

**PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK MENGGUNAKAN
DIAGRAM KONTROL T^2 HOTELLING INDIVIDUAL**

(Studi Kasus : Data Cacat Hasil Produksi Produk *Front Engine Rear Drive* Di PT.
Akashi Wahana Indonesia)

TUGAS AKHIR



**PROGRAM STUDI STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING

TUGAS AKHIR

Judul : Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Diagram Kontrol T^2 Hotelling Individual (Studi Kasus : Data Cacat Hasil Produksi Produk *Front Engine Rear Drive* Di PT. Akashi Wahana Indonesia)

Nama Mahasiswa : Hanum Salsabiella

NIM : 16611066

**TUGAS AKHIR INI TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI UNTUK
DIUJIKAN**

Yogyakarta, 11 Mei 2020

Pembimbing



.....
Arum Handini Primandari, S.Pd.Si., M.Sc.

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK MENGGUNAKAN DIAGRAM KONTROL T^2 HOTELLING INDIVIDUAL

(Studi Kasus : Data Cacat Hasil Produksi Produk *Front Engine Rear Drive* Di PT.

Akashi Wahana Indonesia)

Nama Mahasiswa : Hanum Salsabiella

NIM : 16611066

TUGAS AKHIR INI TELAH DIUJIKAN
PADA TANGGAL: 16 MEI 2020

Nama Penguji:

Tanda Tangan

1. Kariyam, S.Si., M.Si

.....


2. Atina Ahdika, S.Si, M.Si

.....


3. Arum Handini Primandari, S.Pd.Si., M.Sc

.....


Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia




Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin puji dan syukur senantiasa peneliti panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkat, rahmat serta hidayah-Nya peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir yang diberi judul “Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Diagram kontrol T^2 Hotelling Individual” dengan lancar dan baik. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

Pembuatan tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan jenjang strata satu di Jurusan Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.

Pada pembuatan tugas akhir ini, peneliti menyadari segala kelancaran proses tidak terlepas dari berbagai pihak yang membantu, memberikan dukungan dan arahan serta memberikan motivasi selama proses pembuatan tugas akhir. Oleh karena itu peneliti menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ruswanto dan Ibu Nur Hidayah selaku kedua orang tua peneliti serta kakak tersayang Adi Yusuf Darmawan yang selalu berjuang, mendoakan, memberikan dukungan dan motivasi dalam segala hal.
2. Bapak Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Edy Widodo, S.Si., M.Si selaku Ketua Jurusan Statistika beserta jajarannya.
4. Ibu Arum Handini Primandari, S.Pd.Si., M.Sc selaku Dosen Pembimbing penelitian yang telah sabar dan memberikan motivasi dalam membimbing.
5. Ibu Atina Ahdika, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak membantu selama keberlangsungan kuliah.
6. Adis Khayat Kuswanto selaku teman dalam segala hal menjadi bagian motivasi menyelesaikan tugas akhir.

7. Sahabat terkasih Bukan Grup yaitu Ella Anggraini, Anggit Novietasari, Salsabilla Novianingrum, Revika Dwi Merianti, Dianawati Khaerunnisa, Yesih Nurmalasari, Nadia Ihya Muthi yang selalu memberikan warna cerita selama 4 tahun ini.
8. Nadya Puji Saraswati selaku teman seperbimbingan yang telah sabar dan memberi semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.
9. Teman-teman Statistika UII angkatan tahun 2016 yang telah menjadi teman seperjuangan sedari awal kuliah.
10. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu selama pembuatan tugas akhir.

Semoga bantuan yang diberikan peneliti selama mengerjakan tugas akhir dapat bermanfaat. Peneliti juga menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu peneliti mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat pada khususnya untuk peneliti, dan pada umumnya untuk semua yang membutuhkan.

Wassalamualaikum Wr.Wb

Yogyakarta, 11 Mei 2020

peneliti

Hanum Salsabiella

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
bab ii TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III LANDASAN TEORI.....	11
3.1 Produk Transmisi.....	11
3.2 Statistika Deskriptif	14
3.3 Statistika Multivariat	18
3.4 Distribusi Normal Multivariat	18
3.5 Pengendalian Kualitas Statistika	19
3.6 Metode Pengendalian Kualitas Statistik	19
3.7 Pengendalian Proses Data Multivariat.....	20
3.8 Distribusi T^2 Hotelling.....	20
3.9 Diagram Kontrol T^2 Hotelling	21
3.11. Dekomposisi <i>Mason, Young</i> dan <i>Tracy</i> (MYT)	24
3.11.2. Suku Bersyarat.....	25
Bab iv METODOLOGI PENELITIAN	27
4.1. Populasi dan Sampel Penelitian.....	27
4.2. Variabel Penelitian	27
4.3. Metode Pengambilan Data.....	29
4.4. Metode Analisis Data	29
4.5. Tahapan Penelitian	29
Bab v HASIL DAN PEMBAHASAN	33
5.1. Analisis Deskriptif.....	33
5.2. Diagram Kontrol T^2 Hotelling	33

Bab VI PENUTUP	51
6.1. Kesimpulan.....	51
6.2. Saran	52



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Contoh Data Cacat Produksi <i>Front Engine Rear Drive</i>	27
Tabel 4.2. Definisi Operasional Variabel pada Produk <i>Case Transmission</i>	28
Tabel 4.3. Definisi Operasional Variabel pada Produk <i>Housing Clutch</i>	28
Tabel 4.4. Definisi Operasional Variabel pada Produk <i>Housing Extenssion</i>	28
Tabel 5.1. Nilai Rata-Rata pada <i>Case Transmission</i>	37
Tabel 5.2. Nilai Rata-Rata pada <i>Housing Clutch</i>	37
Tabel 5.3. Nilai Rata-Rata pada <i>Housing Extenssion</i>	37
Tabel 5.4. Hasil Nilai d_i^2 dan p_i	39
Tabel 5.5. Hasil Nilai q_i	39
Tabel 5.6. Nilai d_i^2 dan <i>ChiSquare</i>	41
Tabel 5.7. Hasil Nilai Rata-Rata Tahap 1 pada Produk <i>Case Transmission</i>	42
Tabel 5.8. Hasil Nilai Rata-Rata Tahap 1 pada Produk <i>Housing Clutch</i>	42
Tabel 5.9. Hasil Nilai Rata-Rata Tahap 1 pada Produk <i>Housing Extenssion</i>	42
Tabel 5.10. Nilai T^2 dan Nilai UCL pada Tahap 1 Diagram Kontrol T^2 Hotelling	44
Tabel 5.11. Nilai Variansi pada Setiap Variabel pada Produk <i>Case Transmission</i>	48
Tabel 5.12. Nilai T^2 Dekomposisi MYT Suku Tidak Bersyarat pada Produk <i>Case Transmission</i>	48
Tabel 5.13. Nilai Variansi pada Setiap Variabel pada Produk <i>Housing Clutch</i> ... 48	48
Tabel 5.14. Nilai T^2 Dekomposisi MYT Suku Tidak Bersyarat pada Produk <i>Housing Clutch</i>	48
Tabel 5.15. Nilai Variansi pada Setiap Variabel pada Produk <i>Housing Extenssion</i>	49
Tabel 5.16. Nilai T^2 Dekomposisi MYT Suku Tidak Bersyarat pada Produk <i>Housing Extenssion</i>	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Bagian <i>Hext Face</i> pada Produk <i>Case Transmission</i>	12
Gambar 3.2. Bagian <i>HCL Face</i> pada Produk <i>Case Transmission</i>	12
Gambar 3.3. Bagian <i>Cover Control Face</i> pada Produk <i>Case Transmission</i>	12
Gambar 3.4. Bagian <i>Engine Face</i> pada Produk <i>Housing Clutch</i>	13
Gambar 3.5. Bagian <i>Case Transmisi Face</i> pada Produk <i>Housing Clutch</i>	13
Gambar 3.6. Bagian <i>Case Transmisi Face</i> pada Produk <i>Housing Extenssion</i>	13
Gambar 3.7. Bagian <i>Bushing Hole</i> pada Produk <i>Housing Extenssion</i>	14
Gambar 3.8. Contoh Gambar Grafik Garis.....	17
Gambar 3.9. Contoh <i>Pareto Chart</i>	17
Gambar 5.1. Grafik Total Hasil Produksi pada Bulan Oktober-Desember Tahun 2019.....	34
Gambar 5.2. Grafik Total Cacat pada Bulan Oktober-Desember Tahun 2019 ...	34
Gambar 5.3. <i>Pareto Chart</i> pada Produk <i>Case Transmission</i>	35
Gambar 5.4. <i>Pareto Chart</i> pada Produk <i>Housing Clutch</i>	36
Gambar 5.5. <i>Pareto Chart</i> pada Produk <i>Housing Extenssion</i>	36
Gambar 5.6. Grafik Normal Multivariat pada (a) Produk <i>Case Transmission</i> ; (b) Produk <i>Housing Clutch</i> ; (c) Produk <i>Housing Extenssion</i>	41
Gambar 5.7. Plot Diagram Kontrol T^2 Hotelling Produk <i>Case Transmission</i>	46
Gambar 5.8. Plot Diagram Kontrol T^2 Hotelling Produk <i>Housing Clutch</i>	46
Gambar 5.9. Plot Diagram Kontrol T^2 Hotelling Produk <i>Housing Extenssion</i> ...	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Produksi Pembuatan Produk <i>Front Engine Rear Drive</i>	57
Lampiran 2 Nilai Jarak Mahalanobis pada Uji Normalitas.....	62
Lampiran 3 Nilai qi pada Uji Normalitas	65
Lampiran 4 Nilai Statistik T^2 Hotelling.....	68
Lampiran 5 Tabel Distribusi <i>Chi-Square</i>	71
Lampiran 6 <i>Syntax</i> Diagram kontrol T^2 Hotelling.....	72



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang sebelumnya pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 11 Mei 2020

Peneliti



Hanum Salsabiella

ABSTRAK

PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK MENGGUNAKAN DIAGRAM KONTROL T^2 HOTELLING INDIVIDUAL

(Studi Kasus : Data Cacat Hasil Produksi Produk *Front Engine Rear Drive* Di PT.
Akashi Wahana Indonesia)

Hanum Salsabiella

Program Studi Statistika, Fakultas MIPA

Universitas Islam Indonesia

Pengendalian kualitas statistik merupakan suatu alat statistik untuk mengontrol kestabilan proses dan menurunkan variabilitas agar produk memiliki kualitas yang baik dan mampu bersaing. Kualitas suatu produk perlu dilakukan standarisasi dengan tepat agar produk yang dihasilkan sesuai dengan permintaan konsumen. PT. Akashi Wahana Indonesia (AWI) merupakan suatu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri komponen otomotif yang memproduksi produk transmisi. Salah satunya produk PT AWI adalah *front engine rear drive* yang terdiri tiga komponen produk yaitu *case transmission*, *housing clutch*, dan *housing extenssion*. Semakin pesatnya persaingan didunia industri otomotif, PT. AWI perlu meningkatkan kualitas produk dengan mengurangi produk cacat yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap keuntungan perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas suatu produk agar dapat memenuhi kepuasan konsumen, penelitian ini dilakukan pengendalian bersama-sama terdiri dari tiga variabel yang saling berhubungan dan untuk melihat vektor rata-rata dari proses kontrol dengan asumsi normal multivariat menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling Individual. Hasil dari pengendalian didapatkan bahwa ketiga produk komponen belum terkendali dengan melakukan dekomposisi Mason, Young dan Tracy (MYT) pada produk *Case Transmission* didapatkan variabel *porous hcl face* yang menyebabkan adanya proses produksi tidak terkendali, pada produk *Housing Clutch* didapatkan variabel *transmisi face* menjadi penyebab proses produksi tidak terkendali dan pada produk *Housing Extenssion* didapatkan variabel *porous bushing hole* yang menyebabkan adanya proses produksi tidak terkendali maka sebab itu variabel yang menyebabkan adanya proses tidak terkendali menjadi prioritas perbaikan proses produksi.

Kata Kunci: Pengendalian Kulitas Statistik, , Diagram Kontrol T^2 Hotelling Individual, Dekomposisi MYT

ABSTRACT

PRODUCT QUALITY CONTROL USING INDIVIDUAL T^2 HOTELLING CONTROL CHART

(Case Study : Defective Data Production Results of Front Engine Rear Drive
Products at PT. Akashi Wahana Indonesia)

Hanum Salsabiella

Department Statistics, Faculty of Mathematics and Natural Science
Islamic University of Indonesia

Statistical quality control is statistical tool to control the stability of the process and reduce variability so that the product has good quality and is able to compete. The quality of a product needs to be carried out the right standardization so that the products produced are in accordance with consumer demand, at PT. Akashi Wahana Indonesia (AWI) is a company engaged in the automotive component industry producing transmission products, one of which is a front engine rear drive product consisting of three product components, namely case transmission, housing clutch, and housing extension. The more rapid competition in the automotive industry world, PT. AWI needs to improve product quality and reduce defective products that indirectly affect company profits by analyzing the products produced. Therefore this study aims to maintain and improve the quality of a product in order to meet customer satisfaction, this research is carried out jointly control consisting of three interrelated variables and to see the average vector of the control process with multivariate normal assumptions using the T^2 Hotelling Individual control chart. The results of the control show that the three component products have not been controlled, by decomposing Mason, Young and Tracy (MYT) on the Case Transmission product, the porous hcl face variable results in an uncontrolled production process, the Housing Clutch product shows that the face transmission variabel causes the uncontrolled production process and the Housing Extension product gets a porous bushing hole variable that causes the uncontrolled production process, therefore the variables that cause the uncontrolled process are the priority of the production process improvement.

Keywords: Statistical Quality Control, T^2 Hotelling Individual Control Chart, The MYT Decomposition

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Berkembangnya kemajuan peradaban manusia menyebabkan kegiatan dibidang industri dihadapkan pada tantangan yang berat serta persaingan yang semakin pesat yang telah membawa pengaruh yang cukup besar bagi dunia industri. Perusahaan ingin memenangkan persaingan dengan memberikan perhatian kualitas pada suatu hasil produksi agar suatu hasil kerja yang memiliki nilai produktivitas yang baik dapat meningkatkan nilai perusahaan. Perbaikan kualitas dan kuantitas terus dilakukan oleh perusahaan, dengan melakukan pengendalian kualitas langsung pada produk hasil produksi.

Kualitas suatu produk pada hasil produksi di suatu perusahaan merupakan salah satu kriteria yang menjadi pertimbangan konsumen dalam memilih produk. Bagi perusahaan untuk dapat bersaing ditengah ketatnya persaingan dalam dunia industri, kualitas produk menjadi indikator yang penting. Kualitas suatu produk dibangun perusahaan dengan memperhatikan kebutuhan dan keinginan konsumen, karena suatu perusahaan tidak akan berdiri kokoh apabila produk yang dibuat tidak sesuai dengan keinginan konsumen. Pengendalian kualitas merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kualitas suatu produk untuk membuat produk yang dihasilkan memiliki daya asing.

Menurut Assauri (1998) pengertian pengendalian kualitas adalah pengawasan mutu yang merupakan usaha untuk mempertahankan mutu atau kualitas dari produk yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pimpinan perusahaan. Dengan pengertian tersebut hasil yang diperoleh dari kegiatan pengendalian kualitas benar-benar dapat meningkatkan dari suatu produk serta memenuhi standar yang ditetapkan oleh konsumen.

Kualitas suatu produk perlu dilakukan standarisasi yang tepat agar produk yang dihasilkan sesuai dengan permintaan konsumen. Di PT. Akashi Wahana Indonesia (AWI) selaku perusahaan yang bergerak dibidang industri *manufacture* komponen otomotif yang salah satunya memproduksi transmisi sangat memperhatikan kualitas dari produknya. Untuk itu, PT. AWI sadar bahwa dunia industri otomotif merupakan bisnis yang kritis dengan pasar, dikarenakan kendaraan merupakan hal yang sangat penting dan produsen mobil di Indonesia menuntut pemasoknya dapat meningkatkan kualitas dari produk-produknya dan untuk mengurangi produk cacat yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap keuntungan perusahaan dengan menganalisis produk cacat yang di hasilkan di PT. AWI yaitu pada komponen transmisi seperti *case transmission D17D*, *housing clutch 1NR*, dan *housing extension D17D* dengan menggunakan metode *Statistical Process Control (SPC)*.

Menurut Montgomery (2005) *Statistical Process Control (SPC)* merupakan kumpulan dari *tools (seven tools)* yang digunakan untuk pemecahan masalah sehingga tercapai kestabilan proses dan peningkatan kapabilitas dengan pengurangan variasi. SPC ini sangat penting di dalam perusahaan khususnya dalam hal pengendalian kualitas, secara umum SPC lebih banyak digunakan sebagai alat untuk memprediksi permasalahan yang akan terjadi di masa yang akan datang. Dalam berbagai analisis statistik tidak jarang ditemukan berbagai kasus yang terdiri dari beberapa variabel. Hal ini dikarenakan dalam suatu kasus faktor yang berpengaruh biasanya tidak hanya terdiri dari satu faktor, melainkan beberapa faktor. Secara umum, analisis multivariat berhubungan dengan metode-metode statistik yang secara bersama-sama melakukan analisis terhadap lebih dari dua variabel pada setiap objek. Pengendalian kualitas multivariat dilakukan dengan cara membuat suatu diagram kontrol multivariat salah satunya yaitu diagram kontrol T^2 Hotelling. Diagram kontrol T^2 Hotelling digunakan untuk mendeteksi pergeseran rata-rata proses dengan menggunakan vektor rata-rata sampel dan matriks kovariansi dimana pada diagram kontrol T^2 Hotelling terdapat suatu dekomposisi Mason, Young dan Tracy (MYT) yang mampu menunjukkan variabel yang menyebabkan suatu proses tidak terkendali.

Penelitian yang dilakukan oleh Novita Damayanti,dkk (2016) analisis dilakukan pada hasil produksi *Crude Palm Kernel Oil* pada PT. Rea Kaltim Plantations disebutkan bahwa diagram kontrol T^2 Hotelling merupakan diagram kontrol multivariat yang digunakan untuk mendeteksi adanya *outlier* dan pergeseran rata-rata, dimana pada diagram kontrol T^2 Hotelling terdapat suatu dekomposisi *Mason, Young* dan *Tracy* (MYT) yang mampu menunjukkan variabel yang menyebabkan suatu proses tidak terkendali. Penelitian juga dilakukan oleh Septia Fendasari,dkk (2013) analisis dilakukan untuk menentukan diagram kendali dalam analisis kualitas proses produksi dengan menggunakan diagram kendali D^2 (Mahalanobis Distance) sebagai diagram yang berdasar pada proporsi cacat, selain itu juga menggunakan diagram T^2 Hotelling Individual yang berdasar pada data variabel yang terdiri dari 16 variabel jenis cacat pada hasil produksi biskuit *Square Puff* di PT. UBM Biscuit Sidoarjo.

Berdasarkan penjelasan hasil penelitian sebelumnya, peneliti akan melakukan pengendalian kualitas produk menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling Individual yang diaplikasikan pada data cacat hasil produksi PT. AWI.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, berikut ini merupakan rumusan masalah yang dapat diidentifikasi :

1. Bagaimana deskripsi produk *front engine rear drive* di PT.AWI?
2. Bagaimana melakukan kontrol produk *front engine rear drive* di PT. AWI menggunakan diagram kontrol T^2 Hotelling Individual?
3. Bagaimana menentukan variabel yang tidak terkendali pada produk *front engine rear drive* di PT. AWI menggunakan dekomposisi MYT?

1.3 Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data cacat hasil produksi produk *front engine rear drive* yang terdiri dari tiga produk komponen yaitu produk *Case Transmission, Housing Clutch*, dan *Housing Extenssion* di PT. AWI pada bulan Oktober – Desember 2019.
2. Analisis yang digunakan adalah diagram kontrol T^2 Hotelling Individual.

3. *Microsoft excel* digunakan dalam hal pengumpulan dan penyimpanan data, pengolahan plot dan sebagian pengolahan analisis dekomposisi MYT.
4. *Software R Studio* digunakan untuk pengolahan data diagram kontrol T^2 *Hotelling Individual* dan sebagian pengolahan analisis dekomposisi MYT.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian tugas akhir ini yang ingin dicapai adalah :

1. Mengetahui deskripsi produk *front engine rear drive* di PT.AWI.
2. Mengetahui kontrol produk *front engine rear drive* di PT. AWI menggunakan diagram kontrol T^2 *Hotelling Individual*
3. Mengetahui variabel yang tidak terkendali pada produk *front engine rear drive* di PT. AWI menggunakan dekomposisi MYT

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Mahasiswa
Pengembangan ilmu pengetahuan yang dipelajari di perkuliahan dan menambah wawasan tentang metode diagram kontrol T^2 *Hotelling Individual*.
2. Bagi Pembaca
Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi ataupun acuan pembaca untuk mengembangkan metode diagram kontrol T^2 *Hotelling Individual* pada kasus-kasus lainnya dan juga dapat memberikan gambaran terkait hasil produksi PT. AWI pada bulan Oktober – Desember 2019.
3. Bagi Instansi
Menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan dan kebijakan untuk pihak PT. AWI

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini peneliti menggunakan penelitian terdahulu sebagai kajian atau referensi terhadap penelitian-penelitian sebelumnya dan untuk menghindari terjadinya duplikasi serta menjadikan penelitian yang baru dapat menjadi lebih baik. Berikut beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai kajian oleh peneliti.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Nama Peneliti	Objek	Metode	Hasil Penelitian
1.	2013	Septia Fendiasari, Lucia Aridinanti, dan Wibawati	Hasil Produksi Kecacatan <i>Square Puff</i> di PT. UBM Biscuit Sidoarjo	Pengontrolan Kualitas Menggunakan Diagram Kendali D^2 (<i>Mahalanobis Distance</i>) dan Diagram Kendali T^2 <i>Hotelling Individual</i>	Pada hasil diagram kendali D^2 (<i>Mahalanobis Distance</i>) memiliki nilai BKA = 13.3 dan dari 57 pengamatan terdapat 42 pengamatan tidak terkendali atau sebesar 73.68%. Sedangkan pada Diagram Kendali T^2 <i>Hotelling Individual</i> memiliki nilai BKA = 18 dan terdapat 3 pengamatan tidak terkendali atau sebesar 5.26%. Diagram kendali D^2 (<i>Mahalanobis Distance</i>) lebih baik karena mempunyai batas kendali yang lebih sensitif.
2.	2016	Alfahari Anggoro, Mustafid, dan Rita Rahmawati	Data Jumlah Cacat pada Produksi <i>Vending Machine</i> di	Pengendalian Kualitas Multivariat dengan <i>Mahalanobis Distance</i> dan T^2 <i>Hotelling Individual</i>	<ul style="list-style-type: none"> Pada diagram <i>Mahalanobis Distance</i> terdapat 2 pengamatan yang berada diluar batas kendali dengan nilai $UCL = 15.615$ sedangkan pada T^2 <i>Hotelling Individual</i>

No	Tahun	Nama Peneliti	Objek	Metode	Hasil Penelitian
			PT. Metec Semarang		semua pengamatan terkendali dengan nilai UCL = 36.0813. <ul style="list-style-type: none"> • Nilai kapabilitas proses multivariat adalah 1.1503.
3.	2016	David Boullosa, Juan Luis Larrabe, Alberto Lopes, dan Miguel Angel Gomez	Proses Pelumasan Silinder pada Mesin Diesel 2T Marine	Diagram Kontrol T^2 Hotelling dan Dekomposisi MYT	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil pengendalian kualitas dihasilkan 10 pengamatan yang keluar dari proses dengan UCL= 14.5963 • Dengan dekomposisi MYT dihasilkan variabel yang menjadi penyebab tidak terkendali yaitu tekanan oli hidrolik After Pump 1 dan Total Oil.
4.	2012	Bambang Widianto	Hasil Jumlah Produksi <i>Crown Handle</i> 3C1 dan Presentase Produk Cacat pada Tahun 2011 di PT. Chemco Harapan Nusantara	Analisis Pengendalian Kualitas menggunakan Alat Bantu Statistik (<i>Check sheet, histogram, Diagram kontrol p</i>)	Berdasarkan hasil diagram pareto diprioritaskan perbaikan kualitas produk dari kerusakan yang paling dominan yaitu kerusakan produk karena area holder step (45,07%), area holder burry (39,96%) dan area holder menonjol (14,97%). Kerusakan terjadi karena lebih menitikberatkan pada sistem pemeliharaan (<i>Corrective maintenance</i>) yang bersifat memperbaiki. Sedangkan tindakan pencegahan (<i>Preventive Maintenance</i>) yang berlaku hanya sebatas pemeliharaan rutin sederhana.

No	Tahun	Nama Peneliti	Objek	Metode	Hasil Penelitian
5.	2013	Noer Lailiyatul Fitria	Implementasi Grafik Pengendali Multivariat T^2 Hotelling Terhadap Kualitas Produk Kertas <i>Newsprint</i> (NPP) di PT. Adiprima Suraprinta)	Grafik Pengendali Multivariat T^2 <i>Hotelling</i>	<ul style="list-style-type: none"> Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh bahwa pengontrolan proses produksi kertas jenis <i>Newsprint Paper</i> di PT. Adiprima Suraprinta masih belum terkontrol. Terdapat 5 subgrup yang <i>out of control</i> yaitu subgrup ke- 6, 7, 10, 13, 14. Pada subgrup ke-6 yang <i>out of control</i> yaitu karakteristik <i>gramature</i>. Pada subgrup ke-7, 13, dan 14 yang <i>out of control</i> yaitu karakteristik <i>thickness</i>. Dan pada subgrup ke-10 yang <i>out of control</i> yaitu pada karakteristik <i>gramature</i> dan <i>thickness</i>.
6.	2014	Siti Mahmuda, Rito Goejantoro, dan Darnah Andi Nohe	Air Hasil Produksi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Samarinda	Diagram Kontrol Multivariat dengan Dekomposisi <i>Mason Young</i> , dan <i>Tracy</i> (MYT)	Hasil penelitian diperoleh bahwa variabel pH Air (X_3) menyebabkan air hasil produksi PDAM Kota Samarinda dalam keadaan tidak terkendali serta pada variabel lainnya yaitu variabel Kekeruhan Air Baku (X_1) dan Dosis Koagulan (X_2), Kekeruhan Air Baku (X_1) dan pH Air (X_3) serta Kekeruhan Air Baku (X_1) dan Kekeruhan Air Produksi (X_4) secara bersama-sama berpotensi menyebabkan air hasil produksi PDAM Kota

No	Tahun	Nama Peneliti	Objek	Metode	Hasil Penelitian
					Samarinda dalam keadaan tidak terkendali.
7.	2015	Muhammad Hilman Rizki Abdullah, Rita Rahmawati, dan Hasbi Yasin	Hasil Produksi Kaca pada Pabrik Kaca di Kabupaten Kendal	Diagram Kontrol T^2 Hotelling	<ul style="list-style-type: none"> Proses produksi kaca pada tahap I yaitu proses produksi Bulan September 2014 dikatakan tidak stabil atau tidak terkontrol. Diperlukan tiga kali revisi sehingga didapatkan BKA untuk tahap II.
8.	2016	Adhi Mei Susanto dan Haryono	Hasil Pengujian Produk <i>Electric Resistance Welded Pipe (ERW)</i> pada PT.X dengan Karakteristik Kualitas Diameter, Panjang (<i>Length</i>), dan Berat (<i>Weight</i>).	Diagram kontrol T^2 Hotelling dan Diagram kontrol <i>Generalized Variance</i>	<ul style="list-style-type: none"> Hasil analisis pengendalian kualitas dalam rata-rata variabilitas dan proses produksi pipa ERW terdapat pengamatan yang <i>out of control</i>. Faktor penyebabnya yaitu material, manusia, mesin, metode, dan lingkungan dengan variabel berat menjadi variabel penyebab proses tidak terkendali yang dipengaruhi oleh faktor manusia karena ketidaktepatan petugas sehingga menyebabkan kesalahan dalam pengukuran.
9.	2016	Novita Damayanti, Rito Goejantoro, dan Wasono	Hasil Produksi <i>Crude Palm Kernel Oil</i> di PT. Rea	Peta Kendali T^2 Hotelling dan Analisis Kemampuan Proses untuk Data Multivariat dengan	<ul style="list-style-type: none"> Hasil produksi CPKO pada Bulan Juni – Agustus 2015 tidak dalam keadaan tidak terkendali. Variabel penyebab proses tidak dalam keadaan terkendali

No	Tahun	Nama Peneliti	Objek	Metode	Hasil Penelitian
			Kaltim Plantations	Pengamatan Individual.	adalah kadar asam lemak bebas.
10.	2018	Dewi Puspita dan Rianita Puspa Sari	Produk <i>Lever Assy Parking Brake</i> (Bagian dari <i>Sparepart Mobil</i>) di Perusahaan Manufaktur X	Analisis Tingkat Kecacatan dengan Menggunakan <i>Statistical Quality Control (SQC)</i> dengan	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil penelitian didapatkan dari 22 data proses produksi terdapat 13 data proses produksi berada di luar batas pengendalian yang dihasilkan pada bulan Maret 2018 sebesar 59%. • <i>Point check</i> diameter produk <i>Lever Assy Parking Brake</i> tidak menghasilkan produk di luar batas spesifikasi.
11.	2018	Lolita Amelia, Izzati RahmiHG, dan Yudiantri Asdi	Kinerja Pelayanan Administrasi Terpadu Kecamatan (PATEN) berdasarkan lima dimensi kualitas pelayanan, yaitu <i>tangible, reliability, responsiveness, assurance</i> dan <i>empathy</i> .	Bagan Kendali <i>T² Hotelling</i> dan Metode Dekomposisi <i>Mason Young</i> , dan <i>Tracy (MYT)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Berdasarkan hasil analisis menunjukkan proses berada dalam keadaan tidak terkendali. • Variabel penyebab proses tidak terkendali menunjukkan dimensi <i>reliability</i> (keandalan), penyebab proses tidak terkendali yaitu indikator jam pelayanan yang tepat waktu, kecepatan pegawai dalam melayani masyarakat, dan ketepatan pegawai dalam melayani masyarakat.

Beberapa penelitian terdahulu diatas merupakan penelitian yang terdapat kesamaan terhadap penelitian peneliti yang akan dilakukan. Pada kesamaan

penelitian tersebut terdapat pada penelitian Novita Damayanti,dkk (2016) dan penelitian David Boullosa,dkk (2016) yang menggunakan metode peta kendali T^2 Hotelling untuk data multivariat dengan pengamatan individual dan dekomposisi Mason, Young dan Tracy (MYT). Kesamaan pada penelitian peneliti yang menggunakan metode diagram kontrol multivariat T^2 Hotelling yaitu pada penelitian Noer lailiyatul Fitria (2013), Septia Fendiasari,dkk (2013), Siti Mahmuda,dkk (2014), Muhammad Hilman Rizki Abdullah,dkk (2015), Adhi Mei Susanto dan Haryono (2016), Alfahari Anggoro (2016), dan Lolita Amelia (2018). Sedangkan untuk objek yang digunakan oleh peneliti juga memiliki kemiripan objek penelitian yang digunakan oleh Bambang Widiyanto (2012) yaitu hasil jumlah produksi *crown handle 3c1* dan presentase produk cacat pada tahun 2011 di PT. Chemco Harapan Nusantara, dan terdapat kesamaan objek terhadap penelitian Dewi Puspita dan Rianita Puspa Sari (2018) yaitu produk *lever assy parking brake* (bagian dari *sparepart* mobil) di perusahaan manufaktur x. Terdapat hal yang membedakan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu yaitu pada objek penelitian dan metode yang akan digunakan. Penelitian ini menggunakan objek data cacat hasil produksi produk *front engine rear drive* yang terdiri dari tiga komponen produk yaitu produk *Case Transmission, Housing Clutch* dan *Housing Extenssion* di PT. Akashi Wahana Indonesia menggunakan metode diagram kontrol T^2 Hotelling.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang terdapat pada Tabel 2.1 peneliti akan melakukan penelitian menggunakan metode diagram kontrol T^2 Hotelling untuk mengintepretasikan sinyal *out of control* yang terjadi serta menentukan variabel yang paling berpengaruh terhadap proses yang tidak terkendali.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Produk Transmisi

Berkembangnya industri otomotif yang semakin menggila membuat banyak pabrikan kendaraan yang terus mengembangkan inovasi mereka agar selalu menjadi yang terdepan. Bahkan tidak jarang saat ini juga sudah banyak pabrikan yang telah menempatkan sistem transmisi otomatis pada kendaraan. Ada dua macam jenis transmisi yang umumnya di gunakan oleh pabrikan mobil yaitu transmisi otomatis (CVT) dan transmisi manual. Dua jenis transmisi tersebut memang memiliki prinsip kerja yang sama yaitu sebagai alat untuk mengkonversi torsi dan kecepatan yang berbeda-beda kemudian diteruskan ke penggerak akhir. Jika di jabarkan secara luas, pengertian transmisi adalah sistem yang akan berfungsi untuk mengkonversi torsi dan juga kecepatan yang berbeda-beda dan kemudian diteruskan pada penggerak akhir. Konversi disini akan mengubah kecepatan putar yang lebih tinggi menjadi lebih rendah akan tetapi jauh lebih bertenaga (Otoflik). Part pada produk transmisi sebagai berikut :

a. Unit Assy

Merupakan produk utuh yang sudah dirakit berupa kopling, *gearbox*, poros *propeller* pada transportasi mobil.

b. Part *Machining*

Terdapat dua produk mesin, pertama produk *front engine rear drive* (FR) merupakan produk mesin depan yang menggerakkan roda belakang kendaraan yang terdiri dari komponen *Case Transmission* (FR), *Housing Clutch* dan *Housing Extension*. Kedua produk *front engine front drive* (FF) merupakan produk mesin belakang yang menggerakkan roda depan yang terdiri dari komponen *Case Transaxle* dan *Case Transmission* (FF) (Wikipedia).

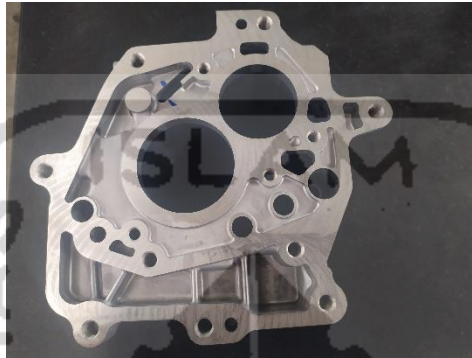
Berikut gambar komponen produk *front engine rear drive* beserta bagiannya :

a. Produk *Case Transmission*

Transmisi yang berfungsi sebagai tempat *gearbox* dan sebagai penghubung antara *Housing Extension* dan *Housing Clutch*.

- *Housing Extension (Hext) Face*

Bagian produk *Case Transmission* yang berada pada komponen melindungi poros *output* yang ada di dalam sistem transmisi.



Gambar 3.1. Bagian *Hext Face* pada Produk *Case Transmission*

- *Housing Clutch (HCL) Face*

Bagian produk *Case Transmission* yang berada pada rumah kopling



Gambar 3.2. Bagian *HCL Face* pada Produk *Case Transmission*

- *Cover Control Face*

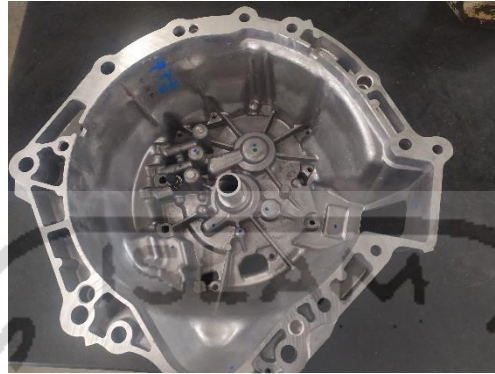


Gambar 3.3. Bagian *Cover Control Face* pada Produk *Case Transmission*

- b. *Housing Clutch*

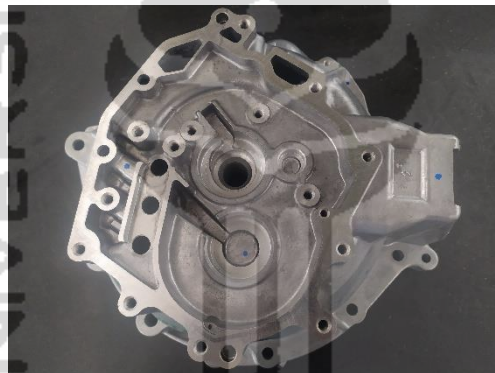
Produk bagian dari transmisi yang sebagai rumah kopling dan sebagai penghubung antara transmisi dan *engine*.

- *Engine Face*



Gambar 3.4. Bagian *Engine Face* pada Produk *Housing Clutch*

- *Case Transmisi Face*



Gambar 3.5. Bagian *Case Transmisi Face* pada Produk *Housing Clutch*

- c. *Housing Extenssion*

Produk bagian dari transmisi yang berfungsi sebagai penghubung antara transmisi dan *propeller shaft*.

- *Case Transmisi Face*



Gambar 3.6. Bagian *Case Transmisi Face* pada Produk *Housing Extension*

- *Bushing Hole*



Gambar 3.7. Bagian *Bushing Hole* pada Produk *Housing Extension*

3.2 Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif adalah suatu ilmu statistika yang mempelajari cara pengumpulan dan penyajian suatu data sehingga memberikan informasi yang berguna dan juga menatanya kedalam bentuk yang siap untuk dianalisis. Statistika deskriptif hanya melihat gambaran secara umum dari data yang digunakan.

Statistika deskriptif adalah metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu gugus data sehingga memberikan informasi yang berguna (Ronald, 1993). Statistika deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti menggunakan data sampel atau populasi (Sugiyono, 2007). Data yang disajikan dalam statistik deskriptif biasanya dalam bentuk ukuran pemusatan data (Kuswanto, 2012). Statistika deskriptif selain dalam bentuk ukuran pemusatan data juga disajikan dalam bentuk tabel dan diagram. Berikut penjelasan mengenai ukuran pemusatan, ukuran penyebaran, tabel, grafik, dan diagram.

1. *Mean*

Mean atau rata-rata dilambangkan dengan tanda x yang diberi garis atasnya (\bar{x}) atau disebut x bar. *Mean* pada suatu populasi dilambangkan dengan μ (dibaca myu), sedangkan pada sampel dilambangkan \bar{x} (Kuswanto, 2012).

Rumus yang digunakan untuk menghitung *mean* data adalah:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.1)$$

Keterangan :

x_i = data pengamatan ke-i

n = banyaknya data

2. Median

Median merupakan nilai yang terletak ditengah bila nilai-nilai pengamatan disusun secara teratur menurut besarnya data. Nilai median sangat dipengaruhi oleh letak urutan nilai kumpulan data (Sugiarto, 2001).

Rumus yang digunakan untuk menghitung median sebagai berikut:

- Jika banyaknya data n ganjil

$$Me = \frac{X_{n+1}}{2} \quad (3.2)$$

- Jika banyaknya data n genap

$$Me = \frac{\frac{X_n}{2} + \left(\frac{X_n}{2} + 1\right)}{2} \quad (3.3)$$

3. Standar Deviasi

Standar deviasi merupakan akar kuadrat dari varians. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai standar deviasi adalah:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3.4)$$

Keterangan :

s = standar deviasi

\bar{x} = nilai rata-rata

x_i = data pengamatan ke-i

n = banyak data

4. Variansi

Variansi ukuran tersebarnya data, variansi yang rendah menandakan data yang berkelompok dekat satu sama lain, sedangkan variansi yang tinggi menandakan data yang lebih tersebar (Walpole, 1995).

- Untuk suatu sampel

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (3.5)$$

Keterangan :

s^2 = variansi

x_i = data pengamatan ke-i

\bar{x} = *mean* dari sampel

n = banyak data

- Untuk suatu populasi

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x_i - \mu)^2}{N} \quad (3.6)$$

Keterangan :

σ^2 = variansi

x_i = data pengamatan ke-i

μ = *mean* dari populasi

N = banyak data populasi

5. Kovariansi

Kovariansi merupakan suatu ukuran yang menyatakan varians bersama dari dua variabel random. Kovarians antara dua variabel random diskrit X dan Y (Bain & Engelhardt, 1992).

$$cov(X, Y) = [(X - \mu_x) x (Y - \mu_y)] \quad (3.7)$$

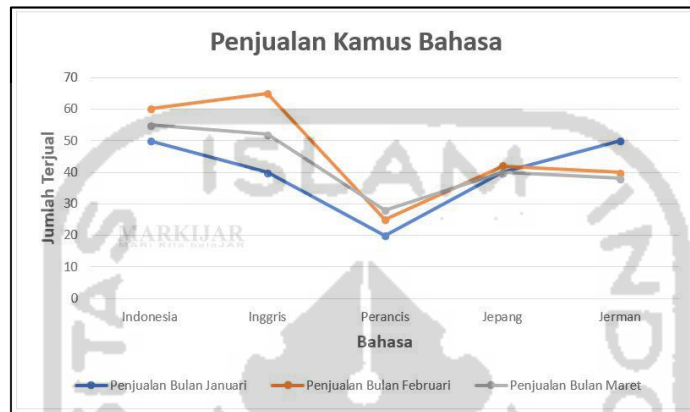
6. Nilai Minimum dan Maksimum

Minimum adalah nilai terendah dari suatu data. Sedangkan maksimum adalah nilai tertinggi dari suatu data. (Walpole, 1995)

7. Grafik Garis (*Line Chart*)

Grafik merupakan terdiri atas garis dan titik-titik koordinat. Dalam grafik terdapat dua jenis koordinat, yakni garis koordinat X yang berada di garis horisontal dan garis koordinat Y yang berada di garis vertikal. Bertemunya setiap titik X dan Y membentuk baris-baris dan kolom-kolom. Umumnya grafik digunakan untuk membandingkan jumlah data. Grafik garis juga digunakan untuk menunjukkan fluktuasi suatu perkembangan jumlah, contohnya dalam rentang waktu lima tahun enam tahun, sepuluh tahun, atau lebih. Dengan grafik perbandingan untuk naik turunnya suatu jumlah data akan lebih terlihat. Tujuan penyajian data dalam bentuk grafik untuk memvisualisasikan data secara keseluruhan dengan menonjolkan karakteristik-karakteristik tertentu dari data yang digunakan. Jenis grafik yang

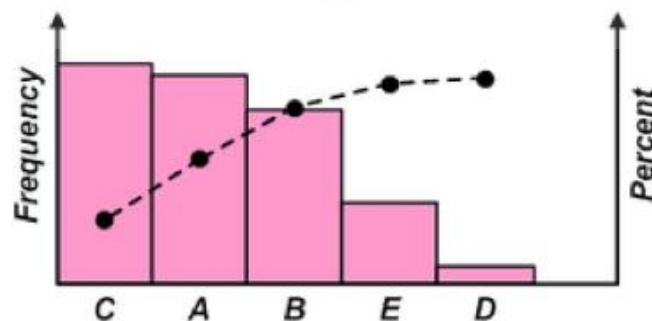
sering digunakan salah satunya yaitu grafik garis, grafik garis merupakan grafik yang penyajian datanya menggunakan garis. Baik garis lurus, kurva ataupun garis putus-putus. Grafik garis digunakan untuk menyajikan data statistik melalui pengamatan dari waktu ke waktu secara berurutan. Berikut contoh gambar grafik garis:



Gambar 3.8. Contoh Gambar Grafik Garis

8. *Pareto Chart*

Pareto chart (bagan pareto) adalah bagan yang berisikan diagram batang (*baris chart*) dan diagram garis (*line chart*), diagram batang memperlihatkan klasifikasi dan nilai data, sedangkan diagram garis mewakili total data kumulatif. Prinsip *pareto chart* sesuai dengan hukum Pareto yang menyatakan bahwa sebuah grup selalu memiliki presentase terkecil (20%) yang bernilai atau memiliki dampak besar (80%). *Pareto chart* mengidentifikasi 20% penyebab masalah vital untuk mewujudkan 80% *improvement* secara keseluruhan. Gambar dibawah ini menunjukkan contoh *pareto chart*.



Gambar 3.9. Contoh *Pareto Chart*

3.3 Statistika Multivariat

Multivariat (Bahasa Inggris: *multivariate*) berasal dari kata *multi* (banyak) dan *variate* (variabel), sehingga analisis multivariat adalah analisis terhadap banyak variabel yang merupakan pengembangan dari univariat dan bivariat. Analisis multivariat memiliki lebih dari dua variabel. (Supranto, 2010) mengilustrasikan analisis multivariat dengan adanya masalah atau *gap* yang disebabkan oleh tidak adanya kesesuaian antara harapan (*expected*) dan kenyataan (*observed*). Setiap masalah terdapat faktor-faktor penyebab (pada umumnya lebih dari satu penyebab). Kalau masalah tersebut disebut dengan variabel dependen (Y) dan faktor penyebab disebut variabel bebas (X) maka masalah (Y) adalah fungsi dari $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$. Hal tersebut disebut fenomena multivariat. Dengan demikian, analisis multivariat ini merujuk kepada teknik statistik tertentu yang menganalisis banyak variabel secara simultan.

3.4 Distribusi Normal Multivariat

Variabel X_1, X_2, \dots, X_p dikatakan berdistribusi normal multivariat dengan parameter μ dan Σ jika mempunyai *probability density function*:

$$f(X_1, X_2, \dots, X_p) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(X-\mu)' \Sigma^{-1} (X-\mu)} \quad (3.8)$$

Jika X_1, X_2, \dots, X_p berdistribusi normal multivariat maka $(X - \mu)' \Sigma^{-1} (X - \mu)$ berdistribusi χ_p^2 . Berdasarkan sifat ini maka pemeriksaan distribusi multinomial dapat dilakukan dengan cara membuat *q-q plot* dari nilai $d_i^2 = (X_i - \bar{x})' S^{-1} (X_i - \bar{x}), i = 1, \dots, n$. (Johnson & Winchern, 2007)

Tahapan dari pembuatan *q-q plot* ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai vektor rata-rata : \bar{x}
2. Menentukan nilai matriks varians-kovarians : S
3. Menentukan nilai jarak Mahalanobis setiap titik pengamatan dengan vektor rata-ratanya.

$$d_i^2 = (X_i - \bar{x})' S^{-1} (X_i - \bar{x}), i = 1, \dots, n \quad (3.9)$$

4. Mengurutkan nilai d_i^2 dari kecil ke besar : $d_{(1)}^2 \leq d_{(2)}^2 \leq d_{(3)}^2 \leq \dots \leq d_{(n)}^2$

5. Tentukan nilai $p_i = \frac{i-1/2}{n}, i = 1, \dots, n$
6. Tentukan nilai q_i sedemikian hingga $\int_{-\infty}^{q_i} f(X^2) dX^2 = p_i$ yang mana $f(X^2)$ adalah persamaan pdf dari *chi-square*.
7. Buat *scatter-plot* d_i^2 dengan q_i
8. Jika *scatter-plot* cenderung membentuk garis lurus dan lebih dari 50% nilai $d_i^2 \leq X^2_{p,0,5}$ maka data berdistribusi normal multivariat.

3.5 Pengendalian Kualitas Statistika

Pengendalian kualitas secara statistik atau *Statistical Quality Control* (SQC) menurut Assauri (2004) adalah suatu sistem yang dikembangkan untuk menjaga standar yang *uniform* dari kualitas hasil produksi, pada tingkat biaya yang minimum dan menerapkan bantuan untuk mencapai efisiensi. Sedangkan menurut Chase (2001) pengendalian kualitas statistika adalah suatu teknik berbeda yang didesain untuk mengevaluasi kualitas ditinjau dari sisi kesesuaian dengan spesifikasinya.

Dari Pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa pengendalian kualitas statistika merupakan suatu sistem untuk menjaga mutu atau standar dari kualitas hasil produk pada tingkat biaya minimum yang didesain untuk mengevaluasi kualitas ditinjau dari kesesuaian dengan spesifikasinya.

3.6 Metode Pengendalian Kualitas Statistik

Tools of Quality merupakan alat statistik untuk melakukan pengendalian kualitas statistika, salah satu yang digunakan untuk pengendalian kualitas statistika adalah diagram kontrol. Dr. Walter Andrew Shewhart dari *Bell Telephon Laboratories* yang memperkenalkan diagram kontrol di Amerika Serikat. Pada tahun 1924 tujuannya untuk menghilangkan variasi tidak normal melalui pemisahan variasi yang disebabkan oleh penyebab khusus (*special causes variation*). Pada dasarnya semua proses menampilkan variasi, namun manajemen harus mampu mengendalikan proses dengan cara menghilangkan penyebab khusus dari proses itu, sehingga variasi yang melekat pada proses hanya disebabkan oleh variasi penyebab umum. Variasi yang disebabkan oleh sebab-sebab umum, keragaman alamiah yang ada pada bahan, mesin, dan manusia merupakan sebab-

sebab umum yang munculnya variasi didalam proses. Dalam konteks industri, sebab-sebab khusus didasarkan pada hal-hal misalkan tingkat aus yang berlebihan pada alat, operator baru yang belum terampil, penggantian bahan, pemasok yang berbeda, dan sebagainya. (Montgomery, 1990)

3.7 Pengendalian Proses Data Multivariat

Pesatnya perkembangan pada pengendalian proses multivariat karena banyak pada situasi kenyataan yang melibatkan lebih dari dua karakteristik kualitas proses yang saling berhubungan. Pengendalian proses multivariat selanjutnya dikenal *Multivariat Statistical Proses Control* (MSPC).

Dalam MSPC terdapat diagram kontrol, diagram kontrol multivariat digunakan untuk memantau peubah secara bersama-sama pada suatu proses. Proses yang dilakukan dapat dikatakan terkendali jika tidak ada pengamatan yang berada di luar batas kendali. Pada skripsi ini diagram kontrol yang akan digunakan adalah diagram kontrol T^2 Hotelling.

3.8 Distribusi T^2 Hotelling

Distribusi T^2 Hotelling dapat dikatakan sebagai *counterpart* dari statistik *t-student* yang merupakan suatu skalar mengkombinasikan informasi dari dispersi dan *mean* dari beberapa variabel. Misalkan X_1, X_2, \dots, X_n adalah sampel random dari populasi normal, berikut pendekatan nilai statistik *t-student*:

$$t = \frac{(\bar{x} - \mu_0)}{s/\sqrt{n}} \quad (3.10)$$

Dimana nilai \bar{x} dan S^2 didapatkan menggunakan rumus:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_j \text{ dan } S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2 \quad (3.11)$$

Jika nilai *t-student* dikuadratkan akan menjadi distribusi T^2 yaitu:

$$t^2 = \frac{(\bar{x} - \mu_0)^2}{S^2/n} = n(\bar{X} - \mu_0)(S^2)^{-1}(\bar{X} - \mu_0) \quad (3.12)$$

Secara umum untuk mencari nilai T^2 digunakan rumus:

$$T_k^2 = [x_k - \hat{\mu}]' S^{-1} [x_k - \hat{\mu}] \quad (3.13)$$

Keterangan:

x_k = Nilai Observasi

$\hat{\mu}$ = Nilai estimasi rata-rata dari observasi

S^{-1} = Nilai invers matrikd varian kovarians

Mengasumsikan normalitas multivariat, didapatkan sebaran probabilitas dari T^2 Hotelling sebagai berikut:

$$T_k^2 = [x_k - \hat{\mu}]' S^{-1} [x_k - \hat{\mu}] \sim \left\{ \frac{p(n+1)(n-1)}{n(n-p)} F_{(p, n-p)} \right\} \quad (3.14)$$

$F_{(p, n-p)}$ mewakili distribusi F dengan derajat bebas p untuk numerator didapat dari jumlah perlakuan dan $n - p$ adalah denominator dimana n merupakan banyaknya sampel yang digunakan.

3.9 Diagram Kontrol T^2 Hotelling

Statistik T^2 Hotelling untuk pembuatan diagram kontrol proses yang melibatkan p buah variabel. (Yuneidi, Rahmi, & Yozza, 2012)

$$T_i^2 = (x_i - \bar{x})^t S^{-1} (x_i - \bar{x}) \quad (3.15)$$

Dengan T_i^2 merupakan nilai statistik T^2 Hotelling pada sampel (pengamatan) ke- i . Sebelum membuat diagram kontrol T^2 Hotelling, dilakukan dulu uji normalitas antar variabel pada seluruh pengamatan. Setelah asumsi bahwa seluruh data berdistribusi normal, maka pembuatan diagram kontrol T^2 Hotelling dapat dilanjutkan.

Berdasarkan penggunaannya ada dua jenis bagan kendali T^2 Hotelling yaitu untuk pengamatan data berkelompok dan data individu yang memiliki $m = 1$, dengan m merupakan banyaknya sampel yang diambil untuk subgrup data. Statistik T^2 Hotelling untuk pengamatan berkelompok sebagai berikut:

$$T^2 = n(\bar{x} - \bar{\bar{x}})^t S^{-1} (\bar{x} - \bar{\bar{x}}) \quad (3.16)$$

Keterangan :

T^2 = Nilai statistik T^2 Hotelling

n = Ukuran sampel

\bar{x} = Nilai rata-rata dari sampel pada setiap pengamatan

$\bar{\bar{x}}$ = Nilai rata-rata dari semua pengamatan

Sedangkan pada statistik T^2 Hotelling untuk pengamatan individu yaitu :

$$T^2 = (x - \bar{x})^t S^{-1} (x - \bar{x}) \quad (3.17)$$

Dimana x adalah vektor pengamatan dan S adalah matriks kovarians. Berikut untuk mencari matriks varian kovarians sampel yaitu:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{i1}, \bar{x}_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{i2}, \dots, \bar{x}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ik} \quad (3.19)$$

Dimana nilai $i = 1, 2, \dots, n$ dan $j = 1, 2, \dots, k$

Maka dengan menggunakan persamaan (3.20) didapatkan rata-rata vektor adalah

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \\ \vdots \\ \bar{x}_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{x}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{i1} \\ \bar{x}_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{i2} \\ \vdots \\ \bar{x}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ik} \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

Selanjutnya mencari nilai matriks varians kovarians sampel yaitu:

$$S = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})' \quad (3.21)$$

$$S = \frac{1}{n-1} ((x_1 - \bar{x})(x_1 - \bar{x})' + (x_2 - \bar{x})(x_2 - \bar{x})' + \dots + (x_n - \bar{x})(x_n - \bar{x})') \quad (3.22)$$

Maka didapatkan nilai matriks varians kovarians yaitu:

$$S = \frac{1}{n-1} \begin{bmatrix} (x_{11} - \bar{x})(x_{11} - \bar{x})' & (x_{12} - \bar{x})(x_{12} - \bar{x})' & \dots & (x_{1k} - \bar{x})(x_{1k} - \bar{x})' \\ (x_{21} - \bar{x})(x_{21} - \bar{x})' & (x_{22} - \bar{x})(x_{22} - \bar{x})' & \dots & (x_{2k} - \bar{x})(x_{2k} - \bar{x})' \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (x_{n1} - \bar{x})(x_{n1} - \bar{x})' & (x_{n2} - \bar{x})(x_{n2} - \bar{x})' & \dots & (x_{nk} - \bar{x})(x_{nk} - \bar{x})' \end{bmatrix} \quad (3.23)$$

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1k} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \dots & S_{nk} \end{bmatrix} \quad (3.24)$$

3.10. Tahap Pembuatan Diagram Kontrol T^2 Hotelling Individual

Tahap pembuatan diagram kontrol T^2 Hotelling Individual ada dua tahap, yang pertama tahap perhitungan dan tahap kedua adalah tahap pengendalian dimana pada tahap kedua merupakan tahap interpretasikan hasil dari diagram kontrol yang telah dibuat. Langkah-langkah yang dapat dilakukan dalam pembuatan diagram kontrol T^2 Hotelling sebagai berikut. (Mason, Chou, & J, 2001)

a. Tahap Pertama Perhitungan T^2 Hotelling

1. Pertama yang dilakukan pada tahap pertama yaitu menghitung nilai rata-rata pada setiap karakteristik seperti rumus sebagai berikut:

$$x_i = [x_1 \quad x_2 \quad \cdots \quad x_n] \quad (3.25)$$

Sehingga dilanjutkan,

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.26)$$

Selanjutnya didapatkan

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.27)$$

2. Menghitung matriks varians kovarians dengan menggunakan rumus yaitu:

$$S = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})' \quad (3.28)$$

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1k} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nk} \end{bmatrix} \quad (3.29)$$

3. Menghitung nilai statistik T^2 Hotelling

$$T_i^2 = \begin{bmatrix} (x_1 - \bar{x})^t S^{-1} (x_1 - \bar{x}) \\ (x_2 - \bar{x})^t S^{-1} (x_2 - \bar{x}) \\ \vdots \\ (x_n - \bar{x})^t S^{-1} (x_n - \bar{x}) \end{bmatrix} \quad (3.30)$$

4. Menghitung nilai UCL

$$UCL = \frac{(n-1)^2}{n} \beta_{\alpha, \frac{k(n-k-1)}{2}} \quad (3.31)$$

$$LCL = 0 \quad (3.32)$$

Keterangan:

$\beta_{\alpha, \frac{k(n-k-1)}{2}}$ mewakili distribusi Beta dengan derajat bebas α , dengan n adalah banyaknya data dan k adalah banyaknya variabel. (Erna, 2014)

5. Membandingkan nilai UCL dengan T^2 Hotelling

b. Tahap Kedua Analisis T^2 Hotelling

Pada tahap pertama mendapatkan nilai T^2 Hotelling maka melakukan analisis tahap kedua, langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Pertama membuat plot diagram kontrol T^2 Hotelling

Plot diagram kontrol dihasilkan dengan menggunakan $UCL = \frac{(n-1)^2}{n} \beta_{\alpha, \frac{k}{2}, \frac{(n-k-1)}{2}}$ dan $LCL = 0$. Dan data yang digunakan merupakan data hasil nilai-nilai perhitungan T^2 Hotelling.

2. Selanjutnya mengintepretasikan plot diagram kontrol T^2 Hotelling

Mengintepretasikan hasil plot diagram kontrol dengan menjelaskan kondisi plot diagram kontrol dan juga dengan mengintepretasikan dilakukan kontrol limit pada hasil yang ada.

3.11. Dekomposisi Mason, Young dan Tracy (MYT)

Metode Dekomposisi Mason, Young dan Tracy (MYT) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi variabel (peubah) yang dapat menyebabkan proses berada di luar batas kendali. Bentuk statistik T^2 untuk sampel ke- i , $i = 1, 2, \dots, n$. (Gonzalez de la Parra & Pilar Rodriguez, 2003)

$$T_i^2 = (x_i - \bar{x})^t S^{-1} (x_i - \bar{x}) \tag{3.33}$$

Dengan

$x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$ adalah vektor sampel untuk sampel di masing-masing variabel.

\bar{x} = vektor *mean* sampel yang ditentukan dari sampel historis.

S = matriks kovariansi yang ditentukan dari sampel historis.

3.11.1. Suku Tidak Bersyarat

Suku tidak bersyarat menunjukkan kontribusi yang diberikan oleh satu variabel terhadap nilai T^2 dengan mengabaikan kehadiran variabel yang lainnya. Suku pertama T_j^2 adalah statistik T^2 yang memberikan informasi tentang kontribusi tidak bersyarat untuk satu variabel. x_j yang merupakan kuadrat statistik t univariat. (Mason, Chou, & J, 2001)

$$T_j^2 = \frac{(x_j - \bar{x}_j)^2}{s_j^2} \tag{3.34}$$

Dengan

x_j = variabel ke- j

\bar{x}_j = *mean* sampel pada variabel ke- j

s_j^2 = variansi sampel untuk variabel ke- j

Outlier akan terjadi jika x_1 terlalu jauh dari *mean* sampel (nilai T_1^2 besar). Dengan menggunakan sampel berukuran n yang ditentukan dari sampel historis maka batas pengendali atas (*Upper Control Limit/UCL*) untuk tiap suku ini yaitu

$$UCL = \frac{(n + 1)}{n} F_{(\alpha;1,n-1)} \quad (3.35)$$

Sedangkan batas pengendalian bawah (*Lower Control Limit / LCL*) untuk tiap suku pada suku tidak bersyarat yaitu

$$LCL = 0 \quad (3.36)$$

Selanjutnya merupakan langkah pengujian untuk mengetahui apakah variabel ke- j merupakan penyebab proses tidak dalam keadaan terkendali. (Gonzalez de la Parra & Pilar Rodriguez, 2003)

Setelah mencari nilai dekomposisi suku tidak bersyarat, selanjutnya memeriksa subvector digunakan untuk menggambarkan kontribusi setiap variabel ke- j yang signifikan terkendali. Berikut rumus yang digunakan yaitu

$$d_j = T_f^2 - T_{f,j}^2 \quad (3.37)$$

3.11.2. Suku Bersyarat

Suku bersyarat merupakan suku pada T^2 yang diuraikan menunjukkan dua variabel atau lebih yang secara bersama-sama menyebabkan proses dalam keadaan tidak terkendali. Pada umumnya, ingin dilihat kontribusi bersyarat antara variabel ke- j , x_j apabila diberikan variabel yang lainnya x_1, x_2, \dots, x_{j-1} maka suku bersyarat ini dinyatakan dengan $T_{j,1,2,\dots,(j-1)}^2$ yang ditulis dengan: (Gonzalez de la Parra & Pilar Rodriguez, 2003)

$$T_{j,k}^2 = T_{j,1,2,\dots,j-1}^2 = \frac{(x_j - \bar{X}_{j,1,2,\dots,j-1})^2}{s_{j,1,2,\dots,j-1}^2} \quad (3.38)$$

Dengan


x_j = variabel ke- j

$\bar{X}_{j,1,2,\dots,j-1}$ = nilai prediksi dari x_j diberikan x_1, x_2, \dots, x_{j-1} yang diperoleh dari hasil regresi linier.

Dengan menggunakan sampel berukuran n yang ditentukan dari sampel historis maka batas kendali atas untuk $T_{j,1,2,\dots,j-1}^2$ adalah

$$\left(\frac{(n+1)(n-1)}{n(n-k-1)} \right) F_{(\alpha;1,n-k-1)} \quad (3.39)$$

dengan $k = (j - 1)$ = jumlah variabel bersyarat. Sedangkan batas pengendalian bawah (*Lower Control Limit / LCL*) untuk setiap suku pada suku bersyarat yaitu (Mason, Chou, & J, 2001)

$$LCL = 0 \quad (3.40)$$


BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian adalah seluruh hasil pengujian kualitas produk transmisi PT Akashi Wahana Indonesia. Sampel penelitian adalah data hasil pengujian kualitas produk *front engine rear drive* berupa jumlah cacat produksinya pada bulan Oktober – Desember 2019. Produk *front engine rear drive* terdiri dari 3 produk berbeda yaitu *Case Transmission*, *Housing Clutch*, *Housing Extension*. Selama rentang waktu observasi, terdapat 61 pengamatan dengan jumlah sampel yang berbeda-beda untuk masing-masing pengamatan.

Pada produk *Case Transmission* terdapat lima kualitas karakteristik cacat yaitu *porous hext face*, *porous hcl face*, *porous cover control face*, *leak* (bocor), *crack* (retak). Pada produk *Housing Clutch* terdapat empat kualitas karakteristik cacat yaitu *engine face*, *transmisi face*, *leak*, *crack*. Pada produk *Housing Extension* terdapat lima karakteristik cacat yaitu *porous transmisi face*, *porous bushing hole*, *porous speedometer hole*, *leak*, *crack*. Berikut merupakan contoh data jumlah cacat produksi.

Tabel 4.1. Contoh Data Cacat Produksi *Front Engine Rear Drive*

Pengamatan	Case Transmission					Housing Clutch				Housing Extension				
	POROUS HEXT FACE	POROUS HCL FACE	POROUS COVER CONTROL FACE	LEAK	CRACK	ENGINE FACE	TRANSMISI FACE	LEAK	CRACK	POROUS TRANSMISI FACE	POROUS BUSHING HOLE	POROUS SPEEDOMETER HOLE	LEAK	CRACK
1	1	0	2	5	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0
4	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
61	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0

4.2. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian adalah karakteristik kualitas cacat. Pada komponen produk *Case Transmission*, variabel yang digunakan yaitu *porous hext face*, *porous hcl face*, *porous cover control face*, *leak* (bocor), *crack* (retak).

Pada komponen produk *Housing Clutch*, variabelnya terdiri dari *engine face*, *transmisi face*, *leak*, *crack* dan pada komponen produk *Housing Extenssion*, variabelnya terdiri dari *porous transmisi face*, *porous bushing hole*, *porous speedometer hole*, *leak*, *crack*. Berikut **Tabel 4.3** merupakan penjelasan dan definisi operasional variabel:

Tabel 4.2. Definisi Operasional Variabel pada Produk *Case Transmission*

Variabel	Definisi Operasional Variabel
<i>Porous Hext Face (X₁)</i>	Kondisi part cacat keropos pada bagian <i>housing extension (hext) face</i> diproduksi <i>Case Transmission</i>
<i>Porous Hcl Face (X₂)</i>	Kondisi part cacat keropos pada bagian <i>housing clutch (hcl) face</i> diproduksi <i>Case Transmission</i>
<i>Porous Cover Control Face (X₃)</i>	Kondisi part cacat keropos pada bagian <i>cover control face</i> di produk <i>Case Transmission</i>
<i>Leak pada Case Transmission (X₄)</i>	Kondisi part cacat bocor ketika dilakukan test keboocoran/ <i>leak tester</i> pada produk <i>Case Transmission</i>
<i>Crack pada Case Transmission (X₅)</i>	Kondisi part cacat retak pada produk <i>Case Transmission</i>

Tabel 4.3. Definisi Operasional Variabel pada Produk *Housing Clutch*

Variabel	Definisi Operasional Variabel
<i>Engine Face (Y₁)</i>	Kondisi bagian dari produk <i>Housing Clutch</i> yang saat <i>diassy/dirakit</i> bertemu dengan <i>engine/mesin</i>
<i>Transmisi Face (Y₂)</i>	Kondisi bagian dari produk <i>Housing Clutch</i> yang saat <i>diassy/dirakit</i> bertemu dengan <i>case transmisi</i>
<i>Leak pada Housing Clutch (Y₃)</i>	Kondisi part cacat bocor ketika dilakukan test keboocoran/ <i>leak tester</i> pada produk <i>Housing Clutch</i>
<i>Crack pada Housing Clutch (Y₄)</i>	Kondisi part cacat retak pada produk <i>Housing Clutch</i>

Tabel 4.4. Definisi Operasional Variabel pada Produk *Housing Extenssion*

Variabel	Definisi Operasional Variabel
<i>Porous Transmisi Face (Z₁)</i>	Kondisi part cacat keropos pada bagian <i>case transmisi face</i> di produk <i>Housing Extenssion</i>
<i>Porous Bushing Hole (Z₂)</i>	Kondisi part cacat keropos pada bagian <i>bushing hole</i> di produk <i>Housing Extenssion</i>

Variabel	Definisi Operasional Variabel
<i>Porous Speedometer Hole</i> (Z_3)	Kondisi part cacat keropos pada bagian <i>speedometer hole</i> di produk <i>Housing Extension</i>
<i>Leak pada Housing Extension</i> (Z_4)	Kondisi part cacat bocor ketika dilakukan test keboocoran/ <i>leak tester</i> pada produk <i>Housing Extension</i>
<i>Crack pada Housing Extension</i> (Z_5)	Kondisi part cacat retak pada produk <i>Housing Extension</i>

4.3. Metode Pengambilan Data

Jenis data yang digunakan adalah data sekunder. Data yang digunakan penelitian diperoleh dari hasil penelitian di PT. Akashi Wahana Indonesia pada bagian *quality control* laboratorium kalibrasi pada tahun 2019.

4.4. Metode Analisis Data

Software yang digunakan dalam analisis ini adalah pertama menggunakan *Microsoft Excel* 2013 yang digunakan untuk sebagai penyimpanan data, pengolahan plot, dan sebagian pengolahan analisis dekomposisi MYT. Kedua menggunakan *Rstudio R-3.1.3*. Adapun metode analisis data yang digunakan sebagai berikut :

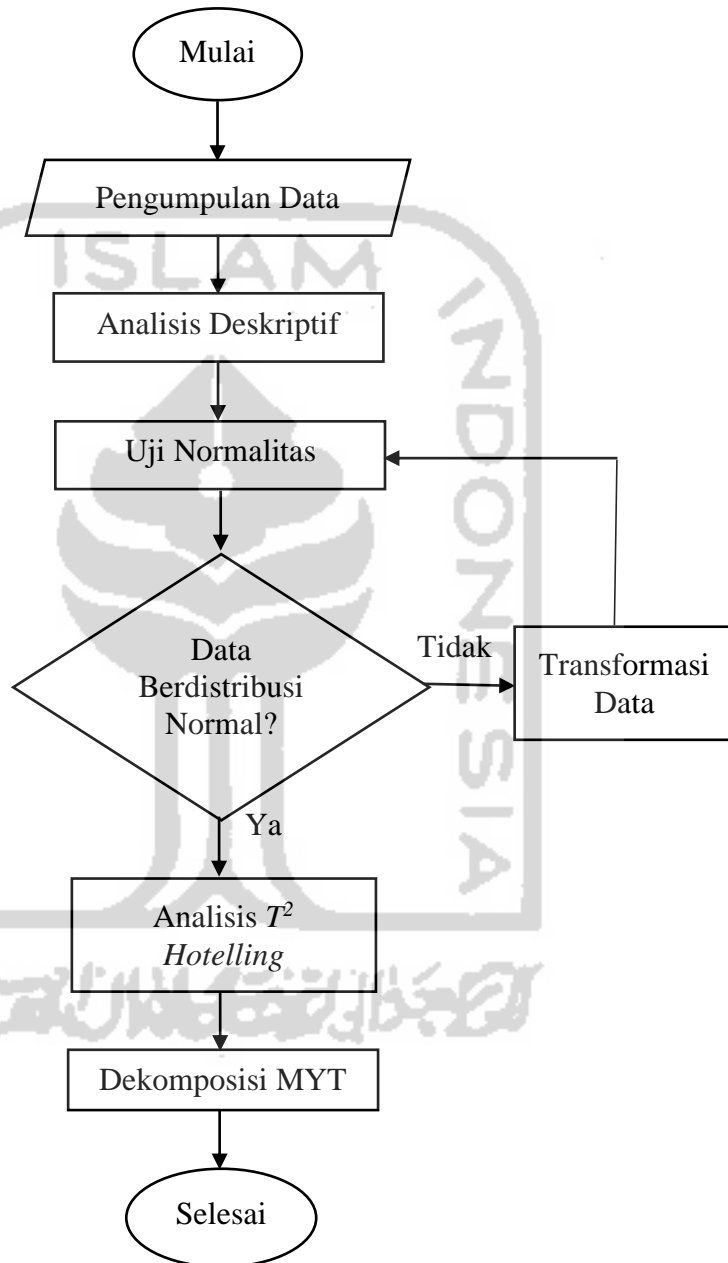
1. Analisis deskriptif untuk memberikan gambaran secara umum terkait kondisi produksi transmisi pada produk *front engine rear drive* bulan Oktober – Desember 2019 yang dihasilkan dalam bentuk grafik garis dan diagram batang.
2. Diagram Kontrol T^2 *Hotelling* Individual merupakan diagram kontrol yang digunakan untuk mengidentifikasi apakah data tersebut berada di dalam batas kendali atau berada di luar batas kendali.
3. Dekomposisi *Mason, Young, dan Tracy* (MYT) untuk mengidentifikasi variabel mana yang menyebabkan proses dalam keadaan tidak terkendali.

4.5. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dijelaskan sebagai berikut :

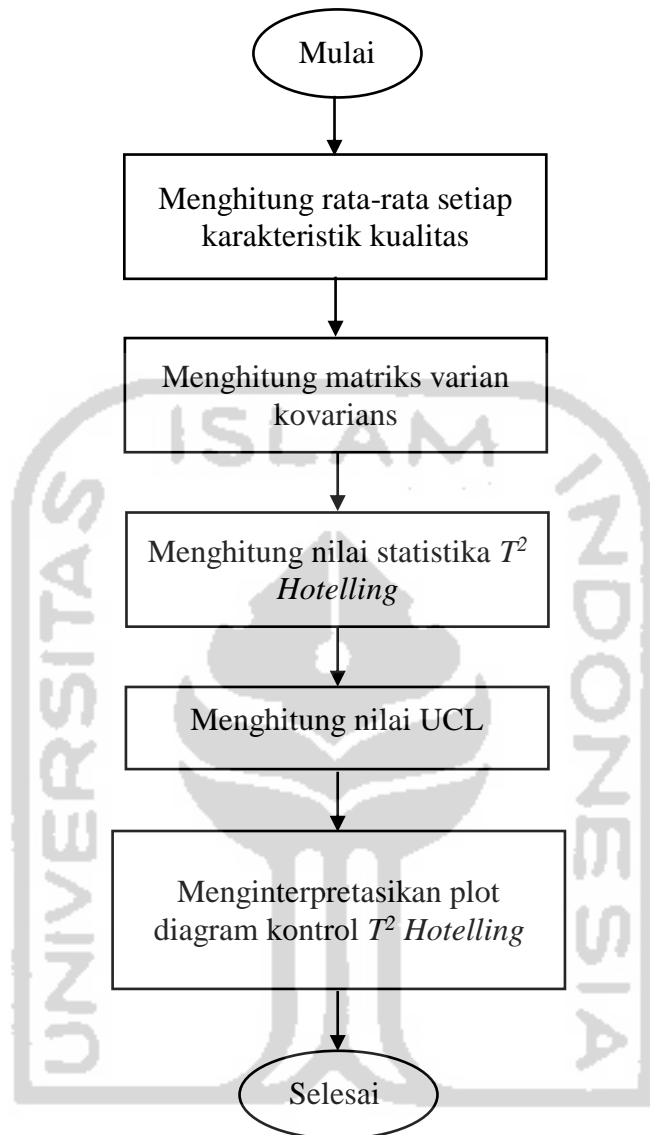
1. Pengumpulan data: tahapan atau langkah pertama yang dilakukan yaitu menghubungi pihak PT. Akashi Wahana Indonesia (AWI) untuk meminta ijin melakukan penelitian atau memohon data guna menyelesaikan tugas akhir perkuliahan. Setelah mendapatkan ijin dari pihak PT. AWI lalu melakukan observasi selama 2 minggu untuk meminta data yang diinginkan dengan pihak yang berhubungan yaitu bagian *quality control* laboratorium kalibrasi.
2. Identifikasi data: sebelum melakukan pengujian statistik, data produksi PT. AWI yang akan digunakan diperiksa ulang sehingga tidak terdapat kekeliruan *input* data oleh pihak PT. AWI. Setelah diteliti dan tidak terdapat kekeliruan, selanjutnya melakukan analisis pengujian statistik.
3. Analisis deskriptif dilakukan untuk memberikan gambaran secara umum terkait kondisi produksi PT. AWI dalam bentuk grafik.
4. Metode analisis data: Metode yang digunakan penelitian ini yaitu metode diagram kontrol T^2 Hotelling Individual.
5. Pembuatan diagram kontrol T^2 Hotelling yang akan digunakan untuk mengidentifikasi sampel berada dalam batas kendali dan berada di luar batas.
6. Uji normalitas: Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui data cacat hasil produksi produk *front engine rear drive* berdistribusi normal. Pada proses uji normalitas terdapat dua pilihan, jika data berdistribusi normal maka dilanjutkan untuk pengujian selanjutnya yaitu pengujian diagram kontrol T^2 Hotelling Individual tahap 1, jika data tidak berdistribusi normal maka dilakukan transformasi data. Uji normalitas dilakukan sebelum melakukan pengontrolan pada data.
7. Analisis diagram kontrol T^2 Hotelling Individual : Pada tahap 1 merupakan tahap perhitungan dengan menghitung rata-rata setiap karakteristik kualitas cacat. Selanjutnya dihitung matriks varians kovarians pada setiap karakteristik kualitas cacat pada ketiga komponen produk tersebut, dan mencari nilai statistik T^2 Hotelling. Langkah berikutnya adalah Menghitung dan membandingkan nilai *Upper Control Limit* (UCL) dengan nilai T^2 Hotelling. Pada tahap 2 peneliti membuat plot diagram kontrol dan menginterpretasikan plot diagram kontrol yang diperoleh.

8. Dekomposisi *Mason, Young, dan Tracy* (MYT): Pengujian ini dilakukan untuk mengidentifikasi variabel mana yang menyebabkan proses dalam keadaan tidak terkendali.



Gambar 4.1. Flowchart Penelitian

Adapun tahapan dalam analisis T^2 Hotelling digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 4.2. Flowchart Analisis T^2 Hotelling

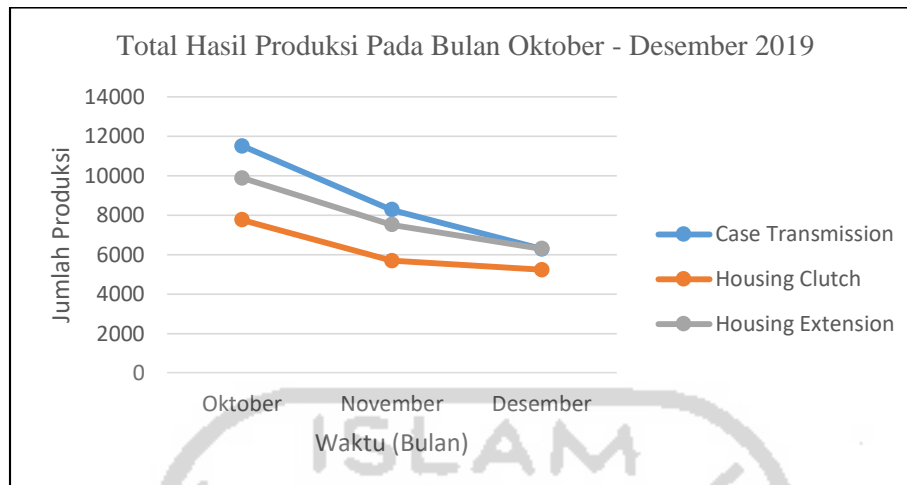
BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data cacat hasil produksi produk *front engine rear drive* di PT. Akashi Wahana Indonesia selama Bulan Oktober – Desember tahun 2019, variabel yang digunakan adalah karakteristik kualitas cacat yaitu pada komponen produk *Case Transmission* terdiri dari *porous hext face*, *porous hcl face*, *porous cover control face*, *leak* (bocor), *crack* (retak). Pada komponen produk *Housing Clutch* terdiri dari *engine face*, *transmisi face*, *leak*, *crack*. Dan pada komponen produk *Housing Extenssion* terdiri dari *porous transmisi face*, *porous bushing hole*, *porous speedometer hole*, *leak*, *crack*. Penelitian ini untuk mengetahui kualitas dari produk *front engine rear drive* dengan menggunakan metode diagram kontrol T^2 Hotelling. Sebelum peneliti masuk dalam analisis, peneliti melakukan analisis deskriptif untuk mengetahui gambaran umum pada data yang digunakan.

5.1. Analisis Deskriptif

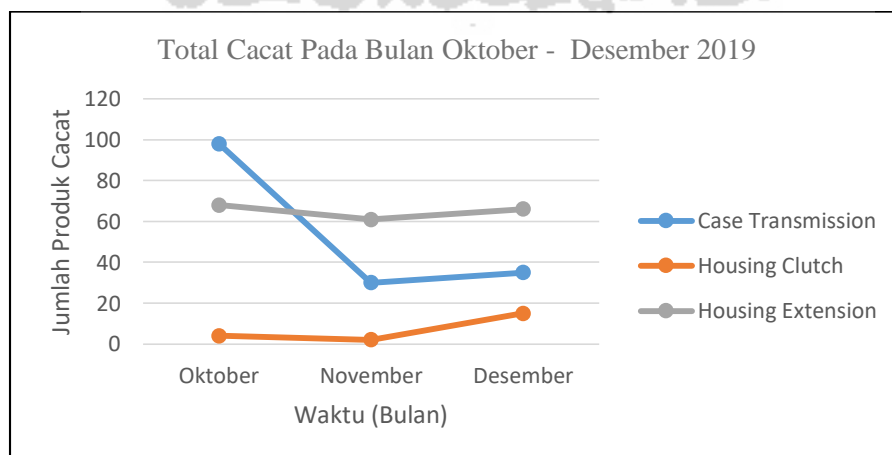
Pada analisis deskriptif ini peneliti akan melihat gambaran umum dari data yang digunakan yaitu data hasil produksi produk *front engine rear drive* yang terdiri dari tiga produk komponen yaitu *Case Transmission*, *Housing Clutch*, dan *Housing Extension*. Data yang digunakan yaitu data cacat dari setiap bagian dan data total hasil produksi.



Gambar 5.1. Grafik Total Hasil Produksi pada Bulan Oktober-Desember Tahun 2019

Berdasarkan grafik total hasil produksi pada Bulan Oktober-Desember tahun 2019 terlihat hasil produksi pada ketiga produk komponen mengalami *trend* turun. Produksi produk *Case Transmission* paling banyak pada Bulan Oktober dengan memproduksi 11,492 produk dan paling sedikit hasil produksi pada Bulan Desember sebanyak 6,274 produk. Hasil produksi pada produk *Housing Clutch* paling banyak pada Bulan Oktober sebanyak 7,758 produk dan paling sedikit dihasilkan pada Bulan Desember sebanyak 5,224 produk. Pada hasil produksi produk *Housing Extension* paling banyak diproduksi pada Bulan Oktober sebanyak 9,873 produk dan paling sedikit dihasilkan pada Bulan Desember sebanyak 6,298 produk.

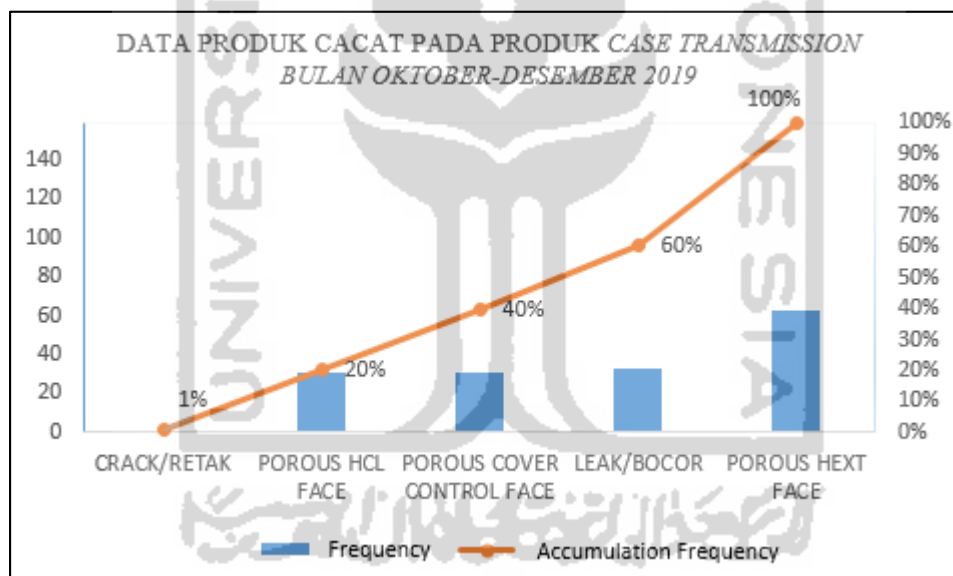
Selanjutnya gambaran umum dari data total cacat pada setiap bagian produk produksi *front engine rear drive* yaitu seperti pada **Gambar 5.2.**



Gambar 5.2. Grafik Total Cacat pada Bulan Oktober-Desember Tahun 2019

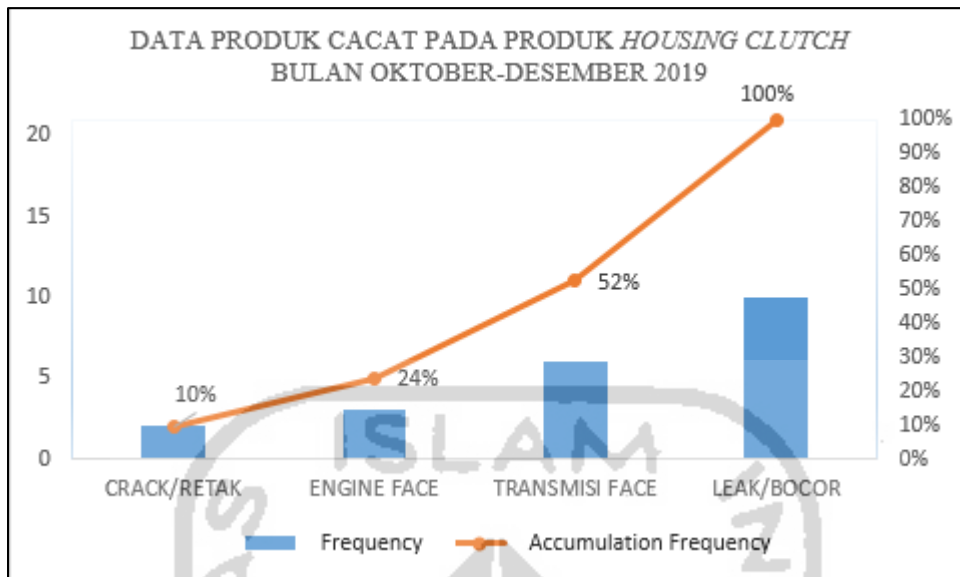
Berdasarkan **Gambar 5.2** jumlah produk cacat memiliki *trend* yang sama dengan jumlah produksi. Pada produk *Case Transmission* paling banyak menghasilkan produk cacat pada Bulan Oktober sebanyak 98 produk dan paling sedikit menghasilkan produk cacat pada Bulan November sebanyak 30 produk. Pada produk *Housing Clutch* terdapat banyak menghasilkan produk cacat pada Bulan Desember sebanyak 15 produk dan paling sedikit pada Bulan November sebanyak 2 produk. Dan pada produk *Housing Extension* paling banyak menghasilkan produk cacat pada Bulan Oktober dan paling sedikit menghasilkan produk cacat pada Bulan November

Selanjutnya membuat *pareto chart* untuk mengetahui masalah berdasarkan urutan banyaknya jumlah kejadian. Berikut *pareto chart* pada produk *Case Transmission*, *Housing Clutch*, dan *Housing Extension*:



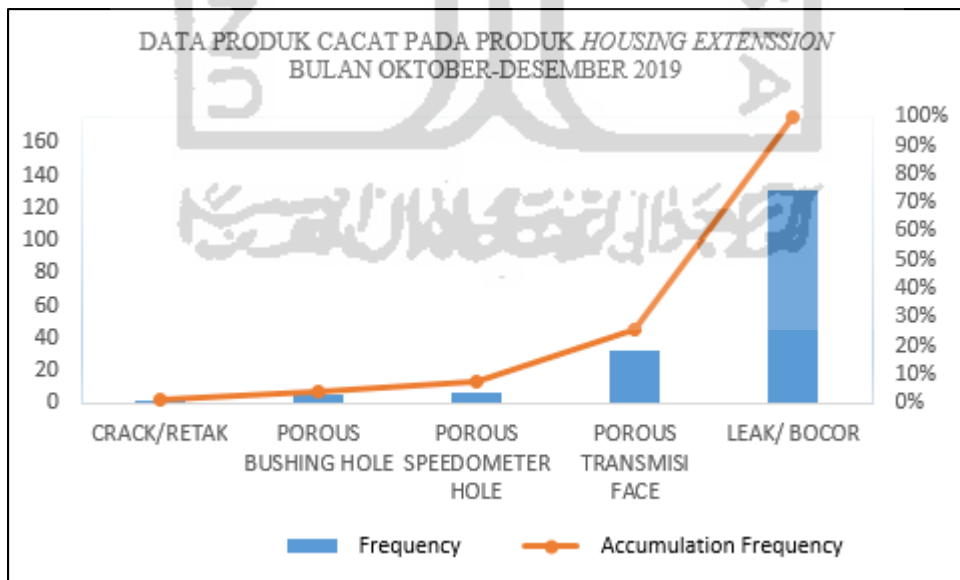
Gambar 5.3. *Pareto Chart* pada Produk *Case Transmission*

Diperoleh 1 karakteristik cacat yang merupakan 80% kecacatan dari seluruh proses produksi. Jenis cacat tersebut adalah *porous hext face* merupakan jenis cacat yang mendominasi dengan presentase 40% dan jumlah frekuensi 63 buah selama proses produksi bulan Oktober - Desember 2019. Oleh karena itu, perusahaan harus segera melakukan tindakan penanganan terhadap faktor-faktor kesalahan menyebabkan terjadinya *porous hext face*.



Gambar 5.4. Pareto Chart pada Produk *Housing Clutch*

Pada **Gambar 5.4** diperoleh 1 karakteristik cacat yang merupakan 80% kecacatan dari seluruh proses produksi. Jenis cacat tersebut adalah *leak/bocor* merupakan jenis cacat yang mendominasi dengan presentase 48% dan jumlah frekuensi 10 buah selama proses produksi bulan Oktober - Desember 2019. Oleh karena itu, perusahaan harus segera melakukan tindakan penanganan terhadap faktor-faktor kesalahan menyebabkan terjadinya *leak/bocor*.



Gambar 5.5. Pareto Chart pada Produk *Housing Extension*

Pada **Gambar 5.5** diperoleh 1 karakteristik cacat yang merupakan 80% kecacatan dari seluruh proses produksi. Jenis cacat tersebut adalah *leak/bocor*

merupakan jenis cacat yang mendominasi dengan presentase 74% dan jumlah frekuensi 131 buah selama proses produksi bulan Oktober - Desember 2019. Oleh karena itu, perusahaan harus segera melakukan tindakan penanganan terhadap faktor-faktor kesalahan menyebabkan terjadinya *leak/bocor*.

5.2. Diagram Kontrol T^2 Hotelling

5.2.1. Uji Normal Multivariat

Untuk mengetahui data apakah berdistribusi normal multivariat dapat dilihat dari q-q plot. Tahapan pembuatan q-q plot adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai vektor rata-rata (\bar{x}) pada setiap variabel. Berikut merupakan hasil nilai rata-rata dari setiap variabel.
 - a. Pada Produk *Case Transmission*

Tabel 5.1. Nilai Rata-Rata Setiap Variabel pada *Case Transmission*

POROUS HEXT FACE	POROUS HCL FACE	POROUS COVER CONTROL FACE	LEAK/BOCOR	CRACK/RETAK
1.03279	0.5082	0.5082	0.54098	0.01639

- b. Pada Produk *Housing Clutch*

Tabel 5.2. Nilai Rata-Rata Setiap Variabel pada *Housing Clutch*

ENGINE FACE	TRANSMISI FACE	LEAK/BOCOR	CRACK/RETAK
0.04918	0.09836	0.16393	0.03279

- c. Pada Produk *Housing Extenssion*

Tabel 5.3. Nilai Rata-Rata Setiap Variabel pada *Housing Extenssion*

POROUS TRANSMISI FACE	POROUS BUSHING HOLE	POROUS SPEEDOMETER HOLE	LEAK/BOCOR	CRACK/RETAK
0.52459	0.08197	0.09836	2.14754	0.03279

Ketika sudah mendapatkan nilai rata-rata maka didapatkan matriks rata-rata sebagai berikut:

$$\bar{x}_1 = \begin{bmatrix} 1.03279 \\ 0.5082 \\ 0.5082 \\ 0.54098 \\ 0.01639 \end{bmatrix} \quad \bar{x}_2 = \begin{bmatrix} 0.04918 \\ 0.09836 \\ 0.16393 \\ 0.03279 \end{bmatrix} \quad \bar{x}_3 = \begin{bmatrix} 0.52459 \\ 0.08197 \\ 0.09836 \\ 2.14754 \\ 0.03279 \end{bmatrix}$$

2. Menentukan nilai matriks varian kovarians. Berikut merupakan nilai matriks varian kovarians:

a. Pada Produk *Case Transmission*

$$S = \begin{bmatrix} 1.73224 & 0.1664 & 0.14973 & 0.0153 & -0.0172 \\ 0.16639 & 0.9541 & 0.2041 & -0.0462 & 0.0082 \\ 0.14973 & 0.2041 & 1.3541 & 0.23716 & 0.02486 \\ 0.0153 & -0.0462 & 0.23716 & 0.9858 & -0.00902 \\ -0.0172 & 0.0082 & 0.02486 & -0.00902 & 0.01639 \end{bmatrix}$$

b. Pada Produk *Housing Clutch*

$$S = \begin{bmatrix} 0.0475 & 0.01175 & -0.0082 & -0.00164 \\ 0.01175 & 0.1235 & 0.01694 & -0.00328 \\ -0.0082 & 0.01694 & 0.17268 & -0.0055 \\ -0.00164 & -0.00328 & -0.0055 & 0.0656 \end{bmatrix}$$

c. Pada Produk *Housing Extenssion*

$$S = \begin{bmatrix} 0.8869 & 0.00628 & -0.05246 & 0.2213 & -0.01749 \\ 0.00628 & 0.0765 & -0.0082 & 0.0377 & 0.0139 \\ -0.05246 & -0.0082 & 0.4235 & -0.1314 & -0.0033 \\ 0.2213 & 0.0377 & -0.1314 & 4.3612 & -0.0716 \\ -0.01749 & 0.0139 & -0.0033 & -0.0716 & 0.0322 \end{bmatrix}$$

Setelah mendapatkan nilai matriks varian kovarians lalu menentukan nilai invers matriks varian kovarians yaitu:

a. Untuk Produk *Case Transmission*

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 0.60016 & -0.0964 & -0.06798 & 0.0097 & 0.78682 \\ -0.0964 & 1.10774 & -0.16555 & 0.08997 & -0.3545 \\ -0.068 & -0.16555 & 0.83478 & -0.2201 & -1.3757 \\ 0.0097 & 0.08997 & -0.2201 & 1.0796 & 0.8928 \\ 0.78682 & -0.3545 & -1.3758 & 0.8993 & 64.581 \end{bmatrix}$$

b. Untuk Produk *Housing Clutch*

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 21.825 & -2.2365 & 1.2725 & 0.5398 \\ -2.2365 & 8.4447 & -0.9254 & 0.2892 \\ 1.2725 & -0.9254 & 5.9576 & 0.482 \\ 0.5398 & 0.2892 & 0.482 & 15.318 \end{bmatrix}$$

c. Untuk Produk *Housing Extenssion*

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 1.1596 & -0.173 & 0.1317 & -0.0432 & 0.6212 \\ -0.173 & 14.454 & 0.136 & -0.224 & -6.825 \\ 0.1317 & 0.136 & 2.4056 & 0.0715 & 0.416 \\ -0.0432 & -0.224 & 0.0715 & 0.246 & 0.6266 \\ 0.6212 & -6.825 & 0.416 & 0.6266 & 35.737 \end{bmatrix}$$

3. Menentukan nilai jarak Mahalanobis setiap titik pengamatan dengan vektor rata-ratanya. Dimana nilai jarak Mahalanobis diperoleh melalui rumus pada persamaan (3.17):

$$d_i^2 = (x - \bar{x})' S^{-1} (x - \bar{x})$$

a. Pada Produk *Case Transmission*

$$d_i^2(\text{Case Transmission}) = \begin{bmatrix} (x_{1,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{1,1} - \bar{x}) \\ (x_{2,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{2,1} - \bar{x}) \\ \vdots \\ (x_{61,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{61,1} - \bar{x}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 20.4745 \\ 3.9961 \\ \vdots \\ 0.67516 \end{bmatrix}$$

b. Pada Produk *Housing Clutch*

$$d_i^2(\text{Housing Clutch}) = \begin{bmatrix} (x_{1,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{1,1} - \bar{x}) \\ (x_{2,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{2,1} - \bar{x}) \\ \vdots \\ (x_{61,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{61,1} - \bar{x}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 19.9547 \\ 0.288887 \\ \vdots \\ 0.288887 \end{bmatrix}$$

c. Pada Produk *Housing Extension*

$$d_i^2(\text{Housing Extension}) = \begin{bmatrix} (x_{1,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{1,1} - \bar{x}) \\ (x_{2,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{2,1} - \bar{x}) \\ \vdots \\ (x_{61,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{61,1} - \bar{x}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.7628807 \\ 3.085841 \\ \vdots \\ 4.218753 \end{bmatrix}$$

4. Mengurutkan nilai d_i^2 dari yang terkecil ke terbesar : $d_{(1)}^2 \leq d_{(2)}^2 \leq d_{(3)}^2 \leq \dots \leq d_{(n)}^2$ dan menentukan nilai $p_i = \frac{i-1/2}{n}, i = 1, 2, \dots, n$.

Tabel 5.4. Hasil Nilai d_i^2 dan p_i

<i>Case Transmission</i>			<i>Housing Clutch</i>			<i>Housing Extension</i>		
No	d_i^2	p_i	No	d_i^2	p_i	No	d_i^2	p_i
1	0.66129	0.002644	1	0.28889	0.008197	1	0.385	0.008197
2	0.66129	0.002644	2	0.28889	0.02459	2	0.385	0.02459
3	0.66129	0.002644	3	0.28889	0.040984	3	0.46757	0.040984
4	0.66129	0.002644	4	0.28889	0.057377	4	0.46757	0.057377
5	0.67516	0.002872	5	0.28889	0.07377	5	0.46757	0.07377
6	0.732	0.003803	6	0.28889	0.090164	6	0.46757	0.090164
7	0.732	0.003803	7	0.28889	0.106557	7	0.46757	0.106557
8	1.10359	0.009895	8	0.28889	0.122951	8	0.49885	0.122951
9	1.10359	0.009895	9	0.28889	0.139344	9	0.66778	0.139344
10	1.10359	0.009895	10	0.28889	0.155738	10	0.66778	0.155738
.
.
61	59.0164	0.959285	61	59.0164	0.991803	61	56.8436	0.991803

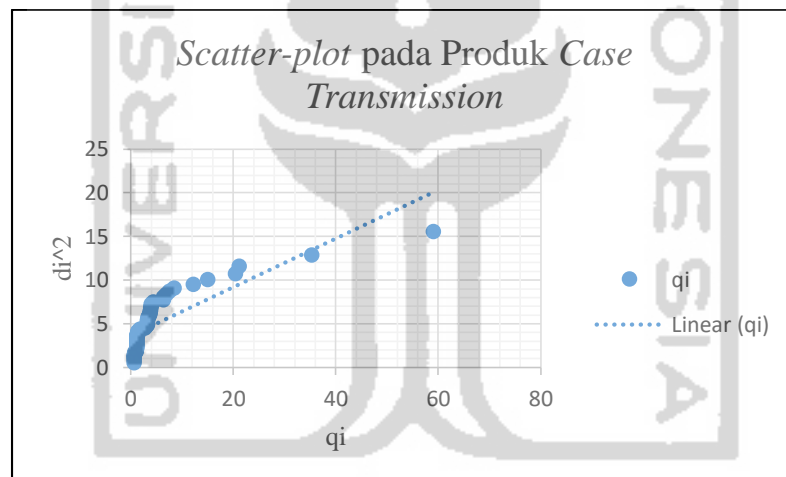
5. Menentukan nilai q_i sedemikian hingga $\int_{-\infty}^{q_i} f(X^2) dX^2 = p_i$

Tabel 5.5. Hasil Nilai q_i

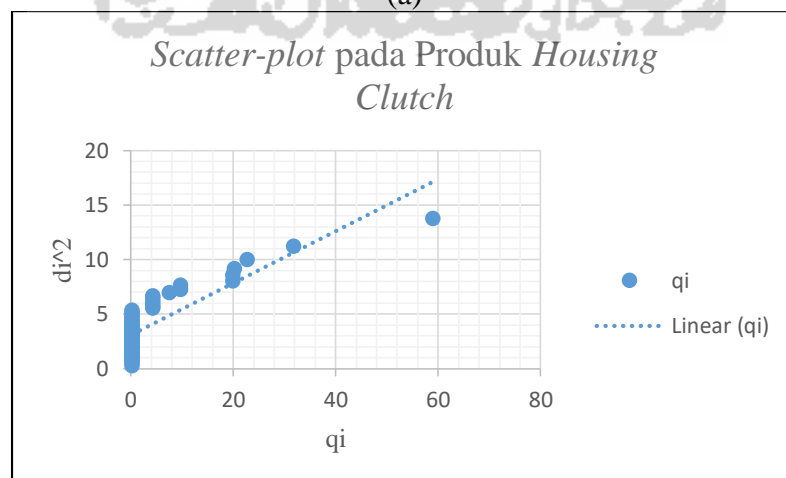
<i>Case Transmission</i>		<i>Housing Clutch</i>		<i>Housing Extension</i>	
i	q_i	i	q_i	i	q_i
1	0.50865	1	0.26769	1	0.50865

<i>Case Transmission</i>		<i>Housing Clutch</i>		<i>Housing Extension</i>	
<i>i</i>	q_i	<i>i</i>	q_i	<i>i</i>	q_i
2	0.82502	2	0.48009	2	0.82502
3	1.04308	3	0.63569	3	1.04308
4	1.2233	4	0.76848	4	1.2233
5	1.38239	5	0.88833	5	1.38239
6	1.52783	6	0.99974	6	1.52783
7	1.66369	7	1.10522	7	1.66369
8	1.79248	8	1.20637	8	1.79248
9	1.9159	9	1.30424	9	1.9159
10	2.03514	10	1.39961	10	2.03514
.
.
61	15.5666	61	13.7333	61	15.5666

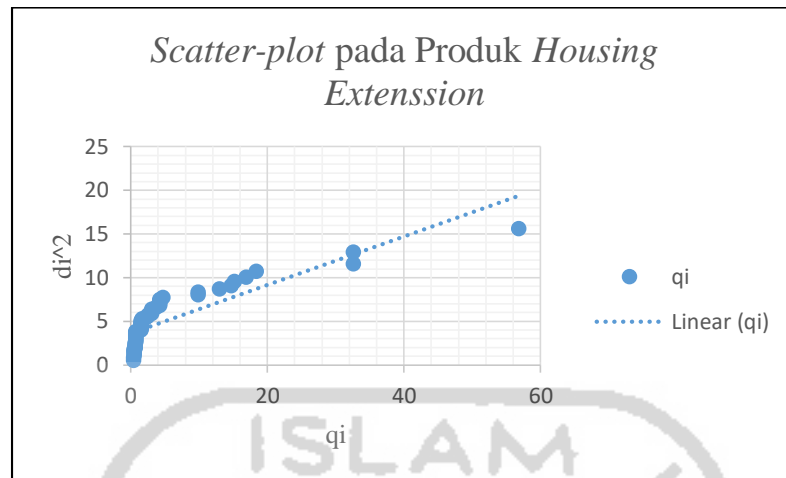
6. Membuat *scatter-plot* d_i^2 dengan q_i



(a)



(b)



(c)

Gambar 5.6. Grafik Normal Multivariat pada (a) Produk *Case Transmission*; (b) Produk *Housing Clutch*; (c) Produk *Housing Extenssion*

Berdasarkan *scatter-plot* diatas dapat diketahui bahwa titik-titik mengikuti garis normal dengan membentuk garis lurus, sehinga dapat dikatakan secara visual bahwa data karakteristik kualitas pada ketiga produk berdistribusi normal. Untuk lebih memastikan hasil dari uji normal multivariat, peneliti akan melakukan uji proporsi *square distance*.

- Membandingkan nilai $d_i^2 \leq X_{p,0.5}^2$, jika proporsi *square distance* lebih dari 50% maka data berdistribusi normal multivariat.

Tabel 5.6. Nilai d_i^2 dan *ChiSquare*

<i>Case Transmission</i>				<i>Housing clutch</i>				<i>Housing extenssion</i>			
No	d_i^2		$X_{5,0.5}^2$	No	d_i^2		$X_{4,0.5}^2$	No	d_i^2		$X_{5,0.5}^2$
1	0.66129	<	4.4	1	0.28889	<	3.36	1	0.385	<	4.4
2	0.66129	<	4.4	2	0.28889	<	3.36	2	0.385	<	4.4
3	0.66129	<	4.4	3	0.28889	<	3.36	3	0.46757	<	4.4
4	0.66129	<	4.4	4	0.28889	<	3.36	4	0.46757	<	4.4
5	0.67516	<	4.4	5	0.28889	<	3.36	5	0.46757	<	4.4
6	0.73199	<	4.4	6	0.28889	<	3.36	6	0.46757	<	4.4
7	0.73199	<	4.4	7	0.28889	<	3.36	7	0.46757	<	4.4
8	1.10359	<	4.4	8	0.28889	<	3.36	8	0.49885	<	4.4
9	1.10359	<	4.4	9	0.28889	<	3.36	9	0.66778	<	4.4
10	1.10359	<	4.4	10	0.28889	<	3.36	10	0.66778	<	4.4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
58	20.4745	>	4.4	58	20.2632	>	3.36	58	18.3849	>	4.4
59	21.1199	>	4.4	59	22.7696	>	3.36	59	32.6298	>	4.4

Case Transmission				Housing clutch				Housing extension			
No	d_i^2		$X_{5,0.5}^2$	No	d_i^2		$X_{4,0.5}^2$	No	d_i^2		$X_{5,0.5}^2$
60	35.377	>	4.4	60	31.7542	>	3.36	60	32.6298	>	4.4
61	59.016	>	4.4	61	59.0164	>	3.36	61	56.8436	>	4.4

Berdasarkan **Tabel 5.6** membandingkan nilai jarak Mahalanobis dengan nilai Tabel *chi-square* untuk menentukan uji normalitas menggunakan proporsi *square distance* dapat disimpulkan bahwa nilai $d_i^2 \leq X_{5,0.5}^2$ pada produk *Case Transmission* sebanyak 50 data dari 61 data atau 81.97%, sehingga data memenuhi uji normalitas multivariat. Selanjutnya pada produk *Housing Clutch* sebanyak 46 data atau 75.41%, sehingga data memenuhi uji normalitas multivariat dan untuk produk *Housing Extension* sebanyak 50 data atau 81.97%, sehingga data memenuhi uji normalitas multivariat. Dari hasil yang didapatkan dari perbandingan antara nilai d_i^2 dan $X_{p,0.5}^2$ lebih dari 50% data $d_i^2 \leq X_{p,0.5}^2$ sehingga data dari ketiga produk memenuhi uji normalitas multivariat.

5.2.2. Tahap I Diagram Kontrol T^2 Hotelling

1. Menghitung Rata-Rata Setiap Variabel

Tabel 5.7. Hasil Nilai Rata-Rata Tahap 1 pada Produk *Case Transmission*

POROUS HEXT FACE	POROUS HCL FACE	POROUS COVER CONTROL FACE	LEAK/BOCOR	CRACK/RETAK
1.0328	0.5082	0.5082	0.541	0.0164

Tabel 5.8. Hasil Nilai Rata-Rata Tahap 1 pada Produk *Housing Clutch*

ENGINE FACE	TRANSMISI FACE	LEAK/BOCOR	CRACK/RETAK
0.0492	0.0984	0.1639	0.0328

Tabel 5.9. Hasil Nilai Rata-Rata Tahap 1 pada Produk *Housing Extension*

POROUS TRANSMISI FACE	POROUS BUSHING HOLE	POROUS SPEEDOMETER HOLE	LEAK/BOCOR	CRACK/RETAK
0.5246	0.082	0.0984	2.148	0.0328

Lalu didapatkan matriks rata-rata yaitu:

$$\bar{x}_1 = \begin{bmatrix} 1.0328 \\ 0.5082 \\ 0.5082 \\ 0.541 \\ 0.0164 \end{bmatrix} \quad \bar{x}_2 = \begin{bmatrix} 0.0492 \\ 0.0984 \\ 0.1639 \\ 0.0328 \end{bmatrix} \quad \bar{x}_3 = \begin{bmatrix} 0.5246 \\ 0.082 \\ 0.0984 \\ 2.148 \\ 0.0328 \end{bmatrix}$$

Keterangan :

\bar{x}_1 = Matriks rata-rata pada produk *Case Transmission*

\bar{x}_2 = Matriks rata-rata pada produk *Housing Clutch*

\bar{x}_3 = Matriks rata-rata pada produk *Housing Extension*

2. Mencari Nilai Matriks Varian Kovarians

Berikut nilai matriks varian kovarians untuk 61 pengamatan pada diagram kontrol T^2 Hotelling:

a. Pada Produk *Case Transmission*

$$S = \begin{bmatrix} 1.7322 & 0.1664 & 0.1497 & 0.0153 & -0.017 \\ 0.1664 & 0.9541 & 0.2041 & -0.0462 & 0.0082 \\ 0.1497 & 0.2041 & 1.354 & 0.2372 & 0.0249 \\ 0.0153 & -0.0462 & 0.2372 & 0.986 & -0.009 \\ -0.017 & 0.0082 & 0.0249 & -0.009 & 0.0164 \end{bmatrix}$$

b. Pada Produk *Housing Clutch*

$$S = \begin{bmatrix} 0.4754 & 0.01175 & -0.0082 & -0.0016 \\ 0.01175 & 0.1235 & 0.0169 & -0.003 \\ -0.0082 & 0.0169 & 0.1727 & -0.0055 \\ -0.0016 & -0.003 & -0.0055 & 0.0656 \end{bmatrix}$$

c. Pada Produk *Housing Extension*

$$S = \begin{bmatrix} 0.8869 & 0.0063 & -0.0525 & 0.2213 & -0.0175 \\ 0.0063 & 0.0765 & -0.082 & 0.0377 & 0.0139 \\ -0.0525 & -0.082 & 0.4235 & -0.1314 & -0.003 \\ 0.2213 & 0.0377 & -0.1314 & 4.361 & -0.0716 \\ -0.0175 & 0.0139 & -0.003 & -0.0716 & 0.0322 \end{bmatrix}$$

Setelah mendapatkan nilai matriks varian kovarians lalu menentukan nilai invers matriks varian kovarians yaitu

a. Pada Produk *Case Transmission*

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 0.6002 & -0.0964 & -0.068 & 0.0097 & 0.7868 \\ -0.0964 & 1.108 & -0.1656 & 0.08997 & -0.3545 \\ -0.068 & -0.1656 & 0.8348 & -0.2201 & -1.3757 \\ 0.0097 & 0.08997 & -0.2201 & 1.0796 & 0.8928 \\ 0.7868 & -0.3545 & -1.3757 & 0.8928 & 64.581 \end{bmatrix}$$

b. Pada Produk *Housing Clutch*

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 21.825 & -2.2365 & 1.2725 & 0.5398 \\ -2.2365 & 8.4447 & -0.9255 & 0.2892 \\ 1.2725 & -0.9255 & 5.9576 & 0.482 \\ 0.5398 & 0.2892 & 0.482 & 15.318 \end{bmatrix}$$

c. Pada Produk *Housing Extension*

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 1.1596 & -0.173 & 0.132 & -0.0432 & 0.6212 \\ -0.173 & 14.454 & 0.136 & -0.224 & -6.825 \\ 0.132 & 0.136 & 2.4056 & 0.0715 & 0.416 \\ -0.0432 & -0.224 & 0.0715 & 0.2459 & 0.6266 \\ 0.6212 & -6.825 & 0.416 & 0.6266 & 35.737 \end{bmatrix}$$

3. Menghitung Nilai Statistika T^2 Hotelling

Setelah mencari nilai rata-rata dan varian kovarians, peneliti menghitung nilai T^2 Hotelling.

$$T_i^2(\text{Case Transmission}) = \begin{bmatrix} (x_{1,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{1,1} - \bar{x}) \\ (x_{2,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{2,1} - \bar{x}) \\ \vdots \\ (x_{61,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{61,1} - \bar{x}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 20.475 \\ 3.9961 \\ \vdots \\ 0.6752 \end{bmatrix}$$

$$T_i^2(\text{Housing Clutch}) = \begin{bmatrix} (x_{1,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{1,1} - \bar{x}) \\ (x_{2,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{2,1} - \bar{x}) \\ \vdots \\ (x_{61,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{61,1} - \bar{x}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 19.955 \\ 0.2889 \\ \vdots \\ 0.2889 \end{bmatrix}$$

$$T_i^2(\text{Housing Extenssion}) = \begin{bmatrix} (x_{1,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{1,1} - \bar{x}) \\ (x_{2,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{2,1} - \bar{x}) \\ \vdots \\ (x_{61,1} - \bar{x})'(S)^{-1}(x_{61,1} - \bar{x}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.76288 \\ 3.08584 \\ \vdots \\ 4.21875 \end{bmatrix}$$

4. Mencari Nilai UCL

$$UCL(\text{Case Transmission}) = \frac{(n-1)^2}{n} \beta_{\alpha, \frac{p(n-p-1)}{2}} = \frac{(61-1)^2}{61} \beta_{\alpha, \frac{5(61-5-1)}{2}} = 10.50792$$

$$UCL(\text{Housing Clutch}) = \frac{(n-1)^2}{n} \beta_{\alpha, \frac{p(n-p-1)}{2}} = \frac{(61-1)^2}{61} \beta_{\alpha, \frac{4(61-4-1)}{2}} = 9.052644$$

$$UCL(\text{Housing Extenssion}) = \frac{(n-1)^2}{n} \beta_{\alpha, \frac{p(n-p-1)}{2}} = \frac{(61-1)^2}{61} \beta_{\alpha, \frac{5(61-5-1)}{2}} = 10.50792$$

5. Membandingkan nilai T^2 Hotelling dengan Batas Kendali

Membandingkan nilai T^2 Hotelling dengan nilai UCL untuk mengetahui terdapat nilai T^2 Hotelling yang keluar dari batas atas atau T^2 Hotelling > UCL. Nilai T^2 Hotelling tidak ada yang negatif dan nilai lower central limit (LCL) = 0.

Tabel 5.10. Nilai T^2 dan Nilai UCL pada Tahap 1 Diagram Kontrol T^2 Hotelling

Case Transmission				Housing Clutch				Housing Extenssion			
No	T^2		UCL	No	T^2		UCL	No	T^2		UCL
1	20.4745	>	10.5079	1	19.9547	>	9.05264	1	0.76288	<	10.5079
2	3.9961	<	10.5079	2	0.28889	<	9.05264	2	3.08584	<	10.5079

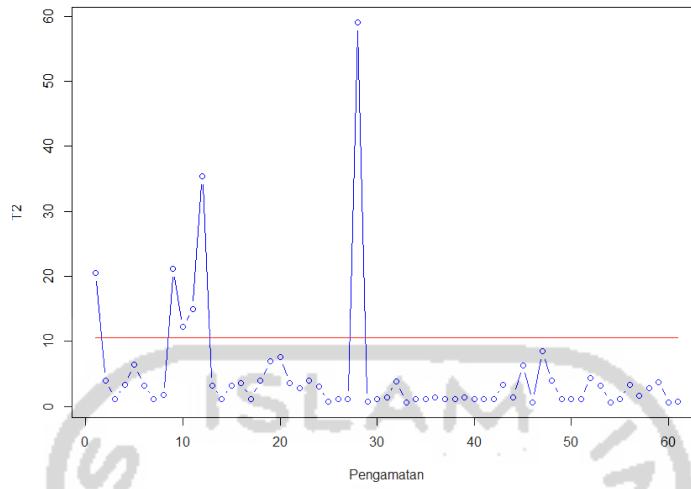
<i>Case Transmission</i>				<i>Housing Clutch</i>				<i>Housing Extension</i>			
No	T^2		UCL	No	T^2		UCL	No	T^2		UCL
3	1.17003	<	10.5079	3	0.28889	<	9.05264	3	14.6892	>	10.5079
4	3.29751	<	10.5079	4	0.28889	<	9.05264	4	1.54232	<	10.5079
5	6.40915	<	10.5079	5	0.28889	<	9.05264	5	0.49885	<	10.5079
6	3.24475	<	10.5079	6	0.28889	<	9.05264	6	0.75908	<	10.5079
7	1.10359	<	10.5079	7	0.28889	<	9.05264	7	4.21875	<	10.5079
8	1.74828	<	10.5079	8	0.28889	<	9.05264	8	2.54337	<	10.5079
9	21.1199	>	10.5079	9	4.31845	<	9.05264	9	0.385	<	10.5079
10	12.2355	>	10.5079	10	0.28889	<	9.05264	10	0.75908	<	10.5079
.
.
58	2.84823	<	10.5079	58	0.28889	<	9.05264	58	0.66778	<	10.5079
59	3.74271	<	10.5079	59	0.28889	<	9.05264	59	4.6957	<	10.5079
60	0.66129	<	10.5079	60	4.31845	<	9.05264	60	0.46757	<	10.5079
61	0.67516	<	10.5079	61	0.28889	<	9.05264	61	4.21875	<	10.5079

Berdasarkan **Tabel 5.10** dapat dilihat terdapat nilai T^2 Hotelling > UCL atau pengamatan yang keluar pada produk *Case Transmission* sebanyak 6 pengamatan dari 61 pengamatan, pada produk *Housing Clutch* dan produk *Housing Extension* sebanyak 8 pengamatan dari 61 pengamatan.

5.2.3. Tahap II Diagram Kontrol T^2 Hotelling

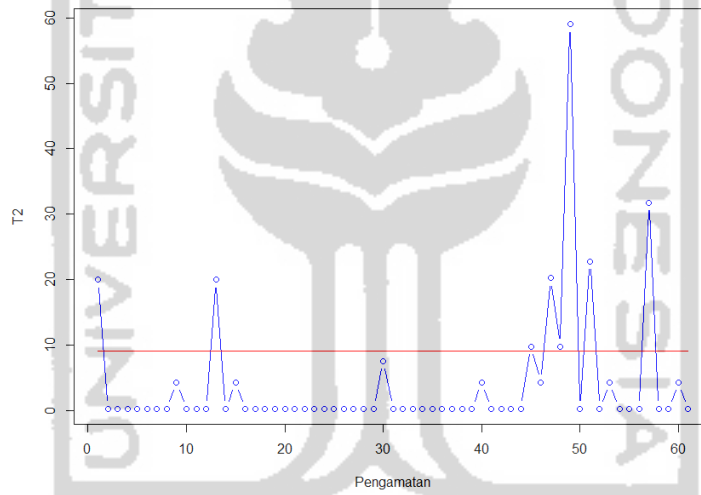
Berdasarkan perhitungan statistik T^2 Hotelling pada tahap 1 terdapat pengamatan yang mengalami *out of control*, dapat dilihat pada plot untuk diagram kontrol T^2 Hotelling pada gambar berikut:

Plot Diagram Kontrol T^2 Hotelling Tahap 1 Pada Produk Case Transmission



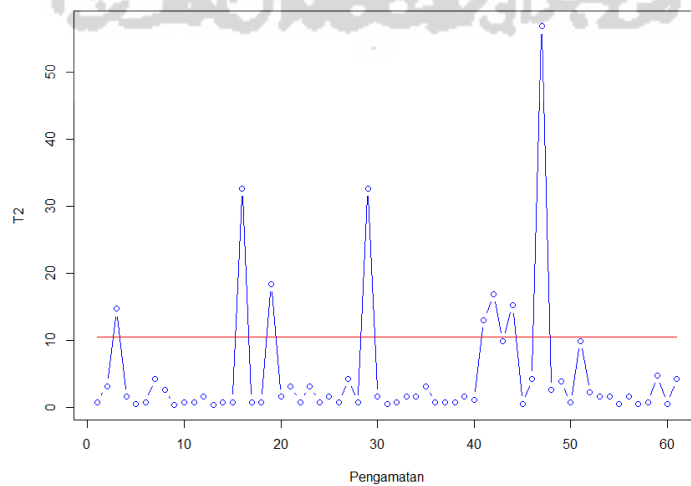
Gambar 5.7. Plot Diagram Kontrol T^2 Hotelling Produk *Case Transmission*

Plot Diagram Kontrol T^2 Hotelling Tahap 1 Pada Produk Housing Clutch



Gambar 5.8. Plot Diagram Kontrol T^2 Hotelling Produk *Housing Clutch*

Plot Diagram Kontrol T^2 Hotelling Tahap 1 Pada Produk Housing Extension



Gambar 5.9. Plot Diagram Kontrol T^2 Hotelling Produk *Housing Extension*

Pada plot diagram kontrol T^2 *Hotelling Individual* diketahui pada produk *Case Transmission* terdapat 6 pengamatan dari 61 pengamatan yang *out of control* yaitu pengamatan 1, 9, 10, 11, 12, dan 28 sehingga 90.16% pengamatan yang sudah dalam batas kendali, pada produk *Housing Clutch* terdapat 8 pengamatan yang *out of control* yaitu pengamatan 1, 13, 45, 47, 48, 49, 51, dan 57 sehingga 86.89% pengamatan yang sudah dalam batas kendali, dan pada produk *Housing Extenssion* terdapat 8 pengamata yang *out of control* yaitu pengamatan 3, 16, 19, 29, 41, 42, 44, dan 47 sehingga 86.89% pengamatan yang sudah dalam batas kendali.

5.2.4. Dekomposisi *Mason, Young dan Tracy* (MYT) pada Diagram Kontrol T^2 *Hotelling*

Peneliti melakukan dekomposisi MYT bertujuan untuk mengidentifikasi variabel mana yang menyebabkan proses dalam keadaan tidak terkendali. Proses pertama peneliti lakukan yaitu dekomposisi suku tidak bersyarat.

a. Suku Tidak Bersyarat

Data yang digunakan sebanyak 61 pengamatan pada variabel yang digunakan, untuk mengerjakan dekomposisi suku tidak bersyarat pertama melakukan pengontrolan T^2 *Hotelling* pada 61 pengamatan. Dalam hal ini langkah pengontrolan T^2 *Hotelling* sama halnya dengan analisis diagram kontrol T^2 *Hotelling* sebelumnya, didapatkan pengamatan yang *out of control* pada produk *Case Transmission* sebanyak 6 pengamatan yaitu pengamatan 1, 9, 10, 11, 12, dan 28, pada produk *Housing Clutch* sebanyak 8 pengamatan yaitu pengamatan 1, 13, 45, 47, 48, 49, 51, dan 57. Dan pada produk *Housing Extenssion* sebanyak 8 pengamata yang *out of control* yaitu pengamatan 3, 16, 19, 29, 41, 42, 44, dan 47. Pada pengamatan yang *out of control* akan dilakukan identifikasi untuk mengetahui variabel yang dominan menyebabkan *out of control*. Proses selanjutnya peneliti mencari nilai T^2 dekomposisi MYT suku tidak bersyarat dengan persamaan (3.34) dan mencari UCL dengan menggunakan persamaan (3.35) pada data yang *out of control*.

$$UCL = \frac{(n+1)}{n} F_{(\alpha;1;n-1)} = \frac{(61-1)}{61} F_{(\alpha;1;61-1)} = 4.066785$$

- Pada produk *Case Transmission*

Tabel 5.11. Nilai Variansi pada Setiap Variabel pada Produk *Case Transmission*

POROUS HEXT FACE	POROUS HCL FACE	POROUS COVER CONTROL FACE	LEAK/ BOCOR	CRACK/ RETAK
1.73224	0.954098	1.354098	0.985792	0.016393

Proses selanjutnya mencari nilai nilai T^2 dekomposisi MYT suku tidak bersyarat untuk diagram kontrol T^2 Hotelling pada data yang *out of control* sebagai berikut:

Tabel 5.12. Nilai T^2 Dekomposisi MYT Suku Tidak Bersyarat pada Produk *Case Transmission*

Sampel yang <i>out of control</i>	T_1^2	T_2^2	T_3^2	T_4^2	T_5^2
1	0.000621	0.27069	1.64351	20.16939	0.016393
9	9.08579	12.7793	0.19073	0.296881	0.016393
10	2.23406	0.27069	9.00429	0.213733	0.016393
11	0.000621	12.77928	0.190728	0.213733	0.016393
12	0.540053	6.507802	31.12293	0.213733	0.016393
28	59.01639	0.253507	1.643512	0.296881	59.01639

Nilai T^2 dekomposisi MYT suku tidak bersyarat sudah diketahui selanjutnya peneliti membandingkan dengan nilai UCL yaitu sebesar 4.066785. Didapatkan hasil bahwa variabel ke 2 yaitu variabel *porous hcl face* yang nilai T^2 paling banyak diatas UCL sehingga menjadi penyebab adanya proses produksi tidak terkendali, terdapat 3 pengamatan yang nilai $T^2 > UCL$ pada pengamatan 9, 11, dan 12. Maka sebab itu variabel *porous hcl face* menjadi prioritas perbaikan proses produksi pada produk *Case Transmission*.

- Pada produk *Housing Extension*

Tabel 5.13. Nilai Variansi pada Setiap Variabel pada Produk *Housing Clutch*

ENGINE FACE	TRANSMISI FACE	LEAK/BOCOR	CRACK/RETAK
0.047541	0.123497	0.172678	0.065574

Proses selanjutnya mencari nilai nilai T^2 dekomposisi MYT suku tidak bersyarat untuk diagram kontrol T^2 Hotelling pada data yang *out of control* sebagai berikut:

Tabel 5.14. Nilai T^2 Dekomposisi MYT Suku Tidak Bersyarat pada Produk *Housing Clutch*

Sampel yang <i>out of control</i>	T_1^2	T_2^2	T_3^2	T_4^2
1	19.01639	0.07834	0.155634	0.016393
13	19.01639	0.07834	0.155634	0.016393
45	0.050876	6.582765	4.048039	0.016393
47	0.050876	0.07834	19.52272	0.016393
48	0.050876	6.582765	4.048039	0.016393
49	0.050876	0.07834	0.155634	59.01639
51	19.01639	6.582765	0.155634	0.016393
57	0.050876	29.28188	0.155634	0.016393

Nilai T^2 dekomposisi MYT suku tidak bersyarat sudah diketahui selanjutnya peneliti membandingkan dengan nilai UCL yaitu sebesar 4.066785. Didapatkan hasil bahwa variabel ke 2 yaitu variabel *transmisi face* yang nilai T^2 paling banyak diatas UCL sehingga menjadi penyebab adanya proses produksi tidak terkendali, terdapat 3 pengamatan yang nilai $T^2 > UCL$ pada pengamatan 45, 48, 51, dan 57. Maka sebab itu variabel *transmisi face* menjadi prioritas perbaikan proses produksi pada produk *Housing Clutch*.

- Pada produk *Housing Extension*

Tabel 5.15. Nilai Variansi pada Setiap Variabel pada Produk *Housing Extension*

POROUS TRANSMISI FACE	POROUS BUSHING HOLE	POROUS SPEEDOMETER HOLE	LEAK/ BOCOR	CRACK/ RETAK
0.886885	0.076503	0.423497	4.361202	0.03224

Proses selanjutnya mencari nilai nilai T^2 dekomposisi MYT suku tidak bersyarat untuk diagram kontrol T^2 Hotelling pada data yang *out of control* sebagai berikut:

Tabel 5.16. Nilai T^2 Dekomposisi MYT Suku Tidak Bersyarat pada Produk *Housing Extension*

Sampel yang <i>out of control</i>	T_1^2	T_2^2	T_3^2	T_4^2	T_5^2
3	13.61898	0.087822	0.022845	0.301947	0.033343
16	0.310294	0.087822	0.022845	1.057491	29.01639
19	6.909185	11.01639	0.022845	0.166625	0.033343
29	0.310294	11.01639	0.022845	1.057491	29.01639
41	0.310294	11.01639	0.022845	0.166625	0.033343
42	0.310294	11.01639	0.022845	5.399052	0.033343
44	0.310294	11.01639	0.022845	1.057491	0.033343
47	0.310294	0.087822	56.73252	1.057491	0.033343

Nilai T^2 dekomposisi MYT suku tidak bersyarat sudah diketahui selanjutnya peneliti membandingkan dengan nilai UCL yaitu sebesar 4.066785. Didapatkan hasil bahwa variabel ke 2 yaitu variabel *porous bushing hole* yang nilai T^2 paling banyak diatas UCL sehingga menjadi penyebab proses produksi tidak terkendali, terdapat 5 pengamatan yang nilai $T^2 > UCL$ pada pengamatan 19, 29, 41, 42 dan 44. Maka sebab itu variabel *porous bushing hole* menjadi prioritas perbaikan proses produksi pada produk *Housing Extenssion*.



BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil analisis yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada analisis deskriptif pada grafik total hasil produksi pada Bulan Oktober-Desember tahun 2019 terlihat hasil produksi ketiga komponen mengalami *trend* turun. Pada *pareto chart* dihasilkan pada produk *Case Transmission* didapatkan karakteristik cacat yang mendominasi yaitu *porous hex face*, pada produk *Housing Clutch* didapatkan karakteristik cacat yang mendominasi yaitu *leak/bocor*, dan pada produk *Housing Extension* didapatkan karakteristik cacat yang mendominasi yaitu *leak/bocor*.
2. Proses pembuatan diagram kontrol T^2 Hotelling Individual dilalui dengan dua tahap, tahap pertama merupakan tahap perhitungan yang menghasilkan nilai statistik T^2 Hotelling dan membandingkan dengan nilai UCL. Didapatkan pengamatan yang *out of control* pada produk *Case Transmission* sebanyak 6 pengamatan dengan nilai UCL sebesar 10.50792, pada produk *Housing Clutch* dan produk *Housing Extension* sebanyak 8 pengamatan dengan masing-masing nilai UCL sebesar 9.052644 dan 10.50792.
3. Pada pembuatan dekomposisi MYT pada diagram kontrol T^2 Hotelling terdapat pengamatan yang *out of control* pada produk *Case Transmission* sebanyak 6, pada produk *Housing Clutch* sebanyak 8 pengamatan, dan pada produk *Housing Extension* sebanyak 8 pengamatan. Selanjutnya mencari nilai T^2 dekomposisi MYT suku tidak bersyarat dan didapatkan nilai UCL sebesar 4.066785. Selanjutnya membandingkan nilai UCL dengan nilai T^2 dekomposisi MYT pada masing-masing variabel pada ketiga komponen produk. Pada Produk *Case Transmission* didapatkan variabel *porous hex face* yang paling banyak nilai $T^2 > UCL$ pada tiga pengamatan sehingga menjadi penyebab proses tidak

terkendali proses produksi pada produk *Case Transmission*, pada produk *Housing Clutch* didapatkan variabel *transmisi face* yang paling banyak nilai $T^2 > UCL$ pada empat pengamatan sehingga menjadi penyebab proses tidak terkendali, dan pada produk *Housing Extenssion* didapatkan variabel *porous bushing hole* yang paling banyak nilai $T^2 > UCL$ pada lima pengamatan sehingga menjadi penyebab proses tidak terkendali proses produksi produk *Housing Extenssion*..

6.2. Saran

Setelah didapatkan kesimpulan peneliti akan memberikan saran sebagai berikut :

1. Bagi perusahaan, perlu dilakukan pengontrolan proses produksi pada produk *front engine rear drive*. Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam perbaikan proses produksi.
2. Pada penelitian selanjutnya terkait diagram kontrol T^2 *Hotelling* untuk dikembangkan kembali metode ini dan melakukan proses dekomposisi suku bersyarat untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal. Pembaharuan yang dimasukkan sebagai saran oleh peneliti untuk memperkuat pengendalian kualitas dalam mengambil kesimpulan, khususnya dalam kasus multivariat.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, L., HG, I. R., & Asdi, Y. (2018). Penerapan Bagan Kendali T2 Hotelling Dan Metode Dekomposisi Mason, Young Dan Tracy (MYT) Pada Kinerja Pelayanan Administrasi Terpadu Kecamatan (PATEN). *Jurnal Matematika UNAND Vol. VII*, 7-14.
- Anggoro, A., Mustafid, & Rahmawati, R. (2016). Pengendalian Kualitas Data Atribut Multivariat dengan Mahalanobis Distance dan T2 Hotelling. *Jurnal Gaussian Vol. 5*, 311-320.
- Assauri, S. (1998). *Manajemen Produksi Edisi 4*. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Assauri, S. (2004). *Manajemen Pemasaran Dasar Konsep dan Strategi*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Bain, L., & Engelhardt. (1992). *Introduction to Probability and Mathematical Statistics*. California: Wadsworth Publishing Company.
- Boullosa, D., Larrabe, J. L., Lopez, A., & Gomez, M. A. (2016). Monitoring through T2 Hotelling of cylinder lubrication process of marine diesel engine. *Applied Thermal Engineering*, 32-38.
- Chase, Richard, & Jacobs, R. (2001). *Operation Management for Competitive Advantage with Global Cases. 11th Edition*. Singapore: MCGraw-Hill International edition.
- Damayanti, N., Goejantoro, R., & Wasono. (2016). Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Peta Kendali T Dan Analisis Kemampuan Proses Untuk Data Multivariat Dengan Pengamatan Individual. *Prosiding Seminar Sains dan Teknologi FMIPA Unmul*, 535-539.
- Erna. (2014). *Bagan Kendali T2 Hotelling dengan Sampel Ganda dan Aplikasinya*. Jurusan Matematika FMIPA Universitas Hasanuddin.
- Fendiasari, S., Aridinanti, L., & Wibawati. (2013). Penentuan Diagram Kendali Dalam Analisis Kualitas Produksi Biskuit Square Puff PT. UBM Biscuit Sidoarjo. *Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 2*, D42-D47.

- Fendiasari, S., Aridinanti, L., & Wibawati. (2013). Penentuan Diagram Kendali Dalam Analisis Kualitas Produksi Biskuit Square Puff PT.UBM Biscuit Sidoarjo. *Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 2,,* D42-D47.
- Fitria, N. L. (2013). Implementasi Grafik Pengendali Multivariat T2 Hotelling Terhadap Kualitas Produk Kertas Newsprint (NPP) (Studi Kasus Di PT. Adiprima Suraprinta). 1-10.
- Gonzalez de la Parra, M., & Pilar Rodriguez, L. (2003). *Application of the Multivariate T2 Control chart and Mason-Tracy-Young Decomposition Prcedure to the Study of the Consistency of Impurity Profiles of Drug Substances*. New York: Marcel Dekker.
- Johnson, R. A., & Winchern, D. W. (2007). *Applied Multivariat Statistical Analysis :Sixth Edition*. Pearson Prentice Hall: New Jersey.
- Johnson, R. A., & Winchern, D. W. (2007). *Applied Multivariat Statistical Analysis :Sixth Edition* . Pearson Prentice Hall: New Jersey.
- Kuswanto, D. (2012). *Statistika untuk Pemula dan Orang Awam*. Jakarta: Laskar Aksara.
- Lotfi, Z. (1965). Fuzzy Set. *Information and Control*, 8:338-353.
- Mahmuda, S., Goejantoro, R., & Nohe, D. A. (2014). Peta Kendali Multivariat dengan Dekomposisi Mason, Young dan Tracy (MYT) pada Data Outlier. *Jurnal EKSPONENSIAL Vol. 5*, 127-136.
- Mahmuda, S., Goejantoro, R., & Nohe, D. A. (2014). Peta Kendali Multivariat dengan Dekomposisi Mason, Young dan Tracy (MYT) pada Data Outlier. *Jurnak Eksponensial Volume 5 Nomor 2*, 1-10.
- Mason, R. L., Chou, Y. M., & J, C. Y. (2001). Applying Hotelling's T2 Statistics to Batch Process. *Journal of Quality Technology vol 33*.
- Montgomery, D. C. (1990). *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Montgomery, D. C. (2005). *Statistical Quality Control 5th edition*. New York: McGraw-Hill.
- Otoflik. (n.d.). *Pengertian Transmisi, Tipe, Fungsi, dan Komponennya*. Retrieved from ofotflik: <https://www.otoflik.com/pengertian-transmisi/>

- Puspita, D., & Sari, R. P. (2018). Analisis Tingkat Kecacatan Produk Lever Assy Parking Brake Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC). *Journal of Industrial Engineering and Management system*, 77-83.
- Rizki Abdullah, M. H., Rahmawati, R., & Yasin, H. (2015). Penerapan Diagram Kontrol T2 Hotelling Pada Proses Produksi Kaca. *Jurnal Gaussian Vol. 4*, 583-592.
- Ronald, E. W. (1993). *Pengantar Statistika, halaman 2-5*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Simamora, B. (2005). *Analisis Multivariat Pemasaran*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Sugiarto. (2001). *Teknik Sampling*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Sugiyono. (2007). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Supranto, J. (2010). *Statistika*. Jakarta: Erlangga.
- Susanto, A. M., & Haryono. (2016). Analisis Pengendalian Kualitas Statistika pada Proses Produksi Pipa Electric Resistance Welded (ERW) di PT.X. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS Vol. 5*, E83-E90.
- Walpole. (1995). *Pengantar Metode Statistika*. Jakarta: Gramedia.
- Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Statistika*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Widianto, B. (2012). Analisis Penerapan Quality Control Untuk Mereduksi Tingkat Kerusakan Produk Crown Handle 3C1 Di PT. Chemco Harapan Nusantara. *Jurnal sains*.
- Wikipedia. (2020, 15). *Tata letak mesin depan, roda belakang dan Tata letak mesin depan, penggerak roda depan*. Retrieved from Wikipedia: https://translate.googleusercontent.com/translate_c?client=srp&depth=1&hl=id&rurl=translate.google.com&sl=en&sp=nmt4&tl=id&u=https://en.m.wikipedia.org/wiki/Front-engine,_front-wheel-drive_layout&usq=ALkJrhgmnsu3eENO03MvvzL-tc7aemd3Tg
- Yuneidi, B., Rahmi, I., & Yozza, H. (2012). Pembuatan Bagan Kendali Multivariat T2 Hotelling untuk Proses Perkuliahan. *Jurnal Matematika Universitas Andalas Padang Vol.1*.

LAMPIRAN



Lampiran 1 Data Hasil Produksi Pembuatan Produk *Front Engine Rear Drive*

- Pada Produk *Case Transmission*

<i>Case Transmission</i>								
NO	PROD DATE	NG	POROUS HEXT FACE (X_1)	POROUS HCL FACE (X_2)	POROUS COVER CONTROL FACE (X_3)	LEAK/BOCOR (X_4)	CRACK/RETAK (X_5)	TOTAL PROD
1	01/10/2019	8	1	0	2	5	0	381
2	02/10/2019	2	0	0	2	0	0	413
3	03/10/2019	0	0	0	0	0	0	596
4	04/10/2019	4	3	0	0	1	0	566
5	07/10/2019	5	4	0	0	1	0	598
6	08/10/2019	3	3	0	0	0	0	480
7	09/10/2019	2	1	0	1	0	0	607
8	10/10/2019	1	0	0	1	0	0	618
9	11/10/2019	9	5	4	0	0	0	414
10	14/10/2019	8	3	0	4	1	0	526
11	15/10/2019	6	1	4	0	1	0	501
12	16/10/2019	13	2	3	7	1	0	618
13	17/10/2019	3	3	0	0	0	0	619
14	18/10/2019	2	1	0	1	0	0	513
15	21/10/2019	3	3	0	0	0	0	312
16	22/10/2019	4	2	0	0	2	0	248
17	23/10/2019	0	0	0	0	0	0	309
18	24/10/2019	2	0	2	0	0	0	302
19	25/10/2019	6	2	0	1	3	0	589
20	28/10/2019	6	4	2	0	0	0	603
21	29/10/2019	4	2	0	2	0	0	494
22	30/10/2019	5	2	0	2	1	0	599
23	31/10/2019	2	0	2	0	0	0	586
24	01/11/2019	3	1	2	0	0	0	296
25	04/11/2019	2	1	1	0	0	0	412
26	05/11/2019	0	0	0	0	0	0	361
27	06/11/2019	0	0	0	0	0	0	418
28	07/11/2019	4	0	1	2	0	1	414
29	08/11/2019	2	1	1	0	0	0	414
30	11/11/2019	0	0	0	0	0	0	422
31	12/11/2019	1	0	1	0	0	0	212
32	13/11/2019	3	0	2	1	0	0	310
33	14/11/2019	1	1	0	0	0	0	311
34	15/11/2019	0	0	0	0	0	0	348
35	18/11/2019	0	0	0	0	0	0	516
36	19/11/2019	2	2	0	0	0	0	432
37	20/11/2019	0	0	0	0	0	0	309
38	21/11/2019	1	0	0	0	1	0	251
39	22/11/2019	3	2	0	0	1	0	511
40	23/11/2019	0	0	0	0	0	0	203

Case Transmission								
NO	PROD DATE	NG	POROUS HEXT FACE (X_1)	POROUS HCL FACE (X_2)	POROUS COVER CONTROL FACE (X_3)	LEAK/BOCOR (X_4)	CRACK/RETAK (X_5)	TOTAL PROD
41	24/11/2019	0	0	0	0	0	0	104
42	25/11/2019	0	0	0	0	0	0	293
43	26/11/2019	2	0	0	0	2	0	223
44	27/11/2019	1	0	1	0	0	0	476
45	28/11/2019	4	4	0	0	0	0	611
46	29/11/2019	1	1	0	0	0	0	414
47	02/12/2019	4	0	1	0	3	0	407
48	03/12/2019	3	0	1	0	2	0	253
49	04/12/2019	0	0	0	0	0	0	583
50	05/12/2019	0	0	0	0	0	0	281
51	06/12/2019	0	0	0	0	0	0	292
52	09/12/2019	4	0	0	2	2	0	255
53	10/12/2019	3	3	0	0	0	0	424
54	11/12/2019	1	1	0	0	0	0	422
55	12/12/2019	2	1	0	1	0	0	398
56	13/12/2019	2	0	0	0	2	0	418
57	16/12/2019	2	0	1	1	0	0	419
58	17/12/2019	3	1	0	0	2	0	381
59	18/12/2019	4	0	2	1	1	0	417
60	19/12/2019	1	1	0	0	0	0	382
61	20/12/2019	2	1	0	0	1	0	399

- Pada Produk *Housing Clutch*

Housing Clutch							
NO	PROD DATE	NG	ENGINE FACE (Y_1)	TRANSMISI FACE (Y_2)	LEAK/BOCOR (Y_3)	CRACK/RETAK (Y_4)	TOTAL PROD
1	01/10/2019	1	1	0	0	0	203
2	02/10/2019	0	0	0	0	0	319
3	03/10/2019	0	0	0	0	0	322
4	04/10/2019	0	0	0	0	0	271
5	07/10/2019	0	0	0	0	0	378
6	08/10/2019	0	0	0	0	0	401
7	09/10/2019	0	0	0	0	0	457
8	10/10/2019	0	0	0	0	0	398
9	11/10/2019	1	0	0	1	0	401
10	14/10/2019	0	0	0	0	0	364
11	15/10/2019	0	0	0	0	0	350
12	16/10/2019	0	0	0	0	0	378
13	17/10/2019	1	1	0	0	0	355
14	18/10/2019	0	0	0	0	0	353
15	21/10/2019	1	0	0	1	0	398
16	22/10/2019	0	0	0	0	0	271
17	23/10/2019	0	0	0	0	0	322

<i>Housing Clutch</i>							
NO	PROD DATE	NG	ENGINE FACE (Y ₁)	TRANSMISI FACE (Y ₂)	LEAK/BOCOR (Y ₃)	CRACK/RETAK (Y ₄)	TOTAL PROD
18	24/10/2019	0	0	0	0	0	302
19	25/10/2019	0	0	0	0	0	313
20	28/10/2019	0	0	0	0	0	320
21	29/10/2019	0	0	0	0	0	273
22	30/10/2019	0	0	0	0	0	317
23	31/10/2019	0	0	0	0	0	292
24	01/11/2019	0	0	0	0	0	188
25	04/11/2019	0	0	0	0	0	258
26	05/11/2019	0	0	0	0	0	178
27	06/11/2019	0	0	0	0	0	251
28	07/11/2019	0	0	0	0	0	308
29	08/11/2019	0	0	0	0	0	324
30	11/11/2019	1	0	1	0	0	323
31	12/11/2019	0	0	0	0	0	275
32	13/11/2019	0	0	0	0	0	323
33	14/11/2019	0	0	0	0	0	324
34	15/11/2019	0	0	0	0	0	274
35	18/11/2019	0	0	0	0	0	227
36	19/11/2019	0	0	0	0	0	274
37	20/11/2019	0	0	0	0	0	273
38	21/11/2019	0	0	0	0	0	258
39	22/11/2019	0	0	0	0	0	274
40	25/11/2019	1	0	0	1	0	322
41	26/11/2019	0	0	0	0	0	273
42	27/11/2019	0	0	0	0	0	268
43	28/11/2019	0	0	0	0	0	272
44	29/11/2019	0	0	0	0	0	223
45	02/12/2019	2	0	1	1	0	272
46	03/12/2019	1	0	0	1	0	363
47	04/12/2019	2	0	0	2	0	368
48	05/12/2019	2	0	1	1	0	332
49	06/12/2019	2	0	0	0	2	333
50	09/12/2019	0	0	0	0	0	327
51	10/12/2019	2	1	1	0	0	331
52	11/12/2019	0	0	0	0	0	335
53	12/12/2019	1	0	0	1	0	355
54	13/12/2019	0	0	0	0	0	379
55	16/12/2019	0	0	0	0	0	374
56	17/12/2019	0	0	0	0	0	252
57	18/12/2019	2	0	2	0	0	273
58	19/12/2019	0	0	0	0	0	271
59	20/12/2019	0	0	0	0	0	266
60	23/12/2019	1	0	0	1	0	271
61	24/12/2019	0	0	0	0	0	122

- Produk *Housing Extension*

<i>Housing Extension</i>								
NO	PROD DATE	NG	POROUS TRANSMISI FACE (Z ₁)	POROUS BUSHING HOLE (Z ₂)	POROUS SPEEDOMETER HOLE (Z ₃)	LEAK/BOCOR (Z ₄)	CRACK/RETAK (Z ₅)	TOTAL PROD
1	01/10/2019	2	1	0	0	1	0	294
2	02/10/2019	3	2	0	0	1	0	482
3	03/10/2019	5	4	0	0	1	0	479
4	04/10/2019	0	0	0	0	0	0	389
5	07/10/2019	4	1	0	0	3	0	434
6	08/10/2019	1	0	0	0	1	0	389
7	09/10/2019	6	0	0	0	6	0	445
8	10/10/2019	5	0	0	0	5	0	451
9	11/10/2019	3	1	0	0	2	0	386
10	14/10/2019	1	0	0	0	1	0	386
11	15/10/2019	1	0	0	0	1	0	389
12	16/10/2019	1	1	0	0	0	0	482
13	17/10/2019	3	1	0	0	2	0	459
14	18/10/2019	3	0	0	0	3	0	451
15	21/10/2019	1	0	0	0	1	0	482
16	22/10/2019	1	0	0	0	0	1	386
17	23/10/2019	1	0	0	0	1	0	456
18	24/10/2019	2	1	0	0	1	0	343
19	25/10/2019	7	3	1	0	3	0	522
20	27/10/2019	0	0	0	0	0	0	148
21	28/10/2019	3	2	0	0	1	0	459
22	29/10/2019	2	1	0	0	1	0	387
23	30/10/2019	3	2	0	0	1	0	389
24	31/10/2019	1	0	0	0	1	0	385
25	01/11/2019	0	0	0	0	0	0	294
26	04/11/2019	3	0	0	0	3	0	196
27	05/11/2019	6	0	0	0	6	0	377
28	06/11/2019	3	0	0	0	3	0	323
29	07/11/2019	2	0	1	0	0	1	412
30	08/11/2019	0	0	0	0	0	0	459
31	11/11/2019	2	0	0	0	2	0	386
32	12/11/2019	1	0	0	0	1	0	389
33	13/11/2019	0	0	0	0	0	0	317
34	14/11/2019	1	1	0	0	0	0	320
35	15/11/2019	3	2	0	0	1	0	386
36	18/11/2019	3	0	0	0	3	0	389
37	19/11/2019	1	0	0	0	1	0	330
38	20/11/2019	1	0	0	0	1	0	323
39	21/11/2019	0	0	0	0	0	0	361
40	22/11/2019	5	1	0	0	4	0	389
41	25/11/2019	4	0	1	0	3	0	383

<i>Housing Extension</i>								
NO	PROD DATE	NG	POROUS TRANSMISI FACE (Z ₁)	POROUS BUSHING HOLE (Z ₂)	POROUS SPEEDOMETER HOLE (Z ₃)	LEAK/BOCOR (Z ₄)	CRACK/RETAK (Z ₅)	TOTAL PROD
42	26/11/2019	8	0	1	0	7	0	386
43	27/11/2019	9	3	0	0	6	0	374
44	28/11/2019	1	0	1	0	0	0	389
45	29/11/2019	2	0	0	0	2	0	320
46	02/12/2019	6	0	0	0	6	0	389
47	03/12/2019	5	0	0	5	0	0	365
48	04/12/2019	5	0	0	0	5	0	492
49	05/12/2019	7	1	0	0	6	0	581
50	06/12/2019	3	0	0	0	3	0	579
51	09/12/2019	9	3	0	0	6	0	426
52	10/12/2019	6	1	0	0	5	0	323
53	11/12/2019	0	0	0	0	0	0	320
54	12/12/2019	0	0	0	0	0	0	319
55	13/12/2019	2	0	0	0	2	0	323
56	16/12/2019	0	0	0	0	0	0	315
57	17/12/2019	2	0	0	0	2	0	407
58	18/12/2019	3	0	0	0	3	0	575
59	19/12/2019	6	0	0	1	5	0	323
60	20/12/2019	2	0	0	0	2	0	311
61	23/12/2019	6	0	0	0	6	0	250

Keterangan:

NG = Jumlah data cacat pada setiap sampel (Buah)

TOTAL PROD = Hasil Produksi yang merupakan jumlah data produk cacat dan data produk baik

Lampiran 2 Nilai Jarak Mahalanobis pada Uji Normalitas

- Nilai Jarak Mahalanobis pada Produk *Case Transmission*

Sampel	d_i^2	Sampel	d_i^2
1	20.4745	32	3.82863
2	3.9961	33	0.66129
3	1.17003	34	1.17003
4	3.29751	35	1.17003
5	6.40915	36	1.35287
6	3.24475	37	1.17003
7	1.10359	38	1.16446
8	1.74828	39	1.38618
9	21.1199	40	1.17003
10	12.2355	41	1.17003
11	14.9706	42	1.17003
12	35.3765	43	3.31809
13	3.24475	44	1.43356
14	1.10359	45	6.33696
15	3.24475	46	0.66129
16	3.57868	47	8.43425
17	1.17003	48	3.9415
18	3.91258	49	1.17003
19	6.91605	50	1.17003
20	7.53689	51	1.17003
21	3.63511	52	4.38327
22	2.78798	53	3.24475
23	3.91258	54	0.66129
24	3.01819	55	1.10359
25	0.732	56	3.31809
26	1.17003	57	1.68071
27	1.17003	58	2.84823
28	59.0164	59	3.74271
29	0.732	60	0.66129
30	1.17003	61	0.67516
31	1.43356		

- Nilai Jarak Mahalanobis pada Produk *Housing Clutch*

Sampel	d_i^2	Sampel	d_i^2
1	19.9547	32	0.28889
2	0.28889	33	0.28889
3	0.28889	34	0.28889

Sampel	d_i^2	Sampel	d_i^2
4	0.28889	35	0.28889
5	0.28889	36	0.28889
6	0.28889	37	0.28889
7	0.28889	38	0.28889
8	0.28889	39	0.28889
9	4.31845	40	4.31845
10	0.28889	41	0.28889
11	0.28889	42	0.28889
12	0.28889	43	0.28889
13	19.9547	44	0.28889
14	0.28889	45	9.75547
15	4.31845	46	4.31845
16	0.28889	47	20.2632
17	0.28889	48	9.75547
18	0.28889	49	59.0164
19	0.28889	50	0.28889
20	0.28889	51	22.7696
21	0.28889	52	0.28889
22	0.28889	53	4.31845
23	0.28889	54	0.28889
24	0.28889	55	0.28889
25	0.28889	56	0.28889
26	0.28889	57	31.7542
27	0.28889	58	0.28889
28	0.28889	59	0.28889
29	0.28889	60	4.31845
30	7.57681	61	0.28889
31	0.28889		

- Nilai Jarak Mahalanobis pada Produk *Housing Extenssion*

Sampel	d_i^2	Sampel	d_i^2
1	0.76288	32	0.75908
2	3.08584	33	1.54232
3	14.6893	34	1.63248
4	1.54232	35	3.08584
5	0.49885	36	0.66778
6	0.75908	37	0.75908
7	4.21875	38	0.75908
8	2.54337	39	1.54232
9	0.385	40	1.10442

Sampel	d_i^2	Sampel	d_i^2
10	0.75908	41	12.9722
11	0.75908	42	16.8975
12	1.63248	43	9.89216
13	0.385	44	15.1914
14	0.66778	45	0.46757
15	0.75908	46	4.21875
16	32.6298	47	56.8436
17	0.75908	48	2.54337
18	0.76288	49	3.79072
19	18.3849	50	0.66778
20	1.54232	51	9.89216
21	3.08584	52	2.20171
22	0.76288	53	1.54232
23	3.08584	54	1.54232
24	0.75908	55	0.46757
25	1.54232	56	1.54232
26	0.66778	57	0.46757
27	4.21875	58	0.66778
28	0.66778	59	4.695705
29	32.6298	60	0.46757
30	1.54232	61	4.21875
31	0.46757		

Lampiran 3 Nilai q_i pada Uji Normalitas

- Pada Produk *Case Transmission*

Sampel	q_i	Sampel	q_i
1	0.508646	32	4.472237
2	0.825024	33	4.595464
3	1.043084	34	4.721385
4	1.223297	35	4.850265
5	1.382393	36	4.982393
6	1.52783	37	5.118088
7	1.663686	38	5.257704
8	1.792479	39	5.401636
9	1.915896	40	5.550326
10	2.035136	41	5.704276
11	2.151088	42	5.864059
12	2.264439	43	6.030332
13	2.375736	44	6.203856
14	2.485425	45	6.385523
15	2.593879	46	6.576385
16	2.701417	47	6.7777
17	2.808319	48	6.990987
18	2.91483	49	7.218109
19	3.021174	50	7.461387
20	3.127556	51	7.723762
21	3.234169	52	8.009048
22	3.341194	53	8.322311
23	3.448807	54	8.670501
24	3.557178	55	9.063516
25	3.666476	56	9.516177
26	3.77687	57	10.05217
27	3.888532	58	10.71299
28	4.001637	59	11.58219
29	4.116365	60	12.87384
30	4.232907	61	15.56662
31	4.35146		

- Pada Produk *Housing Clutch*

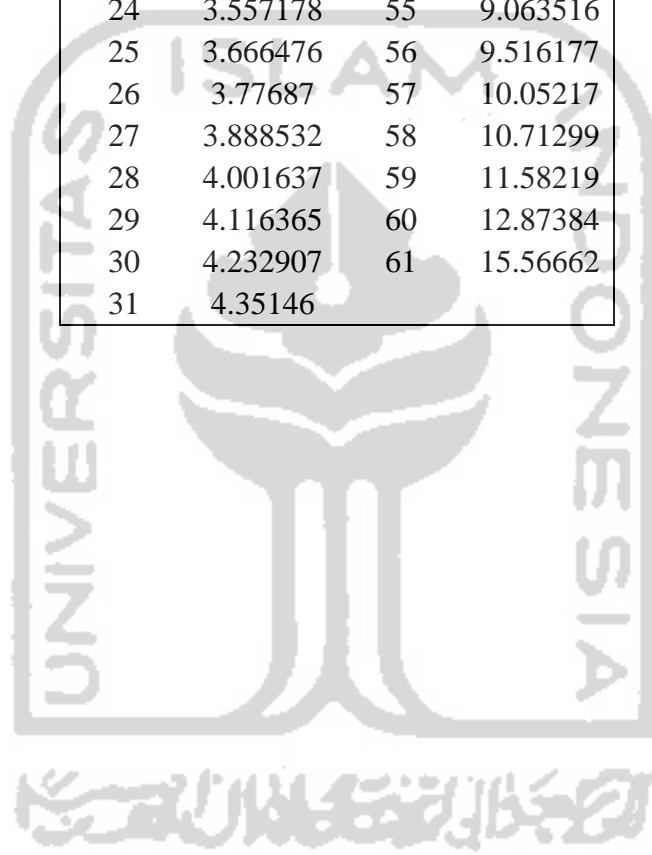
Sampel	q_i	Sampel	q_i
1	0.26769	32	3.462478
2	0.480092	33	3.570679
3	0.635689	34	3.681518
4	0.768481	35	3.795236
5	0.888327	36	3.912098
6	0.999736	37	4.032396

Sampel	qi	Sampel	qi
7	1.105223	38	4.156455
8	1.206367	39	4.28464
9	1.30424	40	4.417362
10	1.399613	41	4.555086
11	1.493067	42	4.698346
12	1.585056	43	4.847753
13	1.675948	44	5.00402
14	1.766044	45	5.167981
15	1.855604	46	5.34062
16	1.944851	47	5.523117
17	2.033984	48	5.716899
18	2.123182	49	5.923717
19	2.21261	50	6.145753
20	2.302423	51	6.385777
21	2.392769	52	6.647383
22	2.483789	53	6.935352
23	2.575622	54	7.256244
24	2.668408	55	7.619416
25	2.762283	56	8.03889
26	2.857391	57	8.537104
27	2.953875	58	9.15342
28	3.051886	59	9.967213
29	3.15158	60	11.18227
30	3.253124	61	13.73331
31	3.356694		

- Pada produk *Housing Extension*

Sampel	qi	Sampel	qi
1	0.508646	32	4.472237
2	0.825024	33	4.595464
3	1.043084	34	4.721385
4	1.223297	35	4.850265
5	1.382393	36	4.982393
6	1.52783	37	5.118088
7	1.663686	38	5.257704
8	1.792479	39	5.401636
9	1.915896	40	5.550326
10	2.035136	41	5.704276
11	2.151088	42	5.864059
12	2.264439	43	6.030332
13	2.375736	44	6.203856
14	2.485425	45	6.385523
15	2.593879	46	6.576385

Sampel	qi	Sampel	qi
16	2.701417	47	6.7777
17	2.808319	48	6.990987
18	2.91483	49	7.218109
19	3.021174	50	7.461387
20	3.127556	51	7.723762
21	3.234169	52	8.009048
22	3.341194	53	8.322311
23	3.448807	54	8.670501
24	3.557178	55	9.063516
25	3.666476	56	9.516177
26	3.77687	57	10.05217
27	3.888532	58	10.71299
28	4.001637	59	11.58219
29	4.116365	60	12.87384
30	4.232907	61	15.56662
31	4.35146		



Lampiran 4 Nilai Statistik T^2 Hotelling

- Pada Produk *Case Transmission*

Sampel	Nilai T^2	Sampel	Nilai T^2
1	20.4745	32	3.828625
2	3.996095	33	0.661289
3	1.170026	34	1.170026
4	3.297506	35	1.170026
5	6.409148	36	1.352865
6	3.244754	37	1.170026
7	1.103586	38	1.164461
8	1.748281	39	1.386177
9	21.11993	40	1.170026
10	12.23551	41	1.170026
11	14.97062	42	1.170026
12	35.37646	43	3.318086
13	3.244754	44	1.433563
14	1.103586	45	6.336957
15	3.244754	46	0.661289
16	3.578681	47	8.434252
17	1.170026	48	3.941498
18	3.912579	49	1.170026
19	6.91605	50	1.170026
20	7.536887	51	1.170026
21	3.635106	52	4.383269
22	2.787975	53	3.244754
23	3.912579	54	0.661289
24	3.018186	55	1.103586
25	0.731998	56	3.318086
26	1.170026	57	1.680714
27	1.170026	58	2.848227
28	59.01639	59	3.742713
29	0.731998	60	0.661289
30	1.170026	61	0.675162
31	1.433563		

- Pada Produk *Housing Clutch*

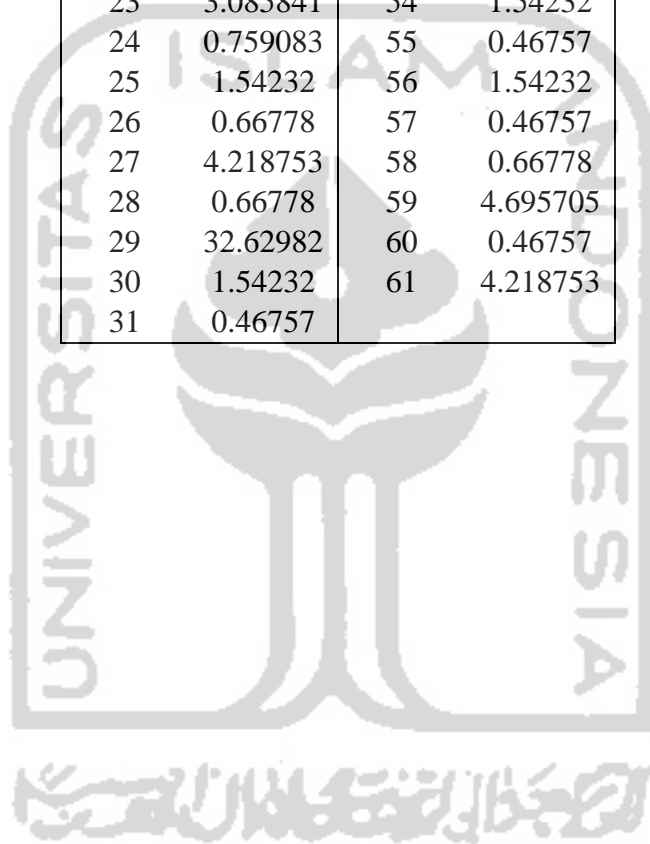
Sampel	Nilai T^2	Sampel	Nilai T^2
1	19.9547	32	0.28889
2	0.28889	33	0.28889
3	0.28889	34	0.28889
4	0.28889	35	0.28889
5	0.28889	36	0.28889

Sampel	Nilai T^2	Sampel	Nilai T^2
6	0.28889	37	0.28889
7	0.28889	38	0.28889
8	0.28889	39	0.28889
9	4.31845	40	4.31845
10	0.28889	41	0.28889
11	0.28889	42	0.28889
12	0.28889	43	0.28889
13	19.9547	44	0.28889
14	0.28889	45	9.75547
15	4.31845	46	4.31845
16	0.28889	47	20.2632
17	0.28889	48	9.75547
18	0.28889	49	59.0164
19	0.28889	50	0.28889
20	0.28889	51	22.7696
21	0.28889	52	0.28889
22	0.28889	53	4.31845
23	0.28889	54	0.28889
24	0.28889	55	0.28889
25	0.28889	56	0.28889
26	0.28889	57	31.7542
27	0.28889	58	0.28889
28	0.28889	59	0.28889
29	0.28889	60	4.31845
30	7.57681	61	0.28889
31	0.28889		

- Pada Produk *Housing Extenssion*

Sampel	Nilai T^2	Sampel	Nilai T^2
1	0.762881	32	0.759083
2	3.085841	33	1.54232
3	14.68925	34	1.632483
4	1.54232	35	3.085841
5	0.498847	36	0.66778
6	0.759083	37	0.759083
7	4.218753	38	0.759083
8	2.543372	39	1.54232
9	0.385002	40	1.104416
10	0.759083	41	12.97222
11	0.759083	42	16.89749
12	1.632483	43	9.892155
13	0.385002	44	15.19138
14	0.66778	45	0.46757

Sampel	Nilai T^2	Sampel	Nilai T^2
15	0.759083	46	4.218753
16	32.62982	47	56.84357
17	0.759083	48	2.543372
18	0.762881	49	3.790724
19	18.38487	50	0.66778
20	1.54232	51	9.892155
21	3.085841	52	2.201708
22	0.762881	53	1.54232
23	3.085841	54	1.54232
24	0.759083	55	0.46757
25	1.54232	56	1.54232
26	0.66778	57	0.46757
27	4.218753	58	0.66778
28	0.66778	59	4.695705
29	32.62982	60	0.46757
30	1.54232	61	4.218753
31	0.46757		



Lampiran 5 Tabel Distribusi *Chi-Square*

v	χ^2												
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.75	0.5	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	7.88	6.63	5.02	3.84	2.71	1.32	0.455	0.102	0.016	0.004	0.001	0.0002	0.0000
2	10.6	9.21	7.38	5.99	4.61	2.77	1.39	0.575	0.211	0.103	0.051	0.020	0.010
3	12.8	11.3	9.35	7.81	6.25	4.11	2.37	1.21	0.58	0.35	0.22	0.11	0.07
4	14.9	13.3	11.1	9.49	7.78	5.39	3.36	1.92	1.06	0.711	0.484	0.297	0.207
5	16.7	15.1	12.8	11.1	9.2	6.6	4.4	2.7	1.6	1.1	0.8	0.6	0.4
6	18.5	16.8	14.4	12.6	10.6	7.8	5.3	3.5	2.2	1.6	1.2	0.9	0.7
7	20.3	18.5	16.0	14.1	12.0	9.0	6.3	4.3	2.8	2.2	1.7	1.2	1.0
8	22.0	20.1	17.5	15.5	13.4	10.2	7.3	5.1	3.5	2.7	2.2	1.6	1.3
9	23.6	21.7	19.0	16.9	14.7	11.4	8.3	5.9	4.2	3.3	2.7	2.1	1.7
10	25.2	23.2	20.5	18.3	16.0	12.5	9.3	6.7	4.9	3.9	3.2	2.6	2.2
11	26.8	24.7	21.9	19.7	17.3	13.7	10.3	7.6	5.6	4.6	3.8	3.1	2.6
12	28.3	26.2	23.3	21.0	18.5	14.8	11.3	8.4	6.3	5.2	4.4	3.6	3.1
13	29.8	27.7	24.7	22.4	19.8	16.0	12.3	9.3	7.0	5.9	5.0	4.1	3.6
14	31.3	29.1	26.1	23.7	21.1	17.1	13.3	10.2	7.8	6.6	5.6	4.7	4.1
15	32.8	30.6	27.5	25.0	22.3	18.2	14.3	11.0	8.5	7.3	6.3	5.2	4.6
16	34.3	32.0	28.8	26.3	23.5	19.4	15.3	11.9	9.3	8.0	6.9	5.8	5.1
17	35.7	33.4	30.2	27.6	24.8	20.5	16.3	12.8	10.1	8.7	7.6	6.4	5.7
18	37.2	34.8	31.5	28.9	26.0	21.6	17.3	13.7	10.9	9.4	8.2	7.0	6.3
19	38.6	36.2	32.9	30.1	27.2	22.7	18.3	14.6	11.7	10.1	8.9	7.6	6.8
20	40.0	37.6	34.2	31.4	28.4	23.8	19.3	15.5	12.4	10.9	9.6	8.3	7.4
21	41.4	38.9	35.5	32.7	29.6	24.9	20.3	16.3	13.2	11.6	10.3	8.9	8.0
22	42.8	40.3	36.8	33.9	30.8	26.0	21.3	17.2	14.0	12.3	11.0	9.5	8.6
23	44.2	41.6	38.1	35.2	32.0	27.1	22.3	18.1	14.8	13.1	11.7	10.2	9.3
24	45.6	43.0	39.4	36.4	33.2	28.2	23.3	19.0	15.7	13.8	12.4	10.9	9.9
25	46.9	44.3	40.6	37.7	34.4	29.3	24.3	19.9	16.5	14.6	13.1	11.5	10.5
26	48.3	45.6	41.9	38.9	35.6	30.4	25.3	20.8	17.3	15.4	13.8	12.2	11.2
27	49.6	47.0	43.2	40.1	36.7	31.5	26.3	21.7	18.1	16.2	14.6	12.9	11.8
28	51.0	48.3	44.5	41.3	37.9	32.6	27.3	22.7	18.9	16.9	15.3	13.6	12.5
29	52.3	49.6	45.7	42.6	39.1	33.7	28.3	23.6	19.8	17.7	16.0	14.3	13.1
30	53.7	50.9	47.0	43.8	40.3	34.8	29.3	24.5	20.6	18.5	16.8	15.0	13.8
40	66.8	63.7	59.3	55.8	51.8	45.6	39.3	33.7	29.1	26.5	24.4	22.2	20.7
50	79.5	76.2	71.4	67.5	63.2	56.3	49.3	42.9	37.7	34.8	32.4	29.7	28.0
60	92.0	88.4	83.3	79.1	74.4	67.0	59.3	52.3	46.5	43.2	40.5	37.5	35.5
70	104.2	100.4	95.0	90.5	85.5	77.6	69.3	61.7	55.3	51.7	48.8	45.4	43.3
80	116.3	112.3	106.6	101.9	96.6	88.1	79.3	71.1	64.3	60.4	57.2	53.5	51.2
90	128.3	124.1	118.1	113.1	107.6	98.6	89.3	80.6	73.3	69.1	65.6	61.8	59.2
100	140.2	135.8	129.6	124.3	118.5	109.1	99.3	90.1	82.4	77.9	74.2	70.1	67.3

Lampiran 6 Syntax Diagram kontrol T^2 Hotelling

```
#diagram kontrol t2 hotelling
x=read.csv("D:\\KULIAH STATISTIKA S1\\BISMILLAH SKRIPSIKU\\Fuzzy
multivariat\\Data\\diagram kontrol t2 hotelling.csv",sep=";")
hc
#statistika deskriptif
summary(x)
#analisis uji korelasi
bartlett.test(x)
cor(x)

#uji Normalitas
v=var(x)
c=cov(x)
c
#membuat jarak mahalanobis
library(matlib)
inv_c=inv(c)
inv_c
rata=sapply(x,mean)
rata
a=dim(x)
xxbar=array(0, dim=c(a[1],a[2]))
for (i in 1:a[2]){
  for (j in 1:a[1])
    xxbar[j,i]= x[j,i]-rata[i]
}
xxbarata_rata=t(xxbar)
xxbarata_rata[,i]
t(xxbarata_rata[,i])
t(t(xxbarata_rata[,i]))
xxbarata_rata[,i]%%inv_c%%t(t(xxbarata_rata[,i]))

#fase 1
#membuat varian dan kovarian
#membuat matrik kovarian
proses1=read.csv("D:\\KULIAH STATISTIKA S1\\BISMILLAH
SKRIPSIKU\\Fuzzy multivariat\\Data\\baru bukan fuzzy.csv",sep=";")
fase1
v=var(proses1)
c=cov(proses1)
c
#membuat statistik tsquare
library(matlib)
inv_c=inv(c)
```

```

inv_c
rata=sapply(proses1,mean)
rata
a=dim(proses1)
xxbar=array(0, dim=c(a[1],a[2]))
for (i in 1:a[2]){
  for (j in 1:a[1])
    xxbar[j,i]= fase1[j,i]-rata[i]
}
xxbarata_rata=t(xxbar)

T=array(0,dim=c(a[1],1))
for (j in 1:a[1]){
  T[j,1]=xxbar[j,]%*%inv_c*%*%xxbarata_rata[j]
}
T
#Menghitung Batas Kontrol
#a[1]= sampel~m
#a[2]= variabel~p
g=a[2]/2
g
h=(a[1]-a[2]-1)/2
h
ucl=(((a[1]-1)^2)/a[1])*qbeta(0.95,g,h)
ucl
lcl=0
#diagram kontrol
bka=array(0,dim=c(a[1],1))
for (j in 1:a[1]){
  bka[j,1]=ucl
}
bka
bkb=array(0,dim=c(a[1],1))
for (j in 1:a[1]){
  bkb[j,1]=lcl
}
bkb
#membuat plot
plot(T, type = "b", col = "blue", xlab= "Pengamatan", ylab = "T2",
      main = "Plot pada Diagram Kontrol T2 Hotelling")
lines(c(1:31), rep(ucl,31), col="red")
#Jumlah observasi yang keluar
out=array(NA,dim=c(a[1],1))
for(j in 1:a[1]){
  if(T[j,1]>=ucl){

```

```

    out[j,1]=1}
else if(T[j,1]<lcl){
    out[j,1]=1}
else out[j,1]=0
}
tot.out=sum(out)
tot.out
#observasi yang keluar
obs=as.numeric(a[1])
for(j in 1:a[1]){
    if(T[j,1]>=ucl){
        obs[j]=j}
    else if(T[j,1]<lcl){
        obs[j]=j}
    else obs[j]=0
}
obs_out=obs
obs_out

#fase 2
xnew=read.csv("D:\\KULIAH STATISTIKA S1\\BISMILLAH
SKRIPSIKU\\Fuzzy multivariat\\Data\\fase 2 proses 1 bukan
fuzzy.csv",sep=";")
xnew
v=var(proses2)
c=cov(proses2)
#membuat statistik tsquare
library(matlib)
inv_c=inv(c)
inv_c
rata=sapply(proses2,mean)
rata
anew=dim(xnew)
anew
xxbarnew=array(0, dim=c(anew[1],anew[2]))
for (i in 1:anew[2]){
    for (j in 1:anew[1])
        xxbarnew[j,i]= xnew[j,i]-rata[i]
}
xxbarata_ratanew=t(xxbarnew)
xxbarata_ratanew

Tnew=array(0,dim=c(anew[1],1))
for (j in 1:anew[1]){
    Tnew[j,1]=xxbarnew[j,1]*%*%inv_c*%*%xxbarata_ratanew[j]
}

```

```

}
Tnew
#Menghitung batas kontrol
# p=a[2] m=a[1]
gnew=anew[2]
gnew
hnew=(a[1]-anew[2])
hnew
uclnew=((anew[2]*(a[1]-1)*(a[1]+1))/(a[1]*(a[1]-
anew[2])))*qf(0.95,hnew,gnew)
uclnew
lcl=0
#Diagram kontrol
bkanew=array(0, dim=c(anew[1],1))
for (j in 1:anew[1]){
  bkanew[j,]=uclnew
}
bkanew
bkbnew=array(0, dim=c(anew[1],1))
for (j in 1:anew[1]){
  bkbnew[j,1]=lcl
}
bkbnew
#Membuat plot
plot(Tnew, type = "b", col = "blue", xlab = "Pengamatan", ylab = "T2",
      main = "Plot Diagram Kontrol T2 Hotelling Fase 2")
lines(c(1:30), rep(uclnew, 30))
#Jumlah observasi yang keluar
out=array(NA,dim=c(anew[1],1))
for(j in 1:anew[1]){
  if(Tnew[j,1]>=uclnew){
    outnew[j,1]=1}
  else if(Tnew[j,1]<lcl){
    outnew[j,1]=1}
  else outnew[j,1]=0
}
tot.outnew=sum(outnew)
tot.outnew
#Observasi yang keluar
obsnew=as.numeric(anew[1])
for(j in 1:anew[1]){
  if(Tnew[j,1]>=uclnew){
    obsnew[j]=j}
  else if(Tnew[j,1]<lcl){
    obsnew[j]=j}
}

```



```

else obsnew[j]=0
}
obs_outnew=obsnew
obs_outnew

#Dekomposisi MYT
#membuat varian dan kovarian
#membuat matrik kovarian
dekomposisi2=read.csv("D:\\KULIAH STATISTIKA S1\\BISMILLAH
SKRIPSIKU\\Fuzzy multivariat\\Data\\dekomposisi2.csv",sep=";")
dekomposisi2
v=var(dekomposisi2)
c=cov(dekomposisi2)
c
#membuat statistik tsquare
library(matlib)
inv_c=inv(c)
inv_c
rata=sapply(dekomposisi2,mean)
rata
a=dim(dekomposisi2)
xxbar=array(0,dim=c(a[1],a[2]))
for (i in 1:a[2]){
  for (j in 1:a[1])
    xxbar[j,i]= dekomposisi2[j,i]-rata[i]
}
xxbarata_rata=t(xxbar)

T=array(0,dim=c(a[1],1))
for (j in 1:a[1]){
  T[j,1]=xxbar[j,]*inv_c[j]*xxbarata_rata[j]
}
T
#Menghitung Batas Kontrol
#a[1]= sampel~m
#a[2]= variabel~p
g=a[2]/2
g
h=(a[1]-a[2]-1)/2
h
ucl=(((a[1]-1)^2)/a[1])*qbeta(0.95,g,h)
ucl
lcl=0
#diagram kontrol
bka=array(0,dim=c(a[1],1))

```

```

for (j in 1:a[1]){
  bka[j,1]=ucl
}
bka
bkb=array(0,dim=c(a[1],1))
for (j in 1:a[1]){
  bkb[j,1]=lcl
}
bkb

#Jumlah observasi yang keluar
out=array(NA,dim=c(a[1],1))
for(j in 1:a[1]){
  if(T[j,1]>=ucl){
    out[j,1]=1}
  else if(T[j,1]<lcl){
    out[j,1]=1}
  else out[j,1]=0
}
tot.out=sum(out)
tot.out
#observasi yang keluar
obs=as.numeric(a[1])
for(j in 1:a[1]){
  if(T[j,1]>=ucl){
    obs[j]=j}
  else if(T[j,1]<lcl){
    obs[j]=j}
  else obs[j]=0
}
obs_out=obs
obs_out

#Suku Tidak Bersyarat
#Menghitung Batas Kontrol
# p=a[2] m=a[1]
gnew=61-1
gnew
hnew=1
hnew
uclnew=((61+1)/61)*qf(0.95,hnew,gnew)
uclnew
#Menghitung Batas Kontrol Subvector
gsub=anew[2]/2
gsub

```

hsub=(61-anew[2])
hsub
uclsub=((anew[2]*(61-1)*(61+1))/(61*(61-anew[2])))*qf(0.95,hsub,a[2])
uclsub

