

KAWALAN PROSES BERSTATISTIK MENGGUNAKAN
CARTA KAWALAN MULTIPEMBOLEHUBAH BAGI
MEMERHATI PEMBUATAN UBAT CECAIR

NORAZAH BINTI ABU BAKAR

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI
IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN
KEPUJIAN

PROGRAM MATEMATIK DENGAN EKONOMI
SEKOLAH SAINS DENGAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

APRIL 2008

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: KAWALAN PROSES BERSTATISTIK MENGGUNAKANCARTA KAWALAN MULTIPEMBOLEHUBAH BAGI MEMERHATI PEMBUATAN
UBAT CECAIRIJAZAH: SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIANSAYA NGRAZAH BINTI ABU BAKAR
(HURUF BESAR)SESI PENGAJIAN: 2007/2008

mengaku membenarkan tesis (LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

SULIT

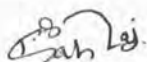
(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan Oleh



(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 37 JALAN
CEMPAKA 3, TAMAN CEMPAKA,
68000 AMPANG, SELANGOR

Tarikh: 30 APRIL 2008

Siti Rahayu Mohd. Hashim
Pensyarah / Penasihat Akademik
Program Matrikulasi Dengan Ekonomi
Nama Penyelia
Sekolah Sains Dan Teknologi
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Tarikh: 30 APRIL 2008

CATATAN:- *Potong yang tidak berkenaan.

**Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa /organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

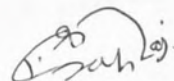
@Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

30 April 2008



NORAZAH BT ABU BAKAR

HS2004-4808



DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

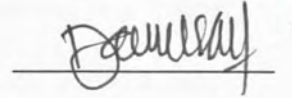
1. PENYELIA

(PUAN SITI RAHAYU BT MOHD HASHIM)



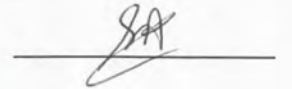
2. PEMERIKSA 1

(PUAN DARMESAH BT GABDA)



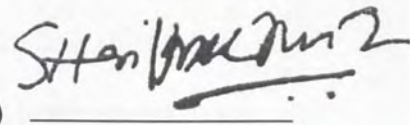
3. PEMERIKSA 2

(CIK SURIANI BT HASSAN)



4. DEKAN

(SUPT/KS PROF. MADYA DR. SHARIFF A.K OMANG)



PENGHARGAAN

Assalamualaikum w.b.t dan salam sejahtera. Bersyukur saya kehadiran Ilahi kerana dengan limpah kurniaNya dapatlah kiranya saya menyiapkan kajian ini selengkapnya. Walau berbagai dugaan dan cabaran perlu dihadapi dalam menyiapkan projek ini namun dengan adanya galakan dari semua pihak, dapat saya meneruskan perjuangan ini. Terima kasih yang tidak terhingga saya ucapkan kepada ibu bapa yang sentiasa memberi sokongan dan dorongan selain menjadi penyunting semangat untuk saya tidak mudah berputus asa. Penghargaan ribuan terima kasih kepada penyelia saya, Puan Siti Rahayu Bt Mohd Hashim kerana banyak memberi tujuk ajar, bimbingan dan pendapat dalam usaha menghasilkan projek ini. Beliau seorang mentor yang baik, sangat memahami dan bertimbang rasa dalam membimbing saya dan rakan-rakan seperjuangan. Semoga beliau akan dimudahkan rezeki olehNya. Kepada pihak kilang yang sungguh bermurah hati menyediakan data untuk saya dan rakan saya, jutaan terima kasih saya ucapkan. Penghargaan yang tidak terhingga kepada semua yang membantu dalam menyiapkan projek ini terutamanya kepada semua rakan seperjuangan. Jasa baik tuan puan, hanya Allah dapat membalasnya. Sekian terima kasih.



ABSTRAK

Kawalan proses berstatistik menggunakan carta kawalan multipembolehubah adalah satu kaedah pemerhatian terhadap dua atau lebih ciri kualiti pada satu masa. Apabila proses didapati tidak stabil, carta kawalan multipembolehubah dapat mengenalpasti ciri kualiti yang menyebabkan ketidakstabilan itu berlaku. Dalam kajian ini, carta kawalan T^2 Hotelling digunakan untuk mengetahui sama ada proses terkawal secara statistik. Data yang digunakan adalah data pembuatan ubat jenis cecair. Had kawalan atas memainkan peranan penting untuk mengetahui kestabilan proses dengan menggunakan carta kawalan T^2 Hotelling ini. Apabila terdapatnya isyarat luar kawal, ciri kualiti yang membuatnya berada di luar kawal dapat diketahui dengan menggunakan kaedah *decompose*. Akhirnya, pemantauan proses pembuatan ubat tersebut dapat dilakukan untuk penambahbaikan kualiti proses.

Kata kunci : Carta kawalan multipembolehubah, kawalan proses berstatistik, kaedah *decompose*.



STATISTICAL PROSESS CONTROL USING MULTIVARIATE CONTROL CHART TO MONITOR LIQUID MEDICINE PRODUCING

ABSTRACT

Multivariate statistical process control is a situation which simultaneous monitoring of two or more related quality characteristic. When there is a fault detected, multivariate control chart can show which quality characteristic is causing the fault. For this case study, Hotelling T^2 control chart is being used in order to know the process is under control statistically. The data has been used in this study is a liquid medicine producing. When using the Hotelling T^2 control chart, the upper control limit is the one that importance to determine that the process is in control. Whenever knowing that there is/are signals out of control, the quality characteristic that cause out of control can be determine using decompose method. Finally, the future process production can be monitor to get early views to enhancement process quality.

Key words: Multivariate control charts, multivariate statistical process control, decompose method.



SENARAI KANDUNGAN

Muka Surat

PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI SIMBOL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kawalan Proses Berstatistik	2
1.3 Objektif Kajian	3
1.4 Penyataan Permasalahan	4
1.5 Skop Kajian	4
BAB 2 ULASAN LITERATUR	
2.1 Kualiti	5
2.2 Kawalan Proses Berstatistik	7
2.3 Carta Kawalan	7
2.4 Carta Kawalan T^2 Hotelling	9
BAB 3 METODOLOGI	
3.1 Pengenalan	15
3.2 Tujuh Alatan Asas Dalam Kawalan Proses Berstatistik	15
3.2.1 Helaian semakan	17
3.2.2 Carta alir	19
3.2.3 Rajah sebab dan akibat	21



3.2.4	Carta Pareto	22
3.2.5	Histogram	23
3.2.6	Taburan serakan	24
3.2.7	Carta Kawalan	25
3.3	Taburan normal bagi data multipembolehubah	26
3.4	Nilai-Nilai Statistik Awal Bagi Mendapat Nilai Statistik T^2	27
3.5	T^2 Hotelling	30
3.6	Penerangan Apabila Wujud Isyarat Luar Kawal Bagi Carta Kawalan T^2 Hotelling	33

BAB 4 KEPUTUSAN DAN ANALISIS DATA

4.1	Pengenalan	36
4.2	Maklumat data	36
4.3	Andaian Taburan Normal Data Multipembolehubah	38
4.4	Memproses Data- Alatan Asas Dalam Kawalan Proses Berstatistik	39
4.4.1	Helaian semakan.	39
4.4.2	Carta alir.	41
4.4.3	Rajah sebab dan kesan	42
4.4.4	Histogram	43
4.4	Nilai-Nilai Statistik Awal Bagi Mendapat Nilai Statistik T^2	45
4.5	T^2 Hotelling	49
4.6	Pemantauan bagi bulan April 2007	52

BAB 5 PERBINCANGAN, KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1	Perbincangan	59
5.2	Kesimpulan	63
5.3	Cadangan	64

RUJUKAN	66
---------	----

LAMPIRAN	67
----------	----



SENARAI JADUAL

NO.	Jadual	Muka Surat
3.1	Jadual bagi nilai-nilai statistik menggunakan kaedah <i>decompose</i>	34
4.1	Ujian Kenormalan	38
4.2	Helaian semakan bagi data untuk pembutan ubat jenis cecair	39
4.3	Jadual T^2 <i>Hotelling</i>	49
4.4	Jadual T^2 <i>Hotelling</i> bagi data bulan April 2007	52
4.5	Jadual bagi nilai-nilai statistik menggunakan kaedah <i>decompose</i> bagi fasa II	54



SENARAI RAJAH

NO.	Rajah	Muka Surat
2.1	Pengertian proses	6
2.2	Rajah kawalan <i>Hotelling</i> bagi sub kumpulan 3 voltan bagi fasa I	11
2.3	Analisis <i>Hotelling</i> bagi sub kumpulan 3 voltan bagi fasa II	11
2.4	Kawasan pertindihan pembolehubah X dan Y	14
3.1	Contoh helaian semakan untuk penyeliaan	18
3.2	Perwakilan bagi membuat carta alir	19
3.3	Contoh carta alir bagi pemilihan uniform sekolah	20
3.4	Contoh rajah sebab dan akibat-Pengurangan penggunaan dan permintaan kereta sorong	21
3.5	Contoh carta Pareto bagi sumbangan industri kepada negara DEF	22
3.6	Contoh histogram bilangan pembelian tiket melawan masa	23
3.7	Contoh rajah taburan serakan- Kesan purata merokok dalam sehari terhadap fungsi paru-paru	24
3.8	Contoh carta kawalan p untuk kelewatan pembayaran invoice	25
4.1	Carta alir bagi penghasilan ubat	41
4.2	Rajah sebab dan akibat bagi kesalahan bilangan atau sukatan ubtan berbentuk pil, cecair atau suspensi	42
4.3	Histogram bagi data konduktiviti	43
4.4	Rajah batang dan daun bagi nilai pH	44
4.5	Plot kotak bagi data jumlah organik karbon	44
4.6	Carta kawalan T^2 <i>Hotelling</i>	51
4.7	Carta kawalan T^2 <i>Hotelling</i> bagi data bulan April 2008	53



SENARAI SIMBOL

$>$	besar daripada
$=$	sama dengan
$-$	tolak
$+$	tambah
$\sqrt{\quad}$	punca kuasa dua
Σ	hasil tambah
$<$	kurang daripada
x_j	nilai cerapan
\bar{x}_j	purata cerapan individu sehingga ke- j ciri kualiti
m	bilangan sub sampel
s_j^2	varians
s_{ij}	kovarians
S	matriks varians-kovarians
S^I	matriks varians-kovarians songsang
T^2	nilai statistik T^2 Hotelling
d_i	petunjuk bagi sumbangan relatif bilangan pembolehubah pada masa i terhadap kesemua statistik
T_i^2	nilai statistik T^2 bagi semua pembolehubah kecuali pada masa i



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Pada zaman yang moden dan global ini, terdapat barangan mahupun perkhidmatan yang menjadi antara keperluan dan kehendak kepada setiap individu. Seperti yang anda sedia maklum barangan yang menjadi keperluan kepada manusia adalah seperti pakaian, telefon, tempat tinggal dan lain-lain. Tetapi pada zaman teknologi kini, barangan seperti telefon mudah alih, komputer riba, kereta mewah telah mula bertakhta di hati sesetengah individu untuk memilikinya sebagai sebahagian barangan yang dihendaki. Walau apapun tujuan sesuatu barangan itu dimiliki, setiap manusia menginginkan barangan tersebut adalah pada tahap terbaik tidak kiralah dari segi kualitinya, cara barangan itu berfungsi mahupun jangka hayat barangan tersebut.

Kualiti dan pembaharuan proses sekarang ini menjadi perhatian yang utama dalam bidang perniagaan dan industri pembuatan di seluruh dunia (Badiru & Ayeni, 1993). Penunjuk terbaik sesuatu produk itu adalah apabila pembuatannya berada pada tahap optimum dalam penghasilannya.



Kawalan kualiti adalah terma bagi pengumpulan aktiviti ketika proses dan teknik untuk menghasilkan sesuatu ciri kualiti. Kawalan kualiti diperlukan untuk memastikan setiap barangan keperluan atau perkhidmatan memenuhi suatu tahap kualiti seperti yang dikehendaki oleh pelanggan. Kawalan kualiti membantu untuk sesuatu barangan itu mendapatkan pasaran yang lebih luas, lebih berdaya saing serta mendapat pengiktirafan seluruh dunia. Sekiranya ianya didaftarkan, maka ia akan menjadi kelebihan bagi penghasil barangan kerana dalam era yang globalisasi ini penjagaan kualiti akan dapat mengaut ketuntungan. Kawalan kualiti boleh dibahagikan kepada dua peringkat iaitu peringkat pemprosesan dan pada reka bentuk.

Ketika dalam setiap proses pembuatan, perkara yang paling penting adalah mengawasi produk yang dibuat memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Dalam istilah umum, terdapat dua kriteria yang penting dalam menentukan kualiti produk iaitu penyimpangan dari nilai sebenar dan variasi berlebihan di sekitar nilai sebenar. Dalam peringkat awal pembuatan produk, rekabentuk eksperimen sangat berguna untuk mengoptimalkan kedua-dua sifat kualiti tersebut.

1.2 Objektif Kawalan Proses Berstatistik

Barangan yang mempunyai spesifikasi yang tertentu serta mendapat pengiktirafan akan selalu mendapat tempat di hati pelanggan. Kawalan kualiti akan memberi manfaat kepada pengilang mahupun kepada mereka yang menginginkan barangan tersebut. Antara kebaikan kepada pengeluar adalah kawalan kualiti akan dapat meminimalkan kos pembuatan serta memaksimumkan hasil pengeluaran. Ini kerana



penyelenggaraan kualiti dilakukan dari awal pembuatan barangan lagi iaitu pada peringkat pemprosesan. Barangan yang menepati suatu tahap spesifikasi, akan mudah dikomersialkan selain mewujudkan komunikasi yang konsisten di antara pembekal dan pelanggan.

Secara dasarnya, kawalan kualiti proses berstatistik ditakrifkan sebagai sebuah operasi dengan merujuk kepada carta kawalan *Shewhart*. Ia memberikan dua maklumat iaitu keadaan proses yang diperhati adalah dipengaruhi oleh subjek-subjek besar atau sifat-sifat major dan juga taburan statistik yang sama memberikan turutan pembuatan mempengaruhi sesuatu barang menurut Trietsch (1999).

1.3 Objektif Kajian

Berbagai-bagai usaha dilakukan bagi mengawal sesuatu kualiti. Oleh yang demikian beberapa objektif dapat diletakkan untuk membantu menyelesaikan lagi masalah yang berbangkit. Antara objektif yang boleh dilakukan dalam kajian ini adalah:

- i. Untuk menjalankan kawalan proses multipembolehubah menggunakan carta kawalan T^2 Hotelling.
- ii. Mendapatkan had kawalan atas dan had kawalan bawah bagi fasa I.
- iii. Menentukan samada proses pembuatan adalah terkawal atau tidak secara statistik.
- iv. Untuk mengenalpasti ciri kualiti yang berkemungkinan menyumbang kepada nilai luar kawalan ketika proses sedang berjalan.
- v. Mendapatkan had kawalan atas dan had kawalan bawah bagi fasa II.



- vi. Membuat pemantauan bagi data yang akan datang.

1.4 Penyataan Permasalahan

Terdapat beberapa masalah yang dihadapi ketika menyiapkan kajian ini antaranya ialah penyesuaian kaedah yang bakal digunakan apabila memperoleh data. Data yang diperoleh mungkin berbentuk cerapan bersifat individu ataupun cerapan berbentuk kumpulan. Maka rumus yang bersesuaian harus digunakan untuk meneruskan analisis. Penentuan had kawalan atas bagi carta kawalan juga akan bergantung kepada bentuk cerapan yang diperoleh.

1.5 Skop Kajian

Data yang bakal dianalisis diperoleh dari sebuah kilang pembuatan ubat di Sungai Petani, Kedah. Data ini merupakan data ubat berbentuk cecair. Kawalan kualiti yang dibuat ke atas ubat cecair berkenaan adalah kawalan ke atas nilai pH, konduktiviti dan jumlah organik karbon yang terkandung pada air sebelum penghasilan ubat cecair berkenaan. Fasa pertama telah menggunakan data bagi bulan Februari dan Mac 2007. Jumlah sub sampel bagi kedua-dua bulan tersebut adalah sebanyak 42 sub sampel bagi setiap sampel. Bagi fasa kedua iaitu fasa pemantauan, data pada bulan April 2007 telah digunakan. Fasa ini dilakukan bagi penambahbaikan kualiti ketika proses sedang berjalan.



BAB 2

ULASAN LITERATUR

2.1 Kualiti

Pengertian kawalan kualiti menurut Summers (1997) merujuk kepada kegunaan spesifikasi dan penyeliaan bahagian penuh, sub kumpulan bagi menghasilkan sesuatu produk. Produk itu juga boleh mempunyai kualiti lain seperti corak, rekabentuk, daya tahan lasak dan lain-lain.

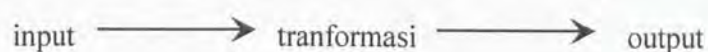
Walter Shewhart dikatakan perintis kepada permulaan kualiti menurut Smith (2004). Beliau pada awalnya telah membangunkan konsep carta kawalan semasa bekerja di bahagian penyelidikan di *Bell Labs*. Beliau berpendapat kualiti mempunyai kebaikan dan keburukan yang tersendiri. Kualiti dikatakan berkaitan dengan spesifikasi pengukurannya untuk meminimalkan varians melalui nilai jangkaan. Ia juga dilihat sebagai nilai material dan komersial seperti kos, kegunaan mahupun estetika jika dilihat dari sudut negatifnya.



W. Edwards Deming juga merupakan individu yang dikatakan memberi sumbangan kepada kualiti oleh Smith (2004). Beliau dikatakan telah mengembangkan kualiti ke tahap yang tinggi dalam perindustrian di Amerika Syarikat. Pembangunan kualiti ini bermula secara perlahan-lahan pada tahun 1930 tetapi berhenti seketika ketika berlakunya Perang Dunia Kedua. Tamatnya peperangan melihatkan industri di Amerika menjadi tidak stabil dan kebanyakan industri di serata dunia dibinasakan. Tetapi permintaan masih berterusan dan meningkat bagi kebanyakan barangan. Pada ketika ini kualiti telah tidak dititikberatkan.

Smith (2004) turut menyatakan W. Edwards Deming berpendapat kualiti boleh dinilai sendiri oleh pengguna. Sebagai pengguna, kualiti menjadi ukuran apabila membeli sesuatu produk kerana mereka akan merasa produk itu memenuhi kehendak atau keinginan mereka sebagai pengguna.

Suatu proses yang didefinisikan dalam ISO 9000-2000 ialah set yang berkait rapat atau aktiviti interaksi untuk menukar input menjadi output (Wadsworth *et al.*, 2002). Satu proses boleh didefinisikan sebagai satu jujukan aktiviti yang memperlihatkan sifat-sifat yang mempunyai input yang boleh disukat, penambahan nilai transformasi dan output yang disukat dengan beberapa aktiviti yang diulangi, ditakrif dan diramalkan. Dengan kata lain ia boleh diringkaskan kepada



Rajah 2.1 Pengertian proses.

2.2 Kawalan Proses Berstatistik

Kawalan proses berstatistik adalah memadai untuk mencapai keputusan yang konstan, tetapi tidak semestinya keputusan yang memuaskan menurut Trietsch (1999). Oleh yang demikian, kawalan proses berstatistik tidak semestinya bersifat kejayaan menurutnya lagi. Maka dapat dikatakan untuk menyesuaikan proses kepada nilai sasaran yang tepat, terdapat kaedah untuk dilakukan. Kaedah itu adalah dengan melakukan pelarasan yang konsisten dalam kawalan proses berstatistik. Satu proses yang pincang atau tidak saksama menghasilkan produk yang tersasar dari nilai min masih boleh berada dalam kawalan berstatistik, selagi ia adalah kepincangan yang dapat dijangka. Beliau juga berpendapat carta kawalan melibatkan pengumpulan data pada masa-masa tertentu dapat mudah disemak dengan adanya sub kumpulan.

2.3 Carta Kawalan

Kawalan proses secara statistik kebiasaannya membincangkan lebih banyak data untuk dianalisis (Banks, 1989). Untuk mendapatkan bukti secara statistik terhadap eksperimen yang dibuat, carta kawalan adalah yang paling sesuai untuk menunjukkan keadaan terkawalnya sesuatu analisis itu. Ia bergantung juga kepada jenis data yang hendak dikaji. Terdapat beberapa carta yang boleh dibuat perbandingan dengan data yang ingin dikaji contohnya carta *Shewhart*, *Run Chart*, *the Basic x and R Chart*, carta p dan np , carta c dan u , carta perjumlahan longgokan dan lain-lain.

Badiru & Ayeni (1993) menyatakan pertambahan longgokan berbentuk ujian nisbah adalah untuk menguji hipotesis samada min proses adalah sama dengan nilai



sasaran. Sebarang perubahan dalam min proses dari nilai sasaran akan diperhatikan pada perubahan dalam cerun pada carta pertambahan longgokan. Cara ini membolehkan perubahan kecil yang berulang kali dikesan dalam min proses jika dibandingkan dengan carta *Shewhart*.

Dalam penulisan *Zhu et al.* (2006), penggunaan carta kawalan multipembolehubah mengawasi tindakbalas *chromatogram* telah dibincangkan. Beliau menggunakan carta-D dan carta-Q dari kawalan proses berstatistik untuk menentukan sampel yang mana akan di luar kawalan dan memberikan ramalan diagnosis mengapa sampel mempunyai masalah. Di akhir pencarian, beliau mendapati carta-D adalah yang terbaik dalam memerhati persembahan permasalahan dengan alatan operasi. Manakala carta-Q adalah yang terbaik dalam mengesan kewujudan pencemaran semasa tindakbalas dijalankan. Beliau menggunakan *Factor Analysis Window (FAW)* yang diubahsuai untuk mendapatkan lebih maklumat dari matriks data asal yang diperolehi. *Factor Analysis Window* adalah lebih cekap dengan mengurangkan masalah yang timbul. Untuk mendapatkan *Factor Analysis Window*, data matriks C untuk dimensi $I \times K$ yang mengandungi puncak *chromotographic* dan *chromatogram* telah digunakan. Untuk setiap sub matriks, data mentah dan data yang dianalisis digunakan.

Ketika memerhati pertambahan proses penuaan dalam pigmen dan permukaan kayu oleh *Marengo et al.* (2004), beliau menggunakan *FT-Raman Spectroscopy* dan carta kawalan multipembolehubah. Menurutnya teknik secara terperinci yang paling sesuai digunakan dalam *cultural heritage* adalah NIR (*near-infrared*) dan *Raman Spectroscopy*. Penuaan *FT-Raman Spectroscopy* kepada carta kawalan multipembolehubah adalah kaedah baru dalam memerhati pemeliharaan pigmentasi



dan pada permukaan kayu. Bahan-bahan tersebut telah didedahkan kepada keadaan pertambahan proses penuaan. Ini adalah untuk menilai kesan rawatan yang diaplikasi ke atas permukaan yang baik. Dalam kertas kerjanya, beliau telah mengembangkan prinsip kawalan proses berstatistik untuk memerhati *cultural heritage* dengan data *spectroscopic* yang dikumpulkan. *Raman spectra* telah dianalisis dengan menggunakan prinsip analisis komponen dan beberapa komponen yang digunakan adalah untuk membina carta kawalan *Shewhart*, dan carta perjumlahan longgokan. Carta perjumlahan longgokan telah terbukti lebih efektif dalam mengesan kesan rawatan dengan tepat pada permulaannya. Dalam keadaan kayu jenis papan, beberapa prinsip komponen dapat digunakan, contohnya dengan menggunakan *Scores Monitoring And Residual Tracking (SMART)* telah dikaji. Beliau mendapati perubahan pigmentasi permulaan dikesan selepas pendedahan kepada larutan berasid dan cahaya *UV*. Manakala tiada kesan yang dikenalpasti kepada permukaan yang dicat walaupun didedahkan kepada atmosfera semulajadi.

2.4 Carta Kawalan T^2 Hotelling

Dalam kajian Villalobos (2003), beliau membincangkan beberapa ciri variasi menggunakan 3 jenis carta untuk memerhati *surface mountain devices (SMD)*. Beliau menggunakan carta T^2 Hotelling, carta *MEWMA (Multivariate Exponential Weighted Moving Average)* dan juga carta *MCUSUM (Multivariate Cumulative Summation)*. Sampel dibahagi kepada dua kategori iaitu sampel dengan selang seragam dan juga sampel selang tidak seragam. Untuk sampel dengan selang seragam, carta *MEWMA* menunjukkan prestasi yang paling cekap berbanding carta T^2 Hotelling dan carta *MCUSUM*. Carta *MEWMA* juga adalah yang terpanas mengesan pergerakan atau



perubahan dalam min proses. Akan tetapi dalam sampel selang tidak seragam, hanya carta *Hotelling* dapat menunjukkan keputusan terhadap sampel selang tidak seragam yang mana ia menunjukkan keputusan yang lebih pantas dari carta *MEWMA* bagi sampel dengan selang seragam.

Penulisan Xue *et al.* (2006) telah menggunakan analisis T^2 *Hotelling* untuk memperbaiki prestasi *polimer electrolyte membrane (PEM)* dalam sistem *fuel cell*. Dalam penulisan tersebut mengkaji beberapa model secara serentak terhadap output voltage dan juga masa sebagai garis panduan. Kaedah ini mengambilkira ketahanan dan kesensitivitian dalam mengesan proses kawalan dan mengesan kesilapan. Apabila voltan output beroperasi dalam keadaan normal, had kawalan atas bagi fasa I dikirakan dengan menggunakan rumus:

$$UCL_{p,m,\alpha}^1 = \frac{p(m-1)^2}{m(m-p)} F_{\alpha(p,m-p)}$$

p = bilangan pembolehubah

m = bilangan keseluruhan sampel.

$F_{\alpha(p,m-p)}$ = taburan F dengan $p, m-p$ adalah darjah kebebasan

Sebarang nilai statistik T^2 yang melebihi had kawalan atas, maka akan dikeluarkan daripada nilai jangkaan atau menyemak semula had kawalan atas (terhadap aras keyakinan). Tertib penyingkiran ini diteruskan sehingga garis asalan mencapai kawalan. Fasa II untuk mencari nilai statistik T^2 telah diubah sebagai:

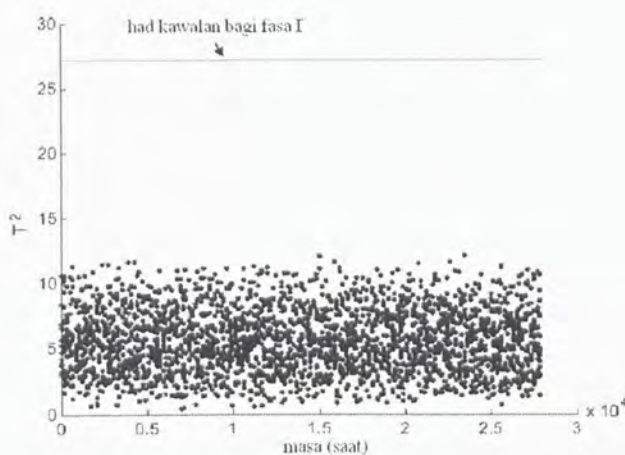
$$UCL_{p,m,\alpha}^2 = \frac{p(m-1)(m+1)}{m(m-p)} F_{\alpha(p,m-p)}$$

p = bilangan pembolehubah

m = bilangan keseluruhan sampel.

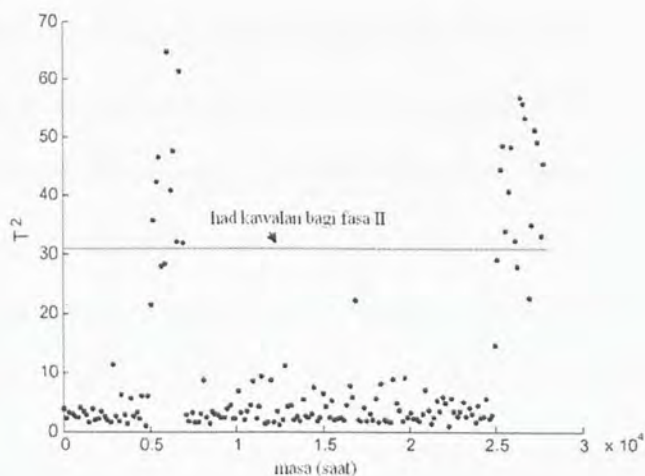
$F_{\alpha(p,m-p)}$ = taburan F dengan $p, m-p$ adalah darjah kebebasan

Dalam kajian Xue *et al.* (2006) telah mendapat keputusan seperti yang berikut bagi fasa pertama,



Rajah 2.3 Rajah kawalan *Hotelling* bagi sub kumpulan 3 voltan bagi fasa I

Bagi fasa kedua,



Rajah 2.4 Analisis *Hotelling* bagi sub kumpulan 3 voltan bagi fasa II

Didapati analisis menggunakan kaedah *Hotelling T²* memberikan pengesanan yang amat sensitif terhadap mengesan keadaan luar kawal pada peringkat sangat awal.

Chen (2006) telah mengkaji kegunaan skim penyesuaian sampel untuk meningkatkan kuasa bagi carta *fixed sampling rate (FSR)*. Tiga parameter pada carta kawalan *T²* adalah saiz sampel, selang sampel dan faktor peratusan tindak balas. Bagi menentukan had tindakan, perbezaan antara dua nilai bagi keadaan pegun atau tegang dikirakan dan seterusnya nilai *T² Hotelling* didapatkan. *Average time to signal (ATS)* dan *adjusted average time to signal (AATS)* didapatkan bagi menunjukkan perubahan dalam vektor min proses untuk carta baru. Vektor min proses digunakan sebagai fungsi objektif untuk mengoptimumkan rekabentuk berparameter. Dengan perubahan yang kecil itu, carta *T²* baru didapatkan dengan selang sampel dan saiz sampel yang kecil.

Chen & Hsien (2006) menyatakan idea *variable sampling interval (VSI)*, *variable sample size (VSS)*, *variable sample size and sampling interval (VSSI)*, dan *variable parameters (VP)* dalam kes unipembolehubah telah berjaya diaplikasikan kepada kes multipembolehubah untuk memperbaiki keberkesanan carta *T² Hotelling*. Carta *T² Hotelling* dengan sampel tetap digunakan untuk mengesan perubahan kecil ketika proses sedang berlangsung. Walaubagaimanapun, didapati kelemahan utama dalam menggunakan berbagai skim kawalan telah meningkatkan kerumitan yang berpunca dari penyesuaian pada selang sampel. Dalam penulisan tersebut telah dikekalkan panjang selang sampel dan carta *T² VSSC (variable sample size and control limit)* diusulkan dan dihuraikan. Keberkesanan secara statistik bagi carta *T² VSSC* dalam terma purata masa vektor min proses memberikan isyarat perubahan



RUJUKAN

- Alwan & Layth, C. 2000. *Statistical Process Analysis*. McGraw-Hill. Boston.
- Badiru A.B. & Ayeni B.J., 1993. *Practitioner's Guide To Quality And Process Improvement*. Chapman & Hall, London.
- Banks J. 1989. *Principles Of Quality Control*. John Wiley & Sons Inc. , London.
- Bisell, D. 1994. *Statistical Methods for SPC & TQM*. Chapman & Hall, London.
- Chen Y & Hsieh K.2006. Hotelling's T^2 Charts With Variable Sample Size And Control Limit. *European Journal of Operational Research* **182** (2007) ms.1251-1262
- Chen Y. 2006. Adaptive Sampling Enhancement For Hotelling's T^2 Charts. *European Journal of Operational Research* **178** (2007) ms. 841-857
- Chua Y. P. 2006. *Asas statistik penyelidikan*. McGraw-Hill, Kuala Lumpur.
- James R. T. & Jacek K. 1993. *Statistical Process Control For Quality Improvement*. Chapman & Hall, London.
- MacGregor, J. F. & Kourti, T. 1995. Process Control Of Multivariate Processes. *Control Engineering Practice* **3** (3) ms. 403-414.



- Marengo, E. 2004. Monitoring Of Pigmented And Wooden Surfaces In Accelerated Ageing Processes By FT-Raman Spectroscopy And Multivariate Control Charts. *Talanta* **63** ms. 987-1002.
- Montgomery, D. C. 2005. *Introduction to Statistical Quality Control*. Ed. Ke-5. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Nijhuis, A. 1999. The Application Of Multivariate Quality Control In Gas Chromatography. *Chemometrics And Intelligent Laboratory Systems* **47** ms. 107-125.
- Normala Yusuf & Syukri Yahya (ptrj.). 1994. *Pengenalan Kepada Analisis Multivariat*. Dewan Bahasa Dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Richard E.D., Tsong-How C. & John W.S. 1992. *Statistical Quality Design And Control: Contemporary Concepts And Methods*. Prentice Hall.
- Smith, G.M. 2004. *Statistical Process Control and Quality Improvement*. Ed. ke-5. Pearson, New Jersey.
- Summers, D.C.S. 1997. *Quality*. Prentice Hall. New Jersey.
- Swift, J.A. 1995. *Introduction to Modern Statistical Quality Control and Management*. St. Lucie Press Delray Beach, Florida.



- Thompson, J.R. Koronacki, J. 1993. *Statistical Process Control for Quality Improvement*. Chapman & Hall, New York.
- Trietsch, D. 1999. *Statistical Quality Control: A Loss Minimization Approach*. Series on Applied Mathematics, 10. World Scientific Publishing, Singapore.
- Villalobos, J.R. 2003. Using fixed and adaptive multivariate SPC charts for online SMD assembly monitoring. *International Journal of Productions Economics*. **95**.
- Wadsworth, H.M., Stephens, K.S. dan Godfrey, A.B. 2002. *Modern Methods for Quality Control and Improvement*. Ed. ke-2. John Wiley & Sons, London.
- Xue X., Tang J., Sammes N., Ding Y. 2006. Model-Base Condition Monitoring Of PEM Fuel Cell Using Hotelling T^2 Control Limit. *Journal of Power Sources* **162** (2006) ms. 388–399.
- Zhu, L., Breerton, R.G., Thompson, D.R., Hopkins, P.L., Escott, R.E.A. 2006. *Online HPLC Combines With Multivariate Statistical Process Control For The Monitoring Of Reactions*.

