitu sebagai freelance surveyor MPM Honda Surabaya tahun 2015 dan 2016, Kerja Praktik di Bidang Niaga PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur tahun 2017, serta sebagai Asisten Dosen mata kuliah Pengendalian Kualitas Statistik di Departemen Statistika ITS periode semester genap 2017/2018. Jika pembaca ingin memberikan kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui *e-mail* intanamalia23@gmail.com.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)