

**APLIKASI GRAFIK PENGENDALI T^2 HOTTELING DAN KAPABILITAS
PROSES UNTUK PENGENDALIAN KUALITAS PADA PRODUKSI
ARANG BRIKET**

SKRIPSI

**OLEH
SAHRUL MUNIR
NIM. 15610056**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**APLIKASI GRAFIK PENGENDALI T^2 HOTTELING DAN KAPABILITAS
PROSES UNTUK PENGENDALIAN KUALITAS PADA PRODUKSI
ARANG BRIKET**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
dalam Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)**

**Oleh
SAHRUL MUNIR
NIM. 15610056**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**APLIKASI GRAFIK PENGENDALI T^2 HOTTELING DAN KAPABILITAS
PROSES UNTUK PENGENDALIAN KUALITAS PADA PRODUKSI
ARANG BRIKET**

SKRIPSI

Oleh
SAHRUL MUNIR
NIM. 15610056

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 16 Desember 2019

Pembimbing I,



Angga Dwi Mulyanto, M.Si
NIP. 19890813 20180201 1 227

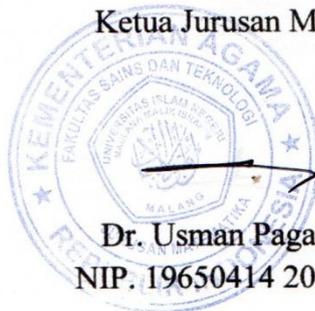
Pembimbing II,



Mohammad Nafie Jauhari, M.Si
NIP. 19870218 20160801 1 056

Mengetahui,

Ketua Jurusan Matematika



Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

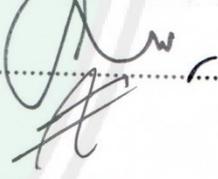
**APLIKASI GRAFIK PENGENDALI T^2 HOTTELING DAN KAPABILITAS
PROSES UNTUK PENGENDALIAN KUALITAS PADA PRODUKSI
ARANG BRIKET**

SKRIPSI

Oleh
Sahrul Munir
NIM. 15610056

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Tanggal 30 Desember 2019

Penguji Utama	: Dr. Sri Harini, M.Si	
Ketua Penguji	: Dr. H. Imam Sujarwo, M.Pd	
Sekretaris Penguji	: Angga Dwi Mulyanto, M.Si	
Anggota Penguji	: Mohammad Nafie Jauhari, M.Si	



Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sahrul Munir

NIM : 15610056

Jurusan : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Aplikasi Grafik Pengendali T^2 *Hotteling* dan Kapabilitas Proses
untuk Pengendalian Kualitas pada Produksi Arang Briket

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 16 Desember 2019
Yang membuat pernyataan,



Sahrul Munir
NIM. 15610056

MOTTO

Belajar dari kemarin, hidup untuk hari ini, berharap untuk hari besok. Dan yang terpenting adalah jangan sampai berhenti bertanya.

Terkadang kita tidak dapat melihat diri kita dengan jelas sampai kita melihat diri kita melalui mata orang lain.

Semua impian kita bisa terwujud jika kita memiliki keberanian untuk mengejanya.

Cobalah untuk tidak menjadi orang yang sukses tetapi cobalah untuk menjadi orang yang bernilai.

“Try not to become a man of success but rather try to become a man value”

(Albert Einstein)

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah Robbil'alamin, dengan mengucapkan syukur kepada Allah Swt., Skripsi ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua tercinta, Bapak Mukhotib dan Ibu Erni Nur Khamidah serta adik tercinta Nila Ni'matul Qusna, sebagai motivator terbesar dalam hidup penulis yang tidak pernah lelah untuk mendoakan dan menyayangi penulis serta orang yang menemani penulis Maratus Khoiniyah yang selalu memberikan semangat, motivasi, menghibur, dorongan, dukungan untuk menyelesaikan penelitian ini.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi Allah Swt yang selalu melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam bidang matematika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad Saw yang telah menuntun manusia dari jalan kegelapan menuju ke jalan yang terang benderang yaitu *ad-Din al-Islam*.

Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari petunjuk dan bimbingan serta masukan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Abd. Haris, M.Ag, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Usman Pagalay, M.Si, selaku ketua Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Angga Dwi Mulyanto, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, nasihat, dan pengalaman berharga kepada penulis.
5. Mohammad Nafie Jauhari, M.Si, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan ilmunya kepada penulis.

6. Dewi Ismarti, M.Si, selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi dan arahan kepada penulis.
7. Orang tua serta semua keluarga yang telah memberi dukungan selama ini.
8. Dosen Jurusan Matematika yang telah banyak memberikan arahan dan berbagi ilmunya kepada penulis.
9. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik materiil maupun moril.

Semoga Allah Swt melimpahkan rahmat dan karuniaNya kepada kita semua. Selain itu, penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembaca pada umumnya. *Aamiin*

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Malang, 17 Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGAJUAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	
HALAMAN MOTO	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
ملخص	xv
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	6
1.5. Batasan Masalah	6
1.6. Metode Penelitian	6
1.7. Sistematika Penulisan.....	7
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Kualitas	9
2.2. Pengendalian Kualitas Statistik (<i>Statistical Quality Control</i>)	10
2.3. Grafik Pengendali	12
2.4. Grafik Pengendali T^2 <i>Hotteling</i>	14
2.5. Kapabilitas Proses Multivariat	16
2.6. Uji Kenormalan	18
2.7. Uji Barlett Sphericity	20
2.8. Integrasi Al-Qur'an.....	22
 BAB III METODOLIGI PENELITIAN	
3.1. Pendekatan Penelitian.....	25
3.2. Jenis dan Sumber Data	25
3.3. Variabel Penelitian	25
3.4. Metode Pengumpulan Data	26

3.5. Metode Analisis	26
BAB IV PEMBAHASAN	
4.1. Penerapan Grafik Pengendali T^2 Hotelling	28
4.1.1. Analisis Deskriptif Data.....	28
4.1.2. Uji Kenormalan Multivariat.....	32
4.1.3. Uji Dependensi Multivariat	32
4.1.4. Penerapan Grafik Pengendali T^2 Hotelling	32
4.1.4.1. Nilai T^2 Hotelling pada Produksi Arang.....	32
4.1.4.2. Perhitungan Batas Kendali Nilai T^2 Hotelling pada Produksi Arang.....	43
4.2. Analisis Kapabilitas Proses Multivariat	45
4.3. Kajian Islam Tentang Pengendalian kualitas.....	48
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan.....	50
5.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Grafik Pengendali BKA,BKB, dan BT	12
Tabel 2.2 Nilai Generalisasi dari Distribusi- t	14
Tabel 2.3 Distribusi- t dengan nilai $n-1$	15
Tabel 2.4 Persamaan grafik pengendali $T^2Hotteling$	15
Tabel 2.5 Matriks data	15
Tabel 2.6 Vektor rata-rata.....	16
Tabel 2.7 Persamaan kovarian	16
Tabel 2.8 Persamaan $T^2Hotteling$ dengan kovarian	16
Tabel 2.9 Batas kendali $T^2Hotteling$ dengan menggunakan distribusi beta	16
Tabel 2.10 Indeks kapabilitas proses secara univariat	17
Tabel 2.11 Indeks kapabilitas proses multivariat	17
Tabel 2.12 Daerah proses sebenarnya	17
Tabel 2.13 Nilai target dari batas spesifikasi karakteristik mutu	18
Tabel 2.14 Persamaan h	19
Tabel 2.15 <i>probability density function</i>	19
Tabel 2.16 Jarak nilai mahanalobis setiap titik pengamatan	19
Tabel 2.17 Varian masing masing variabel.....	21
Tabel 2.18 Tabel Uji Bartlett	21
Tabel 2.19 Varian gabungan	22
Tabel 2.20 Nilai satuan Bartlett (B)	22
Tabel 2.21 Nilai Chi Kuadrat hitung.....	22
Tabel 4.1 Deskriptif Statistik Data Berat Sampel, Utuh >50 %, Tidak Utuh <50 %,Serbuk	28
Tabel 4.2 Kualitas Produksi Arang PT Cavron Global Carat	31
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Nilai $T^2Hotteling$ pada Proses Produksi Arang	43
Tabel 4.4 Kondisi Proses Pengambilan pada Grafik Pengendali $T^2Hotteling$	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi grafik pengendali statistik	13
Gambar 3.1. <i>flow chart</i> penelitian.....	27
Gambar 4.1 Histogram Deskriptif dari Variabel Berat Sampel	29
Gambar 4.2 Histogram Deskriptif dari Variabel Utuh >50%	29
Gambar 4.3 Histogram Deskriptif Tidak Utuh <50%	30
Gambar 4.4 Histogram Deskriptif Variabel Serbuk.....	31
Gambar 4.5 Grafik Pengendali <i>T2Hotteling</i>	44



ABSTRAK

Munir, Sahrul. 2019. **Aplikasi Grafik Pengendali T^2 Hotelling dan Kapabilitas Proses untuk Pengendalian Kualitas pada Produksi Arang Briket.** Tugas akhir/skirpsi. Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Angga Dwi Mulyanto, M.Si (II) Mohammad Nafie Jauhari, M.Si.

Kata kunci: Grafik Pengendali T^2 Hotelling, Kapabilitas Proses, Produksi Arang, *Out of Control*

Pengendalian kualitas statistik pada produksi arang briket yang diproduksi oleh PT Cavron Global Pasuruan merupakan industri yang baru berdiri pada tahun 2018 akhir dan perlu dilakukan sebuah penelitian yaitu pengendalian kualitas. Karakteristik kualitas produksi arang memiliki empat variabel penting yaitu Berat Sampel, Berat Sampel >50%, Berat Sampel <50%, dan Berat Serbuk. Analisis yang dilakukan untuk pengendalian kualitas statistik pada penelitian ini yaitu penerapan grafik pengendali T^2 Hotelling dan kapabilitas proses. Penerapan grafik pengendali T^2 Hotelling yang terkendali merupakan syarat untuk melakukan analisis kapabilitas proses. Hasil dari analisis diketahui bahwa grafik pengendali T^2 Hotelling menunjukkan tidak terdapat *out of control* yang berarti produksi arang terkendali kualitas secara statistik. Dan setelah proses dikatakan terkendali, analisis kapabilitas proses yang diperoleh nilai C_p sebesar 2,719 yang menunjukkan bahwa produksi arang briket pada tanggal 22 April 2019 sudah kapabel.

ABSTRACT

Munir, Sahrul. 2019. **On the Application of T²Hotteling Control Charts and Process Capabilities for Quality Control in Briquette Charcoal Production.** Thesis. Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisors: (I) Angga Dwi Mulyanto, M.Si (II) Mohammad Nafie Jauhari, M.Si.

Keyword: T²Hotteling Control Chart, Process Capability, Charcoal Production, Out of Control

Statistical quality control on the production of briquette charcoal produced by PT Cavron Global Pasuruhan is industry that was only established in late 2018 and it is necessary to conduct a quality control research. The characteristic of the quality of charcoal production have four important variables, namely Sample Weight, Total Sample Weight >50%, Incomplete Sample Weight <50%, and Powder Weight. The analysis conducted for statistical quality control in this study is the application of T²Hotteling Control Chart and process capabilities. Implementation of a controlled T²Hotteling Control Chart is a prerequisite for conducting process capability analysis. The result of the analysis note that the T²Hotteling control chart shows there is no out of control, which means charcoal production statistically quality controlled. And after the process is said to be controlled, an analysis of the process capability obtained by a C_p value of 2,719 which shows that the production of briquettes on April 22, 2019 is already capable.

ملخص

منير، ساهرول. ٢٠١٩. تطبيق مخطط T^2 Hotteling السيطرة والقدرة على العملية لمراقبة الجودة في إنتاج فحم حجري. البحث الجامعي. شعبة الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا ملك إبراهيم مالانج. المشرف: (١) أنغا دوي موليانتوماجستير (٢) محمد نافع جوهاري ماجستير

الكلمات الرئيسية: مخطط T^2 Hotteling ، القدرة العملية، إنتاج الفحم، خارج عن السيطرة

تعد الرقابة الإحصائية للجودة على إنتاج فحم حجري من إنتاج PT Cavron Global Pasuruan هي صناعة تأسست فقط في أواخر عام ٢٠١٨ وتحتاج إلى إجراء دراسة لمراقبة الجودة. تشمل خصائص جودة إنتاج الفحم على أربعة متغيرات مهمة وهي: وزن العينة، وزن العينة < 50%، وزن العينة > 50%، ووزن المسحوق. التحليل الذي أجري من أجل مراقبة الجودة الإحصائية في هذه الدراسة هو مخطط T^2 Hotteling وقدرة العملية. يعد تنفيذ مخطط التحكم T^2 Hotteling الذي يتم التحكم فيه شرطاً أساسياً لإجراء تحليل لقدرة العملية. تشير نتائج التحليل إلى أن مخطط التحكم T^2 Hotteling يوضح أنه لا يوجد خارج عن السيطرة، مما يعني أن إنتاج الفحم عالي الجودة يتم التحكم فيه إحصائياً. وبعد أن يقال إنه يتم التحكم في العملية، فإن تحليل قدرة العملية التي تم الحصول عليها بقيمة C_p تبلغ 2,719 والذي يوضح أن إنتاج فحم حجري في 22 أبريل 2019 قادر بالفعل.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi adalah faktor penunjang untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Tetapi tidak dapat dipungkiri apabila teknologi tidak memiliki kualitas maka barang atau produk yang dihasilkan tidak memiliki kualitas. Perusahaan saling bersaing menciptakan produk yang berkualitas untuk membantu para konsumen menghasilkan produk yang diinginkan. Kebutuhan konsumen terhadap barang khususnya pada barang penunjang untuk membantu konsumen memenuhi kebutuhan yang diinginkan bukan hanya dilihat dari segi kuantitas, majunya teknologi, dan nilai harga yang tinggi tetapi juga dari segi kualitas.

Kualitas adalah seberapa baik produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh suatu rancangan (Montgomery, Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik, 1990). Faktor dasar yang menjadi keputusan konsumen dalam memilih produk adalah kualitas. Produksi yang baik dan sesuai dengan standart yang telah ditentukan berdasarkan kebutuhan konsumen akan menghasilkan suatu produk yang berkualitas. Oleh karena itu perusahaan yang bergerak khususnya di bidang industri bahan bakar harus memiliki standar kualitas produksi yang sesuai dengan kebutuhan konsumen.

PT Cavron Global cabang Carat Pasuruan adalah salah satu industri yang bergerak pada bidang produksi bahan bakar, yaitu bahan bakar arang. Arang adalah produk bahan bakar alternatif yang masih digunakan konsumen untuk

membantu konsumen memasak suatu makanan yang memiliki ciri khas tertentu terhadap makanan tersebut. Baik buruknya kualitas yang dihasilkan maka akan berpengaruh pada hasil makanan yang dihasilkan atas pembakaran arang tersebut.

Kualitas arang dikatakan baik apabila kondisi atau bentuk arang yang diproduksi memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan oleh perusahaan. Kondisi atau bentuk (parameter) arang yg diteliti adalah Berat Sample Utuh, Tidak Utuh, dan Serbuk Arang, sehingga kondisi atau bentuk pada arang dapat mempengaruhi kualitas arang yang dihasilkan. Dalam Al-Qur'an Allah Swt telah berfirman dalam QS. Al-A'raf (7):56,

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا ۚ إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya:

“dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik”.

Ayat ini menunjukkan bahwa apa yang diberikan Allah SWT kepada manusia, sesuai dengan ukuran yang diberikan Allah SWT, yang berarti harus dijaga. Atas dasar kedudukan manusia sebagai khalifah di muka bumi ini dengan kewajiban dan tanggung jawabnya terhadap lingkungan sebagai konsekuensi nikmat yang diberikan Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang kepada manusia, sebagaimana tampak dari ayat di atas, yang patut disukuri dan dilindungi serta di junjung tinggi manusia yang perlu meningkatkan kesadaran lingkungan. Tetapi manusia sebagai khalifah terkadang lupa posisi mereka yang

menyebabkan kerusakan yang ada di muka bumi baik di darat maupun di laut. (Mahfud, 1997)

Salah satu hikmah yang terkandung pada QS. Al-A'raf adalah tentang mempertahankan dan meningkatkan kualitas yang merupakan rujukan dari penelitian ini. Kualitas akan terkendali apabila suatu produk bisa menjaga kondisi agar tetap pada syarat yang telah ditentukan. Apabila suatu produk mengalami sebuah kesalahan atau suatu proses yang menyimpang dengan standar yang telah ditentukan akan mengakibatkan proses tersebut tidak terkendali. Pada hal ini dibutuhkan juga pengendalian kualitas, supaya produksi yang dihasilkan memenuhi standart yang ada. Pengendalian kualitas statistik adalah pengendalian yang akan digunakan pada penelitian ini. Pengendalian kualitas statistik adalah suatu penerapan teknik statistika yang bertujuan untuk mengontrol suatu proses. (Montgomery, 2009).

Tujuan dari pengendalian kualitas statistik ini adalah untuk menganalisa awal mula yang terduga atau proses yang tidak sesuai dengan pengendalian, sehingga analisis tersebut bertujuan untuk mencegah munculnya unit produksi yang tidak sesuai standar. Untuk meminimalisir kejadian tersebut perusahaan menggunakan suatu alat untuk mengendalikannya. Alat yang digunakan untuk pengendalian tersebut adalah grafik pengendali kualitas (Montgomery, 2009).

Grafik pengendali kualitas merupakan grafik yang menggambarkan sebuah proses statistik dan mempertimbangkan proses statistik tersebut terkendali secara statistik atau tidak. Grafik pengendali kualitas terdiri atas nilai-nilai karakteristik, yaitu garis Batas Kendali Atas (BKA), Garis Tengah (GT), dan Batas Kendali Bawah (BKB). Apabila nilai karakteristik sampelnya berada dalam

batas kendali yang telah ditentukan, maka proses tersebut dikatakan terkendali. Sebaliknya, proses yang tidak terkendali apabila nilai karakteristik di luar batas kendali dan perlu dilakukan analisis untuk mengetahui sebab akibat nilai karakteristik tersebut di luar batas kendali. Salah satu alat untuk menganalisis grafik pengendali kualitas adalah grafik pengendali T^2 Hotteling.

Harlod Hotelling adalah penemu grafik pengendali T^2 Hotteling yang digunakan untuk menjelaskan grafik pengendali multivariat. Grafik T^2 Hotteling dapat mendeteksi adanya data yang keluar dari batas kendali (*out of control*). Apabila data yang dideteksi sudah terkendali atau sudah sesuai dengan standart yang telah ditentukan, maka akan diperlukan tindak lanjut yaitu dengan kapabilitas proses.

Kapabilitas proses merupakan suatu kinerja proses produksi untuk beroperasi sesuai dengan standart yang ada. Analisis kapabilitas multivariat adalah salah satu analisis pada kapabilitas proses. Pada penerapan analisis kapabilitas multivariat diperlukan data multivariat yang terkendali dan asumsi data multivariat juga terpenuhi.

Beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dengan grafik pengendali T^2 Hotteling dilakukan oleh Eka (2017), yang menunjukkan penerapan grafik pengendali T^2 Hotteling dan analisis data lanjut yang *out of control* dengan menggunakan analisis komponen utama (*principal component*). Nova (2014) menjelaskan penggunaan analisis kapabilitas proses untuk mendeteksi kemampuan produksi yang beroperasi sesuai dengan standart yang telah ditentukan

Berdasarkan beberapa ide dan pembahasan penelitian sebelumnya, penulis mengaplikasikan grafik pengendali T^2 Hotelling dan kapabilitas proses pada data produksi arang briket. Data yang digunakan adalah data produksi arang briket PT Cavron Global Carat Pasuruan, bulan April 2019 dengan variabel yang digunakan 4 variabel yaitu Berat Sample Utuh, Berat Utuh >50%, Tidak Utuh, dan Serbuk.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka penulis akan membahas permasalahan tersebut dalam skripsi ini yang berjudul “Aplikasi Grafik Pengendali T^2 Hotelling Dan Kapabilitas Untuk Pengendalian Kualitas Pada Produksi Arang Briket”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana grafik pengendali T^2 Hotelling untuk pengendalian kualitas pada produksi arang briket?
2. Bagaimana kapabilitas proses produksi arang briket berdasarkan grafik pengendali T^2 Hotelling ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui grafik pengendali T^2 Hotelling untuk pengendalian kualitas pada produksi arang briket.
2. Untuk mengetahui kapabilitas proses produksi arang briket berdasarkan grafik pengendali T^2 Hotelling.

1.4. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian yang berupa pembahasan masalah ini diharapkan memberikan manfaat yaitu:

1. Memberikan informasi tentang data yang menunjukkan ada atau tidak sinyal *out of control* pada data produksi.
2. Dapat digunakan sebagai masukan dalam pengolahan kebijakan perusahaan dalam menentukan strategi dan pengendalian kualitas pada masa yang akan datang sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas produksi arang briket.
3. Dapat digunakan sebagai acuan dalam pengendalian kualitas multivariat dalam proses produksi arang briket.

1.5. Batasan Masalah

Sesuai rumusan masalah dan tujuan penelitian, pembatasan masalah yang diberikan adalah

1. Pengambilan sampel data dilakukan pada tanggal 22 April 2019 pukul 08.00-15.00 sebanyak 20 sampel data produksi arang.
2. Jenis arang yang digunakan pada penelitian ini yaitu jenis arang Nature Premium 6 kg.

1.6. Metode Penelitian

Teknik penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pendekatan penelitian kepustakaan (*library research*) dan pendekatan deskriptif kuantitatif. Dimana mencari grafik pengendali T^2 Hotelling dan kapabilitas proses untuk pengendalian kualitas dengan data multivariat terutama pada data produksi arang briket diperlukan langkah sebagai berikut :

1. Menganalisis deskriptif pada data produksi arang briket.

2. Melakukan Uji Asumsi (Uji Normalitas) dan Uji Dependensi pada data produksi arang briket.
3. Mencari nilai T^2 *Hotteling* pada data produksi arang briket.
4. Mencari nilai Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) T^2 *Hotteling* pada data produksi arang briket.
5. Mencari kapabilitas proses multivariat pada produksi arang briket.

1.7. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan penulis terdiri dari lima bab yang masing-masing terdapat beberapa subbab seperti berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka

Bab ini berisi teori-teori yang berhubungan dengan pembahasan, yaitu kualitas, pengendalian kualitas statistik, grafik pengendali data multivariat, grafik pengendali T^2 *Hotteling*, kapabilitas proses, uji normalitas, uji kebebasan antar variabel, dan itegrasi Al-Quran.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini berisi pendekatan penelitian, jenis dan sumber data, variabel penelitian, metode pengumpulan data, dan analisis data.

Bab IV Pembahasan

Bab ini berisi pembahasan mengenai uji asumsi dan penerapan grafik pengendali T^2 *Hotteling* dan kapabilitas proses untuk pengendalian

kualitas produksi arang briket di PT Cavron Global dan kajian islam tentang pengendalian kualitas.

Bab V Penutup

Bab ini berisi memaparkan hasil dari pembahasan berupa kesimpulan dan saran.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Kualitas

Kualitas adalah *conformance requirement*, yaitu produk yang sesuai dengan standart atau syarat yang sudah ditentukan. Hasil produk yang telah memenuhi standart kualitas yang sudah ditentukan maka hasil produk itu memiliki kualitas. Faktor yang sering diamati untuk standart kualitas misalnya, bahan baku, proses produksi, dan hasil produksi (Crosby, 1979). Kualitas adalah suatu kondisi seberapa mendekatinya hasil produksi dengan standart tertentu. Faktor standart yang saling berkaitan seperti waktu, bahan baku, kemampuan, keahlian, atau variabel (objektif yang dapat diukur) yang dapat dikuantifikasikan (Marimin, 2005). Menurut Joseph (1998) sesuatu produk atau jasa yang sesuai penggunaan (*fitness for use*) kebutuhan konsumen yang diharapkan adalah arti dari kualitas.

Kualitas merupakan kesesuaian penggunaan (*fitness for use*). *Fitness for use* memiliki dua macam yaitu kualitas desain dan kualitas kesesuaian suatu produk atau jasa. Setiap produk atau jasa yang dihasilkan memiliki beberapa tingkatan kualitas yang tidak sama. Kualitas desain merupakan perbedaan tingkatan level kualitas suatu produk atau jasa. Sedangkan kualitas kesesuaian adalah bagaimana produk atau jasa sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan dari kualitas desain (Montgomery, 2009). Lebih jelasnya dapat diketahui dengan contoh kualitas dari suatu produksi, yaitu kualitas dari produksi arang briket.

Kualitas arang pada dasarnya ditentukan dari hasil produk arang yang diproduksi. Selain arang yang diproduksi juga dapat dinilai kualitasnya melalui parameter yang lain, misalnya wadah arang, bentuk arang, terdapat benda asing atau tidak dan lain-lain. Berikut beberapa parameter arang yang dapat mempengaruhi kualitas arang antara lain:

a. Berat Sample Utuh

Berat Sample Utuh arang adalah berat keseluruhan dari produksi arang yang meliputi Berat Utuh arang, Berat Tidak Utuh dan Berat Serbuk arang.

b. Berat Utuh

Maksud dari Berat Utuh ini adalah bobot arang atau berat arang yang memiliki kriteria arang yang berbentuk utuh, tidak terdapat benjolan, tidak terdapat pecahan dan memiliki bentuk yang rapi.

c. Tidak Utuh

Arang yang memiliki bentuk tidak utuh, terdapat sebuah benjolan, bentuk tidak rapih dan memiliki kecacatan bentuk itu bisa dikatakan arang yang berbentuk Tidak Utuh.

d. Serbuk

Arang yang berupa sebuah serbuk yang dihasilkan dari sebuah pelapukan ataupun gesekan antar arang yang menghasilkan sebuah Serbuk arang seperti pasir ataupun debu.

2.2. Pengendalian Kualitas Statistik (*Statistical Quality Control*)

Menurut Sugian (2006) kualitas arang merupakan hal yang harus diperhatikan, karena arang merupakan produk penunjang untuk kebutuhan rumah tangga. Industri produksi arang, memiliki alat pengendalian kualitas yang

bertujuan untuk mengetahui apakah kualitas arang yang diproduksi sesuai dengan standart yang telah ditentukan. Metode yang digunakan untuk menentukan stabilitas dan kemampuan industri menghasilkan suatu produk dan jasa yang berkualitas adalah pengendalian kualitas statistik.

Suatu upaya untuk meminimalisir suatu kesalahan-kesalahan proses produksi adalah tujuan dari pengendalian kualitas statistik. Tujuan utama pengendalian proses statistik menurut Ariani (2004) adalah untuk mengetahui penyebab terjadinya kesalahan-kesalahan suatu proses dengan menggunakan analisis data. Terdapat dua macam penyebab dalam variabilitas proses, yaitu penyebab umum yang meliputi penyimpangan bahan baku, kinerja karyawan, kinerja mesin dan sebagainya. Penggunaan alat, kesalahan penyiapan mesin, kesalahan operator, kesalahan bahan baku dan kesalahan-kesalahan yang tidak terlihat dalam proses yaitu merupakan suatu penyebab atau kesalahan yang bersifat khusus dalam suatu proses yang dapat memprediksi proses dalam keadaan stabil atau sebaliknya.

Pengendalian kualitas statistik memiliki banyak alat yang digunakan untuk membantu mencapai tujuannya. Menurut Montgomery (2009) pengendalian kualitas statistik memiliki 7 alat, yaitu:

1. Lembar Pemeriksaan (*check sheet*)
2. Histogram
3. Diagram Pareto (*pareto chart*)
4. Diagram *fishbone* (*cause and effect diagram*)
5. Stratifikasi (*stratification*)
6. Diagram Pencar (*scatter diagram*)

7. Grafik Pengendali (*control chart*)

2.3. Grafik Pengendali

Grafik pengendali adalah salah satu alat yang digunakan dalam pengendalian kualitas baik industry jasa maupun manufaktur. Grafik pengendali adalah tampilan dalam sebuah grafik dari beberapa variabel kualitas yang telah diukur dan telah dihitung sebelumnya (Montgomery, 2009).

Grafik pengendali umumnya terdiri atas Batas Kendali Atas (BKA), Batas Kendali Bawah (BKB), dan Batas Tengah (BT). Apabila titik-titik sampel berada diantara BKA dan BKB, maka dapat dikatakan bahwa proses dalam keadaan terkendali. Akan tetapi, jika ada titik-titik sampel yang berada diluar BKA dan BKB maka proses dikatakan tidak terkendali. jika μ dan σ diketahui maka BKA, BKB, dan BT dari grafik pengendali adalah:

$$\begin{aligned} BKA &= \mu + k\sigma \\ BT &= \mu \\ BKB &= \mu - k\sigma \end{aligned} \tag{2.1}$$

dengan

BKA = batas kendali atas

BT = batas tengah

BKB = batas kendali bawah

μ = rata-rata (*mean*)

σ = standart deviasi

k = kelipatan standart deviasi

Biasanya kelipatan standart deviasi teknik statistik $k = 3$, sebagaimana menurut (Montgomery, 2009), yang menyatakan bahwa secara khusus bahwa pengendali ini dinamakan batas kendali “3-sigma”. Teori umum grafik pengendali ini pertama

kali ditemukan oleh Dr. Walter A. Shewhart. Grafik pengendali pertama yang dikembangkan menurut prinsip ini biasanya disebut grafik pengendali Shewhart.

Berikut ini ditunjukkan ilustrasi grafik pengendali statistik:



Gambar 2.1 Ilustrasi grafik pengendali statistik

Berdasarkan Gambar 2.1 menunjukkan batas-batas kendali yang mana BKA (Batas Kendali Atas), BKB (Batas Kendali Bawah), dan BT (Batas Tengah). Apabila selama titik terletak di dalam batas-batas pengendali, proses dianggap dalam keadaan terkendali secara statistik dan tidak perlu tindakan apapun. Tetapi apabila terdapat satu titik terletak diluar batas kendali (dibawah BKB atau diatas BKA), maka hal ini sebagai indikasi bahwa proses tidak terkendali dan diperlukan penyelidikan atau perbaikan untuk mengetahui penyebab tingkah laku tersebut (Montgomery, 2009).

Berdasarkan banyaknya variabel kualitas yang akan diukur, grafik pengendali dibagi menjadi dua macam. Pertama adalah grafik pengendali univariat yang diperkenalkan oleh Walter. A Shewhart, grafik pengendali ini digunakan hanya ada satu kualitas yang akan diukur, sebagaimana penjelasan sebelumnya. Sedangkan untuk mengukur dua atau lebih variabel kualitas secara

bersamaan digunakan grafik pengendali multivariat seperti grafik pengendali T^2 *Hotteling*.

2.4. Grafik Pengendali T^2 *Hotteling*

Menurut Montgomery (2009), grafik pengendali T^2 *Hotteling* merupakan sebuah grafik pengendali multivariat yang mengontrol vektor rata-rata suatu proses dan memiliki analogi dengan grafik pengendali univariat *Shewhart*. Berdasarkan hasil pengamatannya, grafik pengendali T^2 *Hotteling* dibagi menjadi dua, yaitu grafik pengendali T^2 *Hotteling* untuk pengamatan subgrup dan grafik pengendali T^2 *Hotteling* untuk pengamatan individu. Selain itu untuk menggunakan rumusan T^2 *Hotteling* pada data multivariat variabel dibutuhkan asumsi normal multivariat.

T^2 *Hotteling* individu digunakan ketika jumlah pengamatan dalam tiap subgroup sebanyak $1(n-1)$. Hal ini berlaku pada perusahaan kimia atau proses, karena industri tersebut memiliki variabel kualitas berlipat-lipat dan kompleks, maka jumlah subgroup sebanyak 1 akan menjadi suatu kelebihan pada grafik pengendali T^2 *Hotteling*. T^2 *Hotteling* merupakan generalisasi dari distribusi $-t$. Jika \bar{x} adalah mean dari sampel acak berukuran n dari suatu distribusi normal dengan μ dan varian s , maka diperoleh:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (2.2)$$

(Darmawan, 2012)

Akan mempunyai distribusi $-t$ dengan derajat bebas $n - 1$ selanjutnya diperoleh:

$$\begin{aligned}
 t^2 &= \left(\frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \right)^2 \\
 &= \frac{(\bar{x} - \mu)^2}{\frac{s^2}{n}} \\
 &= n(\bar{x} - \mu)'(s^2)^{-1}(\bar{x} - \mu)
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

Sejalan dengan persamaan (2.3) nilai T^2 pada sampel ke- j (T_j^2) dapat dinyatakan sebaga berikut:

$$\begin{aligned}
 T_j^2 &= \frac{(x_j - \bar{x})^2}{\frac{s^2}{n}} \\
 &= n(x_j - \bar{x})'(s^2)^{-1}(x_j - \bar{x})
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

Persamaan (2.4) merupakan persamaan grafik pengendali T^2 *Hotteling* univariate dengan jumlah variabel 1 ($p = 1$) dengan $j = 1, 2, \dots, m$. Diperoleh grafik pengendali multivariat ($p \geq 2$) T^2 *Hotteling* individu dari persamaan (2.4), yaitu misal terdapat sampel berjumlah m , dan terdapat jumlah variabel sebanyak p . Diketahui sampel berukuran m yang terdiri dari p -variabel dengan matriks data sebagai berikut

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mp} \end{bmatrix} \tag{2.5}$$

Vektor rata-rata sampel didefinisikan sebagai:

$$\bar{X} = [\bar{X}_1 \bar{X}_2 \dots \bar{X}_p] \quad (2.6)$$

dengan

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum_{j=1}^m X_{ji}}{m} \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (\text{Darmawan, 2012})$$

Kovarian dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S_{ik} = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{X}_i)(x_{kj} - \bar{X}_k) \quad (2.7)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, p$ dan $k = 1, 2, \dots, p$. Statistika T^2 Hotelling dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$T_j^2 = (X_j - \bar{X})S^{-1}(X_j - \bar{X})' \quad (2.8)$$

Menurut Tracy dkk. (1992), mengemukakan jika $n = 1$ dengan menggunakan distribusi beta, maka batas kendali dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$BKA = \frac{(m-1)^2}{m} \beta_{\alpha, \frac{p}{2}, \frac{m-p-1}{2}} \quad (2.9)$$

$$BKB = 0$$

dengan m menggambarkan banyaknya sampel. Jika nilai T_j^2 untuk sampel ke- j yaitu $T_j^2 > BKA$, hal ini menunjukkan sampel ke- j di luar batas kendali.

2.5. Kapabilitas Proses Multivariat

Kemampuan /kapabilitas proses merupakan alat ukur suatu proses apakah proses produksi sudah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan. Proses dikatakan *capable* jika penyebaran proses aktual lebih kecil dari sebaran yang diijinkan perusahaan dengan data berdistribusi normal. Indeks kapabilitas

proses adalah suatu teknik statistik yang digunakan untuk menganalisis variabilitas yang relative terhadap spesifikasi produk dan suatu proses dikatakan baik (*capable*) jika nilai $C_p > 1$ (Montgomery, 2013). Indeks kapabilitas proses secara univariat dapat dihitung dengan rumus:

$$C_p = \frac{\text{Batas atas spesifikasi} - \text{batas bawah spesifikasi}}{6\sigma} \quad (2.10)$$

Pada proses multivariate, indeks kemampuan proses dapat dihitung jika hasil pengontrolan dengan diagram control sudah terkendali dan data berdistribusi normal multivariat sudah terpenuhi (Korz, 1993). Indeks kapabilitas proses multivariat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$C_p = \frac{K}{\chi_{\alpha;df}^2} \left(\frac{(n-1)p}{h} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.11)$$

Jumlah pengamatan yang terkendali dalam diagram control disimbolkan dengan n , sedangkan banyaknya karakteristik mutu disimbolkan dengan p dan $\chi_{p;0,9973}^2$ adalah nilai *Chi Square* dengan α adalah tingkat signifikasi yang besarnya 0,0027 dan df adalah derajat bebas yang besarnya sama dengan jumlah karakteristik kualitas (p). Nilai K merupakan daerah proses sebenarnya yang diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$K^2 = (\bar{X}_j - \xi_j)^T V_0^{-1} (\bar{X}_j - \xi_j) \quad (2.12)$$

V_0^{-1} adalah invers matriks varian-kovarian dari variabel karakteristik mutu. Nilai target (ξ_j) dari batas spesifikasi karakteristik mutu diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\xi_j = \frac{(BSA_j - BSB_j)}{2}, j = 1, 2, 3, \dots, p \quad (2.13)$$

dan

$$h = \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^T A^{-1} (X_{ij} - \bar{X}_j) \quad (2.14)$$

dimana $A^{-1} = (X_{ij}^T X_{ij})$ merupakan nilai dari setiap karakteristik mutu.

Kapabilitas proses multivariat bisa disimbolkan dengan C_p . Kriteria penilain C_p sebagai berikut:

- Jika $C_p > 1$ maka proses dikatakan kapabel atau sangat baik
- Jika $C_p = 1$ maka proses masih dapat dikatakan kapabel namun perlu adanya pengendalian kualitas
- Jika $C_p < 1$ maka proses dikatakan tidak kapabel dan perlu adanya perbaikan

2.6. Uji Kenormalan

Distribusi utama dan permasalahan yang muncul dalam analisis multivariat adalah distribusi normal multivariat. Distribusi normal multivariat digunakan karena dua alasan, pertama banyak kasus penelitian multivariat kurang lebih mendekati distribusi normal, karena rata-rata sampel dan matriks kovarian digunakan dalam prosedur inferensial, mewajibkan efek teorema *central limit*. Ini juga disebabkan, model yang layak dalam berbagai situasi. Kedua, distribusi multivariat normal untuk memberikan kemudahan.

Beberapa teknik analisis multivariat yang digunakan mengasumsikan bahwa data yang dihasilkan berdistribusi normal. Meskipun pada dasarnya data yang digunakan tidak selalu berdistribusi normal, distribusi normal digunakan sebagai pendekatan untuk mencapai distribusi populasi yang mendekati benar.

Kenormalan dalam analisis multivariat, dapat diuji dengan jarak *mahanalobis*, selain itu beberapa metode statistik *multivariat* seperti *MANOVA* dan *discriminant analysis* seringkali mensyaratkan terpenuhinya asumsi distribusi normal. Asumsi ini diperlukan karena didalam *MANOVA* dan *discriminant analysis* dilakukan pengujian dengan menggunakan statistik Uji Wilk. Kesimpulan yang diambil berdasarkan statistik ini dikatakan *valid*, jika syarat distribusi normal multivariat terpenuhi.

Variabel $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$ dikatakan berdistribusi normal multivariat dengan parameter μ dan Σ jika mempunyai *probability density function*.

$$f(\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{p}{2}} |\Sigma|^{\frac{p}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{X}-\mu)' \Sigma^{-1}(\mathbf{X}-\mu)} \quad (2.15)$$

Jika $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$ berdistribusi normal multivariat, maka $(\mathbf{X} - \mu)' \Sigma^{-1}(\mathbf{X} - \mu)$ berdistribusi χ_p^2 . Berdasarkan sifat ini, maka pemeriksaan distribusi normal multivariat dapat dilakukan dengan cara membuat *q-q plot* dari nilai.

$$d_i^2 = (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}})' S^{-1}(\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}), i = 1, 2, \dots, m \quad (2.16)$$

atau *q-q plot* menunjukkan pola cenderung mengikuti garis lurus. Tahapan dari pembuatan *q-q plot* ini adalah sebagai berikut.

1. Tentukan nilai vector rata-rata: $\bar{\mathbf{X}}$

2. Tentukan nilai matriks varians kovarian: S
3. Tentukan jarak nilai mahalanobis setiap titik pengamatan dengan vector rata-ratanya $d_i^2 = (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}})' S^{-1} (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}), i = 1, 2, \dots, m$
4. Urutkan nilai d_i^2 dari kecil ke besar: $d_{(1)}^2 \leq d_{(2)}^2 \leq d_{(3)}^2 \leq \dots \leq d_{(p)}^2$
5. Tentukan nilai $p_i = \frac{i-1}{m}, i = 1, 2, \dots, m$
6. Tentukan nilai q_i sedemikian hingga $\int_{-\infty}^{q_i} f(\chi^2) d\chi^2 = p_i$.
7. Buat *scatter plot* $d_{(i)}^2$ dengan q_i (Johnson, 2007).

Dikatakan berdistribusi normal dengan kriteria yaitu:

- a. Jika *scatter plot* q - q tadi cenderung membentuk garis lurus.
- b. Lebih dari 50% nilai $d_i^2, \leq \chi_{p,0.50}^2$.

Berdasarkan pada kriteria tersebut, pemeriksaan distribusi normal multivariat dapat diasumsikan dengan menggunakan hipotesis sebagai berikut.

Hipotesis:

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik uji t : banyak nilai $d_i^2, \leq \chi_{p,0.50}^2$

Daerah kritis: data berdistribusi normal multivariat jika $t \leq 50\%$.

2.7. Uji Barlett Sphericity

Uji kebebasan antar variabel, variabel $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$ dikatakan bersifat saling bebas (*independent*), jika matriks korelasi antar variabel membentuk matrik identitas. Untuk menguji kebebasan antar variabel ini dapat dilakukan uji *barlett sphericity* berikut:

Hipotesis:

$H_0: R = I$ (antar variabel tidak berkorelasi).

$H_0: R \neq I$ (antar variabel berkorelasi).

Statistik uji: $\chi_{hitung}^2 = \left[m - 1 - \frac{2p+5}{6} \right] \ln|R|$ (Marrison, 1990).

Dengan n adalah jumlah observasi, p jumlah variabel, R adalah matriks korelasi dari masing-masing variabel, dan $\chi_{\left[\alpha, \frac{1}{2}p(p-1) \right]}^2$ adalah nilai kuartil dari distribusi *chi-square* dengan tingkat kepercayaan sebesar α dan derajat bebas $\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)$.

Daerah kritis: data memiliki korelasi antar variabel jika nilai $\chi_{hitung}^2 > \chi_{\left[\alpha, \frac{1}{2}p(p-1) \right]}^2$.

Langkah pertama yaitu menentukan nilai χ_{hitung}^2 yang mana melalui beberapa proses diantaranya:

1. Menghitung varian masing masing variabel yang di bentuk dengan rumus

$$S_i^2 = \frac{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{n(n-1)} \quad (2.17)$$

2. Menyusun hasil varian tersebut dalam tabel Uji Bartlett

Tabel 2.18 Tabel Uji Bartlett

Variabel ke	dk	S_i^2	$\log S_i^2$	dk $\log S_i^2$
1	$n_1 - 1$	S_1^2	$\log S_1^2$	$(n_1 - 1) \log S_1^2$
2	$n_2 - 1$	S_2^2	$\log S_2^2$	$(n_2 - 1) \log S_2^2$
⋮				

K	$n_k - 1$	S_k^2	$\log S_k^2$	$(n_k - 1) \log S_k^2$
---	-----------	---------	--------------	------------------------

3. Menghitung varian gabungan

$$S_g^2 = \frac{\sum dk(S_i^2)}{\sum dk} \quad (2.19)$$

4. Menghitung nilai satuan Bartlett (B)

$$B = \left(\sum dk \right) (\log S_g^2) \quad (2.20)$$

5. Menghitung nilai Chi Kuadrat hitung

$$\chi_{hitung}^2 = (\ln 10) \left(B - \left(\sum dk \log S_i^2 \right) \right) \quad (2.21)$$

Keputusan: H_0 ditolak jika $\chi_{hitung}^2 > \chi_{[\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)]}^2$.

Terima hipotesisi H_0 yang berarti antar variabel saling bebas jika nilai $\chi_{hitung}^2 < \chi_{[\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)]}^2$. Jika hipotesis ini yang diterima, maka penggunaan metode multivariat tidak layak (Marrison, 1990).

2.8. Integrasi Al-Qur'an

Produk pada Al-Qur'an dinyatakan dalam dua istilah, yaitu *al-tayyibat* dan *al-rizq*. *Al-tayyibat* merujuk pada suatu yang baik, suatu yang murni dan baik, suatu yang bersih dan murni, sesuatu yang baik dan menyeluruh serta makanan yang terbaik. *Al-rizq* merujuk pada makanan yang diberkahi Allah SWT, pemberian yang menyenangkan dan ketetapan Allah SWT. Menurut islam produk konsumen adalah berdaya guna, materi yang dapat dikonsumsi yang bermanfaat yang bernilai guna, yang menghasilkan perbaikan material, moral, spiritual bagi konsumen. Sesuatu yang tidak berdaya guna dan dilarang dalam Islam bukan

merupakan produk dalam pengertian Islam. Barang dalam ekonomi konvensional adalah barang yang dapat di pertukarkan. Tetapi barang dalam Islam adalah barang yang dapat dipertukarkan dan berdaya guna secara moral. (Zaenal, 2014)

Firman Allah SWT dalam Al-Quran Surat Al-Baqarah ayat 168 sebagai berikut:

يَتَأْتِيهَا النَّاسُ كُلُّوْا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلٰلًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوٰتِ الشَّيْطٰنِ ۚ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ مُّبِيْنٌ ﴿١٦٨﴾

Artinya:”Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaitan; karena Sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagimu”.

Menurut Syaikh Imam Al-Qurthubi, dalam bukunya yang berjudul Tafsir Al-Qurthubi/Syeikh Imam Al-Qurthubi, makna kata halal itu sendiri adalah melepaskan atau membebaskan. Dan kata ini disebut halal karena ikatan larangan yang mengikat sesuatu itu telah dilepaskan. Sahal bin Abdillah mengatakan : ada tiga hal yang harus dilakuka jika seseorang ingin terbebas dari neraka, yaitu memakan makanan yang halal, melaksanakan kewajiban, dan mengikuti jejak Rasullallah SAW.

Kemudiann janganlah kamu mengikuti langkah dan perbuatan syetan. Dan setiap perbuatan yang tidak ada dalam syariat maka perbuatan itu nisbatnya kepada syetan. Allah SWT juga memberitahukan bahwa syetan adalah musuh dan tentu saja pemberitahuan dari Allah SWT adalah benar dan terpercaya. Oleh karena itu bagi setiap makhluk yang memiliki akal semestinya berhati-hati dalam menghadapi musuh ini yang telah jelas sekali permusuhannya dari zaman Adam

As. Syetan telah berusaha sekuat tenaga, mengorbankan jiwa dan sisa hidupnya untuk merusak keadaan anak cucu Adam As. (Al-Qurthubi, 2007)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan pendekatan penilaian kepustakaan dan deskriptif kuantitatif. Untuk menganalisis pengendalian kualitas dan kapabilitas proses produksi data multivariat, terlebih dahulu dikaji tentang konsep dasar grafik pengendali multivariat yang dikhususkan terhadap jumlah produksi serta kapabilitas proses produksi. Dalam penelitian ini data yang akan digunakan adalah data primer, yakni data pengambilan langsung pada perusahaan tempat penelitian dilakukan.

3.2. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh dari PT CAVRON GLOBAL CARAT PASURUAN. Data yang digunakan adalah data produksi arang dari beberapa karakteristik yang tersedia. Data ini di ambil pada tanggal 22 April 2019. Pengambilan sampel penelitian ini diambil pada pukul 08.00-15.00 WIB.

3.3. Variabel Penelitian

Pada Penelitian ini variabel penelitian dengan data yang berupa individu, untuk variabelnya sebagai berikut:

X_1 = Berat Sampel Utuh dengan satuan Kg

X_2 = Berat Utuh (>50%) dengan satuan Kg

X_3 = Berat Tidak Utuh (<50%) dengan satuan Kg

X_4 = Berat Serbuk dengan satuan Kg

3.4. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan yaitu:

1. Observasi

Pengamatan atau observasi secara langsung perlu dilakukan pada tahap penelitian ini, yaitu mengamati hasil kualitas produksi arang yang sudah diproduksi, yang kemudian diamati untuk menentukan apakah arang sudah sesuai standart pada PT Cavron Global.

2. Pencatatan

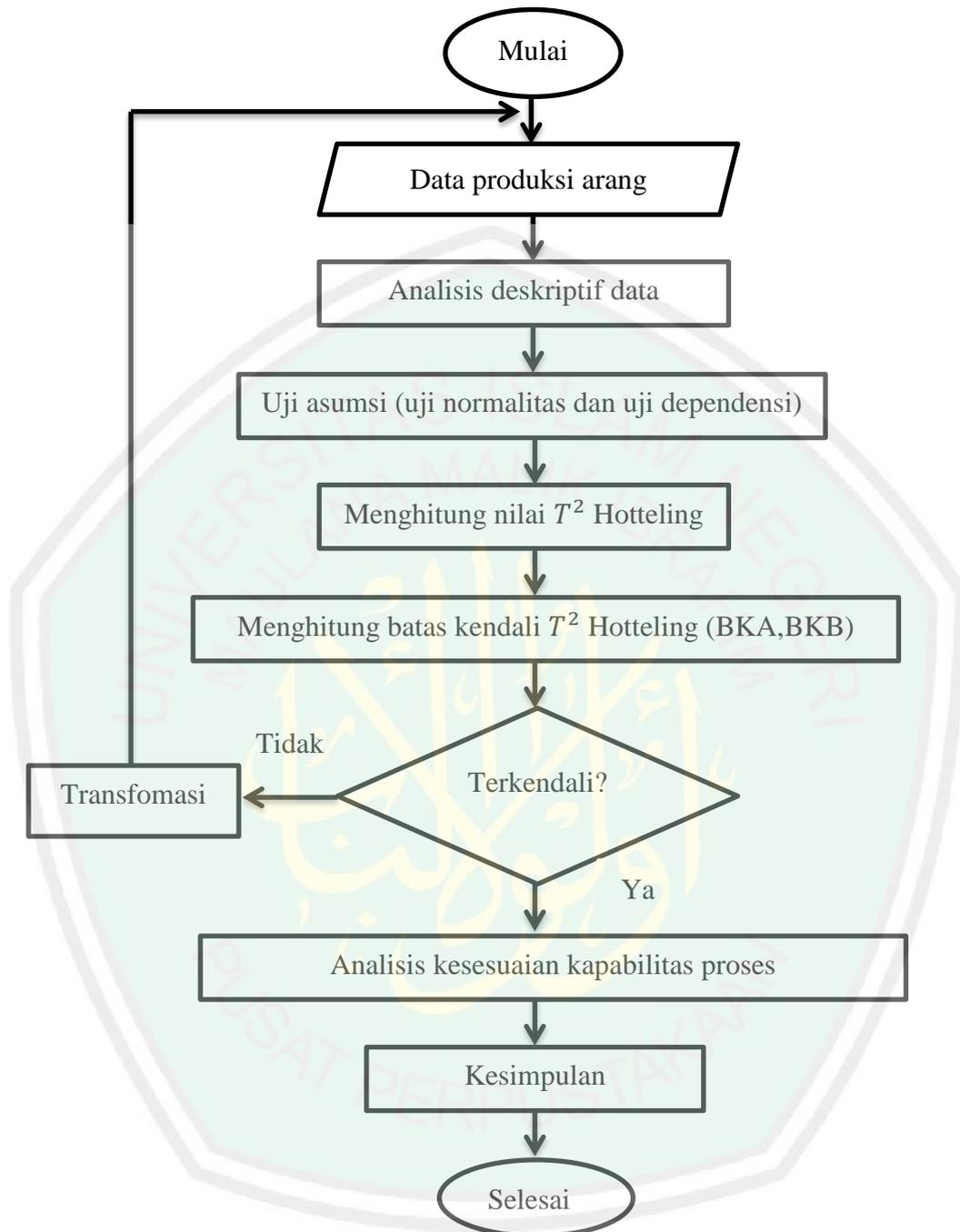
Pencatatan dilakukan dari hasil observasi kualitas produksi arang yaitu berupa data sekunder.

3.5. Metode Analisis

Adapun langkah-langkah dalam analisis data sebagai berikut:

1. Melakukan analisis deskriptif
2. Uji asumsi pada data
3. Mengaplikasikan grafik pengendali T^2 Hotteling berdasarkan data hasil analisis pada produksi arang, yaitu menentukan nilai T^2 Hotteling dan menentukan batas kendali T^2 Hotteling. Jika grafik pengendali terkendali maka akan dilanjutkan analisis selanjutnya yaitu penerapan kapabilitas proses.
4. Menganalisis kapabilitas proses multivariat.
5. Mencari kesimpulan dari pembahasan yang telah dilakukan.

Secara garis besar langkah-langkah pengaplikasian grafik pengendali T^2 Hotteling dan kapabilitas dijelaskan dalam *flowchart* sebagai berikut.

Gambar 3.1. *flow chart* penelitian

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1. Penerapan Grafik Pengendali T^2 Hotelling

Sebelum melakukan penerapan grafik pengendali T^2 Hotelling, syarat untuk melakukan analisis selanjutnya adalah melalui analisis deskriptif data dan proses uji asumsi, yaitu uji normalitas multivariat dan uji independensi multivariat.

4.1.1. Analisis Deskriptif Data

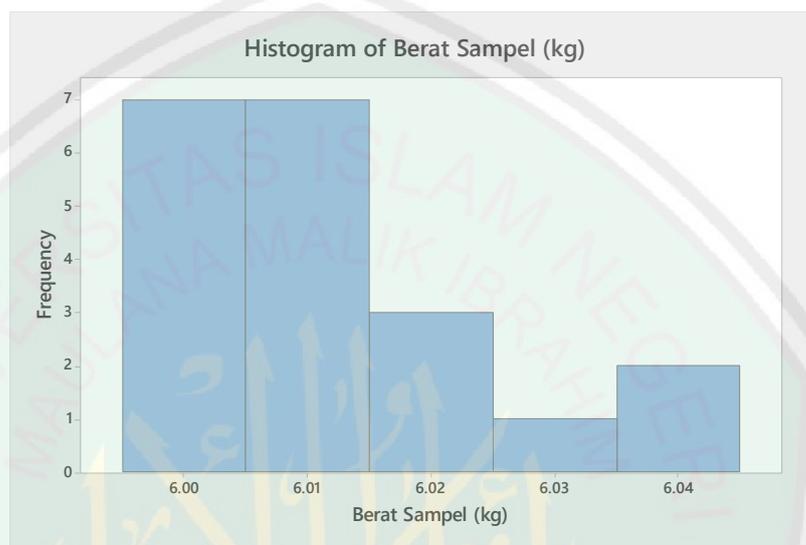
Gambaran umum masing-masing variabel di atas dapat dilihat dengan menggunakan analisis deskriptif. Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu Berat Sampel, Utuh >50 %, Tidak Utuh <50 %, dan Serbuk. Berikut adalah hasil analisis deskriptif variabel.

Tabel 4.1 Deskriptif Statistik Data Berat Sampel, Utuh >50 %, Tidak Utuh <50 %, Serbuk

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Berat Sampel	20	6	6,04	6,012	0,01281
Utuh >50 %	20	5,96	6,03	5,9965	0,01531
Tidak Utuh <50 %	20	0	0,022	0,00505	0,00731
Serbuk	20	0,008	0,024	0,01465	0,00387

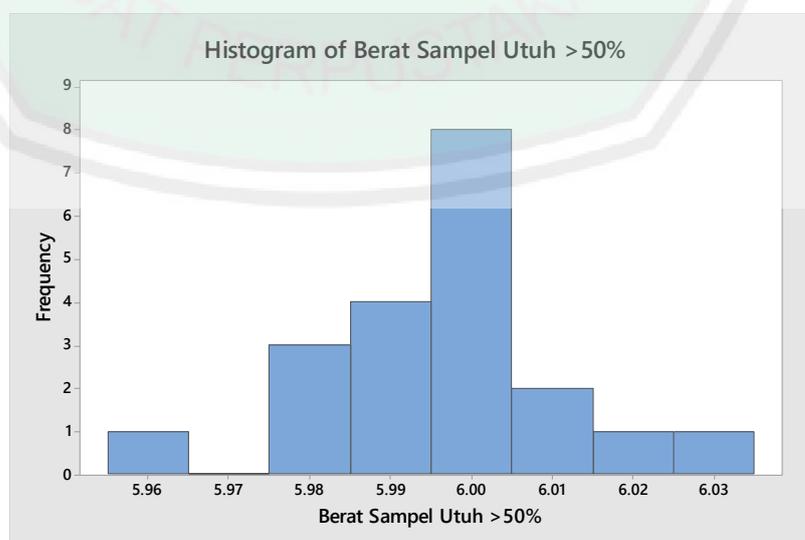
Berdasarkan Tabel 4.1 data yang digunakan adalah 20 data produksi arang pada PT Cavron Global Carat, data tersebut diambil selama satu bulan yaitu pada bulan April 2019. Pengambilan pada tanggal 22 April pada pukul 08.00 WIB sampai 15.00 WIB. Penelitian menggunakan empat variabel yaitu Berat Sampel, Utuh >50 %, Tidak Utuh <50 %, dan Serbuk.

Gambar 4.1 merupakan histogram dari variabel Berat Sampel, Gambar 4.1 dan Tabel 4.1 dapat dilihat, bahwa 20 data untuk variabel Berat Sampel memiliki standart deviasi sebesar 0,01281 dengan nilai *mean* 6,012. Hal ini menunjukkan nilai rata-rata Berat Sampel di dalam batas standart perusahaan, yaitu 6,00-6,04.



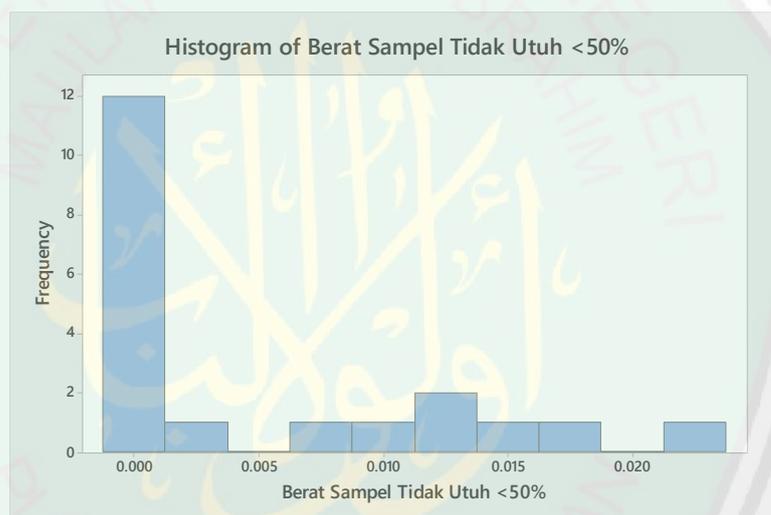
Gambar 4.1 Histogram Deskriptif dari Variabel Berat Sampel

Nilai minimum Berat Sampel sebesar 6,00, sedangkan nilai maksimum Berat Sampel 6,04, batas spesifikasi dari perusahaan 6,00-6,04. Berarti nilai tersebut sudah berada dalam standart perusahaan.



Gambar 4.2 Histogram Deskriptif dari Variabel Utuh >50%

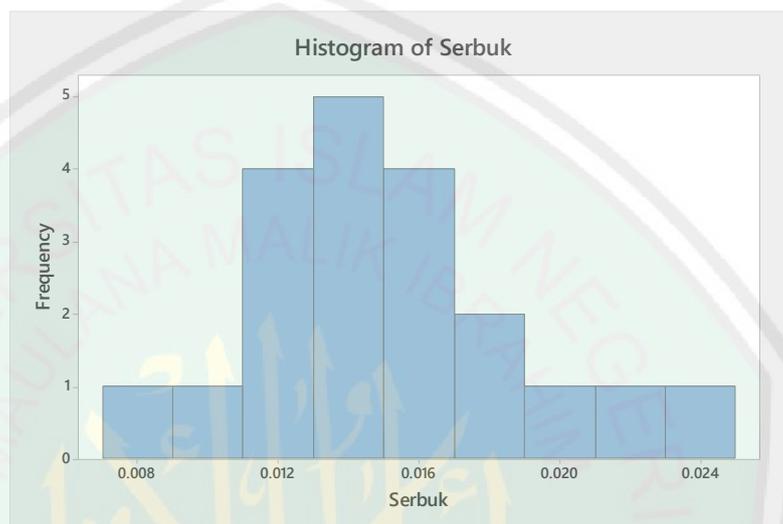
Gambar 4.2 merupakan histogram dari variabel Utuh >50%, Tabel 4.2 menunjukkan nilai standart deviasi sebesar 0,01531. Data yang digunakan 20 data dengan nilai rata-rata(*mean*) dikatakan dalam batas standart perusahaan yaitu bernilai >96% dari Berat Sampel, karena variabel Utuh >50 % mempunyai nilai rata-rata sebesar 5,9965. Nilai minimum variabel Utuh >50% adalah 5,96 sedangkan nilai maksimumnya 6,03, batas spesifikasi dari perusahaan >96 % dari Berat Sampel, berarti nilai tersebut berada dalam standart perusahaan. Oleh karena itu, ketika nilai Utuh >50% tidak sesuai dengan batas spesifikasi, maka arang tersebut tidak layak untuk dipasarkan kepada konsumen.



Gambar 4.3 Histogram Deskriptif Tidak Utuh <50%

Gambar 4.3 merupakan histogram dari variabel Tidak Utuh <50%, dan dari tabel 4.1 diperoleh data dengan jumlah 20 data, yang memiliki nilai minimum sebesar 0,00 dan nilai maksimum 0,022, batas spesifikasi dari perusahaan maksimal <4% dari Berat Sampel. Berarti nilai tersebut sudah berada dalam standart perusahaan. Jika nilai Tidak Utuh <50% melebihi nilai standart perusahaan maka arang yang akan dipasarkan tidak baik untuk dipasarkan karena arang yang didalamnya tidak memenuhi standart atau arang tidak baik.

Gambar 4.4 merupakan histogram dari variabel Serbuk. Sebagaimana dari Tabel 4.1 diperoleh nilai minimum sebesar 0,008 dan nilai maksimum 0,024, dan batas spesifikasi pada perusahaan masih dalam proses penelitian, tetapi semakin sedikit nilai Serbuk pada satu kemasan produk arang maka produk tersebut dikatakan baik dan layak untuk dipasarkan kepada konsumen.



Gambar 4.4 Histogram Deskriptif Variabel Serbuk

Untuk nilai rata-rata dari variabel Serbuk, diperoleh sebesar 0,01465 dan nilai standart deviasi yang diperoleh sebesar 0,00387. Lebih lengkap dapat dilihat Tabel 4.2 tentang kualitas produksi arang yang ditentukan dari PT Cavron Global Carat untuk masing-masing variabel yaitu:

Tabel 4.2 Kualitas Produksi Arang PT Cavron Global Carat

	Satuan	Kriteria
Berat Sampel	Kg	6,00-6,04
Utuh >50 %	Kg	>96% dari Berat Sampel
Tidak Utuh <50 %	Kg	<4% dari Berat Sampel
Serkbuk	Kg	N/A

4.1.2. Uji Kenormalan Multivariat

Setelah didapatkan gambaran umum variabel data pada subbab sebelumnya, langkah selanjutnya yaitu menguji normalitas data multivariat. Menguji normal multivariat, dapat dilakukan dengan mencari nilai jarak *mahalanobis*.

Berikut adalah data yang digunakan, sebagaimana dengan data pada Lampiran 1, sehingga di peroleh:

$$X = \begin{bmatrix} 6,02 & 5,99 & 0,018 & 0,012 \\ 6,00 & 6,00 & 0,000 & 0,014 \\ 6,04 & 6,02 & 0,003 & 0,017 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 6,01 & 5,98 & 0,010 & 0,013 \\ 6,01 & 6,00 & 0,000 & 0,015 \end{bmatrix}$$

Kemudian mencari nilai rata rata (\bar{X}) dari masing masing variabel data, sehingga diperoleh:

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum X_1}{n} = \frac{x_{11} + x_{21} + x_{31} + \dots + x_{201}}{20} = 6,012$$

maka

\bar{X}_1	\bar{X}_2	\bar{X}_3	\bar{X}_4
6,012	5,9965	0,0050	0,01446

Mencari nilai hitung $X_i - \bar{X}$ untuk $i = 1,2,\dots,20$. Matriks data (X) memberikan matriks data terpusat $X_i - \bar{X}$ sebagai berikut:

No	1	2	3	4
1	0.008	-0.0065	0.01295	-0.00265
2	-0.012	0.0035	-0.00505	-0.00065

3	0.028	0.0235	-0.00205	0.00235
4	-0.002	0.0035	-0.00505	0.00135
5	0.028	0.0335	-0.00505	-0.00265
6	-0.002	0.0035	0.00695	-0.00665
7	-0.002	0.0035	-0.00505	0.00135
8	-0.002	0.0035	-0.00505	-0.00365
9	0.018	0.0035	0.01095	0.00035
10	-0.012	-0.0065	0.00295	0.00335
11	0.008	0.0135	-0.00505	-0.00565
12	-0.012	-0.0165	0.00695	0.00435
13	-0.012	-0.0165	-0.00505	0.00635
14	-0.012	-0.0365	0.01695	0.00935
15	-0.002	0.0035	-0.00505	-0.00265
16	-0.012	-0.0065	-0.00505	-0.00165
17	-0.012	-0.0065	-0.00505	-0.00065
18	0.008	0.0135	-0.00505	-0.00065
19	-0.002	-0.0165	0.00495	-0.00165
20	-0.002	0.0035	-0.00505	0.00035

Selanjutnya mencari matriks kovarian dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_{ik} = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{X}_i)(x_{kj} - \bar{X}_k)$$

$$S_{11} = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m X_1^2$$

$$= \frac{(x_{11} - \bar{X}_1)^2 + (x_{12} - \bar{X}_1)^2 + (x_{13} - \bar{X}_1)^2 + \dots + (x_{201} - \bar{X}_1)^2}{m - 1}$$

$$= 0,0001642$$

maka diperoleh matriks kovarian

$$S = \begin{bmatrix} 0,0001642 & 0,0001495 & 0,0 & -0,0000156 \\ 0,0001495 & 0,0002345 & -0,0000614 & -0,0000334 \\ 0,0 & -0,0000614 & 0,0000534 & 0,0 \\ -0,0000156 & -0,0000334 & 0,0 & 0,0000150 \end{bmatrix}$$

Mencari invers dari matriks kovarian di atas, maka diperoleh:

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 36540 & -36260 & -37070 & -22860 \\ -36260 & 44190 & 44050 & 37090 \\ -37070 & 44050 & 64400 & 24950 \\ -22860 & 37090 & 24950 & 1122600 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya mencari nilai kuadrat jarak *mahalanobis* dengan persamaan

$$d_i^2 = (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}})' S^{-1} (\mathbf{X}_i - \bar{\mathbf{X}}), i = 1, 2, \dots, m, \text{ maka diperoleh sebagai berikut:}$$

i	d_i^2
1	4,29
2	3,25
3	5,89
4	0,75
5	6,83
⋮	⋮
19	6,70
20	0,49

Keterangan: nilai jarak *mahalanobis* lebih lengkap pada Lampiran 2

Setelah mendapatkan nilai jarak *mahalanobis*, selanjutnya mencari nilai

$$\chi_{p,0.50}^2 \text{ dengan } p = 4 \text{ dan } \alpha = 0,05, \text{ maka diperoleh nilai } \chi_{p,0.50}^2 = 3,3566.$$

Hipotesis

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat.

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat.

Statistik uji $t =$ banyaknya nilai $d_t^2 \leq \chi_{p,0.50}^2$

Dari hasil uji di atas dan Lampiran 2 diperoleh nilai $t = 0,55$, sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima karena $t \geq 50\%$, sehingga dapat disimpulkan bahwa dari hasil analisis data berdistribusi normal.

4.1.3. Uji Dependensi Multivariat

Kelayakan penggunaan analisis statistik multivariat dapat dikaji melalui sisi statistik. Dari sisi ilmu statistik, keeratan hubungan antar variabel dapat dilakukan melalui pengujian terhadap matriks korelasi. Apakah matriks korelasinya membentuk matriks identitas atau tidak, jika matriks korelasinya setelah diuji berbeda secara signifikan dengan matriks identitas, maka dapat disimpulkan bahwa ada hubungan antar variabel, sehingga data ini layak dianalisis dengan menggunakan analisis statistik multivariat. Jika matriks korelasinya setelah diuji tidak berbeda dengan matriks identitasnya, maka diduga sampel-sampel yang diperoleh tidak cukup, sehingga disarankan untuk menambah sampel. Diharapkan setelah penambahan sampel maka hasil pengujian matriks korelasi berbeda dengan matriks identitas, karena dari hasil pengujian *bartlett* dapat disimpulkan perlunya penambahan sampel maka uji tersebut uji kecukupan sampel.

Langkah pertama yaitu menentukan nilai χ_{hitung}^2 yang mana melalui beberapa proses diantaranya:

1. Menghitung varian masing masing variabel yang di bentuk dengan rumus

$$S_i^2 = \frac{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{n(n-1)}$$

$$\begin{aligned} S_1^2 &= \frac{n \sum X_1^2 - (\sum X_1)^2}{n(n-1)} \\ &= \frac{20 \sum X_1^2 - (\sum X_1)^2}{20(20-1)} \\ &= \frac{20(722,886) - 120,24^2}{20(20-1)} = 0,05928, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_2^2 &= \frac{n \sum X_2^2 - (\sum X_2)^2}{n(n-1)} \\ &= \frac{20 \sum X_2^2 - (\sum X_2)^2}{20(20-1)} \\ &= \frac{20(719,1647) - 119,93^2}{20(20-1)} = 0,08464, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_3^2 &= \frac{n \sum X_3^2 - (\sum X_3)^2}{n(n-1)} \\ &= \frac{20 \sum X_3^2 - (\sum X_3)^2}{20(20-1)} \\ &= \frac{20(0,001525) - 0,101^2}{20(20-1)} = 0,01928, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_4^2 &= \frac{n \sum X_4^2 - (\sum X_4)^2}{n(n-1)} \\ &= \frac{20 \sum X_4^2 - (\sum X_4)^2}{20(20-1)} \\ &= \frac{20(0,004577) - 0,293^2}{20(20-1)} = 0,00541 \end{aligned}$$

2. Menyusun hasil varian tersebut dalam tabel Uji Bartlett

Variabel ke	dk	S_i^2	$\log S_i^2$	dk $\log S_i^2$
1	19	0,05928	-1,22709	-23,3147
2	19	0,08464	-1,0724	-20,3756
3	19	0,01928	-1,7184	-32,5812
4	19	0,00541	-2,26709	-43,0747

3. Menghitung varian gabungan

$$\begin{aligned} S_g^2 &= \frac{\sum dk(S_i^2)}{\sum dk} \\ &= \frac{3,20369}{76} = 0,04215 \end{aligned}$$

4. Menghitung nilai satuan Bartlett (B)

$$\begin{aligned}
 B &= \left(\sum dk \right) (\log S_g^2) \\
 &= (76)(\log (0,04215)) \\
 &= -104,512
 \end{aligned}$$

5. Menghitung nilai Chi Kuadrat hitung

$$\begin{aligned}
 X_{hitung}^2 &= (\ln 10) \left(B - \left(\sum dk \log S_i^2 \right) \right) \\
 &= (\ln 10)(-104,512 - (-119,346)) \\
 &= 34,1179
 \end{aligned}$$

Setelah melalui beberapa proses tersebut, nilai χ_{hitung}^2 dan nilai $\chi_{[\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)]}^2$ sebagai berikut:

$$\chi_{hitung}^2 = 34,1179$$

$$\chi_{[\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)]}^2 = 5,348$$

Hipotesis:

$H_0: R = I$ (antar variabel tidak berkorelasi).

$H_1: R \neq I$ (antar variabel berkorelasi).

Statistik uji: $\chi_{hitung}^2 = \left[m - 1 - \frac{2p+5}{6} \right] \ln|R|$.

Daerah kritis: data memiliki korelasi antar variabel karena nilai $\chi_{hitung}^2 > \chi_{[\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)]}^2$ adalah ($34,1179 > 5,348$), sehingga keputusannya yaitu H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan matriks korelasi antar variabel berbeda dengan matriks identitas, maka H_0 ditolak dan antar variabel berkorelasi, maka statistik uji multivariat layak digunakan.

4.1.4. Penerapan Grafik Pengendali T^2 Hotteling

Setelah syarat data berdistribusi normal multivariat terpenuhi dan uji korelasi antar variabel yang menyatakan variabel berkorelasi satu sama lain, maka pembuatan grafik pengendali T^2 Hotteling dapat dilakukan. Langkah awal yaitu menentukan nilai T^2 Hotteling dan menentukan batas kendali nilai T^2 Hotteling dalam proses produksi arang.

4.1.4.1. Nilai T^2 Hotteling pada Data Produksi Arang

Berdasarkan teori yang telah diuraikan pada bab II dengan menerapkan pada data arang yang terdapat pada Lampiran 1, data merupakan nilai dengan subgrup 1 (T^2 Hotteling dengan pengamatan individu). Langkah pertama yaitu menentukan nilai rata-rata dan nilai kovarian, diperoleh sebagai berikut:

Menentukan nilai $Mean(\bar{X})$ berdasarkan persamaan (2.5) dan (2.6) dengan data pada Lampiran 1, sehingga diperoleh:

$$X = \begin{bmatrix} 6,02 & 5,99 & 0,018 & 0,012 \\ 6,00 & 6,00 & 0,000 & 0,014 \\ 6,04 & 6,02 & 0,003 & 0,017 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 6,01 & 5,98 & 0,010 & 0,013 \\ 6,01 & 6,00 & 0,000 & 0,015 \end{bmatrix}$$

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum X_1}{n}$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum X_2}{n}$$

$$= \frac{x_{11} + x_{21} + x_{31} + \dots + x_{201}}{20}$$

$$= \frac{x_{12} + x_{22} + x_{32} + \dots + x_{202}}{20}$$

$$= 6,012,$$

$$= 5,9965,$$

$$\begin{aligned}\bar{X}_3 &= \frac{\sum X_3}{n} \\ &= \frac{x_{13} + x_{23} + x_{33} + \dots + x_{203}}{20} \\ &= 0,0050, \text{ dan}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{X}_4 &= \frac{\sum X_4}{n} \\ &= \frac{x_{14} + x_{24} + x_{34} + \dots + x_{204}}{20} \\ &= 0,0146.\end{aligned}$$

Menentukan nilai kovarian sebagaimana persamaan (2.7) dan diperoleh:

$$S = \begin{bmatrix} S_1^2 & S_{12} & \dots & S_{1m} \\ & S_2^2 & \dots & S_{2m} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & S_m^2 \end{bmatrix},$$

$$\begin{aligned}S_1^2 &= \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m X_1^2 \\ &= \frac{(x_{11} - \bar{X}_1)^2 + (x_{12} - \bar{X}_1)^2 + (x_{13} - \bar{X}_1)^2 + \dots + (x_{201} - \bar{X}_1)^2}{m-1} \\ &= 0,0001642\end{aligned}$$

$$S = \begin{bmatrix} 0,0001642 & 0,0001495 & -0,0000016 & -0,0000156 \\ 0,0001495 & 0,0002345 & -0,0000614 & -0,0000334 \\ -0,0000016 & -0,0000614 & 0,0000534 & 0,0000081 \\ -0,0000156 & -0,0000334 & 0,0000081 & 0,0000150 \end{bmatrix}.$$

Menentukan invers dari kovarian di atas dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\det A &= a_{11}a_{22}a_{33}a_{44} + a_{11}a_{23}a_{34}a_{42} + \dots + a_{14}a_{23}a_{32}a_{41} - a_{11}a_{22}a_{34}a_{43} - \\ &\dots - a_{14}a_{23}a_{31}a_{42} \neq 0\end{aligned}$$

$$A^{-1} = \frac{1}{\det A} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} \\ b_{41} & b_{42} & b_{34} & b_{44} \end{bmatrix}$$

dengan

$$b_{11} = a_{11}a_{22}a_{33}a_{44} + a_{23}a_{34}a_{42} + a_{24}a_{32}a_{43} - a_{22}a_{32}a_{43} - a_{23}a_{32}a_{44} \\ - a_{24}a_{33}a_{42}$$

⋮

$$b_{14} = a_{11}a_{22}a_{33}a_{44} + a_{11}a_{23} + a_{21}a_{32}a_{13} - a_{11}a_{22}a_{32} - a_{12}a_{22}a_{23} \\ - a_{23}a_{33}a_{13}$$

Diperoleh invers dari kovarian yaitu:

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 36540 & -36260 & -37070 & -22860 \\ -36260 & 44190 & 44050 & 37090 \\ -37070 & 44050 & 64400 & 24950 \\ -22860 & 37090 & 24950 & 1122600 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya dihitung nilai T^2 Hotelling untuk 20 data ($m=20$), menggunakan persamaan (2.8), diketahui *mean* vector dan invers kovarian. Data variabel produksi arang untuk sampel pertama (T_1^2 Hotelling) yaitu:

$$\bar{X} = [6,012 \quad 5,9965 \quad 0,0050 \quad 0,0146]$$

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 36540 & -36260 & -37070 & -22860 \\ -36260 & 44190 & 44050 & 37090 \\ -37070 & 44050 & 64400 & 24950 \\ -22860 & 37090 & 24950 & 1122600 \end{bmatrix}$$

$$x_1 = [6,02 \quad 5,99 \quad 0,018 \quad 0,012],$$

$$x_1 - \bar{X} = [6,02 \quad 5,99 \quad 0,018 \quad 0,012] - [6,012 \quad 5,9965 \quad 0,0050 \quad 0,0146] \\ = [0,008 \quad -0,0065 \quad 0,013 \quad -0,0026],$$

$$T^2 = (x_1 - \bar{X})S^{-1}(x_1 - \bar{X})'$$

$$= [0,008 \quad -0,0065 \quad 0,013 \quad -0,0026] \begin{bmatrix} 36540 & -36260 & -37070 & -22860 \\ -36260 & 44190 & 44050 & 37090 \\ -37070 & 44050 & 64400 & 24950 \\ -22860 & 37090 & 24950 & 1122600 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0,008 \\ -0,0065 \\ 0,013 \\ -0,0026 \end{bmatrix}$$

$$=4,29.$$

Data variabel produksi arang untuk sampel kedua (T_2^2 Hotelling)

$$x_2 = [6,00 \quad 6,00 \quad 0,000 \quad 0,014],$$

$$\begin{aligned} x_2 - \bar{X} &= [6,00 \quad 6,00 \quad 0,000 \quad 0,014] - [6,012 \quad 5,9965 \quad 0,0050 \quad 0,0146] \\ &= [-0,012 \quad 0,0035 \quad -0,0050 \quad -0,0006], \end{aligned}$$

$$T_2^2 = (x_2 - \bar{X})S^{-1}(x_2 - \bar{X})'$$

$$= [-0,012 \quad 0,0035 \quad -0,0050 \quad -0,0006] \begin{bmatrix} 36540 & -36260 & -37070 & -22860 \\ -36260 & 44190 & 44050 & 37090 \\ -37070 & 44050 & 64400 & 24950 \\ -22860 & 37090 & 24950 & 1122600 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -0,012 \\ 0,0035 \\ -0,0050 \\ -0,0006 \end{bmatrix}$$

$$=3,25.$$

Data variabel produksi arang untuk sampel ketiga (T_3^2 Hotelling)

$$x_3 = [6,04 \quad 6,02 \quad 0,003 \quad 0,017],$$

$$\begin{aligned} x_3 - \bar{X} &= [6,04 \quad 6,02 \quad 0,003 \quad 0,017] - [6,012 \quad 5,9965 \quad 0,0050 \quad 0,0146] \\ &= [0,028 \quad 0,0235 \quad -0,002 \quad 0,0024], \end{aligned}$$

$$T_3^2 = (x_3 - \bar{X})S^{-1}(x_3 - \bar{X})'$$

$$= [0,028 \quad 0,0235 \quad -0,002 \quad 0,0024] \begin{bmatrix} 36540 & -36260 & -37070 & -22860 \\ -36260 & 44190 & 44050 & 37090 \\ -37070 & 44050 & 64400 & 24950 \\ -22860 & 37090 & 24950 & 1122600 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0,028 \\ 0,0235 \\ -0,002 \\ 0,0024 \end{bmatrix}$$

$$=0,75.$$

⋮

Data variabel produksi arang untuk sampel kesembilan belas (T_{19}^2 Hotelling)

$$x_{19} = [6,01 \quad 5,98 \quad 0,01 \quad 0,013],$$

$$x_{19} - \bar{X} = [6,01 \quad 5,98 \quad 0,01 \quad 0,013] - [6,012 \quad 5,9965 \quad 0,0050 \quad 0,0146]$$

$$= [-0,002 \quad -0,0165 \quad 0,005 \quad -0,0016],$$

$$T_{19}^2 = (x_{19} - \bar{X})S^{-1}(x_{19} - \bar{X})'$$

$$= [-0,002 \quad -0,0165 \quad 0,005 \quad -0,0016] \begin{bmatrix} 36540 & -36260 & -37070 & -22860 \\ -36260 & 44190 & 44050 & 37090 \\ -37070 & 44050 & 64400 & 24950 \\ -22860 & 37090 & 24950 & 1122600 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -0,002 \\ -0,0165 \\ 0,005 \\ -0,0016 \end{bmatrix}$$

$$= 6,70.$$

Data variabel produksi arang untuk sampel kedua puluh (T_{20}^2 Hotelling)

$$x_{20} = [6,01 \quad 6,00 \quad 0,000 \quad 0,015],$$

$$x_{20} - \bar{X} = [6,01 \quad 6,00 \quad 0,000 \quad 0,015] - [6,012 \quad 5,9965 \quad 0,0050 \quad 0,0146]$$

$$= [-0,002 \quad 0,0035 \quad -0,005 \quad 0,0004],$$

$$T_{20}^2 = (x_{20} - \bar{X})S^{-1}(x_{20} - \bar{X})'$$

$$= [-0,002 \quad 0,0035 \quad -0,005 \quad 0,0004] \begin{bmatrix} 36540 & -36260 & -37070 & -22860 \\ -36260 & 44190 & 44050 & 37090 \\ -37070 & 44050 & 64400 & 24950 \\ -22860 & 37090 & 24950 & 1122600 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -0,002 \\ 0,0035 \\ -0,005 \\ 0,0004 \end{bmatrix}$$

$$= 0,49.$$

Berikut adalah hasil perhitungan nilai T^2 Hotelling pada proses produksi arang yang diringkas dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Nilai T^2 Hotteling pada Proses Produksi Arang

No	Berat Sampel (kg)	Berat Sampel Utuh >50%	Berat Sampel Tidak Utuh <50%	Berat Serbuk	T^2 Hotteling
1	6,02	5,99	0,018	0,012	4,29
2	6,00	6,00	0,000	0,014	3,25
3	6,04	6,02	0,003	0,017	5,89
4	6,01	6,00	0,000	0,016	0,75
5	6,04	6,03	0,000	0,012	6,83
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
19	6,01	5,98	0,010	0,013	6,70
20	6,01	6,00	0,000	0,015	0,49

Keterangan: Hasil Perhitungan Nilai T^2 Hotteling secara lengkap tersaji dalam Lampiran 3

4.1.4.2. Perhitungan Batas Kendali Nilai T^2 Hotteling dalam Proses Produksi

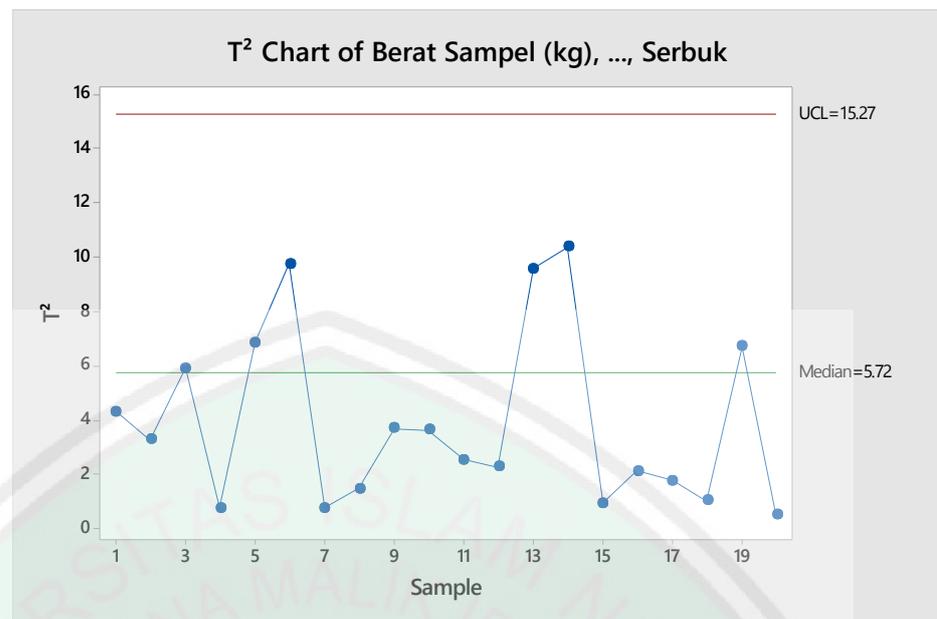
Arang

Batas kendali T^2 Hotteling pada produksi arang untuk nilai subgrup ($n = 1$) berdasarkan persamaan (2.9) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \frac{(20-1)^2}{20} \beta_{0,05, \frac{4}{2}, \frac{20-4-1}{2}} \\ &= 18,05(0,8459) \\ &= 15,27 \end{aligned}$$

BKB = (nilai T^2 Hotteling ≥ 0). Sehingga batas kendali bawah = 0

Setelah batas kendali sudah terhitung dan nilai T^2 Hotteling, masing-masing nilai T^2 Hotteling kemudian dibandingkan dengan nilai BKA sebesar 15,27. Grafik pengendali T^2 Hotteling disajikan dalam Gambar 4.5:

Gambar 4.5 Grafik Pengendali T^2 Hotteling

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa dari data produksi arang tidak terdeteksi data yang menunjukkan sinyal *out of control*. Lebih jelasnya data dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Kondisi Proses Pengambilan pada Grafik Pengendali T^2 Hotteling

No	Berat Sampel (kg)	Berat Sampel Utuh >50%	Berat Sampel Tidak Utuh <50%	Berat Serbuk	T^2 Hotteling
1	6,02	5,99	0,018	0,012	<i>in control</i>
2	6,00	6,00	0,000	0,014	<i>in control</i>
3	6,04	6,02	0,003	0,017	<i>in control</i>
4	6,01	6,00	0,000	0,016	<i>in control</i>
5	6,04	6,03	0,000	0,012	<i>in control</i>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
19	6,01	5,98	0,010	0,013	<i>in control</i>
20	6,01	6,00	0,000	0,015	<i>in control</i>

Keterangan: Kondisi lengkap tersaji dalam Lampiran 4

Tabel 4.4 merupakan tabel kondisi pada grafik pengendali T^2 Hotteling yang menunjukkan tidak terdapat data yang keluar batas kendali pada grafik

pengendali T^2 Hotteling. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses produksi arang terkendali kualitasnya secara statistik.

4.2. Analisis Kapabilitas Proses Multivariat

Kapabilitas proses merupakan kemampuan suatu proses untuk beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Dalam hal ini, analisis kapabilitas proses harus memenuhi proses produksi dalam keadaan terkendali. Karena pada tahap pertama dengan mengaplikasikan grafik T^2 Hotteling sudah memenuhi asumsi proses dalam keadaan terkendali, maka untuk selanjutnya dapat diketahui kapabilitas proses produksi.

Kapabilitas proses multivariat bisa disimbolkan dengan C_p . Apabila $C_p > 1$ maka proses dikatakan masih baik, jika $C_p < 1$ maka proses dikatakan tidak baik, dan jika $C_p = 1$ maka proses sama dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pada persamaan 2.11 diperoleh persamaan C_p multivariat sebagai berikut:

$$C_p = \frac{K}{\chi_{\alpha;df}^2} \left(\frac{(n-1)p}{h} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Pertama mencari nilai K atau nilai daerah sebenarnya dengan persamaan:

$$K^2 = (\bar{X}_j - \xi_j)^T V_0^{-1} (\bar{X}_j - \xi_j)$$

Sebelum mencari nilai K , nilai target (ξ) dari batas spesifikasi karakteristik mutu diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\xi_j = \frac{BSA_j - BSB_j}{2}, j = 1, 2, \dots, p$$

Berdasarkan batas spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan, batas spesifikasi ditunjukkan seperti Tabel berikut:

Variabel	Batas Spesifikasi
Berat Sampel (kg)	6,00-6,04
Berat Sampel Utuh >50%	5,82-6,04
Berat Sampel Tidak Utuh <50%	0-1,812
Berat Serbuk	0,00415-0,02515

maka diperoleh nilai target (ξ) untuk setiap variabel sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\xi_1 &= \frac{BSA_1 - BSB_1}{2} & \xi_2 &= \frac{BSA_2 - BSB_2}{2} \\ &= \frac{6,04-6,00}{2}=0,02, & &= \frac{6,04-5,82}{2}=0,11, \\ \xi_3 &= \frac{BSA_3 - BSB_3}{2} & \xi_4 &= \frac{BSA_4 - BSB_4}{2} \\ &= \frac{1,812-0}{2}=0,906, \text{ dan} & &= \frac{0,02515-0,00415}{2}=0,0105\end{aligned}$$

setelah mendapatkan nilai target (ξ), maka akan diperoleh nilai K yang mana V_0^{-1} adalah invers matriks varian kovarian, dengan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned}K^2 &= (\bar{X}_j - \xi_j)^T V_0^{-1} (\bar{X}_j - \xi_j) \\ &= [5,992 \quad 5,8865 \quad -0,901 \quad 0,0033]^T \begin{bmatrix} 36540 & -36260 & -37070 & -22860 \\ -36260 & 44190 & 44050 & 37090 \\ -37070 & 44050 & 64400 & 24950 \\ -22860 & 37090 & 24950 & 1122600 \end{bmatrix} \\ &= [5,992 \quad 5,8865 \quad -0,901 \quad 0,0033] \\ &= \begin{bmatrix} 5,992 \\ 5,8865 \\ -0,901 \\ 0,0105 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 36540 & -36260 & -37070 & -22860 \\ -36260 & 44190 & 44050 & 37090 \\ -37070 & 44050 & 64400 & 24950 \\ -22860 & 37090 & 24950 & 1122600 \end{bmatrix} [5,992 \quad 5,8865 \quad -0,901 \quad 0,0033] \\ &= 7,025\end{aligned}$$

$$K = 2,65$$

Setelah mendapatkan nilai K , selanjutnya mencari nilai h yang mana dengan persamaan sebagai berikut:

$$h = \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^T A^{-1} (X_{ij} - \bar{X}_j)$$

yang mana kita ketahui $A^{-1} = (X_{ij}^T X_{ij})^{-1}$, maka kita akan mendapatkan nilai h sebagai berikut:

$$\begin{aligned} h &= (X_{11} - \bar{X}_1)^T (X_{11}^T X_{11})^{-1} (X_{11} - \bar{X}_1) + (X_{12} - \bar{X}_2)^T (X_{12}^T X_{12})^{-1} (X_{12} - \bar{X}_2) \\ &+ \dots + (X_{203} - \bar{X}_3)^T (X_{203}^T X_{203})^{-1} (X_{203} - \bar{X}_3) \\ &+ (X_{204} - \bar{X}_4)^T (X_{204}^T X_{204})^{-1} (X_{204} - \bar{X}_4) \\ &= (6,02-6,012)^T (6,02 \times 6,02)^{-1} (6,02-6,012) \\ &+ (5,99-5,9965)^T (5,99 \times 5,99)^{-1} (5,99-5,99) + \dots \\ &+ (0-0,00505)^T (0 \times 0)^{-1} (0-0,00505) \\ &+ (0,015-0,0146)^T (0,015 \times 0,015)^{-1} (0,015-0,0146) \end{aligned}$$

$$h = 0,2733$$

Setelah melalui beberapa proses diatas, perhitungan nilai indeks kemampuan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 C_p &= \frac{K}{\chi_{\alpha;df}^2} \left(\frac{(n-1)p}{h} \right)^{\frac{1}{2}} \\
 &= \frac{2,65}{16,25117} \left(\frac{(20-1)4}{0,2733} \right)^{\frac{1}{2}} \\
 &= 2,719
 \end{aligned}$$

Dari hasil diatas, banyak pengamatan yang terkendali dalam diagram control adalah 20 dengan 4 karakteristik mutu dan $\chi_{\alpha;df}^2$ adalah nilai *Chi Square* dengan derajat bebas $\alpha=0,0027$ adalah 16,25117. Nilai *K* merupakan daerah proses sebenarnya. Berdasarkan perhitungan nilai kemampuan proses multivariat untuk data produksi arang diperoleh sebesar 2,719, maka kapabilitas proses multivariat pada produksi arang dikatakan baik atau kapabel karena memiliki nilai indeks kapabilitas (C_p) yang lebih dari satu.

4.3. Kajian Islam tentang Pengendalian Kualitas Statistik

Firman Allah SWT dalam Al-Quran Surat Al-Baqarah ayat 168 sebagai berikut:

يَتَأْتِيهَا النَّاسُ كُلُّوْا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلٰلًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوٰتِ الشَّيْطٰنِ ۚ إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ مُّبِيْنٌ ﴿١٦٨﴾

Artinya: "Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaitan; karena Sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagimu".

Kualitas produk mendapat perhatian pada produsen dalam ekonomi Islam dan ekonomi konvensional. Akan tetapi terdapat perbedaan signifikan diantara pandangan ekonomi ini dalam penyebab adanya perhatian masing-masing terdapat

kualitas, tujuan dan caranya. Sebab dalam ekonomi konvensional, produsen berupaya menekankan kualitas produknya hanya semata-mata untuk merealisasikan tujuan materi. Boleh jadi tujuan tersebut merealisasikan produk yang bisa dicapai dengan biaya serendah mungkin, dan boleh jadi besaing dan bertahan dengan produk serupa yang diproduksi orang lain. Karena itu produk tersebut menjadi tidak berkualitas, jika beberapa motivasi tersebut tidak ada padanya; seperti produk tertentu yang ditimbun karena tidak dikhawatirkan adanya persaingan. Bahkan seringkali mengarah pada penipuan, dengan menampakkan barang yang buruk dalam bentuk yang nampaknya bagus untuk mendapatkan keuntungan setinggi mungkin.

Hikmah dari ayat-ayat Al-Qur'an di atas adalah suatu produk dikatakan berkualitas jika memenuhi beberapa syarat yang telah ditentukan. Produk berkualitas secara fisik belum tentu berkualitas dalam penggunaan atau manfaat. Sebaik-baiknya produk yang berkualitas harus memenuhi kedua sisi yang saling mempengaruhi bagi para konsumen. Konsumen harus lebih berhati-hati untuk memilih produk yang berkualitas. Produk secara fisik yang tidak baik belum tentu dari sisi manfaat atau penggunaan juga tidak. Sebaliknya produk secara fisik baik belum tentu dari sisi manfaat baik pula.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan grafik pengendali T^2 Hotteling diperoleh kesimpulan bahwa produksi arang briket PT Cavron Global Pasuruan pada tanggal produksi 22 April 2019 produksi terkendali kualitasnya secara statistik. Pada grafik pengendali T^2 Hotteling menunjukkan tidak terdapat titik-titik yang keluar dari batas-batas grafik atau tidak menunjukkan *out of control* pada proses produksi arang briket.
2. Pada penerapan pengendalian kualitas produksi arang briket diketahui nilai kapabilitas proses multivariat berdasarkan indeks kemampuan proses sebesar 2,719, yang berarti proses produksi *capable*. Artinya proses produksi arang pada tanggal 22 April 2019 dikatakan baik dan sudah memuaskan keinginan *customer*.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian ini ada beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya antara lain adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini masih perlu dikembangkan, dengan menambahkan model yang dibentuk pada pengendalian kualitas atau menentukan sebuah model dari pengendalian kualitas.
2. Mungkin ada penambahan variabel tetapi dengan variabel produksi cacat.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qurthubi, S. I. (2007). Tafsir Al-Qurthubi/Syeikh Imam Al-Qurthubi. *Pustaka Azzam*, 481-483.
- Ariani, D.W. (2004). *Pengendalian Kualitas Statistik Pendekatan Kuantitatif dan Manajemen Kualitas*. Yogyakarta: ANDI.
- Crosby, P.B. (1979). *Quality is Free*. New York: Me-Graw Hill Book Inc.
- Darmawan, L.S. (2012). Pengendali Kualitas X Menggunakan Grafik T^2 Hotteling Univariat dan Multivariat. *Jurnal Matematika*, 08(1):1-25.
- Eka Fenyatun Diana Putri. (2017). *Penerapan Grafik Pengendali Komponen Utama (Principal Component) Untuk Pengendalian Kualitas Multivariat Pada Produksi Gula*. Malang.
- Johnson, R.A. (2007). *Applied Multivariat Statistical Analysis 6th Edition: Statistical Analysis*. New Jersey: Pearson Education .inc.
- Juran, J.M. (1998). *Juran's Quality Handbook 5th*. New York: The Me Graw-Hill Companies, Inc..
- Mahfud, M. (1997). *Spiritualitas Al-Qur'an dalam membangun kearifan Ummat*. UII-Press.
- Marimin. (2005). *Teknik dan Aplikasi: Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*. Jakarta : PT. Grasindo.
- Marrison, D.F. (1990). *Multivariat Statistical Method 3th Edition*. Me Graw Hill .inc.
- Montgomery, D.C. (1990). *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS.
- Montgomery, D.C. (2009). *Statistical Quality Control: a Modern Introduction*. New York: John Wiley & Sons Pte. Ltd.

- Nova Khoirun Nisa'. (2014). *Pengendalian Kualitas Proses Produksi Menggunakan Grafik p-Multivariat Dan Kapabilitas Proses Produksi Botol Kecap*. Malang.
- Putri, C.F. (2010). Upaya Menurunkan Jumlah Cacat Produk Shuttlecock dengan Metode Six Sigma. *Widya Teknika*, Vol 18 No.2.
- Sugian, O.S. (2006). *Kamus Menegement (Mutu)*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Umum.
- Suteyo, J. (2002). Aplikasi Six Sigma DMAIC dan KAIZEN sebagai Metode Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Produk. *Jurnal Teknologi*, Vol 4 No.1.
- Tracy, N.D., Young, D.C., and Mason, R.L. (1992). Multivariate Control Chart for Individual Observations. *Jurnal of Quality Technology*, 24(2):88-95.
- Zaenal. (2014). Islamic Business Management Praktik Manajemen Bisnis yang sesuai Syariah Islam. *BPFE*, 380.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Produksi Arang PT Cavron Global Carat Gempol Pasuruan. Variabel Berat Sampel, Utuh >50%, Tidak Utuh <50%, dan Serbuk pada pada tanggal 22 April 2019 pada pukul 08.00-15.00 WIB

No	Berat Sample (kg)	Berat Sampel Utuh >50%	Berat Sampel Tidak Utuh <50%	Berat Serbuk
1	6,02	5,99	0,018	0,012
2	6	6	0	0,014
3	6,04	6,02	0,003	0,017
4	6,01	6	0	0,016
5	6,04	6,03	0	0,012
6	6,01	6	0,012	0,008
7	6,01	6	0	0,016
8	6,01	6	0	0,011
9	6,03	6	0,016	0,015
10	6	5,99	0,008	0,018
11	6,02	6,01	0	0,009
12	6	5,98	0,012	0,019
13	6	5,98	0	0,021
14	6	5,96	0,022	0,024
15	6,01	6	0	0,012
16	6	5,99	0	0,013
17	6	5,99	0	0,014
18	6,02	6,01	0	0,014
19	6,01	5,98	0,01	0,013
20	6,01	6	0	0,015

Lampiran 2

Uji Kenormlan Data Multivariat

j	Nilai d_j^2	Nilai t
1	4,29	Nilai Tabel <i>ChiSquare</i> (χ^2) dengan $p = 4, \alpha =$ 0.5 atau $(\chi^2, 4, 0,05)$ adalah 3,3566 $t = \frac{n_1}{n} = \frac{11}{20} = 0,55$
2	3,25	
3	5,89	
4	0,75	
5	6,83	
6	9,74	
7	0,75	
8	1,45	
9	3,67	
10	3,61	
11	2,50	
12	2,24	
13	9,57	
14	10,35	
15	0,91	
16	2,11	
17	1,74	
18	1,00	
19	6,70	
20	0,49	

Lampiran 3

Nilai T^2 Hotelling dan keterangannya

No	Nilai T^2 Hotelling	Keterangan
1	4,29	<i>in control</i>
2	3,25	<i>in control</i>
3	5,89	<i>in control</i>
4	0,75	<i>in control</i>
5	6,83	<i>in control</i>
6	9,74	<i>in control</i>
7	0,75	<i>in control</i>
8	1,45	<i>in control</i>
9	3,67	<i>in control</i>
10	3,61	<i>in control</i>
11	2,50	<i>in control</i>
12	2,24	<i>in control</i>
13	9,57	<i>in control</i>
14	10,35	<i>in control</i>
15	0,91	<i>in control</i>
16	2,11	<i>in control</i>
17	1,74	<i>in control</i>
18	1,00	<i>in control</i>
19	6,70	<i>in control</i>
20	0,49	<i>in control</i>

RIWAYAT HIDUP



Sahrul Munir, pria kelahiran Kediri pada tanggal 06 Januari tahun 1997, adalah putra pertama dari dua bersaudara.

Pria yang akrab disapa Sahrul ini telah mengenyam pendidikan formal mulai dari TK Asiyah Bustanul Alfal Jombang, lalu beralih menjadi siswa sekolah dasar di SDN Tertek 02, kemudian, di tahun 2009, tercatat sebagai siswa MTsN Jombang Kauman Pare dan pada 2012 beranjak ke seragam “putih abu-abu” di MAN Kandangan kabupaten Kediri serta aktif sebagai pelatih marching band. Di tahun 2015, ia melangkah menjadi mahasiswa di salah satu kampus negeri di Malang, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, dengan mengambil jurusan matematika.

QC FORM-04-002
QC INLINE CONTROL
Date: 22 April 2019
Department: QA
Responsible: QA Manager
Issue date: 30.10.2018
Revision No: 0

QC Item: Schirul Muntir
QC Item: CEKISI PAPER BAG DALAM 1 PALET
Product: Nature Premium 6 kg
Pack: CA-200

Pallet Number	CEKISI PAPER BAG DALAM 1 PALET				PROSES BAG				PERYUANG PAPER BAG				JUMBO BAG		
	BEKAS SAMPLE Unit (kg)	UTUK (-50%) (kg)	TIPAK UTUK (-50%) (gram)	Sedok (gram)	Benda Adng	Selitan Right	Ujung jilidan Paper Bag ± 2.5cm	Gap jilidan Atas ± 0.5cm	Tinggi tumpukan (cm)	Koropak Paper Slip	Isi Log	Keberruhan	Kode ESM	Kode/B	Ketidakepatuhan
1	6.02	5.99	48	12	-	✓	✓	✓	120	✓	✓	✓	Ada		
2	6	6	-	14	-	✓	✓	✓	120	✓	✓	✓	✓		
3	6.04	6.02	8	17	-	✓	✓	✓	120	✓	✓	✓	✓		
4	6.01	6	-	16	-	✓	✓	✓	120	✓	✓	✓	✓		
5	6.04	6.03	-	12	-	✓	✓	✓	120	✓	✓	✓	✓		
6	6.01	6	12	8	-	✓	✓	✓	120	✓	✓	✓	✓		
7	6.01	6	-	16	-	✓	✓	✓	120	✓	✓	✓	✓		
8	6.01	6	-	11	-	✓	✓	✓	120	✓	✓	✓	✓		
9	6.03	6	16	15	-	✓	✓	✓	120	✓	✓	✓	✓		
10	6	5.99	8	18	-	✓	✓	✓	120	✓	✓	✓	✓		
11	6.02	6.01	-	9	-	✓	✓	✓	120	✓	✓	✓	✓		
12	6	5.98	12	19	-	✓	✓	✓	120	✓	✓	✓	✓		
13	6	5.98	-	21	-	✓	✓	✓	120	✓	✓	✓	✓		



**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

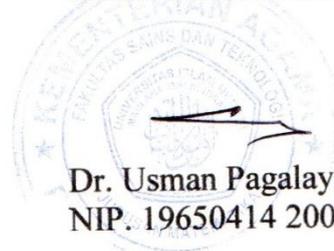
Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang Telp./Fax.(0341)558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Sahrul Munir
NIM : 15610056
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Matematika
Judul Skripsi : Aplikasi Grafik Pengendali T^2 Hotelling dan Kapabilitas Proses untuk Pengendalian Kualitas pada Produksi Arang Briket
Pembimbing I : Angga Dwi Mulyanto, M.Si
Pembimbing II : Mohammad Nafie Jauhari, M.Si

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	11 Februari 2019	Konsultasi Bab I dan Bab II	1.
2.	18 Februari 2019	Konsultasi Kajian Keagamaan	2.
3.	25 Ferbruari 2019	ACC Bab I dan Bab II	3.
4.	08 Maret 2019	Konsultasi Bab III	4.
5.	15 Maret 2019	Konsultasi Kajian Keagamaan	5.
6.	22 Maret 2019	Konsultasi Kajian Keagamaan	6.
7.	02 April 2019	Konsultasi Bab III	7.
8.	03 Mei 2019	Konsultasi Bab III dan Bab IV	8.
9.	03 Desember 2019	ACC Kajian Keagamaan	9.
10.	11 Desember 2019	ACC Keseluruhan	10.

Malang, 13 Desember 2019
Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika



Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP. 19650414 200312 1 001