

18.761/ITS/H/2003



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

319

TUGAS AKHIR

ANALISIS KEMAMPUAN PROSES UNTUK MENGUKUR KUALITAS GENTENG BETON TYPE NUSANTARA DI PT. VARIA USAHA BETON SIDOARJO



RST
519.535
Ret
9-1
2003

Oleh :

RETNO WULAN T.H.
1399 030 043

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	19-8-2003
Terima dari	H
No. Agenda Prp.	218810

PROGRAM STUDI DIPLOMA III STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2003

TUGAS AKHIR

ANALISIS KEMAMPUAN PROSES UNTUK MENGUKUR KUALITAS GENTENG BETON TYPE NUSANTARA DI PT. VARIA USAHA BETON SIDOARJO

Oleh :

RETNO WULAN T.H.
1399 030 043

Diajukan sebagai syarat untuk
menyelesaikan Program Studi Diploma III Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2003**

TUGAS AKHIR

ANALISIS KEMAMPUAN PROSES UNTUK MENGUKUR KUALITAS GENTENG BETON TYPE NUSANTARA DI PT. VARIA USAHA BETON SIDOARJO

Oleh :

RETNO WULAN T.H.
1399 030 043

Surabaya, Juli 2003

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing**



Dra. LUCIA ARIDINANTI, MS
NIP. 131 652 211

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS**



Drs. NUR IRIAWAN, M.Ikom., Ph.D
NIP. 131 782 011

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang cukup tinggi dan pesat khususnya perkembangan pada sector konstruksi maka pembangunan infrastruktur dan property menjadikan PT. Varia Usaha Beton dituntut untuk memenuhi permintaan genteng beton secara kontinyu. Produk genteng merupakan salah satu kebutuhan utama bisnis property yang sudah sewajarnya jika kualitas genteng mendapat perhatian khusus disamping semakin banyaknya kompetitor, sehingga peran kualitas sangat penting.

Pada penelitian ini tujuan utama yaitu untuk mengetahui apakah faktor hari dan shift memberikan kontribusi terhadap terjadinya proses tidak terkendali, selanjutnya mengetahui proses pembuatan genteng berada dalam kondisi yang terkendali, sedangkan tujuan terakhir yaitu mengetahui apakah proses kapabel atau tidak.

Dengan menggunakan Manova (*Multivariate Analysis of Varians*) maka diperoleh hasil untuk faktor hari memiliki pengaruh yang signifikan terhadap proses produksi, oleh karena itu untuk analisis lanjutan yaitu dengan LSD (Least Significant Different) dan diperoleh hasil hari Senin dan Jumat berbeda secara signifikan dengan hari lainnya, sedangkan hari Selasa, Rabu, Kamis sama maka dianalisis secara bersama-sama. Kemudian untuk mengetahui penyebab variabel tidak terkendali maka digunakan analisa peta kendali multivariate pada setiap harinya. Pada hari Senin peta belum terkendali hal ini terdapat 2 pengamatan yang out of control yaitu observasi ke-2 dan observasi ke-3 untuk mengetahui sumber variasi maka dilakukan pengujian tiap variabel melalui peta kendali $\bar{x}$ -bar dan R dan didapatkan keadaan yang terkendali, sedangkan hari Selasa, Rabu, Kamis peta belum terkendali karena masih terdapat pengamatan yang out of control yaitu observasi ke-166 dan observasi ke-167 sehingga untuk mengetahui sumber variasi maka dilakukan pengujian tiap variabel melalui $\bar{x}$ -bar dan R didapatkan keadaan yang terkendali, sedangkan untuk hari Jumat peta multivariate belum terkendali hal ini ditunjukkan dengan adanya hasil pengamatan yang out of control yaitu pada observasi ke-2, observasi ke-30, observasi ke-31, dan observasi ke-54 sehingga untuk mengetahui sumber variasi maka dilakukan pengujian tiap variabel melalui $\bar{x}$ -bar dan R didapatkan keadaan yang terkendali. Sedangkan untuk kapabilitas proses produksi pada hari Senin sebesar 31.26 ini berarti proses kapabel. Kemudian untuk kapabilitas proses hari Selasa, Rabu, Kamis sebesar 4.14 ini berarti proses kapabel, sedangkan untuk hari Jumat sebesar 3.30 berarti proses kapabel.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan yang Maha Pengasih dan Penyayang atas segala kekuatan kemudahan dan kesabaran yang telah diberikan sehingga terselesaikan Tugas Akhir dengan judul:

"ANALISIS KEMAMPUAN PROSES UNTUK MENGUKUR KUALITAS GENTENG BETON TYPE NUSANTARA DI PT. VARIA USAHA BETON SIDOARJO"

Penulis sangat menyadari manfaat yang besar dari Tugas Akhir ini, penulis ingin mengucapkan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Nur Iriawan, M.Ikom, Ph.D selaku Ketua Jurusan FMIPA ITS Surabaya.
2. Ibu Vita Ratnasari, S.Si, M.Si selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi D-III Statistika.
3. Ibu Dra. Destri Susilaningrum, M.Si selaku dosen wali. Terima kasih atas motivasi, nasehat, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dra.Lucia Aridinanti, MS selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ide, ilmu dan waktunya selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini
5. Bapak Haryono, Bapak Arie Kismanto, dan Ibu Sri Mumpuni selaku dosen penguji Tugas Akhir ini.

6. Bapak Budi selaku Personalia di PT. Varia USaha Beton atas penerimaannya, Bapak Soedarjanto selaku pembimbing atas kesabaran dan bimbingannya serta semua staff Quality Control yang telah banyak membantu penulis.
7. Semua keluarga penulis, terutama Alm Bapak, Ibu, Nenekku, Kakak-kakakku serta keponakan-keponakan tercinta..
8. Semua teman-teman penulis yang telah membantu secara langsung maupuntidak langsung.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu saran dan kritik yang sangat diharapkan.

Surabaya, Juli 2003

Penulis

TUGAS AKHIR INI KUPERSEMBAHKAN UNTUK

ALM BAPAK DAN BUAT IBU TERCINTA.....

ENGKAU ADALAH GETAR PERTAMA YANG MERUNTUHKAN

GERBANG

TAK BERJUNGKU, MEMBERIKAN KASIH SAYANG, MENGENAL

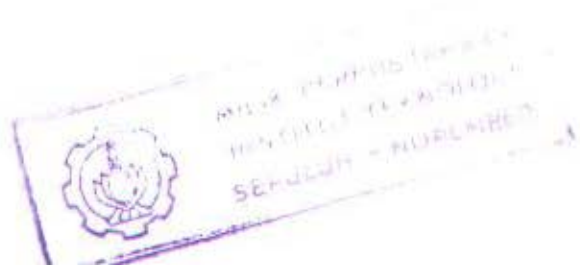
HIDUP.....

SPECIAL THANK'S.....

Terimakasih

1. Allah SWT atas segala nikmat, karunia, syafaat-MU dan mukjizat-MU hingga aku bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.....
2. Alm Bapak semoga disana slalu diberi tempat yang mulia disis-NYA, Ibuku tercinta yang tak henti-hentinya mencurahkan segala Kasih sayang, doa, dan dorongan semangatmu untukku. Membesarkanku, membimbingku sehingga aku menjadi diriku sendiri seutuhnya.
3. Buat Nenekku terima kasih atas kasih sayang, doanya sehingga aku bisa menyelesaikan studiku.
4. Buat Kakak-kakakku tercinta terima kasih atas segala curahan kasih sayangnya, perhatiannya, membimbing aku hingga aku bisa berhasil.
5. Buat mas Bandung, M' Tia terimakasih atas semua kebaikan dan kasih sayangnya selama ini, entah dengan apa aku bisa membalasnya.....
6. Buat keponakanku (Poetri yang rajin belajar yaaa..., biar cepet selesai kuliahnya dan jangan bikin Ibu pusing terus..., Buat Dilla, Aho yang rukun yaaa jangan bertengkar terus kasihan Mama dan jangan lupa rajin belajar, yang terakhir buat si kecil Iva yang masih imut2 cepet gedhe ya..... tapi jangan nakal yang nurut ama bapak dan ibun).

7. *Just for One-2* thank's atas kasih sayang dan perhatiannya selama ini yang telah mengisi hari-hari indahku. Kebersamaan denganmu 'gak kulupakan.
8. Buat *umi'* thank's yaa atas dukunganmu, motivasi kamu buat aku (kamu emang adikku yang paling baik end ngerti aku)
9. Buat *Yanthie* trimakasih banyak atas segala bantuanmu, terutama Prinernya yang udah lama aku pinjem entah gimana aku ngebales kebaikanmu.....
10. Boeat *Special my Friend for Rini* thank's yaa kamu udah banyak ngebantu aku mulai aku ngerjain TA-ku hingga selesai, walaupun kadang kamu bikin jengkel tapi sebenarnya kamu orangnya baik kok, dan terimakasih kamu udah mau denger keluh kesahku disaat aku lagi ada masalah...."You are is my best friend in College"
11. Teman² seperjuanganku.... (*Tarsi, Upix, Rini, Bayu, Dedy, Arif, Bagus, TJ, Vivit*) Akhirnya kita Wisuda bareng.
12. Buat *Rendra, Yazid, Eka, Anggi* cepetan nyusul yaaa.....
13. Buat *m'Anita* trims atas bantuannya, Buat *m'Emma* trims atas program minitabnya, *M' Peni* makasih banyak atas bantuannya maafin yaa kalo retno slalu bikin repot m' Peni.....
14. Buat *Arjun* makasih banyak atas bantuannya disaat menjelang aku mau maju kamu banyak ngebantu aku.....
15. Buat *Dedet* makasih atas pinjemen buku SPSS nya sorry kalo sampai sekarang belum aku balikin dan tetep langgeng yaa ama si Emil...



16. Buat Sulis makasih atas segala bantuannya, "Lis" akhirnya aku nyusul kamu juga
17. Buat Ita' OO makasih ya ta' kamu udah Bantu aku nyari CP nya, Hanny, Isma, Tutus, Adjeng, dan yang lainnya akhirnya kita lulus bareng.
18. Dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tak dapat disebutkan satu persatu.....

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Batasan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tinjauan Non Statistika	5
2.1.1. Proses Operasi	5
2.1.2. Proses Persediann Bahan	9
2.2. Analisis Multivariate.....	9
2.2.1. Analisis Faktor	12
2.2.2. Manova	17
2.2.3. Metode LSD	23
2.2.4. Distribusi Multinormal	23

2.3.	Kemampuan Proses	25
2.3.1.	Konsep Umum	25
2.3.2.	Peta Kendali Multivariate	29
2.3.3.	Peta Kendali Individu	30
2.3.4.	Indeks Potensial Proses	35
2.3.5.	Kemampuan Proses Multivariate	36
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	
3.1.	Variabel Penelitian	39
3.2.	Pengambilan Sampel	39
3.3.	Peta Proses Operasi	41
3.4.	Langkah-langkah Analisis Data	44
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Hasil Perbandingan Shift dan Hari	45
4.1.1.	Deskriptif Seluruh Variabel	45
4.1.2.	Analisa Data dan Pembahasan Perbandingan Shift dan Hari	47
4.1.3.	Pengujian Multiple Comparison	48
4.2.	Evaluasi Proses Produksi	50
4.2.1.	Mereduksi Jumlah Variabel Karakteristik	50
4.2.2.	Analisis Data dan Pembahasan Peta Kendali	53
a.	Pengukuran Kemampuan Proses Variabel Fisik Hari Senin	53
b.	Pengukuran Kemampuan Proses Variabel Fisik hari Selasa, Rabu, Kamis	56



c.	Pengukuran Kemampuan Proses Variabel Fisik hari	
	Jumat	58
4.3.	Kapabilitas Proses Multivariate	60
4.3.1.	Kapabilitas Proses Senin	61
4.3.2.	Kapabilitas Proses Selasa, Rabu, Kamis	61
4.3.3.	Kapabilitas Proses Jumat	62
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1.	Kesimpulan	63
5.2.	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

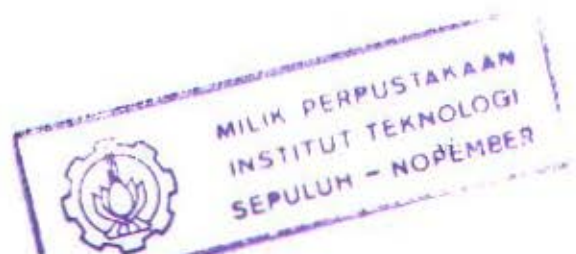
Gambar 2.1.	Genteng Beton Type Nusantara	5
Gambar 2.2.	Bagan Proses Pembuatan genteng Beton	6
Gambar 3.1	Peta Proses Operasi Genteng Beton	41
Gambar 4.1.	Plot Multinormal hari Senin	54
Gambar 4.2.	Plot Multivariate hari Senin	55
Gambar 4.3.	Plot Multinormal hari Selasa, Rabu, Kamis	57
Gambar 4.4.	Plot Multivariate hari Selasa, Rabu, Kamis	57
Gambar 4.5.	Plot Multinormal hari Jumat	59
Gambar 4.6.	Plot Multivariate hari Jumat	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Manova Untuk Membandingkan antar Populasi	21
Tabel 2.2.	Distribusi Wilks Lambda	22
Tabel 4.1.	Statistik Deskriptif Seluruh Variabel	45
Tabel 4.2.	Pengujian Manova	47
Tabel 4.3.	Nilai Eigenvalue Variabel	51
Tabel 4.4.	Matrik Loading Variabel	52
Tabel 4.5.	Observasi Out of Control hari Senin	55
Tabel 4.6.	Observasi Out of Control hari Selasa, Rabu, Kamis	58
Tabel 4.7.	Observasi Out of Control hari Jumat	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Output Analisa Deskriptif Seluruh Data
Lampiran B1	Analisis Multivariate
Lampiran C	Analisis Faktor
Lampiran D	Output Plot Multinormal
Lampiran E	Output Peta Kendali Multivariate
Lampiran F	Macro Untuk Kapabilitas Proses
Lampiran G	Perintah Plot Normal Multivariate
Lampiran H	Peta Kendali Individu
Lampiran H1	Data Penelitian



BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Setiap perusahaan akan berusaha menciptakan keunggulan dari produk yang dihasilkan, agar hal tersebut terpenuhi maka tiap perusahaan harus mampu melakukan setiap pekerjaan secara lebih baik dalam rangka menghasilkan produk dengan kualitas lebih tinggi dengan harga yang wajar dan bersaing. Untuk meningkatkan daya saing merupakan faktor dasar bagi konsumen dalam memilih produk, karena pada saat memilih produk konsumen akan berharap nantinya akan puas dengan produk yang dipilihnya berdasarkan spesifikasi yang diberikan.

Pada suatu proses produksi akan dihasilkan produk yang bervariasi, variabilitas produk yang besar akan menjadi masalah bagi produk yang dihasilkan. Karena hal ini dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan, hal ini dapat dihindari dengan menerapkan program jaminan kualitas yang diharapkan dapat memperkecil variabilitas yang ada. Bila terdapat variabilitas produk yang kecil masih dapat ditolerir oleh pihak perusahaan.

Proses pembuatan genteng beton type Nusantara di PT. Varia Usaha Beton memiliki beberapa karakteristik kualitas yang dapat diukur atau dicirikan oleh berbagai variabel yang memiliki pola kontribusi tertentu, sehingga menimbulkan persoalan multivariate. Untuk menyelesaikan kasus multivariate alat bantu yang dapat digunakan adalah analisis statistik multivariate yang meliputi analisis komponen utama dan analisis faktor. Data karakteristik tersebut

dapat dilakukan analisis faktor yang didasari dengan analisis komponen utama. Penggunaan analisis faktor merupakan salah satu analisis multivariate tersebut didasarkan adanya fenomena bahwa antar variabel karakteristik kualitas ada hubungan.

Dengan analisis komponen utama diharapkan dapat menyusutkan dimensi variabel dengan jalan melakukan transformasi dari variabel asal ke variabel baru yang dimensinya lebih sedikit dan saling bebas. Sedangkan analisis faktor berguna untuk menggambarkan korelasi melalui hubungan varian kovarian diantara beberapa variabel dalam sejumlah kecil faktor. Variabel yang saling berkorelasi menjadi satu faktor, dan antara faktor akan memiliki hubungan yang relatif kecil.

PT. Varia Usaha Beton memenuhi permintaan akan genteng beton secara kontinyu meskipun kondisi perekonomian sekarang sedang lesu. Produk genteng beton yang dihasilkan dari PT. Varia Usaha Beton salah satunya yaitu genteng beton type Nusantara. Dalam penelitian ini, pengontrolan kualitas produk dengan menggunakan quality control sangat berguna untuk mengetahui apakah proses produksi sudah layak pakai atau tidak, sehingga diharapkan dalam penelitian dapat memberikan masukan bagi perusahaan untuk lebih memperbaiki proses produksinya agar dapat menghasilkan produk yang kualitasnya bagus.

1.2. Permasalahan

Berdasarkan latar belakang diatas, maka secara garis besar permasalahan yang dapat diambil yaitu sebagai berikut:

1. Apakah perbedaan shift dan hari berpengaruh terhadap kualitas pembuatan genteng beton type Nusantara.
2. Apakah proses pembuatan genteng beton type Nusantara berada dalam kondisi yang terkendali.
3. Bagaimana kondisi kemampuan proses berdasarkan standart mutu yang telah ditentukan perusahaan.

1.3. TUJUAN

Berdasarkan permasalahan diatas, maka penelitian ini bertujuan:

1. Mengetahui apakah perbedaan shift dan hari memberikan pengaruh terhadap kualitas pembuatan genteng beton type Nusantara.
2. Mengevaluasi proses produksi apakah telah berada dalam kondisi terkendali secara statistik.
3. Mengetahui kondisi kemampuan proses sesuai dengan standart mutu yang sudah ditentukan oleh perusahaan.

1.4. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memperoleh gambaran tentang proses produksi yang berlangsung di PT. Varia Usaha Beton, juga memperoleh informasi mengenai penyebab proses *out of control* sehingga hal tersebut dapat

dijadikan landasan dalam pengambilan kebijaksanaan untuk menunjang perbaikan proses.

1.5. BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalah yang dapat disimpulkan yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada proses produksi genteng beton bagian quality control di PT. Varia Usaha Beton.
2. Dalam penelitian ini diambil pada shift I dan II.
3. Pengambilan data primer mulai bulan Maret 2003.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Produk Genteng Beton

Genteng beton adalah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap yang dibuat dari beton dibentuk sedemikian rupa dan berukuran tertentu. Genteng beton merupakan salah satu bagian dari produk beton pracetak yang dalam masa-masa sekarang ini tingkat perekonomian Indonesia sedang lesu. Permintaan akan genteng beton terus meningkat, selain itu dengan persaingan yang semakin ketat untuk menghasilkan produk sebaik mungkin.

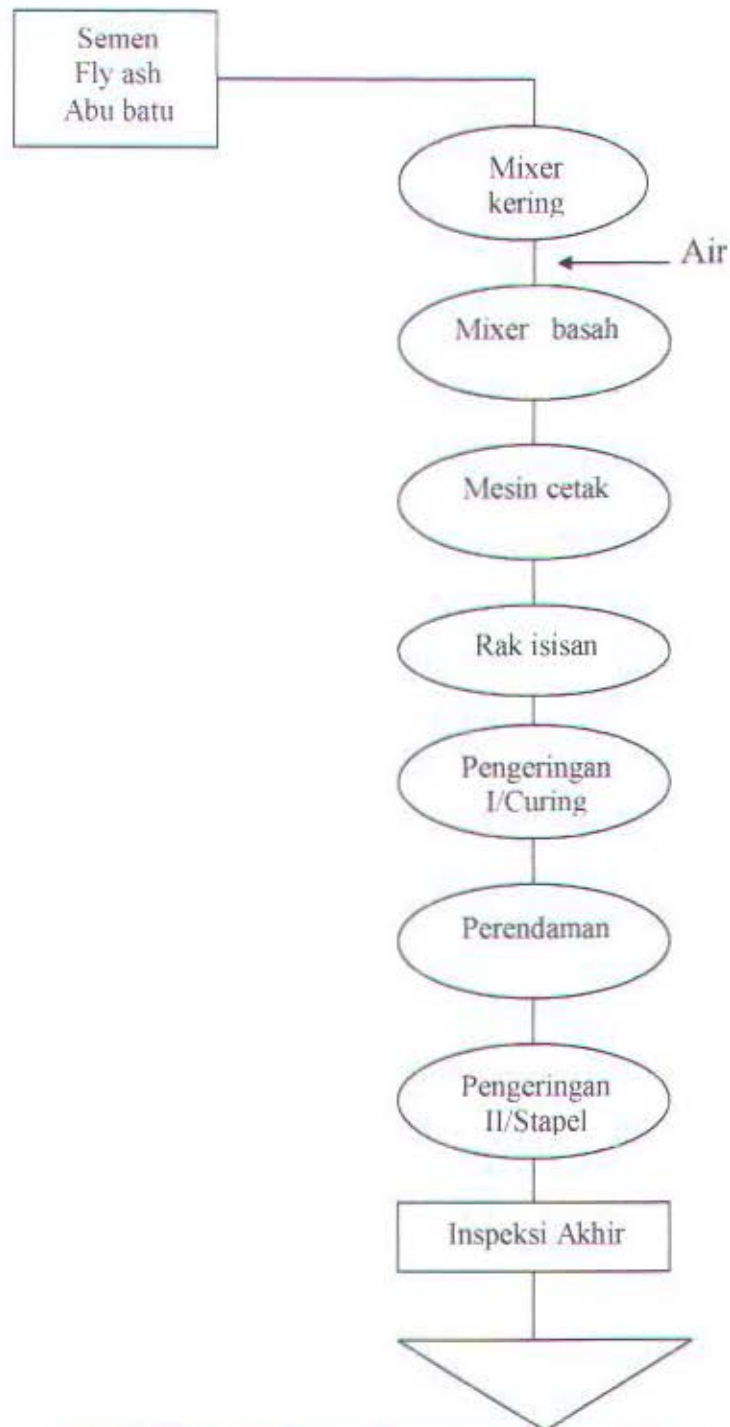


Gb. 2.1. Genteng beton type Nusantara

2.1.1. Proses Operasi

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) proses pembuatan produk genteng beton mulai tahap awal hingga produk genteng yang siap dipasarkan, adalah melalui tahapan seperti yang digambarkan pada gambar 2.2. Sedangkan penjelasan masing-masing tahap adalah sebagai berikut:

Proses Produksi



Gambar 2.2. Bagan Proses Pembuatan Genteng Beton

Keterangan:

1. Proses pencampuran bahan kering (Mixer kering)

Dalam proses ini ketiga bahan dicampur dalam mixer kering dengan satu kali pencampuran bahan sebanyak kurang lebih 360 kg, yang merupakan campuran antara bahan fly ash, semen, dan abu batu dengan perbandingan 1:2 untuk menjamin adanya homogenitas bahan produksi. Pencampuran yang dilakukan secara otomatis ini berlangsung kurang lebih 2 menit.

2. Proses pencampuran bahan basah (Mixer basah)

Setelah melalui mixer kering, campuran bahan produksi yang sudah merata dimasukkan ke dalam mixer basah dengan penambahan air yang disesuaikan dengan jumlah bahan kering yang masuk dalam mixer basah. Hingga didapatkan campuran bahan adonan yang lumer, proses pencampuran dalam mixer basah dilakukan selama kurang lebih 2 menit karena jika terlalu lama dikawatirkan adonan basah lebih dulu mengeras sebelum dicetak.

3. Proses pencetakan (Mesin cetak)

Campuran adonan yang sudah lumer yang dihasilkan dari mixer basah, dengan bantuan operator diangkut dengan menggunakan sekop melalui karet roda berjalan untuk selanjutnya masuk kedalam bak pencetakan. Bahan dalam pencetakan sebelum atau selama mesin mencetak adonan dengan otomatis, bahan adonan basah yang terkumpul masih melalui proses penggilingan atau pencampuran lagi. Mesin mencetak genteng beton dengan tekanan normal antara 100-200 Neno meter dengan lama penekanan kurang lebih 4-6 detik. Mesin terdiri dari cetakan genteng bagian bawah (tumbuk), dimana ini

berlubang yang berfungsi sebagai tempat keluarnya kadar air. Adonan yang berlebihan pada saat *pressing* dalam mesin dilapisi. Disamping logam cetakan, mesin cetak masih dilapisi lagi dengan matras sebagai bantalan cetakan dan saringan yang berfungsi sebagai penyaring bahan agar tidak ikut keluar bersamaan dengan kadar air karena tekanan.

4. Proses pengisian (Rak isian)

Hasil pencetakan genteng basah dari mesin cetak oleh operator dimasukkan kedalam rak isian dengan di bawahnya diberikan alas logam yang berbentuk genteng untuk menjaga genteng basah tetap dalam bentuknya hingga kering. Proses pengisian di rak isian, pengisian menghindari sinar matahari atau panas secara langsung yang dapat meretakkan genteng.

5. Proses perendaman

Proses ini dilakukan setelah genteng berada di rak isian selama 24 jam, perendaman dilakukan dengan cara genteng dimasukkan dalam suatu bak yang berisi air. Proses perendaman ini dilakukan dengan tujuan:

- Menutup pori-pori genteng beton.
- Mengeraskan kondisi genteng.

Setelah proses perendaman selama kurang lebih 3x24 jam, genteng dimasukkan ke dalam gudang dan siap dipasarkan dalam bentuk genteng tanpa warna dan genteng yang berwarna dengan terlebih dahulu melalui proses pengecatan.

2.1.2. Proses Persiapan Bahan

Bahan yang akan digunakan untuk membuat atau memproduksi genteng beton adalah semen, abu batu, fly ash dan air.

- a. Semen : Bahan semen didatangkan dari PT. Semen Gresik dengan merk Semen Gresik untuk setiap kali produksi, karena mengingat PT. Varia Usaha Beton merupakan perusahaan afiliasi dari PT. Semen Gresik..
- b. Fly ash : Merupakan limbah dari belerang , yang dalam bentuk kerak belerang. Semua bahan terlebih dahulu diayak/disaring untuk didapatkan bahan yang lebih halus agar dihasilkan genteng beton dengan permukaan yang halus, dalam pembuatan satu genteng beton dibutuhkan campuran bahan dengan komposisi semen: 0.6 kg; abu batu 2.90 kg; fly ash: 0.44 kg.
- c. Abu batu: Abu batu berasal dari penghancuran kerikil batu kali yang kecil yang menyerupai pasir.

2.2. Analisis Multivariat

Jika suatu obyek dengan banyak karakteristik yang dapat diukur atau dicirikan oleh berbagai variabel, dimana setiap obyek dalam himpunan ini secara bersama-sama mempunyai banyak variabel yang memiliki pola kontribusi tertentu. Hal ini menyebabkan timbulnya persoalan multivariat. Pada konteksnya keadaan ini merupakan suatu struktur hubungan antar variabel dan hubungan antar kasus atau obyek. Pada suatu penelitian dengan menggunakan variabel berdistribusi relatif cukup besar perlu dilakukan usaha untuk menginterpretasikan seluruh informasi yang ada melalui penyederhanaan struktur dan dimensi. Suatu

penelitian multivariabel tidak jarang terdiri dari banyak kasus. Dengan adanya variabel dari kasus yang cukup banyak tentunya permasalahan menjadi kompleks, sehingga dimensi dari jumlah variabel perlu disederhanakan, menjadi beberapa kelompok sehingga kasus yang mempunyai karakteristik hampir sama dapat mengelompok menjadi satu. Penelitian yang dilakukan pada n obyek dan setiap obyek akan diselidiki sebanyak p buah variabel, dapat ditulis dalam bentuk vektor:

$$\mathbf{X}^T = (X_1, X_2, X_3, \dots, X_p) \dots\dots\dots (2.1)$$

Selanjutnya vektor $\mathbf{X}^T$ diasumsikan mengikuti sebaran tertentu (normal multivariate) dengan vektor mean μ dan matrik varian kovarian Σ dengan adanya dependensi antar variabel tersebut.

$$\mathbf{X}^T \sim N_p(\mu, \Sigma) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$$\underline{\mu} = E(\underline{X}) = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \mu_3 \\ \vdots \\ \mu_p \end{bmatrix}$$

$$\Sigma = E[(X - \mu)(X - \mu)^T]$$

$$\Sigma = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})(X_j - \bar{X})^T$$

$$\Sigma = \frac{n-1}{n} S$$

Dimana :

Dimana :

$$S = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})(X_j - \bar{X})^T$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} (x_1 - \mu_1)^2 & (x_1 - \mu_1)(x_2 - \mu_2) & \dots & (x_1 - \mu_1)(x_p - \mu_p) \\ (x_2 - \mu_2)(x_1 - \mu_1) & (x_2 - \mu_2)^2 & \dots & (x_2 - \mu_2)(x_p - \mu_p) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (x_p - \mu_p)(x_1 - \mu_1) & (x_p - \mu_p)(x_2 - \mu_2) & \dots & (x_p - \mu_p)^2 \end{bmatrix}$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \tau_{11} & \tau_{12} & \dots & \tau_{1p} \\ \tau_{21} & \tau_{22} & \dots & \tau_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tau_{p1} & \tau_{p2} & \dots & \tau_{pp} \end{bmatrix}$$

Sifat matriks Σ adalah suatu matriks bujur sangkar yang simetris, $Z^T = \Sigma$, dan elemen diagonal utama merupakan *varians*, sedangkan elemen diluar diagonal utama merupakan *covarians*.

Untuk menyelesaikan kasus multivariat, alat bantu yang dapat digunakan adalah analisis statistik multivariate, yang dalam hal ini meliputi analisis komponen utama (*Principal Component*) dan analisis faktor. Sedangkan untuk uji lanjutannya dengan analisis Manova (*Multivariate Anova*) dan analisis profil yang merupakan analisis lanjutan Manova.

2.2.1. Analisis Faktor (*Factor Analysis*)

Analisis faktor adalah suatu teknik untuk menggambarkan hubungan keragaman diantara beberapa peubah dalam sejumlah kecil faktor. Sejumlah peubah dapat dikelompokkan oleh korelasi menjadi beberapa kelompok. Dimana antar peubah didalam suatu kelompok tertentu mempunyai hubungan yang sangat kuat diantara mereka sendiri., tetapi peubah dalam kelompok lain mempunyai hubungan yang relatif kecil.

Pada dasarnya analisis faktor adalah perluasan dari analisis komponen utama, yang bertujuan untuk mendapatkan sejumlah kecil faktor (komponen utama) yang memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Mampu menerangkan semaksimal mungkin keragaman data.
2. Antar faktor saling bebas (independen).
3. Setiap faktor dapat dijelaskan dengan sejelas-jelasnya.

Vektor peubah acak X yang diamati dengan p komponen mempunyai vektor rata-rata μ dan matrik varian kovarian secara linier tergantung pada sejumlah peubah acak yang teramati yaitu $F_1, F_2, \dots, F_q$ yang disebut faktor bersama (*Common Factor*) dan penyimpangan tambahan ε yang disebut faktor spesifik, dimana $q < p$. Model faktor tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:

$$X_1 - \mu_1 = l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + \dots + l_{1q}F_q + \varepsilon_1$$

$$X_2 - \mu_2 = l_{21}F_1 + l_{22}F_2 + \dots + l_{2q}F_q + \varepsilon_2$$

.....

$$X_p - \mu_p = l_{p1}F_1 + l_{p2}F_2 + \dots + l_{pq}F_q + \varepsilon_p$$

Atau dalam bentuk matrik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$X_{pi1} - \mu_{pi1} = I_{pi1} F_{pi1} + \varepsilon_{pi1} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

μ_i = rata-rata dari peubah ke-i

ε_i = faktor spesifik ke-i

I_{ij} = loading untuk peubah ke-i pada faktor ke-j

F_j = common faktor ke-j

$i = 1, 2, \dots, p$ dan $j = 1, 2, \dots, q$

Variabel random F dan ε adalah variabel yang tidak teramati yang memenuhi asumsi:

$$E(F) = O_{(q \times 1)} \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{Cov}(F) = E(FF') = I_{(q \times q)} \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

$$E(\varepsilon) = O_{(p \times 1)} \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{Cov}(\varepsilon) = E(\varepsilon\varepsilon') = \psi_{(p \times p)} \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana ψ adalah matrik diagonal dari spesifik faktor, karena F dan ε saling independen maka:

$$\text{Cov}(F, \varepsilon) = E(\varepsilon F') = O_{(p \times q)} \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

Dari asumsi diatas, struktur kovarian X untuk model faktor ortogonal menjadi:

$$\text{Cov}(X) = LL' + \psi \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\text{Var}(X_i) = l_{i1}^2 + l_{i2}^2 + \dots + l_{iq}^2 \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\text{Cov}(X_i, X_k) = l_{i1}^2 l_{k1}^2 + l_{i2}^2 l_{k2}^2 + \dots + l_{iq}^2 l_{kq}^2 \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\text{Cov}(X, F) = L \quad \dots\dots\dots(2.12)$$



$$\text{Cov}(X_i, F_j) = f_{ij} \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

Model persamaan $X_{(p \times q)} - \mu = L_{(p \times q)} F_{(q \times 1)} + \varepsilon_{p \times q}$ adalah linier dalam *common factor*. Jika p respon dari X berhubungan dengan faktor pokok tetapi tidak berhubungan linier seperti dalam:

$$X_1 - \mu = f_{11} F_1 F_3 + \varepsilon_1$$

$$X_2 - \mu = f_{21} F_2 F_3 + \varepsilon_2$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$X_p - \mu = f_{p1} F_q F_3 + \varepsilon_p$$

Maka struktur kovarian pada persamaan diatas tidak terpenuhi.

Jumlah kuadrat dari loading variabel ke-i untuk q common factor disebut komunalitas dari X_i dengan notasi:

$$h_i^2 = f_{i1}^2 + f_{i2}^2 + \dots + f_{iq}^2 \quad \dots\dots\dots(2.14)$$

Oleh karena itu variasi dari X memuat dua komponen yaitu komunalitas dan spesifik varians yang dinotasikan:

$$\sigma_{ii} = h_i^2 + \psi_i \quad \dots\dots\dots(2.15)$$

atau $\text{Var}(X) = \text{communality} + \text{common factor}$

dengan metode komponen utama maka diperoleh model sebagai berikut:

$$\Sigma = LL' + \psi \quad \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_1} e_1 \\ \sqrt{\lambda_2} e_2 \\ \vdots \\ \sqrt{\lambda_q} e_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi_1 \phi & \dots & \phi \\ \phi \psi_2 & \dots & \phi \\ \vdots & & \vdots \\ \phi \phi & \dots & \psi_p \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix}$$

dimana: $\lambda_1 = \lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$

e_i = vektor eigen ke-i

Matrik $\psi = \phi$ untuk jumlah faktor yang didapatkan jumlahnya sama dengan jumlah variabel asal ($q = p$), maka matrik Σ bisa ditulis:

$$\Sigma = LL' + \phi = LL' \quad \dots \dots \dots (2.17)$$

Faktor spesifik ψ diperoleh dari elemen diagonal $\Sigma - LL'$ atau nilai ψ , dapat diperoleh dari:

$$\psi_i = \sigma_{ii} - \sum_{j=1}^q l_{ij}^2 \quad \text{untuk } i = 1, 2, \dots, p \quad \dots \dots \dots (2.18)$$

Pada umumnya faktor yang digunakan untuk analisa selanjutnya adalah faktor yang mempunyai keragaman terbesar saja, sehingga faktor selebihnya dapat diabaikan. Misalnya digunakan q faktor maka:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sqrt{\lambda_1} e_1 \\ \sqrt{\lambda_2} e_2 \\ \vdots \\ \sqrt{\lambda_q} e_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{bmatrix} = L_{(p \times q)} L'_{(q \times p)}$$

Apabila melihat analisa faktor dengan dasar analisa komponen utama, maka hasil pemfaktoran yang didapatkan akan sulit diinterpretasikan secara langsung sehingga diperlukan suatu usaha transformasi matrik loading.

Adapun langkah-langkah dalam analisa faktor yang pertama adalah menghitung korelasi antar semua variabel dalam analisis, karena salah satu tujuan dari analisa faktor adalah untuk memperoleh faktor yang dapat menjelaskan korelasi tersebut. Maka variabel harus berkorelasi satu sama lain, jika korelasi antara variabel adalah kecil maka kemungkinan besar variabel-variabel tersebut terletak dalam variabel yang berbeda.

Langkah kedua adalah mengestimasi faktor *loading*. Metode *extraction* untuk analisa faktor disini memilih metode analisa faktor *extraction* dengan komponen utama karena metode ini lazim digunakan dalam analisa data multivariate. Tujuan dari *factor extraction* adalah untuk menentukan faktor dan menentukan faktor yang banyak digunakan.

Dengan komponen utama akan memperoleh komponen yang dapat menerangkan proporsi keragaman data, komponen utama pertama menerangkan proporsi keragaman data terbesar, sedangkan komponen utama kedua menerangkan proporsi keragaman data terbesar kedua setelah komponen utama pertama.

Ada dua metode dalam rotasi sumbu faktor yaitu rotasi tegak lurus (*orthogonal rotation*) dan rotasi miring (*oblique rotation*). Dalam rotasi tegak lurus terdapat beberapa metode yaitu *varimax*, *quartimax*, dan *equimax*. Metode rotasi yang biasa digunakan dalam praktek adalah metode *orthogonal varimax*, karena sering digunakan untuk merotasi hasil *principle component* dan dapat

untuk mencari faktor rotasi yang mempunyai variasi dari kuadrat faktor loading terbesar.

Rotasi mendekati 45° dalam arah berlawanan dengan jarum jam dengan sudut $\phi = 45^\circ$ akan memberikan sumbu faktor yang lebih mudah untuk diinterpretasikan. Model rotasi tegak lurus varimax (*varimax orthogonal rotation*) adalah transformasi matrik loading L menjadi L^* :

$$L^*_{pq} = L_{pq} \times T_{qk} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana T adalah matrik transformasi yang dipilih sehingga:

$$T' T = T T' = I \dots\dots\dots(2.20)$$

Dengan merotasikan matrik loading maka setiap peubah asal akan mempunyai korelasi yang tinggi dengan faktor tertentu saja dan tidak dengan faktor lainnya, sehingga setiap faktor akan lebih mudah diinterpretasikan.

2.2.2. *Multivariate Analysis of Varians (Manova)*

Seringkali dari suatu kasus ingin dibandingkan mean dari dua populasi atau lebih. Untuk kasus univariate random sampel yang diperoleh dari p populasi adalah:

Populasi 1 : $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1ni}$

Populasi 2 : $X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2ni}$

Populasi 3 : $X_{31}, X_{32}, \dots, X_{3ni}$

⋮

⋮

⋮

Populasi i : $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ini}$



Dengan model sebagai berikut:

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}, \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, g \text{ dan } j = 1, 2, \dots, n_i \text{ dimana } X_{ij} \sim N_p(\mu, \Sigma).$$

Sedangkan secara multivariate rancangan random sampel yang digunakan adalah sebagai berikut:

Populasi 1 $X_1 : X_{111}, X_{112}, \dots, X_{11n}$

$X_2 : X_{121}, X_{122}, \dots, X_{12n}$

⋮

⋮

⋮

$X_p : X_{1p1}, X_{1p2}, \dots, X_{1pn}$

Populasi 2 $X_1 : X_{211}, X_{212}, \dots, X_{21n}$

$X_2 : X_{221}, X_{222}, \dots, X_{22n}$

⋮

⋮

⋮

$X_p : X_{2p1}, X_{2p2}, \dots, X_{2pn}$

Populasi g $X_1 : X_{g11}, X_{g12}, \dots, X_{g1n}$

$X_2 : X_{g21}, X_{g22}, \dots, X_{g2n}$

⋮

⋮

⋮

$X_p : X_{gp1}, X_{gp2}, \dots, X_{gpn}$

Dengan model multivariate secara umum: $X_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$

Dimana masing-masing populasi mempunyai mean vektor untuk populasi sebagai berikut:

$$\mu^1 = \begin{bmatrix} \mu_1 + \tau_1^1 \\ \mu_2 + \tau_2^1 \\ \vdots \\ \mu_p + \tau_p^1 \end{bmatrix} \quad \mu^2 = \begin{bmatrix} \mu_1 + \tau_1^2 \\ \mu_2 + \tau_2^2 \\ \vdots \\ \mu_p + \tau_p^2 \end{bmatrix} \quad \dots \quad \mu^g = \begin{bmatrix} \mu_1 + \tau_1^g \\ \mu_2 + \tau_2^g \\ \vdots \\ \mu_p + \tau_p^g \end{bmatrix}$$

Dari model multivariate diatas maka elemen μ terdiri dari μ_1 yang merupakan rata-rata keseluruhan variabel pertama, μ_2 rata-rata keseluruhan variabel kedua, hingga μ_p yang merupakan rata-rata keseluruhan variabel ke-p. sedangkan τ_i merupakan vektor rata-rata masing-masing populasi.

Manova digunakan untuk menginvestigasi mean populasi sama dan jika tidak komponen mean yang mana signifikan berbeda.

Asumsi yang diperlukan untuk keperluan analisa adalah:

1. $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1j}$ adalah sampel random berukuran n dari populasi dengan mean μ_1 , $1 = 1, 2, \dots, g$. Sampel random dari populasi yang berada adalah independen.
2. Semua populasi mempunyai matrik varian kovarian Σ .
3. Masing-masing populasi adalah berdistribusi Multivariate Normal.

Multivariate Analysis of Varians memiliki model $X_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$, dimana $i = 1, 2, \dots, g$ dan $j = 1, 2, \dots, n$ dengan ε_{ij} berdistribusi $N_p(0, \Sigma)$ dimana parameter vektor μ adalah mean tiap level dan τ_i efek perlakuan ke- i dengan $\sum_{i=1}^g n_i \tau_i = 0$. Error untuk komponen X_{ij} berkorelasi, tetapi matrik varian kovarian Σ sama untuk setiap populasi. Sebuah vector observasi dikomposisikan dengan model:

$$X_{ij} = \bar{X} + (\bar{X}_i - \bar{X}) + (X_{ij} - \bar{X}_i)$$

$$= \hat{\mu} + \hat{\tau}_i + \hat{e}_{ij}$$

Dengan $(X_{ij} - \bar{X})(X_{ij} - \bar{X})'$ dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X})(X_{ij} - \bar{X})' &= [(X_{ij} - \bar{X}_i) + (\bar{X}_i - \bar{X})(X_{ij} - \bar{X}_i) + (\bar{X}_i - \bar{X})]' \\ &= (X_{ij} - \bar{X}_i)(X_{ij} - \bar{X}_i)' + (X_{ij} - \bar{X}_i)(\bar{X}_i - \bar{X})' + \\ &\quad (\bar{X}_i - \bar{X})(X_{ij} - \bar{X}_i)' + (\bar{X}_i - \bar{X})(\bar{X}_i - \bar{X})' \end{aligned}$$

$\sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i) = 0$, maka hasil penjumlahan yang diperoleh adalah:

$$\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X})(X_{ij} - \bar{X})' = \sum_{j=1}^g n_i (\bar{X}_i - \bar{X})(\bar{X}_i - \bar{X})' + \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)(X_{ij} - \bar{X}_i)'$$

B + W

Dimana:

$$W = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)(X_{ij} - \bar{X}_i)'$$

$$W = (n_1 - 1) S_1 + (n_2 - 1) S_2 + \dots + (n_g - 1) S_g$$

$$S_1 = \begin{bmatrix} S_1^2 & S_{12} & \dots & S_{1p} \\ S_2 & \dots & \dots & S_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & S_p^2 & \dots \end{bmatrix}$$

Dimana S_1 merupakan matriks varian kovarian untuk sampel ke-1, bila ada p variabel dengan grup g maka perbandingan vektor mean populasi dapat dilihat pada tabel 2.2. dibawah ini.

Tabel 2.1. Manova untuk membandingkan antar populasi

Sumber variasi	Sum of Square	Derajat bebas
Treatment	$B = \sum_{i=1}^g n_i (\bar{X}_i - \bar{X})(\bar{X}_i - \bar{X})'$	$g-1$
Residual	$W = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)(X_{ij} - \bar{X}_i)'$	$\sum_{i=1}^g n_i - g$
Total Corrected	$B + W = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)(\bar{X}_i - \bar{X})'$	$\sum_{i=1}^g n_i - 1$

Tabel diatas pada dasarnya sama dengan tabel Anova, kecuali pada bentuk *sum of square* bentuk skala berbeda bila bentuknya vektor, yakni misal pada bentuk $(\bar{X}_i - \bar{X})^2$ berubah menjadi $(X_{ij} - \bar{X}_i)(X_{ij} - \bar{X}_i)'$.

Pengujian yang digunakan dengan hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_g = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu pasang } \tau_i \neq 0$$

Daerah kritis, H_0 ditolak bila nilai $\wedge^*$ terlalu kecil.

$$\text{Dimana: } \wedge^* = \frac{|W|}{|B + W|} \dots\dots\dots(2.21)$$

Proses perhitungan $\wedge^*$ (Wilks, 1980) bersesuaian dengan distribusi *Wilks Lambda* yang mempunyai hubungan dengan kriteria rasio *likelihood*. Perhitungan nilai $\wedge^*$ sesuai dengan distribusi *Wilks Lambda* dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2. Distribusi Wilks Lambda

Jumlah variabel	Jumlah grup	Dist. sampling u/ data normal multivariate
$p = 1$	$g \geq 2$	$\left[\frac{\sum n_i - g}{g-1} \right] \left[\frac{1-\Lambda^*}{\Lambda^*} \right] \propto F_{g-1, \sum n_i - g}$
$p = 2$	$g \geq 2$	$\left[\frac{\sum n_i - g - 1}{g-1} \right] \left[\frac{1-\sqrt{\Lambda^*}}{\sqrt{\Lambda^*}} \right] \propto F_{2(g-1), 2(\sum n_i - g - 1)}$
$p \geq 1$	$g = 2$	$\left[\frac{\sum n_i - p - 1}{p-1} \right] \left[\frac{1-\Lambda^*}{\Lambda^*} \right] \propto F_{p, \sum n_i - p - 1}$
$p \geq 1$	$g = 3$	$\left[\frac{\sum n_i - p - 2}{p} \right] \left[\frac{1-\sqrt{\Lambda^*}}{\sqrt{\Lambda^*}} \right] \propto F_{2p, 2(\sum n_i - p - 2)}$

(Bartlett 1987) telah membuktikan bahwa jika H_0 benar dan $\sum n_i = n$ memiliki ukuran besar, maka dengan pendekatan (*approximately*) distribusi *Chi Square* yang memiliki derajat bebas $p(g-1)$.

Dengan konsekuensi $\sum n_i$ besar, maka H_0 dapat ditolak pada level signifikan α jika:

$$-\left[n-1 - \frac{(p+g)}{2} \right] \ln \left[\frac{|W|}{|B+W|} \right] > \chi^2_{p(g-1), \alpha} \dots \dots \dots (2.23)$$

dimana $\chi^2_{p(g-1), \alpha}$ adalah persentile atas ke (100α) distribusi chi square dengan derajat bebas $p(g-1)$.

Sebagai bahan faktor dimana nilai yang dengan yang dianggap sama dengan nilai yang digunakan sebagai bahan.

2.2.3. Metode LSD (*Least Significant Difference*)

Metode LSD merupakan analisis lanjutan dari Manova. Menurut Vincent G, jika setiap perlakuan mempunyai ulangan yang sama yaitu r maka formula untuk perhitungan nilai LSD pada taraf nyata α adalah:

$$LSD_{\alpha} = t_{\alpha} (2s^2 / r)^{1/2}$$
, dimana t adalah nilai yang diperoleh dari tabel pada taraf α . Sedangkan s^2 adalah nilai kuadrat tengah galat yang diperoleh dari analisis ragam, dan r adalah jumlah ulangan.

Untuk menilai apakah dua nilai tengah perlakuan berbeda secara statistik maka dibandingkan selisih (beda) dua nilai tengah perlakuan tersebut dengan nilai LSD. Jika beda dua nilai tengah perlakuan lebih besar dari pada nilai LSD, maka dua nilai tengah dikatakan berbeda secara nyata pada taraf α demikian pula sebaliknya.

$H_0 : \mu_i = \mu_j$ dimana $i \neq j$ ada pun perhitungan yang nantinya dapat menyimpulkan bahwa $\mu_i \neq \mu_j$ (daerah kritis). Kriteria penggunaan uji LSD:

Jika $|\bar{y}_i - \bar{y}_j| > LSD_{(0.05)}$ maka hasil uji menjadi nyata, sedangkan $\leq$ maka hasil uji tidak nyata. Tanda $| |$ menunjukkan harga mutlak dari dua beda nilai tengah perlakuan yang diuji tersebut.

2.2.4. Pengujian Distribusi Normal

Pengujian ini dilakukan untuk memperkuat dugaan bahwa data yang terkumpul berdistribusi normal. Pada pengujian *chi square* digunakan untuk jumlah sampel yang banyak dan dirancang untuk penggunaan data nominal.

Untuk pemeriksaan normalitas yang digunakan untuk multivariate ($p \geq 1$) adalah dengan mengkonstruksikan plot *chi-square* sebagai berikut:

- Menghitung nilai-nilai d^2_j dengan rumus sebagai berikut:

$$d^2_j = (X_j - \bar{X})' S^{-1} (X_j - \bar{X})$$

dimana: $j = 1, 2, \dots, n$

$X_1, X_2, \dots, X_n$ = objek pengamatan.

S^{-1} = Invers matrik varian kovarian $S_{p \times p}$

- Urutkan nilai d^2_j dari data yang terkecil sampai terbesar.
- Mencari nilai-nilai $X^2(p; (j - 0.5)/n)$ yang diperoleh dari tabel *chi-square*.
- Buat *scatter plot* antara pasangan $(d^2_j, X^2(p; (j - 0.5)/n))$ dengan p adalah banyak variabel.

Nilai $X^2(p; (j - 0.5)/n)$ adalah persentile ke $[100 \times (j - 0.5)/n]$ dari distribusi *chi-square* dengan derajat bebas p . Kriteria yang digunakan adalah bila plot mendekati garis lurus maka dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi multivariate normal.

Untuk lebih meyakinkan terhadap hasil pemeriksaan plot diatas, dapat juga digunakan pengujian secara statistik terhadap data yang dipakai dengan hipotesis:

H_0 : data berdistribusi multivariate normal.

H_1 : data tidak berdistribusi multivariate normal.

Karena penolakan H_0 adalah jika nilai $d^2_j \leq X^2(p; (j - 0.5)/n)$ kurang dari 50%.

2.3. Kemampuan Proses

2.3.1. Konsep Umum

Proses control adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk menjaga tingkat proses pada suatu standar tertentu dengan menggunakan peralatan yang sesuai, pengawasan yang teratur dan kemudian melakukan tindakan korektif jika terjadi penyimpangan-penyimpangan. Dalam hal ini kegiatan utama yang dilakukan adalah membandingkan kondisi yang terjadi dengan standar yang telah ditentukan sebelumnya, sedangkan apabila standard proses tersebut yang digunakan pada pengawasan proses selanjutnya.

Dewasa ini pengendalian kualitas mendapat perhatian yang meningkat sebagai alat ukur dengan mengamati, menilai, dan membandingkan sifat-sifat penting suatu produk dengan suatu bentuk baku. Pengguna utama dari alat-alat pengendalian kualitas ini ialah perusahaan industri, karena diharapkan dapat meningkatkan mutu produk yang sedang dikerjakan dan menaikkan keuntungan perusahaan.

Definisi kualitas menurut Crosby (1979) kualitas sesuai dengan keperluan atau spesifikasi yang telah ditentukan. J.M Juran (1974) menyatakan kualitas merupakan kondisi yang cocok sesuai dengan kebutuhan atau penggunaannya (*Fitness for use*). Sedangkan pakar Jepang, W. Edwards Deming (1950) memaparkan siklus PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) untuk meningkatkan kualitas, siklus ini biasa dikenal dengan "*The Deming Cycle*".

Tujuan utama pengendalian kualitas statistik adalah pengurangan variabilitas yang sistematis dalam karakteristik kualitas kunci produk, sehingga

menghasilkan biaya kualitas yang lebih rendah dan mempertinggi posisi kompetitif.

Proses analisa data sangat diperlukan dalam upaya penelusuran dan pengungkapan informasi pada data tersebut. Dalam proses ini diperlukan suatu metode pengendalian kualitas yang standar, yaitu Tujuh Alat (*Seven Tools*) dan analisis kemampuan proses.

Tujuh Alat Statistika dalam pengendalian kualitas statistika meliputi :

1. Lembar Pemeriksaan (*Check Sheet*).

Lembar pemeriksaan adalah lembar formulir yang berisi item-item yang diperiksa, yang digunakan sebagai alat pengumpulan dan pencatatan data.

2. Diagram Pareto

Suatu grafik yang menunjukkan urutan penyebab variabilitas dari prioritas tertinggi urutan-urutan penyebab variabilitas dari prioritas tertinggi dari berbagai dugaan penyebab. Diagram ini dibuat untuk mengidentifikasi sumber-sumber masalah sehingga pemecahannya lebih efisien.

3. Histogram

Menggambarkan frekuensi penyebaran pada suatu interval pengukuran tertentu. Histogram memberikan pula gambaran visual tentang kondisi proses yang diminati menurut sebaran datanya.

4. Diagram Sebab Akibat

Grafik yang menggambarkan hubungan antara masalah atau akibat yang terjadi dengan faktor-faktor yang menjadi penyebabnya. Diagram ini disusun

dengan memperhatikan elemen-elemen yang meliputi 4M+1L, yakni meliputi Mesin, Metode, Manusia, Materi dan Lingkungan.

5. Diagram Pencar

Grafik yang menggambarkan hubungan linear antara dua variabel yang berkaitan, yang berupa :

- a. Variabel karakteristik dengan faktor proses yang mempengaruhinya.
- b. Dua variabel karakteristik kualitas yang berkaitan.

6. Stratifikasi

Menunjukkan perbedaan ruang, waktu, atau kelompok yang berbeda. Stratifikasi senantiasa perlu digabung dengan metode lain seperti diagram pencar atau peta kendali.

7. Peta Kendali

Suatu grafik yang dapat digunakan untuk menaksir parameter suatu proses produksi dan dapat juga menentukan kemampuan proses produksi, serta dapat juga memberikan informasi yang berguna dalam meningkatkan proses. Secara garis besar dibagi menjadi dua :

- a. Peta kendali untuk pemeriksaan Atribut.

Peta kendali ini merupakan peta kendali atribut yang berupa besaran, tidak dapat diukur dan metode inspeksi yang digunakan berdasarkan cacat dan tidak cacat yang dilakukan pada evaluasi produk.

Macam-macam peta kendali untuk pemeriksaan jenis atribut adalah :

- Peta kendali – P.
- Peta kendali – NP.

- Peta kendali – C.

- Peta kendali – U.

b. Peta kendali untuk pemeriksaan variabel.

Peta kendali berupa besaran yang dapat diukur dan dinyatakan dalam nilai nominal. Grafik pengendali ini memanfaatkan data proses yang ada yang dikumpulkan secara berkala, dan memberikan informasi ini dalam suatu format yang berguna untuk manajemen dalam pencegahan cacat.

Macam-macam peta kendali jenis variabel antara lain :

- Peta kendali – $\bar{X}$ -bar/R.

- Peta Kendali – $\bar{X}$ -bar/S.

- Peta kendali – T^2 .

Teknik statistic dapat berguna sepanjang putaran produk, termasuk aktivitas pengembangan sebelum produksi, untuk kuantifikasi variabilitas proses, analisis variabilitas relatif terhadap persyaratan atau spesifikasi produk, dan untuk membantu pengembangan dan produksi dalam menghilangkan atau mengurangi dengan banyak variabilitas ini. Aktivitas umum dinamakan Analisis Kemampuan Proses. Kemampuan proses berkenaan dengan keseragaman proses, jelas keseragaman proses ini dan analisis kemampuan proses adalah bagian yang sangat penting dari keseluruhan program peningkatan kualitas. Suatu proses dikatakan kapabel apabila:

- Proses terkendali, dari peta kendali dapat juga digunakan untuk menaksir bagian produk tak sesuai atau cacat.

- Memenuhi batas spesifikasi.

- Presisi dan akurasi tinggi.

2.3.2. Peta Kendali Multivariat

Apabila terdapat suatu keadaan yang memerlukan pengendalian bersama-sama dua karakteristik kualitas yang diduga berhubungan/berkorelasi, menggunakan peta kontrol satu variabel (variabelnya dianggap independen) dapat menyesatkan. Menurut (*Montgomery*), dalam menggunakan peta kendali yang independen, proses dapat dianggap terkendali hanya apabila rata-rata sampel $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ dan seterusnya sampai p-variate yang diteliti jatuh dalam kendali masing-masing.

Penggunaan peta multivariat untuk mendeteksi kejadian-kejadian penyebab *out of control* yang biasa digunakan adalah berdasarkan statistik *Hottelling* T^2 . Untuk membuat peta berdasarkan *Hottelling* harus ditentukan matrik kovarian Σ yang ditaksir dari data yaitu S sebagai berikut:

$$T^2 = (Z - \mu)' S^{-1} (Z - \mu) \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

dimana : μ = vektor mean

Z = random variabel

S^{-1} = kovarian

Batas kontrol atas/*Upper Control Limit* (T_{ucl}^2) didasarkan pada distribusi F maka nilai T_{ucl}^2 adalah:

$$T_{ucl}^2 = \frac{(m^2 - 1)t}{m(m - n)} F_{\alpha, (n, m-n)} \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

dimana : m = banyaknya observasi.

n = banyaknya variabel.

T_{ucl}^2 = batas kontrol atas.

α = tingkat keyakinan.

Sehingga T^2 adalah :

$$T^2 = \sum_{a=1}^n \frac{ta^2}{\lambda a} = \sum_{a=1}^n \frac{ta^2}{sa^2} \dots\dots\dots (2.26)$$

dimana nilai score ta:

$$ta = Pa(Z - \mu) = \sum_{j=1}^n Pa_j(z_j - \mu_j) \dots\dots\dots (2.27)$$

dimana : Pa = eigen vektor dari S yang bersesuaian terhadap λa

Pa_j = eigen vektor dari elemen ke- j .

Z_j = variabel random elemen ke- j .

μ_j = mean vektor dari elemen ke- j .

j = berhubungan dengan variabel dimana $j = 1, 2, \dots, n$.

2.3.3. Peta Kendali Individu

Peta kendali merupakan suatu alat statistik yang digunakan untuk mempelajari dan mengontrol proses yang berulang berdasarkan atas prinsip bahwa variasi kualitas tidak dapat dipisahkan dari setiap proses.

Sebuah peta kendali terdiri dari garis tengah yang merupakan rata-rata karakteristik kualitas yang berkaitan dengan keadaan terkendali dan dilengkapi oleh dua garis mendatar yang disebut batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB), dimana garis batas tersebut didapatkan dari perhitungan data yang dihasilkan oleh suatu proses produksi yang masing-masing berjarak $k\sigma$ dari garis pusatnya.

Bila semua nilai yang digambarkan didalam batas kendali, maka proses dipandang dalam keadaan terkendali. Bila nilai yang digambarkan ada yang diluar batas kendali dan ada kecenderungan tertentu, maka proses dikatakan diluar kendali.

Suatu proses memiliki variasi, karenanya nilai karakteristiknya juga bervariasi, yaitu secara umum disebabkan oleh 4M dan 1E: Man, Material, Machine, dan Environmental. Variasi yang disebabkan oleh 4M + 1E tersebut dapat diklasifikasikan kedalam 2 tipe yaitu:

2. *Chance Cause* (Variasi alami)

Variabilitas ini merupakan variabilitas yang terjadi secara alami atau sebab tak terduga sehingga penyimpangan yang terjadi sulit dicari penyebabnya. Karena terjadi pada siklus yang berulang. Penyimpangan tersebut tidak dapat dihilangkan secara 100% yang dapat dilakukan adalah dengan meminimalkan variabilitas.

3. *Assignable Causes* (Variasi tidak alami)

Variabilitas jenis ini dapat dicari faktor penyebabnya, misalnya bahan baku yang digunakan tidak homogen, mesin yang digunakan, operator yang menjalankannya, metode kerja yang digunakan serta lingkungan kerja. Jika variabilitas yang disebabkan oleh faktor tersebut maka perlu dilakukan tindakan perbaikan sehingga variabilitas yang terjadi berubah menjadi variabilitas yang alami, dan bila variabilitas tersebut terjadi karena faktor yang dapat diketahui penyebabnya, maka proses tersebut dalam keadaan tidak terkendali.

Bila terdapat titik jatuh diluar batas kendali atau menunjukkan kecenderungan tertentu, dikatakan proses berada diluar batas kendali (*out of control*) yang setara dengan sebutan: " Terdapat variasi yang penyebabnya dapat dilacak sumbernya (*assignable causes*) dan proses dikatakan tidak berada dalam keadaan terkendali." Akan tetapi selama penyimpangan yang terjadi disebabkan oleh penyebab kebetulan (*chance causes*), proses masih dikatakan terkendali (*in state of control*). Dengan menggunakan peta kendali dapat dibedakan penyimpangan-penyimpangan-penyimpangan tersebut disebabkan oleh *common causes* atau *assignable causes* melalui pemilihan batas kendali.

Peta kendali ada berbagai tipe, sesuai dengan nilai karakteristik atau tujuannya, dalam setiap peta kendali batas kendali dihitung dengan rumus:

(nilai taksiran) $\pm 3\sigma$ dimana σ adalah standar deviasi terhadap penyebab kebetulan. Untuk membuat peta kendali yang digunakan adalah peta kendali $\bar{x}$ dan R. Peta ini digunakan untuk mengendalikan dan menganalisis proses yang menggunakan nilai kontinyu dan memberikan jumlah informasi terbanyak mengenai proses. $\bar{x}$ menggambarkan nilai rata-rata subgroup dan R menggambarkan nilai rata-rata subgroup dan R menggambarkan jangkauan subgroup. Sebuah peta R biasanya digunakan dalam kombinasi dengan peta $\bar{x}$ untuk mengendalikan variansi dalam subgroup. Langkah-langkah yang diambil untuk membuat bagan adalah:

1. Mengumpulkan data dan membaginya menjadi beberapa subgroup.
2. Menghitung nilai rata-rata $\bar{x}$ untuk setiap subgroup:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_k}{n} \dots\dots\dots(2.28)$$

dimana n adalah ukuran subgroup.

3. Menghitung nilai rata-rata total $\bar{\bar{x}}$ dengan membagi jumlah seluruh rata-rata subgroup dengan jumlah k subgroup.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_k}{k} \dots\dots\dots(2.29)$$

dimana k adalah banyaknya subgroup.

4. Hitung kisaran setiap subgroup R:

$$R = (\text{nilai maksimum dalam subgroup}) - (\text{nilai minimum dalam subgroup})$$

5. Hitung rata-rata $\bar{R}$ dari kisaran dengan membagi setiap subgroup dengan jumlah sub grup k.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k} \dots\dots\dots(2.30)$$

6. Perhitungan garis kendali.

Peta $\bar{x}$:

$$\text{Garis pusat} \quad CL = \bar{\bar{x}} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$\text{Batas kendali atas} \quad UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$\text{Batas kendali bawah} \quad LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \dots\dots\dots(2.33)$$

Peta R:

$$\text{Garis pusat} \quad CL = \bar{R} \quad \dots\dots\dots(2.34)$$

$$\text{Batas kendali atas} \quad UCL = D_4 \bar{R} \quad \dots\dots\dots(2.35)$$

$$\text{Batas kendali bawah} \quad LCL = D_3 \bar{R} \quad \dots\dots\dots(2.36)$$

A_2 , A_3 , D_4 dan D_3 adalah koefisien yang ditentukan oleh subgroup (n).

7. Menggambarkan garis kendali.

Pertama buat garis vertical dan horizontal, dan tandai sumbu vertical kiri dengan nilai $\bar{x}$ atau R dan sumbu horizontal dengan nomor subgroupnya.

8. Menggambarkan titik.

Menandai nilai $\bar{x}$ dan R setiap subgroup pada sumbu vertical yang sama sesuai dengan nomor grupnya.

Hal yang paling penting dalam pengendalian proses adalah memahami keadaan proses dengan teliti, dengan membaca peta kendali dan mengambil tindakan yang tepat segera mungkin, bila sesuatu yang tidak biasa terjadi didalam proses. Keadaan terkendali dari proses adalah keadaan dimana proses stabil dan rata-rata proses serta variasi tidak berubah. Sebuah proses dapat dikatakan dalam keadaan terkendali atau tidak ditentukan dengan kriteria sebagai berikut:

1. Keluar dari batas kendali.

Suatu keadaan dimana terdapat titik-titik yang keluar dari batas kendali.

2. Run.

Keadaan dimana terdapat titik-titik yang terletak secara kontinyu pada satu sisi garis pusat. Suatu keadaan dikatakan tidak terkendali bila:

- Paling sedikit tujuh titik yang berurutan terjadi pada satu sisi garis pusat.
 - Paling sedikit 10 dari 11 titik yang berurutan terjadi pada satu sisi garis pusat.
 - Paling sedikit 12 dari 14 titik yang berurutan terjadi pada satu sisi garis pusat.
3. Kecenderungan (trend).
Keadaan dimana titik-titik membentuk kurva kontinyu keatas atau kebawah, maka hal ini dikatakan membentuk trend.
 4. Mendekati garis kendali.
Keadaan dimana titik-titik yang mendekati batas kendali σ , apabila 2 dari 3 titik berada diluar garis-garis σ maka dianggap tidak terkendali.
 5. Mendekati garis pusat.
Kondisi tak terkendali bila banyak titik yang terletak didalam 1.5σ dari garis pusat. Mendekati garis pusat tidak berarti tidak terkendali, karena berarti data dari populasi yang berbeda dalam subgrup yang membuat lebar batas kendali terlalu besar. Maka untuk menghadapi situasi seperti ini diperlukan untuk mengubah subgrup.
 6. Gerak periodik.
Apabila kurva secara berulang-ulang menunjukkan kecenderungan naik dan turun pada selang yang sama, maka keadaan menjadi tidak terkendali.

2.3.4. Indeks Potensial Proses

Potensi dari sebuah proses yang stabil untuk membuat kapabel tergantung pada variabilitas proses. Metode sederhana untuk mengevaluasi ini adalah dengan menghubungkan penyebaran proses yang besarnya sama dengan 6σ terhadap penyebaran proses yang diijinkan ($BSA - BSB$).

Batas spesifikasi merupakan penyebaran proses yang diijinkan jika proses dinilai mampu. Kedua penyebaran ini dapat dihubungkan untuk membentuk suatu indeks sederhana, yaitu indeks potensial proses:

$$C_p = \frac{\text{Penyebaran proses yang diijinkan}}{6\sigma} = \frac{BSA - BSB}{6\sigma} \dots\dots\dots(2.37)$$

Penyebaran proses yang seharusnya

Untuk proses yang kapabel, penyebarannya yang sebenarnya sama dengan penyebaran yang diijinkan, sehingga $C_p = 1$. Harga C_p yang lebih dari 1 menyatakan bahwa proses itu aman dimana penyebaran proses yang sebenarnya kurang dari penyebaran yang diijinkan, sedangkan C_p yang kurang dari 1 menandakan proses dalam kondisi hati-hati walaupun produk masih bisa diterima, nilai C_p yang kurang 1 menunjukkan proses tidak kapabel.

2.3.5. Kemampuan Proses Multivariat

Apabila peta multivariate terkendali dan asumsi multivariate normal terpenuhi maka bentuk dasar kemampuan proses adalah bentuk kuadratik:

$$W = (x - \bar{x})^T V o^{-1} (x - \bar{x})$$

Statistik W berdistribusi chi-square dengan derajat bebas v . Daerah spesifikasi proses sebenarnya mempunyai bentuk $W \leq \chi^2_{v,0.9973} = C \cdot v^2$ memiliki probabilitas harapan produk dalam kondisi cacat yaitu 0.27 %.

Bentuk daerah spesifikasi yang telah dimodifikasi adalah R^* sebagai volume terbesar *ellipsoid* dengan matrik varian kovarian (Vo^{-1}) yang degerate, terdiri daerah spesifikasi sesungguhnya R . Jika daerah proses yang diijinkan $(x - \xi)Vo^{-1}(x - \xi) \leq k^2$ maka bentuk indek kemampuan proses adalah sebagai berikut.

$$Cp^* = \frac{\text{volume } R^*}{\text{volume} \{(x - \bar{x})Vo^{-1}(x - \bar{x}) \leq \chi^2_{v,0.9973}\}} = \left[\frac{K^2}{\chi^2_{v,0.9973}} \right] \dots\dots\dots(2.38)$$

dimana : $\xi = \left[\frac{BSA - BSB}{2} \right]$ adalah target perusahaan.

Matrik Vo proposional untuk A , yaitu $Vo = \theta^2 \cdot A$ tetapi nilai Vo tidak diketahui, jika $Vo = \theta^2 \cdot A$ maka indek kemampuan proses adalah:

$$Cp = \left[\frac{K^2}{\theta^2 \chi^2_{v,0.9973}} \right] \dots\dots\dots(2.39)$$

Persamaan yang menghubungkan $\chi^2_{v,0.9973}$ sebagai batas produk sebenarnya yang memiliki probabilitas produk cacat 0.27 % dan K^2/n^2 memiliki bentuk umum batasan produk yang diijinkan perusahaan didefinisikan sebagai berikut:

$${}_vCp = \frac{K}{\theta \chi_{v,0.9973}} \cdot Cp^{1/v} \dots\dots\dots(2.40)$$

Nilai taksiran Cp atau vCp equevalen untuk menaksir θ . Jika $V_0 = \theta^2 A$ dan $x_j = (X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{vj})$ untuk n individu ($j = 1, 2, \dots, n$) dengan statistik sebagai berikut:

$$S = \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^T A^{-1} (x_j - \bar{x}) \dots\dots\dots(2.41)$$

Berdistribusi $\theta^2 \chi^2(n-1)v$ dan $\frac{S}{(n-1)v}$ adalah tak bias dari θ^2 sehingga didapat nilai kapabilitas proses (Cp) multivariate untuk faktor yang terkendali berdasarkan (Kotz 1992):

$${}_vCp = \frac{k}{\chi_{v,0.9973}} \left[\frac{(n-1)v}{S} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(2.42)$$

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Variabel Penelitian

Variabel kualitas yang diukur dibagian inspeksi akhir adalah sebagai berikut:

1. Berat basah (X_1), batas spesifikasi antara 4100 gr sampai dengan 4700 gr.
Berat basah genteng beton pada saat jenuh air.
2. Berat kering (X_2), batas spesifikasi antara 4000 gr sampai dengan 4600gr.
Berat normal genteng beton setelah dilakukan pengeringan.
3. Berat normal (X_3), batas spesifikasi antara 3900gr sampai dengan 4500gr.
Berat kering genteng beton pada saat genteng setelah dikeringkan di kamar pengering selama 24 jam.
4. Kuat lentur (X_5), batas spesifikasi 296.50 kg sampai dengan 340.50 kg.
Kuat lentur yaitu kuat lentur (kg) yang digunakan sampai genteng pecah.
5. Daya serap air (X_5), batas spesifikasi antara 5 % sampai dngan 8 %.
Daya serap air yaitu persen berat basah dikurangi berat kering dibagi dengan berat masing-masing.
6. Tebal (X_4), batas spesifikasi antara 1.112 cm sampai dengan 1.119 cm.
Ketebalan genteng saat genteng keadaan normal.



3.2. Pengambilan sampel

Dalam penelitian ini, pengambilan sampel dilakukan pada inspeksi akhir yaitu pada pengisian rak dimana genteng beton sudah dalam keadaan tercetak. Pengambilan data dilakukan pada bulan Maret 2003 minggu ke-3, dimana pengambilan data pada tiap variabel diambil sebanyak 5 sampel per rak pengisian genteng beton. Dimana satu hari ada 2 shift.

Shift I : Pukul 07.00 - 12.00

Shift II : Pukul 12.00 - 17.00

3.3. Peta Proses Operasi



Gambar 3.1. Peta proses operasi genteng beton

Keterangan:

1. Mixer kering, yaitu proses pencampuran material atau bahan-bahan kering seperti semen, fly ash, dan abu batu.
2. Mixer basah, yaitu proses pencampuran air setelah proses pencampuran kering pada mixer kedua yaitu mixer basah.
3. Mesin cetak, proses pencetakan genteng sesuai dengan takaran yang telah ditentukan dengan tekanan mesin sesuai dengan *timmer* yang telah ditentukan ± 4 detik, kemudian hasil pencetakan dimasukkan kedalam rak (200 genteng/rak).
4. Rak isian, proses pengisian di rak isian, pengisian menghindari sinar matahari atau panas secara langsung yang dapat meretakkan genteng.
5. Pengeringan I/*Curing*, proses pengeringan pertama setelah pencetakan yaitu pengeringan dengan cara membiarkan genteng mengering pada suhu kamar selama 24 jam.
6. Perendamaan, proses perendaman setelah pengeringan pertama, proses perendaman dilakukan selama 3x24 jam pada bak rendam.
7. Perendaman II/*Stapel*, proses pengeringan kedua dilakukan setelah proses perendaman, pada proses pengeringan ini genteng yang keluar dari bak rendam di stapel dilapangan terbuka dibawah sinar matahari selama $\pm 7 \times 24$ jam.
8. Inspeksi akhir, yaitu pemeriksaan akhir yang dilakukan untuk memeriksa berat basah, berat kering, berat normal, tebal, kuat lentur, dan daya serap air.

3.4. Langkah- langkah Analisis Data

Adapun langkah untuk menganalisa data diatas yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian *Multivariate Analysis of Varians* (Manova), untuk melihat apakah ada perbedaan antara hari dan shift terhadap proses produksi.
2. Mengevaluasi proses produksi:
 - Melakukan Analisis Faktor untuk mereduksi antar variabel karakteristik kualitas ada dependendi atau saling berhubungan.
 - Peta kendali multivariate setiap faktor.
 - Melakukan pengujian distribusi multivariat normal untuk karakteristik variabel, dengan menggunakan QQ plot.
3. Mengukur presisi dan akurasi berdasarkan peta kendali multivariat yang sudah terkendali dengan menghitung nilai C_p multivariat pada setiap variabel kualitas.

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perbandingan Shift dan Hari

4.1.1. Deskriptif Seluruh Variabel

Dalam proses pembuatan genteng beton type Nusantara, perlu memperhatikan beberapa kriteria diantara karakteristik kualitas yang diteliti, yakni berat basah, berat normal, berat kering, tebal, kuat lentur dan daya serap air. Keenam karakteristik tersebut harus diperhatikan baik bentuk fisik genteng beton dan ketebalan dari karakteristiknya, karena hal tersebut sangat berpengaruh pada kualitas produk akhir pembuatan genteng beton. Dengan menggunakan analisis deskriptif variabel karakteristik kualitas genteng beton, maka dapat diperoleh suatu analisis awal terhadap produk genteng beton tersebut.

Tabel 4.1. Statistik deskriptif seluruh variabel

Variabel	Rata-rata	Stand. Dev	Varian	Min	Max
Berat basah	4405.39	71.08	5052.46	4215	4685
Berat kering	4275.01	108.94	11867.10	3952	4569
Berat normal	4207.17	103.48	17024.62	3711	4548
Kuat Lentur	320.23	9.76	95.68	286	339
Daya serap air	6.67	1.16	1.13	3.8	9.8
Tebal	1.1158	0.00129	0.0000016	1.112	1.120

Pada tabel diatas yaitu variabel berat basah diperoleh nilai varians sebesar 5052.46 dan rata-rata sebesar 4405.39. Dilihat dari nilai varians yang cukup besar maka dapat dikatakan variabel X_1 mempunyai fluktuasi yang cukup besar, sedangkan pada variabel berat kering (X_2) diperoleh nilai varians sebesar 11687.097 dan nilai rata-rata sebesar 4275.01, dilihat nilai varian pada variabel X_2 sangat besar berarti mempunyai simpangan dan fluktuasi yang sangat besar diantara variabel-variabel lainnya. Kemudian pada variabel berat normal (X_3) diperoleh nilai varians sebesar 17024.615 dan nilai rata-rata sebesar 4207.17.

Pada variabel kuat lentur (X_4) memiliki varians sebesar 95.679 dan nilai rata-rata sebesar 3230.23. Dilihat dari nilai varians yang relatif kecil bila dibandingkan dengan nilai varians yang lain maka dapat dikatakan variabel X_4 cukup baik karena simpangan dan fluktuasinya cukup kecil. Variabel daya serap air (X_5) yang mempunyai nilai varians sebesar 1.131 dan nilai rata-rata 6.6608. Dilihat dari nilai varians yang cukup besar maka variabel X_5 mempunyai simpangan dan fluktuasi yang cukup besar.

Sedangkan pada variabel tebal (X_6) yang memiliki nilai varians sebesar 0.000016 dan nilai rata-rata sebesar 6.6608. Dilihat dari nilai varians yang relatif kecil sehingga dapat dikatakan variabel X_6 cukup baik.

4.1.2. Analisis Data dan Pembahasan Hasil Perbandingan Shift dan Hari

Untuk membandingkan shift dan hari digunakan Manova, bahwasannya ingin diketahui apakah faktor hari (hari senin s/d jumat) serta faktor shift (shift I dan shift II) memberikan kontribusi yang besar pada terjadinya proses produksi pembuatan genteng beton tersebut. Untuk mengetahui apakah mean dari dua populasi atau lebih memiliki perbedaan, maka digunakan metode *Multivariate Analysis of Varians* (MANOVA).

Dengan menggunakan hipotesis bahwa mean vektor antar shift adalah sama maka dapat dilihat hipotesis sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = 0$$

$$H_1 : \text{Minimal ada satu } \mu_i \neq 0 \quad i = 1, 2, 3, 4, 5.$$

Tabel 4.2. Hasil pengujian MANOVA

Variabel	F	Sig
Hari	5.298	0.000
Shift	0.834	0.545
Hari * Shift	1.055	0.390

Dengan menggunakan metode *Wilks Lambda*, untuk pengaruh hari diperoleh dengan nilai P-value sebesar 0.000, dengan tingkat signifikansi 5% maka dapat disimpulkan bahwa hipotesis awal yang ada ditolak. Adapun hipotesisnya adalah sebagai berikut:

Dengan H_0 ditolak, berarti bahwa dengan pengujian secara serentak dihasilkan bahwa mean variabel hari berbeda tiap harinya (senin s/d jumat).

Untuk pengaruh shift, dengan menggunakan metode *Wilks Lambda* diperoleh dengan nilai P-value sebesar 0.545 dengan tingkat signifikan 5% maka dapat disimpulkan gagal tolak H_0 .

Dengan gagal tolak H_0 , berarti pengujian secara serentak yang dihasilkan mean variabel shift sama untuk setiap shiftnya yaitu shift I dan shift II. Tidak ada perbedaan yang signifikan dengan tingkat signifikan 5%.

Dari hasil output diatas ternyata hari memiliki pengaruh yang signifikan sedangkan untuk shift tidak berpengaruh maka terhadap faktor hari dilakukan analisis lanjutan dengan menggunakan metode LSD (*Least Significant Different*) yang tujuan untuk melihat hari apa yang berbeda.

4.1.3. Multiple Comparison

Dengan menggunakan uji lanjutan LSD maka diperoleh untuk karakteristik berat basah (X_1) untuk semua variabel yang antar hari tidak ada perbedaan dengan $\alpha = 5\%$ maka dapat disimpulkan bahwa gagal tolak H_0 yang berarti hipotesisnya rata-rata vektor pada hari senin, Selasa, Rabu, Kamis dan Jumat adalah sama.

Untuk variabel berat kering (X_2) ada beberapa hari yang berbeda secara signifikan dengan taraf $\alpha = 5\%$ adalah hari senin berbeda secara signifikan dengan hari Selasa, Rabu, Jumat. Sedangkan untuk variabel berat normal (X_3) ada beberapa hari yang berbeda secara signifikan dengan $\alpha = 5\%$ yaitu hari senin

berarti hipotesisnya rata-rata vektor pada hari senin, selasa, rabu, kamis dan jumat adalah sama.

Untuk variabel berat kering (X_2) ada beberapa hari yang berbeda secara signifikan dengan taraf $\alpha = 5\%$ adalah hari senin berbeda secara signifikan dengan hari selasa, rabu, jumat. Sedangkan untuk variabel berat normal (X_3) ada beberapa hari yang berbeda secara signifikan dengan $\alpha = 5\%$ yaitu hari senin berbeda dengan hari rabu, kamis, jumat. Kemudian untuk variabel Kuat lentur (X_4) semua variabel signifikan yaitu hari senin dengan selasa, rabu, kamis, jumat.

Sedangkan pada variabel daya serap air (X_5) untuk semua variabel yang antar hari tidak ada perbedaan dengan $\alpha = 5\%$ maka dapat disimpulkan bahwa gagal tolak H_0 yang berarti hipotesisnya rata-rata vektor pada hari senin, selasa, rabu, kamis dan jumat adalah sama. Kemudian pada variabel yang terakhir yaitu tebal (X_6) ada beberapa hari yang berbeda secara signifikan dengan $\alpha = 5\%$ yaitu hari senin berbeda secara signifikan dengan hari selasa, rabu, kamis, jumat.

Pada tabel LSD dilihat dari frekuensi mean yang paling banyak berbeda dengan hari lainnya yaitu hari senin dan hari jumat, sedangkan untuk hari selasa, rabu, kamis nilai mean dianggap sama. Setelah diketahui hasil analisa diatas ada kecenderungan perbedaan pada hari senin dan hari jumat dimana hal tersebut disebabkan karena untuk hari senin dimana mesin mulai disetting setelah hari libur sehingga perlu dilakukan penyesuaian ulang, sehingga biasanya hari senin selalu dilakukan percobaan berulang-ulang untuk melihat genteng beton type nusantara yang dihasilkan sudah sesuai dengan standar perusahaan, sedangkan untuk hari jumat terjadinya perbedaan mean vektor belum diketahui secara pasti

apa penyebabnya namun penyebab yang sering terjadi yaitu dari pihak operator sendiri.

4.2. Evaluasi Proses Produksi

4.2.1. Mereduksi Jumlah Variabel Karakteristik

Pada analisis faktor tujuan utama yang ingin dicapai adalah untuk melakukan reduksi terhadap variabel-variabel yang ada menjadi beberapa faktor yang dimensinya menjadi lebih kecil. Untuk analisis faktor digunakan dasar analisis komponen utama. Untuk menetapkan komponen utama akan digunakan persentase kumulatif dari keragaman total yang telah ada. Semakin besar nilai eigen nantinya maka akan semakin besar pula keragaman total yang diterangkan oleh komponen tersebut. Nilai eigen nantinya akan disusun dari nilai tertinggi sampai nilai terendah, jumlah komponen yang diambil berdasarkan berapa banyak nilai eigen yang lebih besar dari 1. Jumlah komponen nantinya akan dicapai sebagai dasar untuk menetapkan jumlah faktor yang akan diambil dalam analisis faktor. Setelah dilakukan analisis faktor maka didapatkan hasil output pada tabel berikut ini dengan nilai eigen value dari faktor yang terbentuk adalah:

Tabel 4.3. Hasil nilai eigen value variabel

Faktor	Eigen value	% Keragaman	Kumulatif
1	3.105	32.782	51.756
2	1.007	16.778	68.533
3	0.820	13.880	82.330
4	0.674	11.239	93.572
5	0.297	4.949	98.521
6	0.008	1.479	100.000

Dari hasil output diatas dapat diketahui dari ke enam variabel tersebut diringkaskan menjadi satu faktor maka varians yang bisa menjelaskan keragaman data hanya sebesar 32.782 %. Jika variabel tersebut diekstraksi menjadi 2 faktor maka didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Varians faktor satu sebesar 51.756.
2. Varians faktor kedua sebesar 16.755.

Sehingga total kedua faktor yang bisa menjelaskan $51.756\% + 16.755\%$ atau 68.534 % dari ke enam variabel diatas tersebut. Sedangkan jika dilihat dari nilai eigen value untuk keenam variabel adalah sama dengan total varians dari ke enam variabel seperti tertera pada tabel 4.4. diatas. Susunan eigen value selalu diurutkan dari nilai terbesar sampai yang terkecil dengan kriteria bahwa angka eigen value dibawah 1 tidak digunakan dalam menghitung jumlah faktor yang terbentuk, maka dari hasil tabel diatas hanya terlihat dua faktor yang terbentuk karena dengan satu faktor angka eigen value diatas 1, dengan dua faktor angka

eigen value juga masih diatas 1. Namun dengan tiga faktor angka eigen value sudah berada dibawah 1 yaitu 0.991 sehingga proses faktorisasi hanya berhenti pada faktor 2.

Tabel 4.4. Matrik loading variabel

Variabel	Faktor 1	Faktor 2
Berat basah	0.831	-0.051
Berat kering	0.926	0.033
Berat normal	0.865	-0.069
Kuat lentur	0.625	-0.026
tebal	0.003	0.989
Daya serap air	-0.647	-0.140

Dari tabel diatas menunjukkan setelah diketahui bahwa 2 faktor adalah jumlah yang paling optimal maka hasil output tabel diatas menunjukkan bahwa distribusi dari keenam variabel tersebut terdapat dua faktor yang terbentuk. Sedangkan angka pada tabel diatas menunjukkan *factor loading* yang menunjukkan besar korelasi antara suatu variabel dengan faktor 1 dan faktor 2. Proses penentuan variabel mana yang akan masuk pada faktor yang mana dilakukan dengan membandingkan besar korelasi pada setiap baris. Jika dibandingkan keduanya maka variabel berat basah (X_1) masuk pada faktor 1 karena korelasinya kuat hal tersebut tanpa memperhatikan nilai negatifnya. Variabel berat kering (X_2) jika dibandingkan keduanya maka masuk pada faktor 1 karena korelasinya kuat, sedangkan variabel berat normal (X_3) jika dibandingkan

keduanya masuk pada faktor 1 karena korelasi kuat, kemudian variabel kuat lentur (X_4) jika dibandingkan keduanya masuk pada faktor 2 karena nilai korelasi kuat, Variabel daya serap air (X_5) jika dibandingkan keduanya masuk pada faktor 1 karena nilai korelasi kuat. Kemudian variabel ke enam yaitu tebal (X_6) jika dibandingkan dengan keduanya masuk pada faktor 2 karena nilai korelasi kuat hal ini tanpa memperhatikan nilai negatifnya.

Dari hasil output diatas maka dapat disimpulkan bahwa variabel yang masuk pada faktor 1 yaitu berat basah (X_1), berat kering (X_2), berat normal (X_3), kuat lentur (X_4), dan daya serap air (X_5). Sedangkan variabel yang masuk pada faktor 2 yaitu tebal (X_6). Untuk membedakan faktor 1 dan 2 menurut sifat variabelnya maka faktor 1 diberi nama variabel fisik sedangkan faktor 2 diberi nama variabel visual. Pada penelitian ini hanya membahas variabel fisik saja karena variabel visual hanya satu variabel sedangkan variabel fisik terdiri dari 5 variabel yang mana cukup untuk mewakili dari keseluruhan variabel yang ada atau dianalisis.

4.2.2. Analisis Data dan Pembahasan Peta Kendali

A. Pengukuran Kemampuan Proses Variabel Fisik hari Senin

Pada variabel faktor 1 atau variabel fisik yang terdiri dari berat basah (X_1), berat normal (X_2), berat kering (X_3), kuat lentur (X_4), dan daya serap air (X_5), sebelum membuat peta kendali multivariat terlebih dahulu dilakukan pengujian distribusi normal karena syarat data harus berdistribusi normal.

Pengujian dilakukan dengan metode QQ plot dengan langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

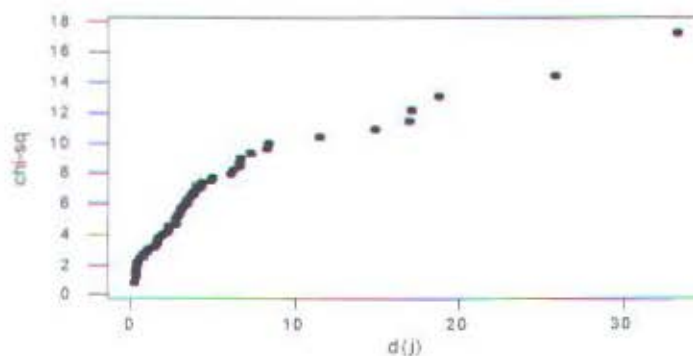
Hipotesis:

H_0 : Data pada variabel fisik senin mengikuti distribusi normal.

H_1 : Data pada variabel fisik senin tidak mengikuti distribusi normal.

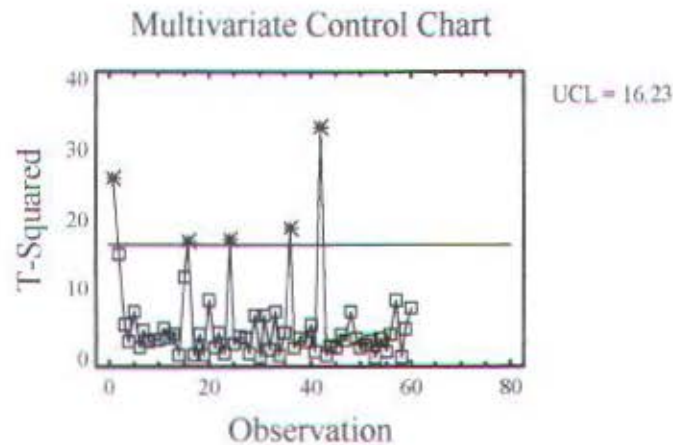
Daerah kritis, H_0 ditolak apabila $d^2_j < \chi^2_{(5; (j-0.5)/60)}$ kurang dari 50%.

Untuk d^2_j hari senin dengan jumlah pengamatan sebanyak 60 pengamatan maka dapat disimpulkan karena lebih dari 50% (dengan n sebanyak 60) nilai $d^2_j < \chi^2$, maka data berdistribusi normal. Hal ini dapat dilihat dari plot (Gambar 4.1) yang menyerupai garis lurus.



Gambar 4.1. Plot uji multinormal data hari senin

Setelah memenuhi asumsi distribusi normal, maka dapat dibuat peta kendali multivariate pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Peta kendali multivariate pada hari senin

Pada peta kendali diatas, dimana batas kendali diperoleh sebesar 16,23 dinyatakan kondisi tidak terkendali yang ditandai dengan keluarnya dua titim yang berada diatas batas kendali atas yaitu pada observasi ke-1 pada shift pertama dan observasi ke-16 pada shift pertama, observasi ke-24, observasi ke-36 dan pada observasi ke-42 pada shift kedua. hal ini dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini:

Tabel 4.5. Hasil observasi *Out of Control* hari Senin

Obs. Out of Control	T^2
1	25.8922
16	16.9189
24	17.0982
36	18.7720
42	33.3238

Langkah selanjutnya adalah dengan melihat peta kendali individu, untuk melihat variabel mana yang menyebabkan keadaan tidak terkendali.

Pada lampiran diketahui peta $\bar{x}$ dan R untuk variabel berat basah, berat normal, berat kering, kuat lentur, dan daya serap air proses terkendali. Sehingga tidak dilakukan perbaikan proses karena proses sudah terkendali.

B. Pengukuran Kemampuan Proses Variabel Fisik hari Selasa, Rabu, Kamis

Sesuai dengan hasil analisis manova dengan uji LSD yang dilakukan dimana hasil output menunjukkan bahwa untuk hari senin dan jumat yang berbeda secara signifikan dengan hari-hari lainnya. Sedangkan untuk hari selasa, rabu, kamis yang dianalisis secara bersama karena mempunyai nilai rata-rata yang sama.

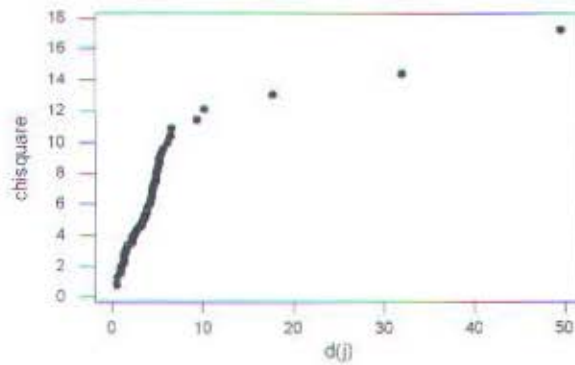
Pengujian dilakukan dengan metode QQ plot dengan langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

Hipotesis:

H_0 : Data pada variabel fisik selasa, rabu, kamis mengikuti distribusi normal.

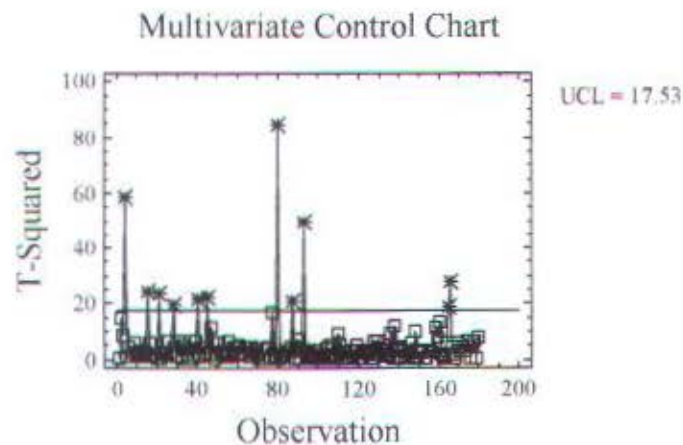
H_1 : Data pada variabel fisik selasa, rabu, kamis tidak mengikuti distribusi normal.

Daerah kritis, H_0 ditolak apabila $d^2_j < \chi^2 (5; (j-0.5)/180)$ kurang dari 50%. Untuk d^2_j hari selasa, rabu, kamis dengan jumlah pengamatan sebanyak 180 pengamatan maka dapat disimpulkan karena lebih dari 50% (dengan n sebanyak 180) nilai $d^2_j < \chi^2$, maka data berdistribusi normal. Hal ini dapat dilihat dari plot (Gambar 4.3) yang menyerupai garis lurus.



Gambar 4.3. Plot uji multinormal data hari selasa, rabu, Kamis.

Setelah memenuhi asumsi distribusi normal, maka dapat dibuat peta kendali multivariate pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Peta kendali multivariate hari selasa, rabu, Kamis

Pada peta kendali diatas, dimana batas kendali diperoleh sebesar 17.53 dinyatakan kondisi tidak terkendali yang ditandai dengan keluarnya dua titik yang berada diatas batas kendali atas yaitu pada observasi ke-4, observasi ke-15, observasi ke-21, dan seterusnya.. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4.6. Hasil observasi *Out of Control* Selasa, Rabu, Kamis

Obs. Out of Control	T ²
4	58.2985
15	24.1361
21	23.5783
28	19.3671
41	21.8454
45	22.1637
80	84.7218
87	21.0306
93	49.8963
165	19.0114
166	27.689

Langkah selanjutnya adalah dengan melihat peta kendali individu, untuk melihat variabel mana yang menyebabkan keadaan tidak terkendali.

Pada lampiran diketahui peta $\bar{x}$ dan R untuk variable berat basah, berat normal, berat kering, kuat lentur, dan daya serap air proses terkendali. Sehingga tidak dilakukan perbaikan proses karena proses sudah terkendali.

C. Pengukuran Kemampuan Proses Variabel Fisik hari Jumat

Untuk hari jumat pengujian dilakukan dengan metode QQ plot dengan langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

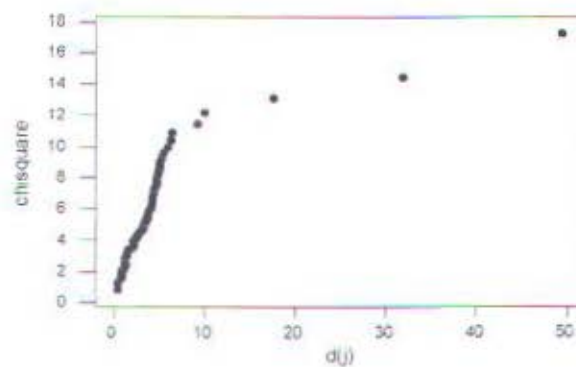
Hipotesis:

H_0 : Data pada variabel fisik hari jumat mengikuti distribusi normal.

H_1 : Data pada variabel fisik hari jumat tidak mengikuti distribusi normal.

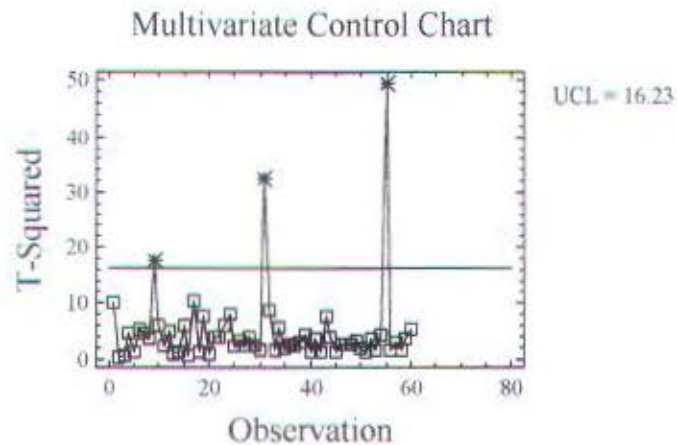
Daerah kritis, H_0 ditolak apabila $d^2_j < \chi^2 (5; (j-0.5)/60)$ kurang dari 50%.

Untuk d^2_j hari jumat dengan jumlah pengamatan sebanyak 60 pengamatan maka dapat disimpulkan karena lebih dari 50% (dengan n sebanyak 60) nilai $d^2_j < \chi^2$, maka data berdistribusi normal. Hal ini dapat dilihat dari plot (Gambar 4.5) yang menyerupai garis lurus.



Gambar 4.5. Plot uji multinormal data hari jumat

Setelah memenuhi asumsi distribusi normal, maka dapat dibuat peta kendali multivariate pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Peta kendali multivariate hari jumat

Pada peta kendali diatas, dimana batas kendali diperoleh sebesar 16.23 dinyatakan kondisi tidak terkendali yang ditandai dengan keluarnya empat titik yang berada diatas batas kendali atas yaitu pada observasi ke-31, observasi ke-9, dan observasi ke-55. hal ini dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini:

Tabel 4.7. Hasil observasi *Out of Control* hari Jumat

Obs. Out of Control	T^2
9	17.6534
31	35.2507
55	49.6177

Langkah selanjutnya adalah dengan melihat peta kendali individu, untuk melihat variabel mana yang menyebabkan keadaan tidak terkendali.

Pada lampiran diketahui peta $\bar{x}$ dan R untuk variabel berat basah, berat normal, berat kering, kuat lentur, dan daya serap air proses terkendali. Sehingga tidak dilakukan perbaikan proses karena proses sudah terkendali.

4.3. Kapabilitas Proses Multivariate

Setiap perusahaan memiliki spesifikasi dalam penentuan pengukuran produknya. Adanya situasi dimana perusahaan memiliki spesifikasi batas bawah dan batas atas, untuk hasil pengukuran variabel produknya dan jika hasil produksinya tidak sesuai dengan spesifikasi yang ada atau keluar dari batas spesifikasi yang telah ditentukan oleh perusahaan maka produk tersebut disebut sebagai produk cacat. Pengukuran secara berkala untuk mengetahui kemampuan perusahaan memproduksi sesuai dengan spesifikasinya maka dilakukan pengukuran kemampuan proses multivariat setiap harinya untuk mengetahui kemampuan proses setiap harinya.

4.3.1. Kapabilitas proses untuk hari Senin

Pada variabel fisik dilakukan analisis kemampuan proses dengan cara mengukur nilai Cp multivariate. Nilai Cp multivariate diperoleh dengan menghitung Cp multivariate variabel fisik hari senin seperti dibawah ini:

$$K^2 = 8,1393 \quad K = 2,85$$

$$S = 0,0754747$$

Nilai diatas dapat dihitung dengan menggunakan macro pada Minitab, sehingga nilai Cp multivariate sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Cp &= \frac{2,85}{15,8049} \times \sqrt{\frac{59 \times 5}{0,0754747}} \\ &= 11,25 \end{aligned}$$

Karena nilai $C_p > 1$ maka proses kapabel. Jadi dapat dikatakan bahwa kondisi kemampuan proses yang terjadi pada hari senin berjalan dengan baik.

4.2.1. Kapabilitas proses untuk hari Selasa, Rabu, Kamis

Dengan menggunakan metode yang sama maka nilai C_p multivariate diperoleh dengan menghitung C_p multivariate hari selasa, rabu, kamis sebagai berikut:

$$K^2 = 0.7123 \quad K = 0.843$$

$$S = 0.0727278$$

Nilai diatas dapat dihitung dengan menggunakan macro pada Minitab, sehingga nilai C_p multivariate sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{0.843}{15.8049} \times \sqrt{\frac{59 \times 5}{0.0727278}} \\ &= 3.307 \end{aligned}$$

Karena nilai $C_p > 1$ maka proses kapabel. Jadi dapat dikatakan bahwa kondisi kemampuan proses yang terjadi pada hari selasa, rabu dan kamis berjalan dengan baik.

4.2.2. Kapabilitas proses untuk hari Jumat

Sedangkan untuk variabel fisik hari jumat dengan menghitung nilai C_p multivariate sebagai berikut:

$$K^2 = 1.7493 \quad K = 1.322$$

$$S = 0.0754726$$

Nilai diatas dapat dihitung dengan menggunakan macro pada Minitab, sehingga nilai Cp multivariate sebagai berikut:

$$_sCp = \frac{1.323}{15.8049} \times \sqrt{\frac{59 \times 5}{0.0754726}}$$
$$= 5.25$$

Karena nilai Cp > 1 maka proses kapabel. Jadi dapat dikatakan bahwa kondisi kemampuan proses yang terjadi pada hari jumat berjalan dengan baik.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan, serta sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari analisis *Multivariate Analysis of Varians* (MANOVA) diperoleh hasil untuk faktor hari memiliki pengaruh yang signifikan terhadap proses produksi genteng beton, sedangkan untuk faktor shift tidak berpengaruh pada proses produksi, hal ini bila dilihat pada kondisi lapangan menunjukkan bahwasannya operator yang bekerja tidak terlalu dominan karena mesin pembuatannya telah dapat bekerja secara otomatis, sehingga operator hanya berada pada stasiun-stasiun tertentu, karena faktor hari dinilai lebih berpengaruh, maka untuk analisis kualitas dilakukan per hari.
2. Berdasarkan analisis faktor, enam karakteristik kualitas pembuatan genteng beton type nusantara yang diteliti pada penelitian ini dapat diidentifikasi menjadi 2 faktor dan kemudian dibuat peta kendali multivariate. Faktor 1 yaitu berat basah, berat normal, berat kering, kuat lentur dan daya serap air sedangkan faktor 2 terdiri dari tebal. Dari kedua faktor yang terbentuk dapat dibedakan menjadi dua agar dalam menganalisa lebih mudah, adapun faktor pertama diberi nama variabel fisik sedangkan untuk faktor kedua diberi nama variabel visual dimana dalam hal ini faktor kedua tidak dianalisis lebih lanjut.



3. Dari hasil analisa diatas untuk peta kendali multivariate untuk setiap harinya dapat disimpulkan sebagai berikut:
 - a. Untuk evaluasi variabel fisik hari Senin belum terkendali, hal ini terdapat data observasi yang *out of control* sebanyak 5 observasi. Yaitu obesrvasi ke-1, observasi ke-16, observasi ke-24, observasi ke-36, dan observasi ke-42 shift kedua.. Untuk mengetahui sumber variasi maka dilakukan pengujian tiap variabel melalui peta kendali $\bar{x}$ dan R dan didapatkan keadaan yang terkendali.
 - b. Untuk evaluasi variabel fisik hari Selasa, Rabu, Kamis belum terkendali, karena terdapat data pengamatan *out of control* sebanyak 11 observasi. Untuk mengetahui sumber variasi maka dilakukan pengujian tiap variabel melalui peta kendali $\bar{x}$ dan R dan didapatkan keadaan yang terkendali.
 - c. Evaluasi kualitas variabel fisik hari Jumat belum terkendali, hal ini terdapat data observasi yang *out of control* sebanyak 3 observasi . Untuk mengetahui sumber variasi maka dilakukan pengujian tiap variabel melalui peta kendali $\bar{x}$ dan R dan didapatkan keadaan yang terkendali.
4. Pada perhitungan indeks kemampuan proses hasil yang didapatkan menunjukkan indeks kapabilitas prosesnya tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa proses mempunyai tingkat presisi yang tinggi dan proses sudah memenuhi batas spesifikasi perusahaan

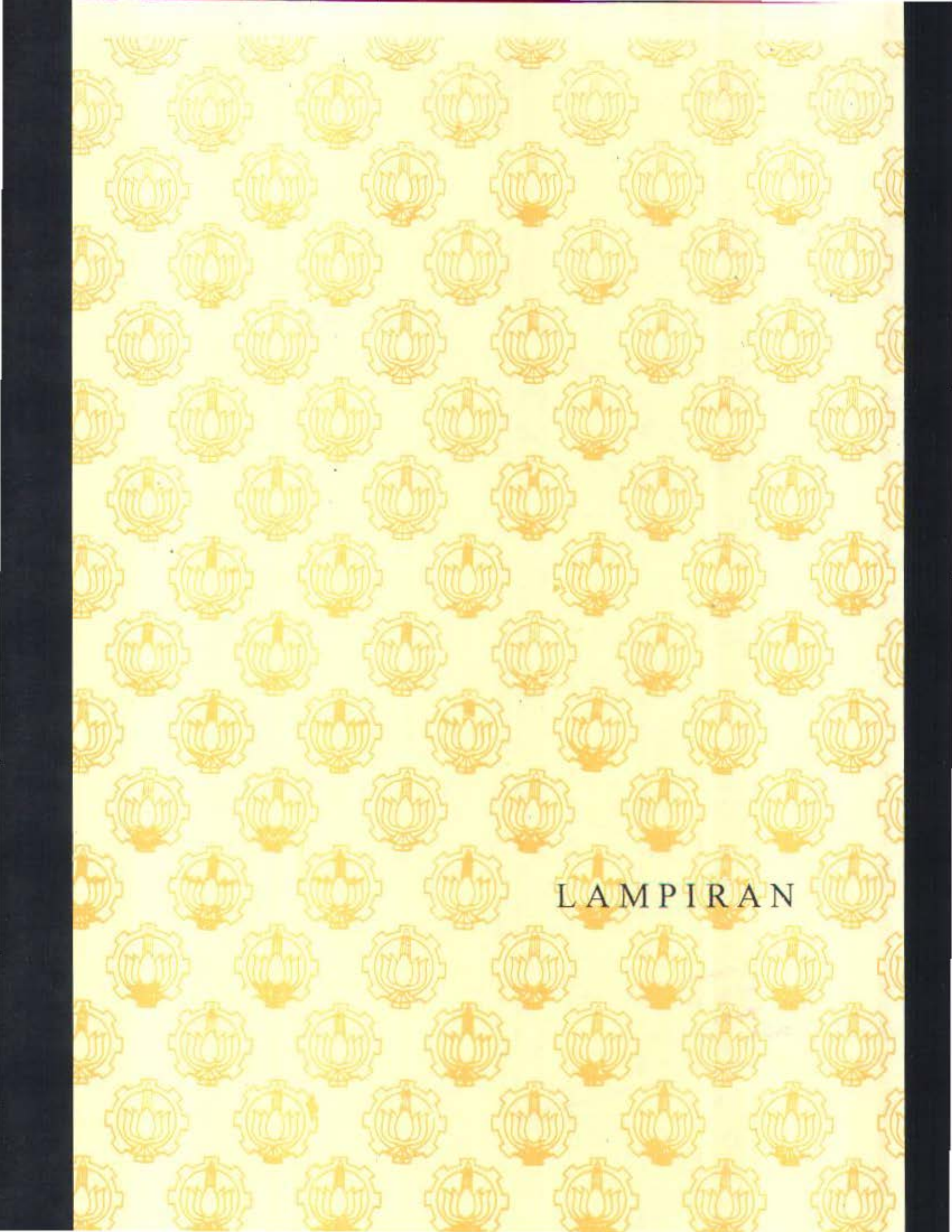
5.2. Saran

1. Melakukan proses kontrol dengan baik dan benar yaitu pengontrolan dilakukan setiap proses berlangsung (dari awal proses sampai akhir proses sesuai dengan ketentuan perusahaan).
2. Memberikan instruksi yang jelas kepada operator mengenai sistem kerja dan penanggulannya, sehingga operator dapat mengerti dengan jelas pekerjaan yang dilaksanakannya, terutama bila terdapat meeting mendadak.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. Johnson, R. and Dean W. "*Applied Multivariate Statistical Analysis*", 4th edition, Printice Hall Inc, New Jersey, 1992.
2. Montgomery, Douglas C. "Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik" Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 1998.
3. Samuel Kozt and Norman L. Johnson, *Process Capability Indices*, Chapman and Hall, USA, 1993.
4. Mitra, Amitava, "*Fundamental of Quality Control Handbook*", Delmar Printing Co, Ninth Printing, 1984.



LAMPIRAN

Lampiran A1

1. Analisa Diskriptif seluruh Data

Output SPSS dari variabel BB, BK, BN, BL, WA, dan Tebal.

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Variance
BB	300	4215	4685	4405.39	71.08	5052.456
BK	300	3952	4569	4275.01	108.94	11867.097
BN	300	3711	4548	4207.17	130.48	17024.615
BL	300	286	339	320.23	9.78	95.679
TBL	300	1.112	1.120	1.11586	1.2904E-03	1.665E-06
WA	300	3.80	9.67	6.6608	1.0635	1.131
Valid N (listwise)	300					



Lampiran B1

1. Analisis Multivariate Analysis of Varians

Wilks Lambda untuk Hari dan Shift

Multivariate Tests^a

Effect		Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Intercept	Pillai's Trace	1.000	3.7E+07 ^a	6.000	285.000	.000
	Wilks' Lambda	.000	3.7E+07 ^a	6.000	285.000	.000
	Hotelling's Trace	785354.0	3.7E+07 ^a	6.000	285.000	.000
	Roy's Largest Root	785354.0	3.7E+07 ^a	6.000	285.000	.000
HARI	Pillai's Trace	.368	4.868	24.000	1152.000	.000
	Wilks' Lambda	.657	5.298	24.000	995.456	.000
	Hotelling's Trace	.483	5.702	24.000	1134.000	.000
	Roy's Largest Root	.394	18.923 ^b	6.000	288.000	.000
SHIFT	Pillai's Trace	.017	.834 ^a	6.000	285.000	.545
	Wilks' Lambda	.983	.834 ^a	6.000	285.000	.545
	Hotelling's Trace	.018	.834 ^a	6.000	285.000	.545
	Roy's Largest Root	.018	.834 ^a	6.000	285.000	.545
HARI * SHIFT	Pillai's Trace	.086	1.057	24.000	1152.000	.388
	Wilks' Lambda	.916	1.055	24.000	995.456	.390
	Hotelling's Trace	.089	1.053	24.000	1134.000	.393
	Roy's Largest Root	.049	2.375 ^b	6.000	288.000	.030

a. Exact statistic

b. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

c. Design: Intercept+HARI+SHIFT+HARI * SHIFT

Lampiran C1

2. Analisis Faktor

Total Variance Explained

Componen	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.105	51.756	51.756	3.105	51.756	51.756	3.105	51.756	51.756
2	1.007	16.778	68.533	1.007	16.778	68.533	1.007	16.778	68.533
3	.828	13.800	82.333						
4	.674	11.239	93.572						
5	.297	4.949	98.521						
6	.873E-02	1.479	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Komponen matrik

Component Matrix^a

	Component	
	1	2
BB	.831	-5.30E-02
BK	.926	3.029E-02
BN	.865	-7.08E-02
BL	.625	-2.76E-02
TBL	4.931E-03	.989
WA	-.648	-.138

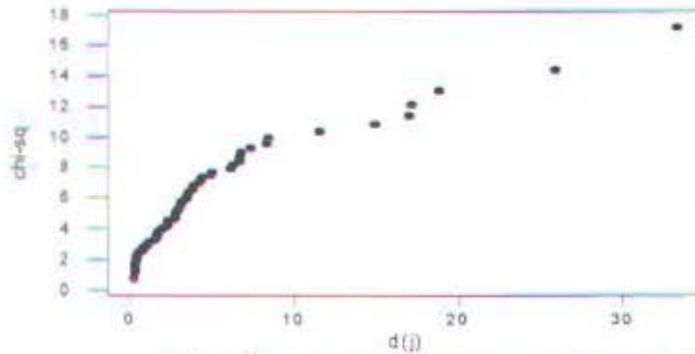
Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 2 components extracted.

Komponen Matrik setelah dilakukan Rotasi

PLOT NORMAL UNTUK VARIABEL FISIK PADA SETIAP HARINYA

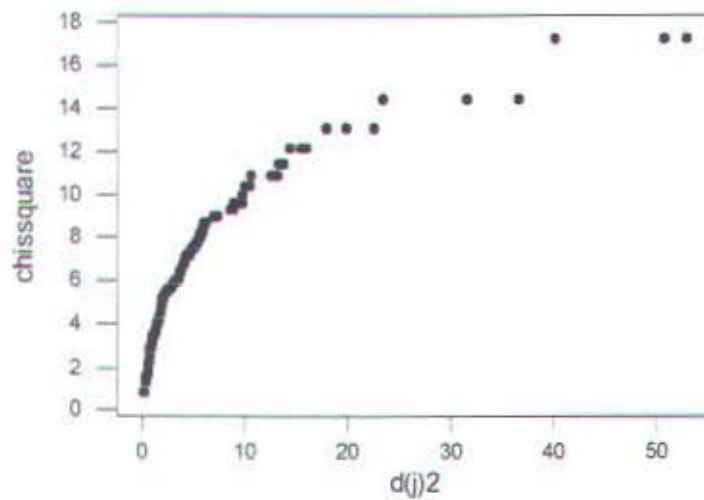
Plot Normality untuk semua variabel fisik hari Senin



Nilai d^2_j dan nilai Chisquare untuk Hari Senin

Row	$d(j)$	Chisquare	Row	$d(j)$	Chisquare
1	0.2001	0.8150	31	2.9502	5.4160
2	0.2540	1.2373	32	3.0047	5.5536
3	0.2620	1.5174	33	3.0124	5.6939
4	0.3031	1.7441	34	3.2160	5.8372
5	0.3474	1.9415	35	3.4061	5.9839
6	0.3563	2.1200	36	3.4229	6.1341
7	0.3967	2.2854	37	3.4753	6.2884
8	0.5071	2.4411	38	3.5448	6.4472
9	0.7345	2.5894	39	3.7685	6.6109
10	0.7705	2.7319	40	3.8098	6.7801
11	0.9845	2.8698	41	4.0949	6.9553
12	1.0026	3.0041	42	4.2251	7.1373
13	1.1220	3.1354	43	4.3465	7.3269
14	1.4336	3.2644	44	4.8338	7.5251
15	1.5198	3.3916	45	4.9367	7.7329
16	1.5532	3.5173	46	6.0736	7.9517
17	1.5666	3.6419	47	6.2229	8.1830
18	1.6225	3.7658	48	6.6345	8.4289
19	1.8036	3.8892	49	6.6638	8.6918
20	1.9597	4.0124	50	6.6835	8.9748
21	2.1760	4.1356	51	7.3460	9.2819
22	2.2388	4.2590	52	8.3070	9.6185
23	2.2480	4.3830	53	8.4123	9.9917
24	2.3021	4.5075	54	11.5504	10.4122
25	2.6332	4.6330	55	14.8833	10.8953
26	2.7114	4.7596	56	16.9189	11.4659
27	2.7400	4.8874	57	17.0982	12.1676
28	2.7422	5.0167	58	18.7720	13.0875
29	2.7866	5.1478	59	25.8922	14.4494
30	2.8918	5.2808	60	33.3238	17.2722

Plot Normality untuk semua variabel fisik hari Selasa, Rabu, dan Kamis



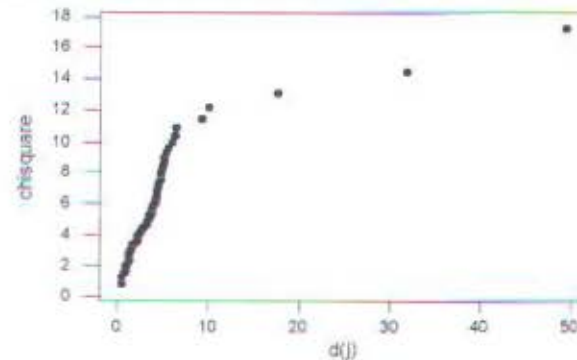
Nilai d^2_j dan nilai Chisquare untuk Hari Selasa, Rabu dan Kamis

Row	$d(j)$	Chisquare	Row	$d(j)$	Chisquare
1	0.0334	0.8150	91	2.1095	5.4160
2	0.0739	0.8150	92	2.1172	5.4160
3	0.0946	0.8150	93	2.2550	5.4160
4	0.2469	1.2373	94	2.3715	5.5536
5	0.2714	1.2373	95	2.6228	5.5536
6	0.3053	1.2373	96	2.6439	5.5536
7	0.3120	1.5174	97	2.7234	5.6939
8	0.4247	1.5174	98	2.7253	5.6939
9	0.4406	1.5174	99	2.8266	5.6939
10	0.4514	1.7441	100	2.8837	5.8372
11	0.4575	1.7441	101	2.9449	5.8372
12	0.4711	1.7441	102	2.9958	5.8372
13	0.4714	1.9415	103	3.0888	5.9839
14	0.5074	1.9415	104	3.1767	5.9839
15	0.5303	1.9415	105	3.4633	5.9839
16	0.5733	2.1200	106	3.4665	6.1341
17	0.5758	2.1200	107	3.4695	6.1341
18	0.5821	2.1200	108	3.4760	6.1341
19	0.5911	2.2854	109	3.5224	6.2884
20	0.5990	2.2854	110	3.5874	6.2884
21	0.5995	2.2854	111	3.5894	6.2884
22	0.6040	2.4411	112	3.5986	6.4472
23	0.6105	2.4411	113	3.6491	6.4472
24	0.6198	2.4411	114	3.7408	6.4472
25	0.6433	2.5894	115	3.8035	6.6109
26	0.6458	2.5894	116	3.8488	6.6109
27	0.6673	2.5894	117	3.8681	6.6109
28	0.6697	2.7319	118	3.9093	6.7801
29	0.6713	2.7319	119	3.9904	6.7801
30	0.6869	2.7319	120	4.0154	6.7801
31	0.6881	2.8698	121	4.0483	6.9553

32	0.7024	2.8698	122	4.0627	6.9553
33	0.7286	2.8698	123	4.0906	6.9553
34	0.7658	3.0041	124	4.2143	7.1373
35	0.7689	3.0041	125	4.3257	7.1373
36	0.7847	3.0041	126	4.4978	7.1373
37	0.8435	3.1354	127	4.6036	7.3269
38	0.8580	3.1354	128	4.6604	7.3269
39	0.8660	3.1354	129	4.6608	7.3269
40	0.8746	3.2644	130	4.7808	7.5251
41	0.8796	3.2644	131	4.7829	7.5251
42	0.8904	3.2644	132	5.0057	7.5251
43	0.9368	3.3916	133	5.0400	7.7329
44	0.9396	3.3916	134	5.2447	7.7329
45	0.9772	3.3916	135	5.2903	7.7329
46	0.9835	3.5173	136	5.3769	7.9517
47	0.9907	3.5173	137	5.4792	7.9517
48	1.0497	3.5173	138	5.5168	7.9517
49	1.1426	3.6419	139	5.5879	8.1830
50	1.1463	3.6419	140	5.7897	8.1830
51	1.1972	3.6419	141	5.8227	8.1830
52	1.2049	3.7658	142	5.8236	8.4289
53	1.2103	3.7658	143	5.9111	8.4289
54	1.2459	3.7658	144	5.9231	8.4289
55	1.3244	3.8892	145	5.9374	8.6918
56	1.3299	3.8892	146	5.9411	8.6918
57	1.3540	3.8892	147	6.0966	8.6918
58	1.3907	4.0124	148	6.8786	8.9748
59	1.4033	4.0124	149	7.2289	8.9748
60	1.4600	4.0124	150	7.2656	8.9748
61	1.4755	4.1356	151	8.4639	9.2819
62	1.5211	4.1356	152	8.7640	9.2819
63	1.5442	4.1356	153	8.7872	9.2819
64	1.5694	4.2590	154	8.8464	9.6185
65	1.5882	4.2590	155	8.8713	9.6185
66	1.5919	4.2590	156	9.6763	9.6185
67	1.6053	4.3830	157	9.6924	9.9917
68	1.6096	4.3830	158	9.7331	9.9917
69	1.6780	4.3830	159	9.7388	9.9917
70	1.6924	4.5075	160	9.8985	10.4122
71	1.6965	4.5075	161	9.9033	10.4122
72	1.6982	4.5075	162	10.4390	10.4122
73	1.7021	4.6330	163	10.5216	10.8953
74	1.7185	4.6330	164	12.4852	10.8953
75	1.7223	4.6330	165	13.0613	10.8953
76	1.7438	4.7596	166	13.2245	11.4659
77	1.7495	4.7596	167	13.7337	11.4659
78	1.7785	4.7596	168	13.7827	11.4659
79	1.8136	4.8874	169	14.3698	12.1676
80	1.8323	4.8874	170	15.4508	12.1676
81	1.8347	4.8874	171	15.9185	12.1676
82	1.8362	5.0167	172	17.8697	13.0875
83	1.8435	5.0167	173	19.7863	13.0875

84	1.8815	5.0167	174	22.5166	13.0875
85	1.9072	5.1478	175	23.3414	14.4494
86	1.9372	5.1478	176	31.5191	14.4494
87	1.9651	5.1478	177	36.5388	14.4494
88	1.9709	5.2808	178	40.1220	17.2722
89	1.9710	5.2808	179	50.7630	17.2722
90	1.9951	5.2808	180	52.9683	17.2722

Plot Normality untuk semua variabel fisik hari Jumat

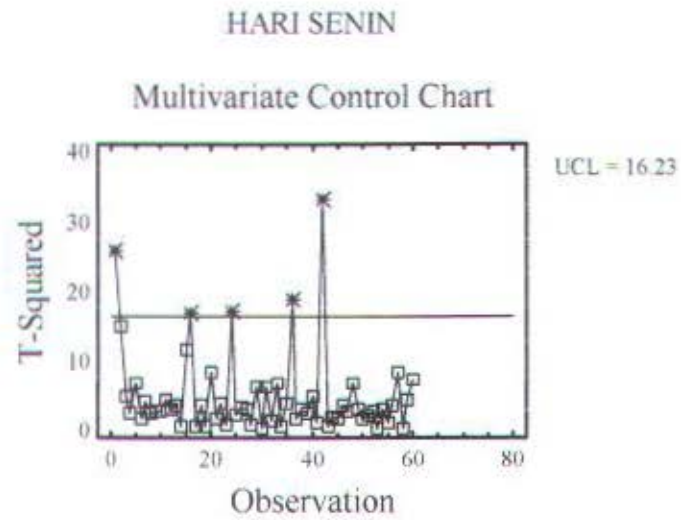


Nilai d^2j dan nilai Chisquare untuk Hari Jumat

Row	$d(j)$	Chisquare	Row	$d(j)$	Chisquare
1	0.4451	0.8150	31	3.7049	5.4160
2	0.4519	1.2373	32	3.7492	5.5536
3	0.8004	1.5174	33	3.7951	5.6939
4	0.9029	1.7441	34	3.8076	5.8372
5	0.9080	1.9415	35	4.1241	5.9839
6	1.1465	2.1200	36	4.2045	6.1341
7	1.1864	2.2854	37	4.2089	6.2884
8	1.2086	2.4411	38	4.2716	6.4472
9	1.2520	2.5894	39	4.3022	6.6109
10	1.2815	2.7319	40	4.3119	6.7801
11	1.3364	2.8698	41	4.4045	6.9553
12	1.5013	3.0041	42	4.4477	7.1373
13	1.5048	3.1354	43	4.5062	7.3269
14	1.5898	3.2644	44	4.7493	7.5251
15	1.5932	3.3916	45	4.7914	7.7329
16	2.0362	3.5173	46	4.8012	7.9517
17	2.1361	3.6419	47	4.8982	8.1830
18	2.1645	3.7658	48	5.0150	8.4289
19	2.1696	3.8892	49	5.0950	8.6918
20	2.3360	4.0124	50	5.1409	8.9748
21	2.4807	4.1356	51	5.2826	9.2819
22	2.6254	4.2590	52	5.5822	9.6185
23	2.6846	4.3830	53	6.0476	9.9917
24	2.9564	4.5075	54	6.3360	10.4122
25	3.1232	4.6330	55	6.4280	10.8953

26	3.1527	4.7596	56	9.2495	11.4659
27	3.2983	4.8874	57	10.0449	12.1676
28	3.4027	5.0167	58	17.6437	13.0875
29	3.4513	5.1478	59	31.9187	14.4494
30	3.5188	5.2808	60	49.4920	17.2722

Peta Multivareate Control Chart.



Multivariate Control Chart Report

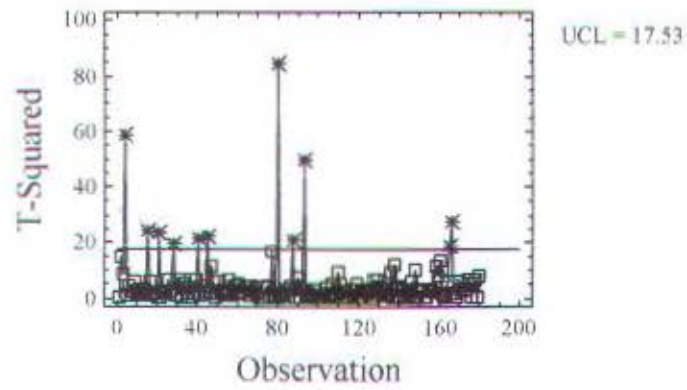
Scale = 0.0001

Y = Response X = Design Data 11/15/2009

Observation	T-Squared	P1	P2	P3	P4	P5
1	17.0942	888.0	987.0	7711.0	298.0	7.0
2	18.0322	888.0	987.0	7711.0	298.0	7.0
3	4.02079	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
4	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
5	6.08243	440.0	440.0	3351.0	384.0	8.0
6	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
7	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
8	2.13771	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
9	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
10	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
11	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
12	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
13	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
14	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
15	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
16	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
17	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
18	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
19	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
20	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
21	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
22	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
23	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
24	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
25	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
26	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
27	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
28	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
29	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
30	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
31	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
32	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
33	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
34	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
35	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
36	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
37	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
38	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
39	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
40	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
41	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
42	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
43	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
44	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
45	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
46	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
47	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
48	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
49	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
50	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
51	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
52	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
53	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
54	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
55	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
56	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
57	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
58	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
59	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
60	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
61	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
62	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
63	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
64	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
65	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
66	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
67	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
68	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
69	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
70	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
71	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
72	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
73	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
74	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
75	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
76	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
77	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
78	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
79	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
80	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
81	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
82	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
83	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
84	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
85	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
86	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
87	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
88	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
89	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
90	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
91	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
92	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
93	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
94	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
95	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
96	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0
97	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
98	1.02045	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
99	6.04433	439.0	439.0	3351.0	384.0	8.0
100	11.0909	878.0	878.0	3351.0	384.0	8.0

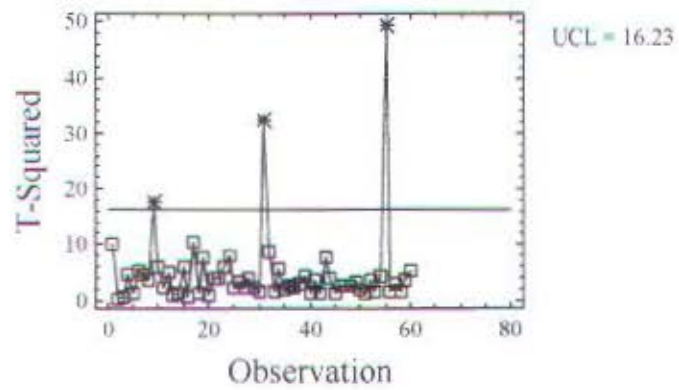
HARI SELASA, RABU, KAMIS

Multivariate Control Chart



HARI JUMAT

Multivariate Control Chart



1. Kapabilitas Proses Multivariate untuk Hari Senin

a. Macro Minitab untuk nilai A^{-1} dan nilai S :

```
MACRO
COVA A1 A2 A3 A4 A5
MMATRIX M.1-M.5 MT.1-MT.5 AM1 AM2 AM3 AM4 AM5 AM6 AM7 MM TT
MMATRIX MVEK MVEKT S
MCOLUMN A1 A2 A3 A4 A5 A.1-A.5 B.1-B.5 VEK.1-VEK.54 VEKT.1-VEKT.54
MCONSTANT N I D J
LET N=COUNT(A1)
LET A.1=A1
LET A.2=A2
LET A.3=A3
LET A.4=A4
LET A.5=A5
LET D=1/(N-1)
DEFINE 0 1 1 S
PRINT S

DO I=1:5
LET B.I=A.I-MEAN(A.I)
COPY B.I M.I
TRANS M.I MT.I
ENDDO
COPY A.1-A.5 AM1
TRANS AM1 AM2
MULT AM2 AM1 AM3
INVE AM3 AM4
PRINT AM4
MULT AM4 D AM5
COPY B.1-B.5 MM
TRANS MM TT

COPY TT VEK.1-VEK.N
DO I=1:N
COPY VEK.I MVEK
TRANS MVEK MVEKT
MULT MVEKT AM5 AM6
MULT AM6 MVEK AM7
ADD S AM7 S
PRINT I S
ENDDO
PRINT S
ENDMACRO
```

2. Kapabilitas Proses Multivariate untuk Hari Selasa, Rabu dan Kamis

a. Macro Minitab untuk nilai A^{-1} dan nilai S :

```
MACRO
COVA A1 A2 A3 A4 A5
MMATRIX M.1-M.5 MT.1-MT.5 AM1 AM2 AM3 AM4 AM5 AM6 AM7 MM
TT
MMATRIX MVEK MVEKT S
MCOLUMN A1 A2 A3 A4 A5 A.1-A.5 B.1-B.5 VEK.1-VEK.169 VEKT.1-
VEKT.169
MCONSTANT N I D J
LET N=COUNT(A1)
LET A.1=A1
LET A.2=A2
LET A.3=A3
LET A.4=A4
LET A.5=A5
LET D=1/(N-1)
DEFINE 0 1 1 S
PRINT S

DO I=1:5
  LET B.I=A.I-MEAN(A.I)
  COPY B.I M.I
  TRANS M.I MT.I
ENDDO
COPY A.1-A.5 AM1
TRANS AM1 AM2
MULT AM2 AM1 AM3
INVE AM3 AM4
PRINT AM4
MULT AM4 D AM5
COPY B.1-B.5 MM
TRANS MM TT

COPY TT VEK.1-VEK.N
DO I=1:N
  COPY VEK.I MVEK
  TRANS MVEK MVEKT
  MULT MVEKT AM5 AM6
  MULT AM6 MVEK AM7
  ADD S AM7 S
  PRINT I S
ENDDO
PRINT S
ENDMACRO
```

3. Kapabilitas Proses Multivariate untuk Hari Jumat

a. Macro Minitab untuk nilai A^{-1} dan nilai S :

```
MACRO
COVA A1 A2 A3 A4 A5
MMATRIX M.1-M.5 MT.1-MT.5 AM1 AM2 AM3 AM4 AM5 AM6 AM7 MM
TT
MMATRIX MVEK MVEKT S
MCOLUMN A1 A2 A3 A4 A5 A.1-A.5 B.1-B.5 VEK.1-VEK.54 VEKT.1-
VEKT.54
MCONSTANT N I D J
LET N=COUNT(A1)
LET A.1=A1
LET A.2=A2
LET A.3=A3
LET A.4=A4
LET A.5=A5
LET D=1/(N-1)
DEFINE 0 1 1 S
PRINT S

DO I=1:5
  LET B.I=A.I-MEAN(A.I)
  COPY B.I M.I
  TRANS M.I MT.I
ENDDO
COPY A.1-A.5 AM1
TRANS AM1 AM2
MULT AM2 AM1 AM3
INVE AM3 AM4
PRINT AM4
MULT AM4 D AM5
COPY B.1-B.5 MM
TRANS MM TT

COPY TT VEK.1-VEK.N
DO I=1:N
  COPY VEK.I MVEK
  TRANS MVEK MVEKT
  MULT MVEKT AM5 AM6
  MULT AM6 MVEK AM7
  ADD S AM7 S
  PRINT I S
ENDDO
PRINT S
ENDMACRO
```


Perintah Untuk Plot Normal

1. Untuk Senin dan Jumat

```
MTB > COPY C1 C2 C3 C4 C5 M1
MTB > TRAN M1 M2
MTB > DEFINE 1 60 1 M3
MTB > MULT M2 M3 M4
MTB > LET K1=1/60
MTB > MULT K1 M4 M5
MTB > TRAN M5 M6
MTB > MULT M3 M6 M7
MTB > SUBT M7 M1 M8
MTB > NAME M8 'X(J)-MEAN'
MTB > TRAN M8 M9
MTB > COVA C1 C2 C3 C4 C5 M10
MTB > INVE M10 M11
MTB > MULT M8 M11 M12
MTB > MULT M12 M9 M13
MTB > DIAG M13 C7
MTB > SORT C3 C8
MTB > NAME C8 'D(J)'
MTB > SET C9
DATA > (1:60)
DATA > END
MTB > NAME C9 'J'
MTB > LET C10 (C9-0.5)/60
MTB > NAME C6 'PROB LEVEL'
MTB > INVCDF C10 C11;
SUBC > CHISQUARE 5
MTB > NAME C11 'CHISQUARE'
MTB > PLOT C11*C8
```

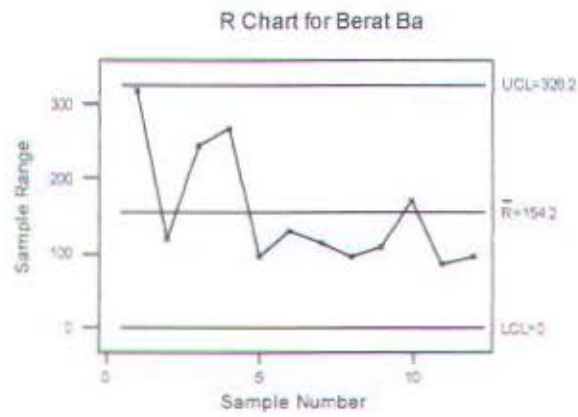
1. Untuk Hari Selasa, Rabu dan Kamis

```
MTB > COPY C1 C2 C3 C4 C5 M1
      MTB > TRAN M1 M2
      MTB > DEFINE 1 60 1 M3
      MTB > MULT M2 M3 M4
      MTB > LET K1=1/180
      MTB > MULT K1 M4 M5
      MTB > TRAN M5 M6
      MTB > MULT M3 M6 M7
      MTB > SUBT M7 M1 M8
      MTB > NAME M8 'X(J)-MEAN'
      MTB > TRAN M8 M9
      MTB > COVA C1 C2 C3 C4 C5 M10
      MTB > INVE M10 M11
      MTB > MULT M8 M11 M12
      MTB > MULT M12 M9 M13
      MTB > DIAG M13 C7
      MTB > SORT C3 C8
      MTB > NAME C8 'D(J)'
      MTB > SET C9
      DATA > (1:180)
      DATA > END
      MTB > NAME C9 'J'
      MTB > LET C10 (C9-0.5)/180
      MTB > NAME C6 'PROB LEVEL'
      MTB > INVCDF C10 C11;
      SUBC > CHISQUARE 5.
      MTB > NAME C11 'CHISQUARE'
      MTB > PLOT C11*C8
```

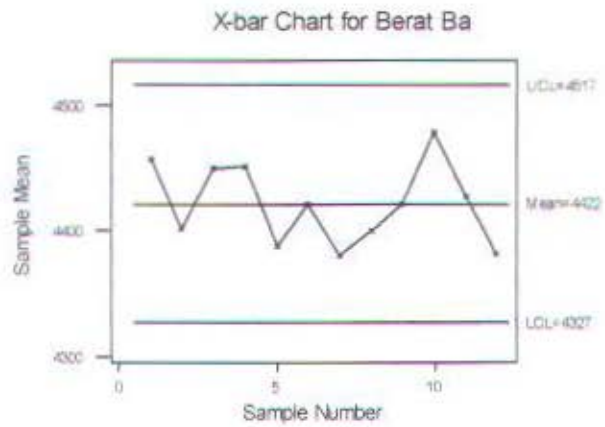


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Berat Basah hari Senin

Peta Kendali R :

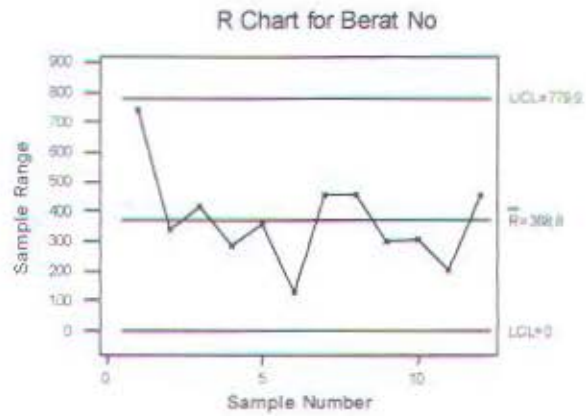


Peta Kendali $\bar{x}$:

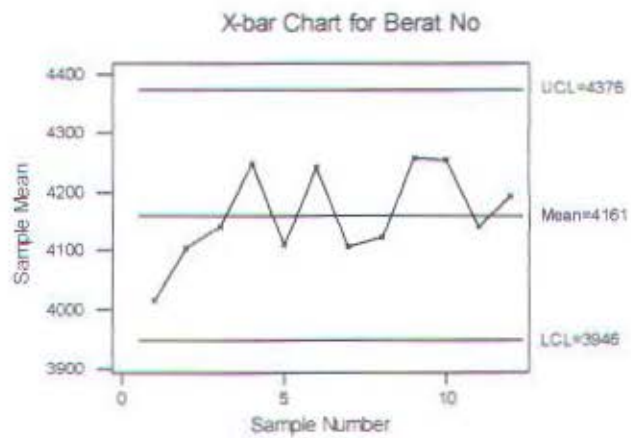


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Berat Normal hari Senin

Peta Kendali R :

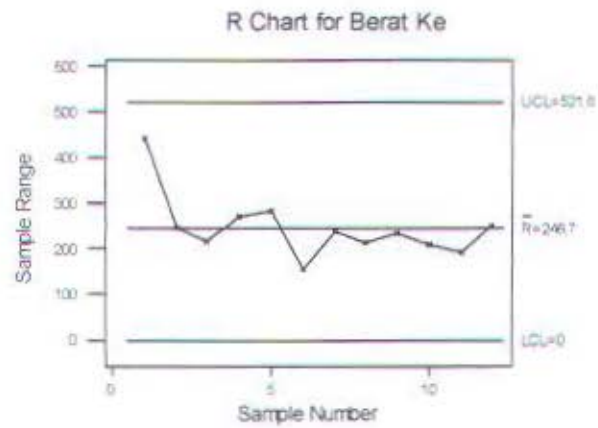


Peta Kendali $\bar{x}$:

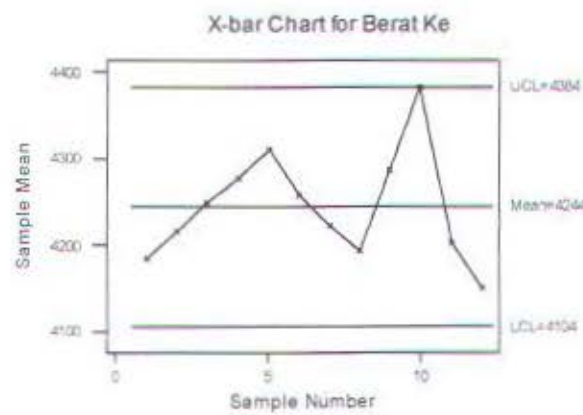


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Berat Kering hari Senin

Peta Kendali R :

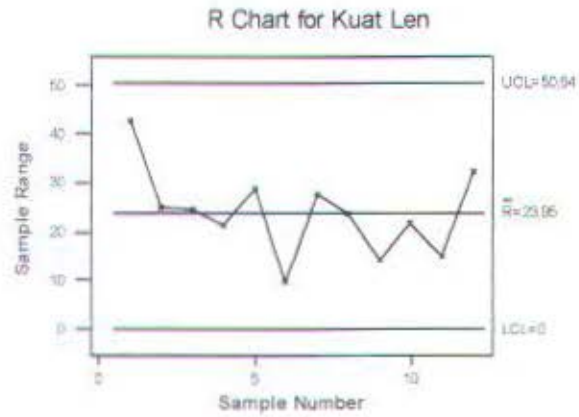


Peta Kendali $\bar{x}$:

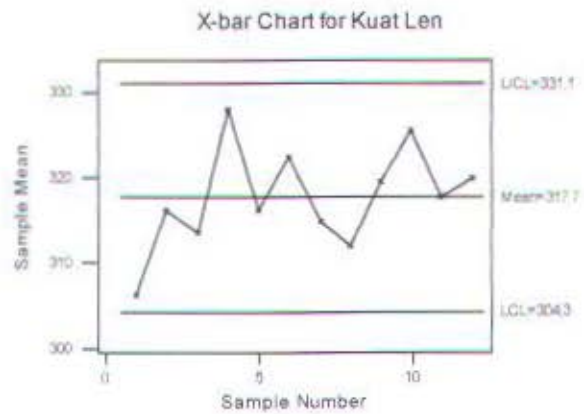


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Kuat Lentur hari Senin

Peta Kendali R :

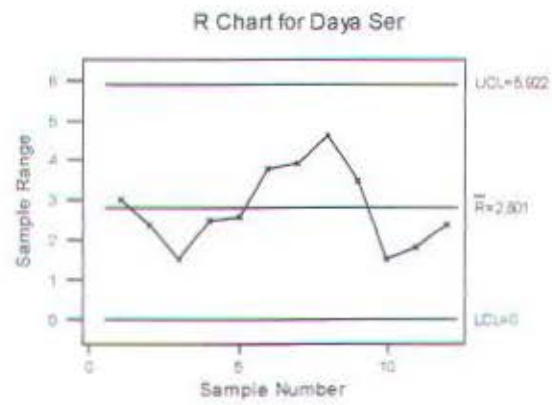


Peta Kendali $\bar{x}$:

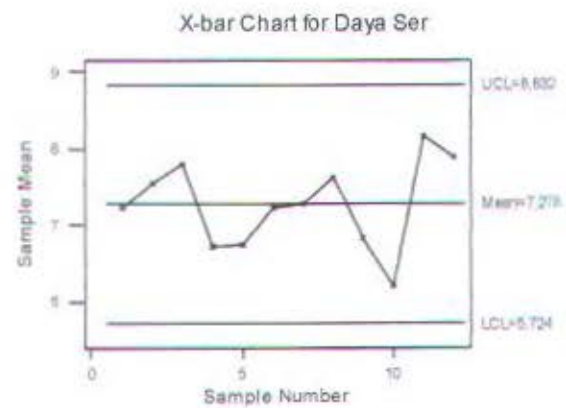


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Daya Serap Air hari Senin

Peta Kendali R :

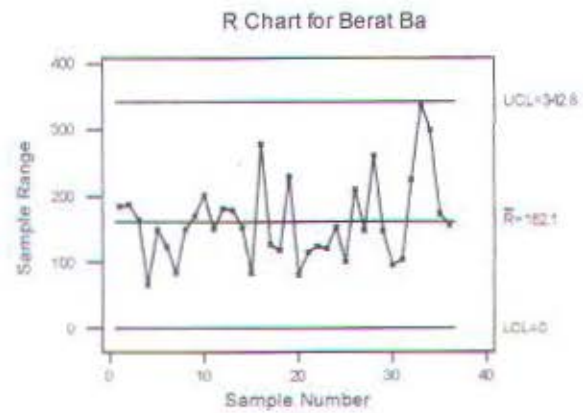


Peta Kendali $\bar{x}$:

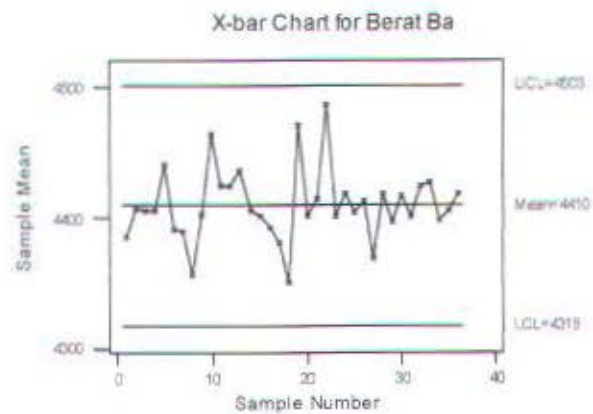


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Berat Basah hari Selasa, Rabu, dan Kamis

Peta Kendali R :

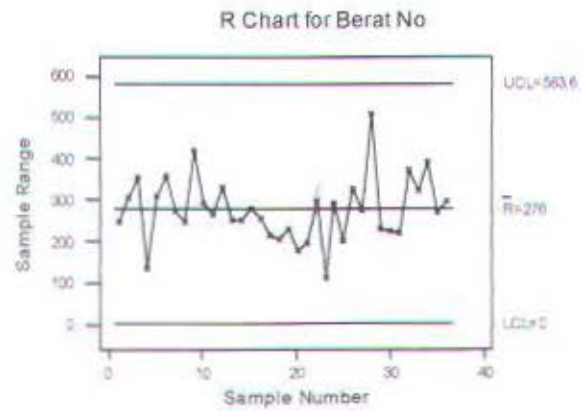


Peta Kendali $\bar{x}$:

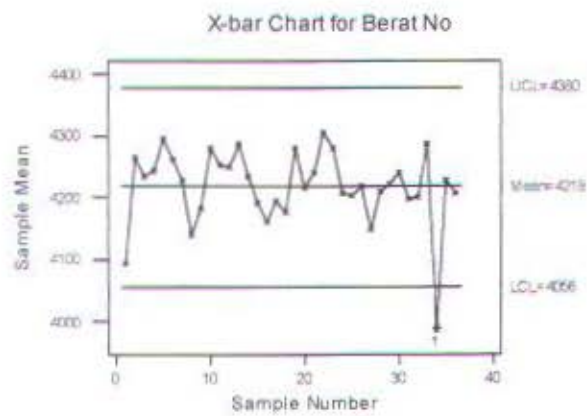


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Berat Normal hari Selasa, Rabu, dan Kamis

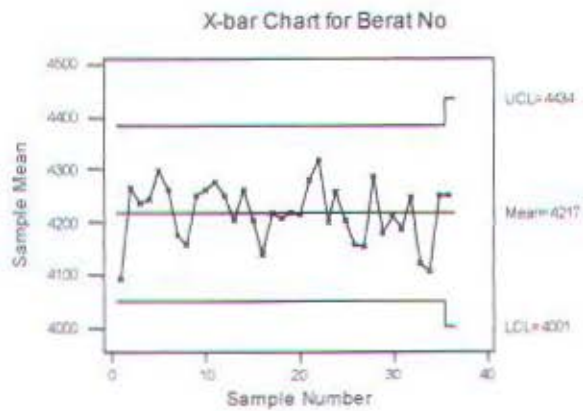
Peta Kendali R :



Peta Kendali $\bar{x}$:

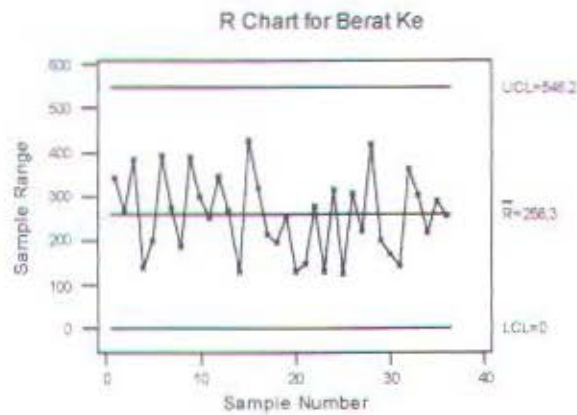


Peta kendali perbaikan $\bar{x}$

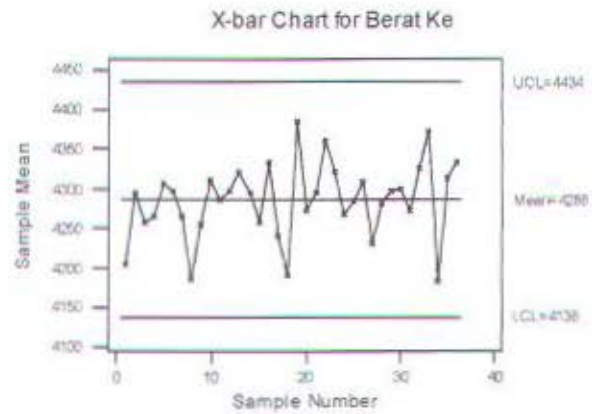


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Berat Kering hari Selasa, Rabu, dan Kamis

Peta Kendali R :

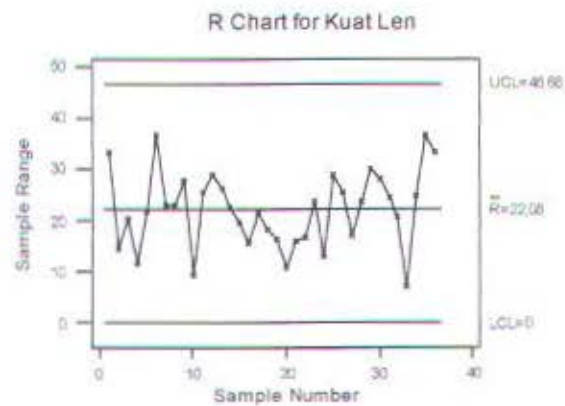


Peta Kendali $\bar{x}$:

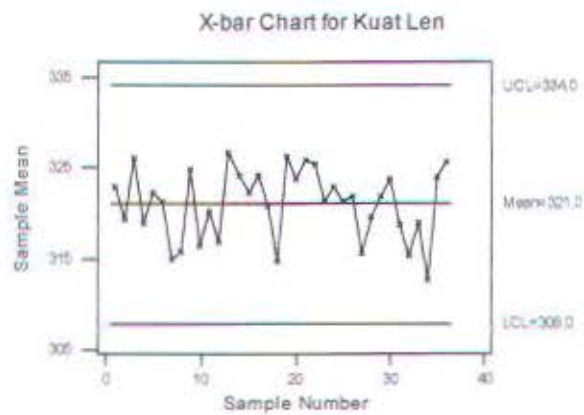


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Kuat Lentur hari Selasa, Rabu, dan Kamis

Peta Kendali R :

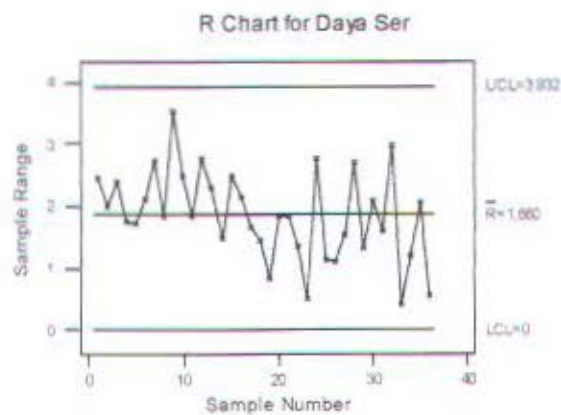


Peta Kendali $\bar{x}$:

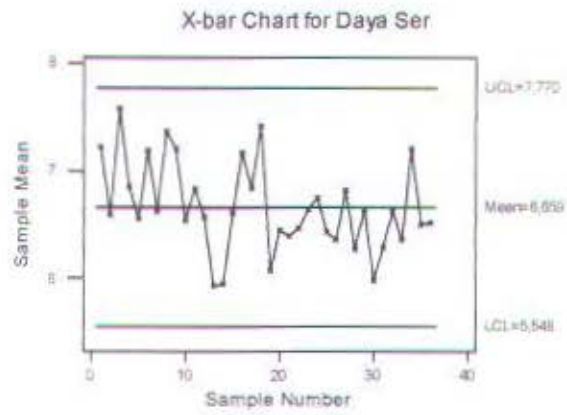


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Daya Serap Air hari Selasa, Rabu, dan Kamis

Peta Kendali R :

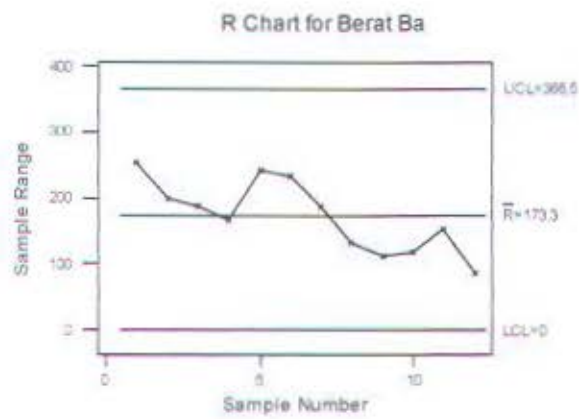


Peta Kendali $\bar{x}$:

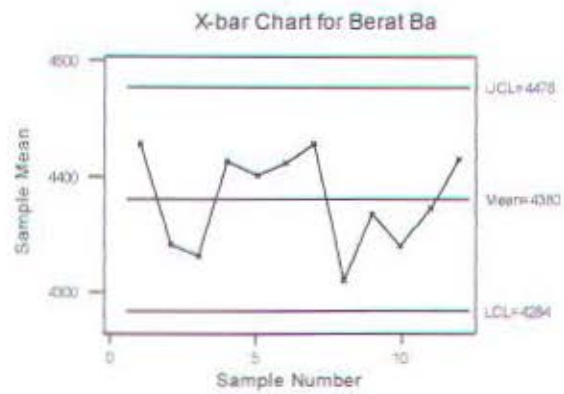


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Berat Basah hari Jumat

Peta Kendali R :

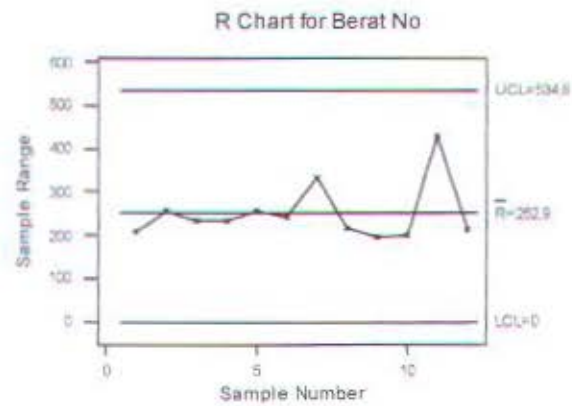


Peta Kendali $\bar{x}$:

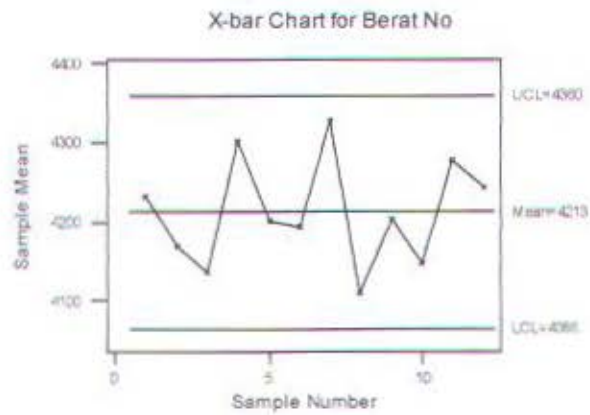


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Berat Normal hari Jumat

Peta Kendali R :

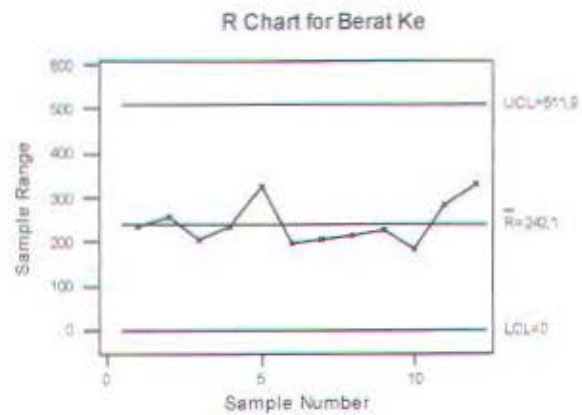


Peta Kendali $\bar{x}$:

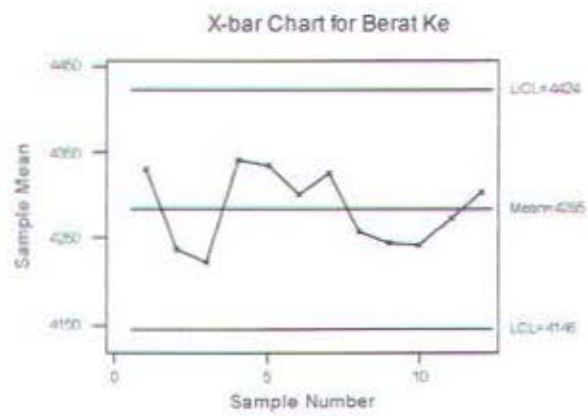


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Berat Kering hari Jumat

Peta Kendali R :

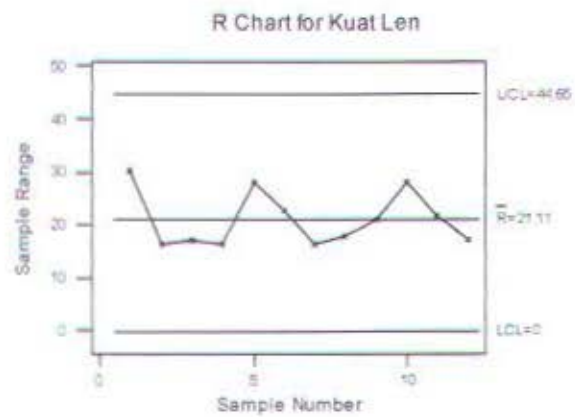


Peta Kendali $\bar{x}$:

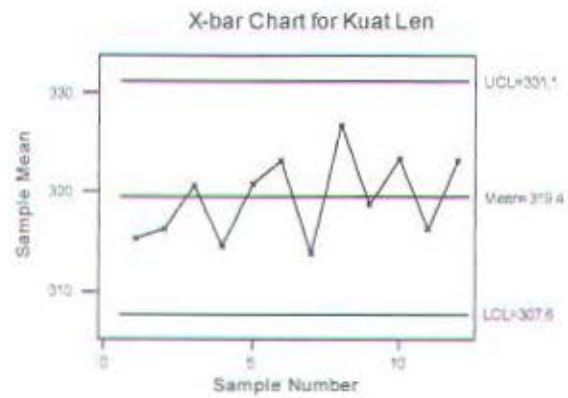


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Kuat Lentur hari Jumat

Peta Kendali R :

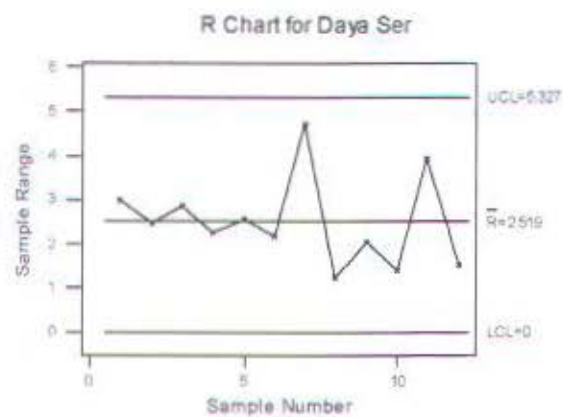


Peta Kendali $\bar{x}$:

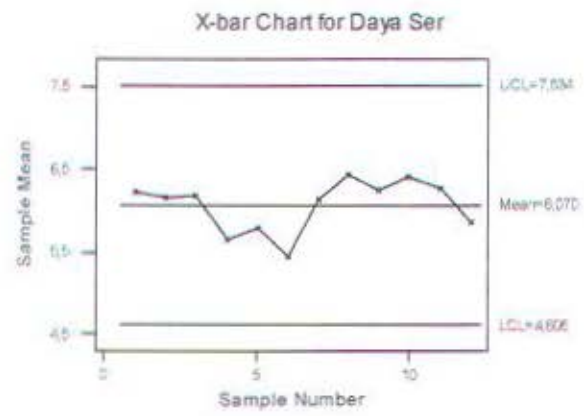


Peta Kendali $\bar{x}$ dan R Daya Serap Air hari Jumat

Peta Kendali R :



Peta Kendali $\bar{x}$:



DATA UNTUK HARI SENIN

NO	BERAT BASAH	BERAT KERING	BERAT NORMAL	KUAT LENTUR	DAYA SERAP AIR	TEBAL
1	4367	3917	3711	285.75	7.28	1.117
2	4685	4358	4453	337.33	8.36	1.113
3	4370	4360	3951	304.49	5.35	1.115
4	4376	4114	3970	306.25	8.13	1.118
5	4490	4176	4280	328.56	7.08	1.116
6	4379	4221	3982	306.36	7.35	1.114
7	4374	4347	3960	305.41	6.14	1.114
8	4375	4154	3983	305.42	8.11	1.116
9	4495	4255	4296	328.86	8.53	1.116
10	4388	4100	4018	311.16	7.84	1.118
11	4524	4231	4342	330.25	8.95	1.116
12	4355	4194	3925	301.12	7.41	1.114
13	4340	4166	4251	325.62	7.45	1.117
14	4450	4271	4219	323.55	7.47	1.118
15	4584	4385	3984	308.09	7.66	1.116
16	4303	4131	4263	336.75	6.62	1.114
17	4440	4242	4180	320.75	7.74	1.115
18	4533	4402	4342	332.89	6.68	1.116
19	4417	4245	4082	315.26	7.43	1.116
20	4569	4471	4369	334.26	5.25	1.114
21	4430	4363	4177	320.32	6.01	1.114
22	4368	4267	3926	302.20	5.82	1.116
23	4392	4186	4060	311.40	7.83	1.117
24	4334	4313	4280	331.10	8.36	1.117
25	4418	4316	4094	315.43	5.77	1.116
26	4473	4178	4255	326.88	9.05	1.116
27	4422	4233	4280	317.22	7.55	1.117
28	4450	4326	4235	323.82	6.49	1.117
29	4343	4334	4287	326.00	5.25	1.117
30	4423	4212	4160	318.05	7.84	1.117
31	4327	4200	4379	328.85	6.77	1.116
32	4389	4242	4020	311.23	7.23	1.115
33	4357	4094	3926	301.15	9.32	1.116
34	4441	4248	4210	322.14	7.66	1.116
35	4387	4331	3994	311.16	5.41	1.115
36	4400	4114	4369	312.15	9.67	1.116
37	4382	4180	3983	306.71	7.80	1.116
38	4352	4214	3916	300.34	7.08	1.117
39	4450	4132	4239	324.05	8.60	1.117
40	4421	4329	4102	316.13	5.01	1.117
41	4429	4313	4170	319.80	6.15	1.116
42	4345	4289	4469	310.17	5.49	1.115
43	4442	4304	4210	322.32	6.97	1.116
44	4440	4145	4206	321.29	7.92	1.114
45	4454	4379	4245	324.46	6.23	1.117
46	4462	4447	4254	324.46	5.58	1.116
47	4401	4370	4075	313.58	6.24	1.114
48	4572	4464	4378	335.22	5.85	1.115
49	4502	4256	4323	329.47	7.12	1.114
50	4460	4383	4254	324.86	6.28	1.115
51	4393	4087	4065	311.65	8.36	1.114
52	4415	4127	4076	314.38	9.01	1.116
53	4427	4279	4168	318.59	7.20	1.115
54	4481	4232	4268	327.00	8.77	1.116
55	4422	4282	4134	316.59	7.53	1.116
56	4369	4293	3934	303.22	6.73	1.116
57	4351	4086	4386	335.71	8.29	1.115
58	4422	4269	4135	317.04	7.29	1.116
59	4431	4055	4178	320.75	9.12	1.116
60	4335	4043	4330	323.16	8.03	1.114

DATA UNTUK HARI SELASA

NO	BERAT BASAH	BERAT KERING	BERAT NORMAL	KUAT LENTUR	DAYA SERAP AIR	TEBAL
1	4386	4249	4206	315.38	7.00	1.1151
2	4315	4053	3964	326.39	8.25	1.1162
3	4339	4087	4083	301.86	8.01	1.1137
4	4498	4393	3994	334.78	5.78	1.1138
5	4387	4249	4212	315.46	7.03	1.1140
6	4484	4432	4404	335.14	5.15	1.1148
7	4392	4249	4224	316.44	7.14	1.1148
8	4449	4364	4339	327.07	6.61	1.1165
9	4298	4166	4100	322.65	6.90	1.1175
10	4413	4273	4251	317.92	7.08	1.1144
11	4376	4195	4171	312.86	7.52	1.1155
12	4407	4268	4237	317.67	7.04	1.1168
13	4479	4422	4390	333.94	5.42	1.1146
14	4451	4372	4345	327.39	6.40	1.1174
15	4314	4035	4035	335.50	8.79	1.1144
16	4384	4225	4194	315.16	8.15	1.1157
17	4432	4314	4294	321.09	6.28	1.1173
18	4376	4195	4148	311.85	7.51	1.1165
19	4441	4334	4321	323.18	5.96	1.1158
20	4394	4261	4231	316.49	6.83	1.1158
21	4537	4340	4433	322.21	7.70	1.1149
22	4425	4300	4259	319.48	6.53	1.1154
23	4367	4181	4124	308.53	7.61	1.1160
24	4437	4332	4308	322.57	5.88	1.1152
25	4461	4383	4358	329.74	6.34	1.1151
26	4517	4480	4420	330.29	6.41	1.1154
27	4459	4378	4348	329.00	6.46	1.1161
28	4335	4086	4059	338.96	7.90	1.1157
29	4435	4325	4306	321.80	6.01	1.1135
30	4382	4219	4182	314.32	7.41	1.1172
31	4343	4121	4086	302.21	8.13	1.1175
32	4419	4298	4254	319.13	6.41	1.1170
33	4444	4350	4323	325.53	5.06	1.1168
34	4360	4180	4122	307.67	7.78	1.1148
35	4465	4395	4360	329.92	6.09	1.1144
36	4363	4165	4123	307.71	7.77	1.1139
37	4354	4133	4093	302.65	8.12	1.1164
38	4429	4310	4277	319.76	6.33	1.1159
39	4377	4201	4178	313.60	7.47	1.1142
40	4346	4123	4092	302.43	8.17	1.1147
41	4278	4239	3998	321.71	6.75	1.1162
42	4435	4325	4297	321.10	6.03	1.1153
43	4503	4459	4418	339.22	5.14	1.1164
44	4369	4183	4136	309.76	7.55	1.1158
45	4334	4070	4054	336.42	8.65	1.1166
46	4378	4211	4182	313.66	7.42	1.1135
47	4578	4495	4460	337.43	6.45	1.1168
48	4445	4352	4323	326.72	5.02	1.1165
49	4426	4308	4264	319.57	6.29	1.1158
50	4376	4195	4166	312.74	7.51	1.1147
51	4495	4436	4409	338.57	6.27	1.1162
52	4374	4189	4144	311.74	7.54	1.1175
53	4370	4185	4143	311.58	7.55	1.1165
54	4416	4275	4252	318.18	7.08	1.1164
55	4443	4341	4321	323.74	5.72	1.1180
56	4519	4490	4430	320.91	5.10	1.1153
57	4408	4269	4240	317.84	7.04	1.1153
58	4360	4150	4108	307.63	7.86	1.1139
59	4467	4418	4380	333.30	5.17	1.1156
60	4355	4145	4095	304.34	7.66	1.1174

DATA UNTUK HARI RABU

NO	BERAT BASAH	BERAT KERING	BERAT NORMAL	KUAT LENTUR	DAYA SERAP AIR	TEBAL
1	4458	4354	4326	332.16	5.82	1.1158
2	4313	4134	4100	310.16	7.51	1.1159
3	4456	4353	4319	331.89	5.66	1.1167
4	4492	4403	4350	336.39	5.27	1.1176
5	4466	4371	4334	333.43	5.21	1.1135
6	4378	4237	4174	320.76	6.36	1.1136
7	4312	4123	4084	310.11	6.77	1.1160
8	4465	4364	4333	332.61	5.65	1.1144
9	4440	4345	4297	330.17	5.28	1.1152
10	4433	4332	4276	329.41	5.72	1.1176
11	4358	4219	4136	318.38	7.08	1.1141
12	4430	4303	4259	313.77	6.62	1.1157
13	4398	4279	4223	322.24	6.36	1.1170
14	4441	4348	4305	330.20	5.25	1.1178
15	4270	4083	4028	310.59	7.74	1.1148
16	4381	4242	4186	320.81	7.05	1.1191
17	4547	4512	4281	330.70	6.36	1.1144
18	4340	4190	4119	315.17	7.29	1.1173
19	4385	4259	4190	321.97	6.64	1.1147
20	4269	4352	4025	327.51	8.52	1.1176
21	4424	4293	4245	325.38	6.81	1.1157
22	4328	4171	4119	313.96	7.35	1.1144
23	4432	4317	4268	328.59	6.14	1.1147
24	4432	4319	4275	329.27	6.12	1.1170
25	4304	4107	4060	307.89	7.77	1.1150
26	4411	4289	4236	323.73	7.67	1.1147
27	4300	4097	4248	307.66	7.83	1.1135
28	4406	4279	4223	322.35	6.64	1.1165
29	4351	4200	4123	317.17	8.09	1.1161
30	4288	4094	4042	304.13	6.82	1.1151
31	4406	4281	4232	322.41	6.57	1.1165
32	4526	4466	4419	331.30	5.72	1.1192
33	4596	4529	4193	323.61	5.96	1.1155
34	4481	4376	4339	334.93	5.84	1.1169
35	4390	4273	4218	322.08	6.25	1.1162
36	4365	4224	4140	318.68	6.36	1.1159
37	4388	4265	4197	322.04	6.49	1.1171
38	4376	4230	4170	320.73	7.20	1.1172
39	4451	4353	4319	330.56	5.37	1.1151
40	4425	4293	4245	325.38	6.83	1.1168
41	4369	4224	4141	320.05	7.15	1.1153
42	4385	4246	4189	321.32	7.08	1.1158
43	4440	4337	4284	329.42	5.78	1.1162
44	4468	4372	4334	333.44	5.30	1.1159
45	4431	4304	4259	327.07	6.61	1.1186
46	4353	4214	4130	317.69	7.09	1.1159
47	4512	4427	4387	320.08	6.53	1.1177
48	4407	4285	4236	323.44	6.45	1.1154
49	4484	4381	4342	325.98	5.74	1.1173
50	4531	4490	4426	320.54	6.53	1.1151
51	4505	4420	4353	336.62	6.57	1.1170
52	4420	4292	4243	324.24	6.73	1.1182
53	4430	4297	4305	326.10	6.83	1.1161
54	4431	4312	4264	327.75	6.33	1.1155
55	4418	4290	4242	323.87	6.73	1.1162
56	4311	4109	4070	308.97	7.83	1.1185
57	4353	4208	4126	317.58	7.20	1.1148
58	4507	4425	4364	328.43	6.42	1.1150
59	4442	4349	4307	330.41	5.06	1.1155
60	4371	4226	4162	320.25	7.18	1.1149

DATA UNTUK HARI KAMIS

NO	BERAT BASAH	BERAT KERING	BERAT NORMAL	KUAT LENTUR	DAYA SERAP AIR	TEBAL
1	4422	4306	4240	323.00	6.17	1.1164
2	4412	4296	4232	322.26	6.23	1.1167
3	4451	4349	4314	333.70	5.74	1.1141
4	4351	4222	4115	308.21	6.79	1.1147
5	4385	4251	4143	312.64	6.85	1.1165
6	4438	4335	4232	331.25	5.78	1.1167
7	4407	4288	4219	321.50	6.36	1.1159
8	4308	4175	4067	302.45	6.91	1.1144
9	4518	4481	4397	324.98	6.41	1.1171
10	4399	4272	4182	329.51	6.66	1.1190
11	4286	4100	4021	315.83	7.65	1.1175
12	4358	4233	4121	310.13	6.62	1.1181
13	4434	4322	4293	327.27	6.12	1.1158
14	4384	4248	4143	311.46	6.95	1.1136
15	4388	4259	4157	313.25	6.75	1.1157
16	4276	4068	3951	324.77	7.92	1.1162
17	4411	4294	4226	322.05	6.24	1.1152
18	4539	4486	4458	311.92	5.21	1.1159
19	4442	4343	4309	331.36	5.42	1.1140
20	4344	4221	4103	307.66	6.54	1.1168
21	4421	4300	4235	322.47	6.83	1.1152
22	4467	4403	4330	337.64	5.92	1.1162
23	4433	4321	4277	326.18	6.06	1.1152
24	4344	4203	4102	307.63	7.14	1.1169
25	4388	4260	4158	315.37	7.23	1.1166
26	4319	4194	4092	306.07	6.66	1.1158
27	4428	4318	4266	324.34	6.52	1.1158
28	4452	4363	4314	334.26	4.57	1.1166
29	4401	4280	4216	321.44	6.40	1.1176
30	4448	4345	4310	332.35	5.78	1.1149
31	4356	4224	4117	309.63	6.83	1.1177
32	4341	4202	4093	307.12	7.09	1.1179
33	4399	4277	4214	321.22	6.46	1.1147
34	4427	4315	4256	323.87	6.56	1.1161
35	4446	4345	4309	331.49	5.49	1.1154
36	4297	4118	4034	308.60	7.54	1.1147
37	4367	4233	4124	310.28	6.85	1.1164
38	4525	4482	4408	315.60	6.68	1.1153
39	4300	4135	4036	329.51	7.43	1.1183
40	4510	4464	4396	313.32	4.57	1.1164
41	4396	4270	4163	316.40	6.41	1.1158
42	4421	4306	4237	322.85	6.15	1.1174
43	4392	4267	4162	315.77	6.57	1.1161
44	4480	4446	4382	321.94	6.30	1.1159
45	4605	4569	4487	318.03	6.36	1.1171
46	4266	4057	3783	327.27	7.95	1.1154
47	4307	4150	4057	302.42	7.35	1.1136
48	4376	4236	4134	310.58	7.09	1.1162
49	4398	4270	4178	319.40	6.75	1.1168
50	4310	4177	4067	303.72	6.91	1.1169
51	4338	4196	4093	306.76	7.15	1.1149
52	4452	4403	4321	337.35	6.28	1.1161
53	4453	4389	4319	335.28	5.92	1.1134
54	4474	4437	4334	338.26	6.41	1.1145
55	4302	4147	4039	301.62	7.34	1.1186
56	4424	4312	4244	323.73	6.54	1.1148
57	4317	4189	4081	305.80	6.79	1.1144
58	4477	4444	4337	339.14	6.28	1.1167
59	4408	4292	4224	321.56	6.24	1.1176
60	4471	4428	4334	337.88	6.68	1.1161

DATA UNTUK HARI JUMAT

NO	BERAT BASAH	BERAT KERING	BERAT NORMAL	KUAT LENTUR	DAYA SERAP AIR	TEBAL
1	4215	4083	4015	324.23	6.99	1.117
2	4377	4280	4208	314.89	5.37	1.118
3	4414	4340	4271	321.74	6.17	1.112
4	4303	4173	4113	308.34	7.35	1.116
5	4401	4311	4246	311.48	4.89	1.118
6	4332	4211	4139	301.96	6.46	1.115
7	4326	4210	4129	304.00	6.30	1.115
8	4453	4445	4339	323.66	5.11	1.115
9	4581	4349	4221	314.40	8.12	1.116
10	4451	4438	4335	332.27	5.44	1.117
11	4404	4317	4254	319.02	4.41	1.117
12	4276	4130	4019	310.86	7.27	1.115
13	4409	4325	4254	320.06	6.61	1.120
14	4346	4215	4148	327.98	6.83	1.116
15	4220	4121	4017	325.53	5.84	1.114
16	4354	4265	4177	321.13	4.88	1.115
17	4437	4411	4319	310.85	6.07	1.114
18	4416	4371	4290	318.67	4.57	1.118
19	4513	4449	4378	304.88	5.92	1.114
20	4344	4211	4147	316.91	6.85	1.113
21	4513	4455	4381	317.30	5.44	1.115
22	4283	4130	4023	329.13	7.30	1.117
23	4400	4300	4243	301.10	5.72	1.117
24	4524	4434	4243	327.27	4.73	1.116
25	4415	4356	4283	328.87	5.72	1.116
26	4384	4291	4221	334.54	5.15	1.115
27	4314	4190	4117	311.58	6.62	1.115
28	4425	4388	4312	322.45	6.45	1.118
29	4357	4270	4166	327.87	4.64	1.115
30	4417	4373	4308	319.61	4.43	1.115
31	4549	4249	4007	317.23	8.97	1.117
32	4542	4456	4528	309.89	6.57	1.116
33	4355	4269	4195	320.34	4.57	1.117
34	4425	4390	4317	303.90	6.37	1.116
35	4418	4374	4312	317.62	4.25	1.116
36	4397	4297	4290	316.68	5.73	1.115
37	4293	4159	4085	328.56	6.95	1.117
38	4299	4166	4096	331.61	6.91	1.118
39	4399	4297	4243	334.48	5.77	1.117
40	4300	4171	4110	322.34	6.81	1.116
41	4285	4148	4025	327.60	7.09	1.115
42	4350	4243	4165	316.44	6.00	1.114
43	4371	4279	4208	306.66	5.05	1.117
44	4418	4377	4312	318.60	6.62	1.117
45	4308	4187	4115	323.81	6.52	1.116
46	4394	4294	4224	329.11	5.72	1.114
47	4292	4153	4069	326.06	7.14	1.114
48	4351	4243	4166	332.15	6.01	1.117
49	4412	4337	4271	303.85	6.25	1.117
50	4297	4164	4093	325.74	6.93	1.118
51	4347	4242	4149	318.07	5.96	1.115
52	4468	4448	4378	316.46	5.92	1.116
53	4349	4243	4150	326.59	5.99	1.117
54	4354	4266	4189	304.98	4.78	1.117
55	4377	4096	4548	328.97	8.71	1.114
56	4315	4199	4120	315.18	6.34	1.114
57	4438	4425	4335	311.75	5.41	1.117
58	4414	4351	4283	326.56	5.89	1.115
59	4352	4258	4168	323.14	5.30	1.116
60	4434	4392	4319	325.64	6.64	1.115