

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK KUAT
TEKAN SEMEN DENGAN MENGGUNAKAN PETA KENDALI
*T-SQUARE***



Skripsi

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar
Sarjana Matematika Jurusan Matematika pada Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar*

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
MAKASSAR

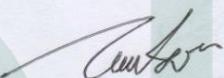
Oleh
MUHAMMAD IQBAL HM
60600113037

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) ALAUDDIN
MAKASSAR
2018**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi ini adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi dikutip dan dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Kecuali pada bagian yang telah dirujuk yang disebut bodynote atau daftar pustaka. Jika di kemudian hari apabila ada hasil jiplakan orang lain dalam skripsi ini maka penulis siap mempertanggungjawabkannya.

Samata-Gowa , Agustus 2018


Muhammad Iqbal HM

Nim: 60600113037

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI

ALAUDDIN
M A K A S S A R

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul “Analisis Pengendalian Kualitas Statistik Kuat Tekan Semen dengan Menggunakan Peta Kendali T-SQUARE”, yang disusun oleh Saudara **Muhammad. Iqbal HM**, Nim: **60600113037** Mahasiswa Jurusan Matematika pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang *munaqasyah* yang diselenggarakan pada hari Selasa tanggal **21 Agustus 2018 M**, bertepatan dengan **10 Dzulhijjah 1439 H**, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat).

Makassar, 21 Agustus 2018 M
10 Dzulhijjah 1439 H

DEWAN PENGUJI

- | | | |
|---------------|---------------------------------------|---------|
| Ketua | : Prof. Dr. H. Arifuddin Ahmad, M.Ag. | (.....) |
| Sekretaris | : Risnawati Ibtnas, S.Si., M.Si. | (.....) |
| Munaqisy I | : Irwan, S.Si., M.Si. | (.....) |
| Munaqisy II | : Muh. Rusydi Rasyid, S.Ag., M.Ed. | (.....) |
| Pembimbing I | : Wahidah Alwi, S.Si., M.Si. | (.....) |
| Pembimbing II | : Adnan Sauddin, S.Pd., M.Si. | (.....) |

Diketahui oleh:
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar

Prof. Dr. H. Arifuddin Ahmad, M.Ag
Nip. 19691205 199303 1 001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

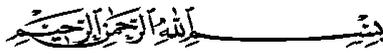
MOTTO

Musuh yang paling berbahaya
Diatas muka bumi ini adalah penakut dan bimbang.
Teman yang paling setia hanyalah
Keberanian dan tekad yang kuat.

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya ini kepada orang-orang yang
menyayangiku, mendukung dan yang selalu
memberikan dorongan dan motivasi terutama untuk ke
dua orangtuaku tercinta, Ibu Hj.Bungalia dan Bapak
H.Marhaba beserta keluarga tercinta yang senantiasa
Memberikan dukunga, semangat dan doa.
Sahabat-sahabatku yang senantiasa menjadi motivasi
utama
Penulis untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
Teman-teman seperjuangan SIGMA 2013 dan
Almamaterku UIN Aalauddin Makassar.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah *ahirabbil'amin*. Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa atas segala nikmat iman dan nikmat kesehatan serta Rahmat-Nyalah sehingga penulisan skripsi yang berjudul “**Analisis Pengendalian Kualitas Statistik Kuat Tekan Semen dengan menggunakan Peta Kendali *T-Square***” dapat diselesaikan. Salam dan shalawat dicurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW. beserta para keluarga, sahabat dan para pengikutnya yang senantiasa istiqamah di jalan-Nya.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika (S.Mat) pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Untuk itu, penulis menyusun tugas akhir ini dengan mengerahkan semua ilmu yang telah diperoleh selama proses perkuliahan. Tidak sedikit hambatan dan tantangan yang penulis hadapi dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Namun, berkat bantuan dari berbagai pihak terutama do'a dan dukungan yang tiada hentinya dari kedua orang tua tercinta ibunda **Hj.Bungalia** dan Ayahanda **H.Marhaba** yang selalu setia memberikan motivasi dan semangat selama proses penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam pengungkapan, pemilihan kata-kata dan penyajian skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis mengharapkan saran, kritik dan segala bentuk pengarahannya dari semua pihak untuk perbaikan skripsi ini. Tanpa adanya bantuan, bimbingan

dan dukungan dari berbagai pihak penulis tidak akan mampu menyelesaikannya. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Musafir Pababbari, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar.
2. Bapak Prof. Dr. H. Arifuddin Ahmad, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar.
1. Bapak Irwan, S.Si., M.Si selaku ketua jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar sekaligus Penguji I yang telah bersedia meluangkan waktu untuk menguji, memberikan saran dan mengarahkan untuk kelengkapan penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Wahida Alwi, S.Si., M.Si selaku pembimbing I dan Bapak Adnan Sauddin, S.Pd., M.Si selaku pembimbing II yang telah dengan sabar meluangkan waktu, tenaga dan pikiran memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan saran yang sangat berharga kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak/Ibu Dosen di Jurusan Matematika yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan ilmu, arahan dan motivasi dari awal perkuliahan hingga skripsi ini selesai.
5. Staff Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi yang selama ini telah membantu dalam pengurusan akademik dan persuratan dalam penulisan.
6. Teman-teman “SIGMA”, posko KKN Reguler Angkatan 55 Desa Belabori segala bantuan, doa dan motivasi selama ini. Dan yang paling terkhusus

untuk Suriani yang senantiasa memberikan bantuan dan memberikan motivasi hingga skripsi ini dapat selesai.

7. Kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil hingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Hanya doa yang bisa penulis panjatkan, semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kepada semua pihak yang membantu atas terselesaikannya skripsi ini.

Samata, Agustus 2018

Penulis



DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
ABSTRAK	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	6
E. Batasan Masalah	7
F. Sistematika Penulisan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Kualitas Dan Karakteristiknya	8
B. Pengendalian Kualitas Statistik.....	10
C. Uji Normalitas	13
D. Analisis Regresi	14
E. Peta Kendali	16
F. <i>T-Square</i>	17
G. Uji Tukey.....	24
H. Karakteristik Semen	25
I. Profil Perusahaan	32
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	42
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	42
C. Jenis dan Sumber Data.....	42

D. Variabel Dan Definisi Operasional Variabel	42
E. Prosedur Penelitian	43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	45
B. Pembahasan	65

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	67
B. Saran	68

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
RIWAYAT HIDUP



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kapasitas Pabrik	34
Tabel 2.2 Komposisi Semen Tipe 1.....	39
Tabel 2.3 Komposisi Semen Tipe PCC	40
Tabel 2.4 Komposisi Semen Tipe PPC	41
Tabel 4.1 Statistik Deskriptif Kandungan Semen.....	45
Tabel 4.2 Statistik Deskriptif Kuat Tekan Semen	46
Tabel 4.4 Pengaruh Kuat Tekan 3 Hari dengan kandungan semen	48
Tabel 4.5 Pengaruh Kuat Tekan 7 Hari dengan kandungan semen	49
Tabel 4.6 Pengaruh Kuat Tekan 28 Hari dengan kandungan semen	50
Tabel 4.7 Uji Normalitas	52
Tabel 4.8 Uji Tukey.....	63

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
M A K A S S A R

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.3 Batas Pengendali Kualitas Statistik	18
Gambar 2.4 Ellips Pengendali dua variabel independent	20
Gambar 2.5 Ellips Pengendali dua variabel dependent bentuk <i>elips</i>	21
Gambar 2.6 Grafik Pengendalian	22
Gambar 2.7 Diagram alir produksi PT. Semen Tonasa.....	34
Gambar 4.1 Plot <i>Trikalsium Silikat</i> (C3S)	50
Gambar 4.2 Plot <i>Dikalsium Silikat</i> (C2S)	51
Gambar 4.3 Plot <i>Trikalsium Aluminat</i> (C3A)	52
Gambar 4.4 Plot <i>Tetrakalsium Aluminoforit</i> (C4AF)	52
Gambar 4.5 Plot Blaine	53
Gambar 4.6 Plot Kuat tekan 3 hari.....	54
Gambar 4.7 Plot Kuat tekan 7 hari.....	54
Gambar 4.8 Plot Kuat tekan 28 hari.....	55
Gambar 4.9 Peta kendali <i>T-Square</i>	60

DAFTAR SIMBOL

- T^2 : Peta kendali T-square.
- Σ (sigma) : Penjumlahan.
- x_{ijk} : Observasi ke- i pada karakteristik kualitas ke- j dalam sampel ke- k .
- \bar{x}_{jk} : Rata-rata karakteristik kualitas ke- j amatan pada sampel ke- k .
- x_{ihk} : Observasi ke- i pada karakteristik kualitas ke- h dalam sampel ke- k .
- \bar{x}_{hk} : Rata-rata karakteristik kualitas ke- h dalam sampel ke- k .
- S_{jk}^2 : Variansi karakteristik kualitas ke- j dalam sampel ke- k .
- S_{jhk} : Kovariansi karakteristik kualitas ke- j dan karakteristik kualitas ke- h dalam sampel ke- k .
- $\bar{\bar{x}}_j$: Rata-rata dari rata-rata karakteristik kualitas ke- j .
- S_j^2 : Rata-rata dari variansi karakteristik kualitas ke- j .
- S_{jh} : Rata-rata dari kovariansi karakteristik kualitas ke- j dan karakteristik kualitas ke- h .
- p : Banyaknya karakteristik kualitas yang diamati.
- S : Matriks kovariansi.
- n : Banyaknya amatan yang diteliti tiap sampel.
- m : Banyaknya sampel yang digunakan dalam penelitian.

ABSTRAK

Nama : Muhammad Iqbal HM

NIM : 60600113037

Judul : Analisis Pengendalian Kualitas Statistik Kuat Tekan Semen dengan menggunakan Peta Kendali *T-Square*

Skripsi ini membahas tentang analisis pengendalian kualitas statistik kuat tekan semen dengan menggunakan peta kendali *T-Square* pada perusahaan PT. Semen Tonasa untuk menjaga mutu dan kualitas produksi semen. Dalam mengendalikan proses tersebut maka perlu usaha untuk menyelidiki dengan cepat bila terjadi gangguan proses dan tindakan pembetulan dapat segera dilakukan sebelum terlalu banyak unit yang tidak sesuai dengan produksi. Sehingga skripsi ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang paling berpengaruh terhadap daya kuat semen pada umur 3, 7, dan 28 hari dengan besaran nilai dari batas kendali dengan menggunakan peta kendali *T-Square*. Dalam hasil penelitian menyatakan bahwa dari 3 level yang telah diuji diperoleh hasil bahwa pada hari 3 dan 7 tidak terdapat variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kuat tekan semen, sedangkan pada hari 28 dengan variabel *Bleine* (tingkat kehalusan) memiliki pengaruh paling besar terhadap kuat tekan semen yaitu sebesar 0,0372 dan batas pengendalian atas untuk data kuat tekan semen tersebut sebesar 1,980 dengan rata-rata sebesar 0,899 sedangkan batas pengendalian bawah bernilai 0 (nol) sebab fungsi batas kendali tersebut merupakan fungsi kuadrat yang memungkinkan tidak adanya nilai dibawah nol atau bernilai negatif.

Kata kunci: Pengendalian, Kualitas, Statistik, Semen, *T-Square*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Permasalahan kualitas telah mengarah pada taktik dan strategi perusahaan secara menyeluruh dalam rangka untuk memiliki daya saing dan bertahan terhadap persaingan global dengan produk perusahaan lain. Kualitas merupakan tingkat kesesuaian antara suatu produk dengan pemakainya, serta tingkat kesesuaian produk dengan standar yang telah ditetapkan sehingga, kualitas yang baik akan menghasilkan proses yang baik dan sesuai dengan standar kualitas yang telah ditentukan berdasarkan kebutuhan pasar. Namun, kenyataannya di lapangan menunjukkan bahwa perusahaan yang sukses dan mampu bertahan pasti memiliki program mengenai kualitas, karena melalui program kualitas yang baik akan dapat secara efektif mengeliminasi pemborosan dan meningkatkan kemampuan bersaing perusahaan.

Pada dasarnya suatu perusahaan bertujuan untuk memperoleh laba yang optimal sesuai dengan pertumbuhan perusahaan dalam jangka panjang. Tuntutan konsumen yang senantiasa berubah menuntut perusahaan agar lebih fleksibel dalam memenuhi tuntutan konsumen dimana dalam hal ini berhubungan langsung dengan seberapa baiknya kualitas produk yang diterima oleh konsumen. Hal ini menyebabkan perusahaan harus dapat mempertahankan kualitas produk yang dihasilkannya atau bahkan lebih baik lagi. Menghasilkan kualitas yang terbaik diperlukan upaya perbaikan yang berkesinambungan (*continuous improvement*) terhadap kemampuan produk, manusia, proses dan lingkungan.

Kualitas produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan ditentukan berdasarkan ukuran dan karakteristiknya. Suatu produk dapat dikatakan berkualitas baik apabila dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen. Barang yang kualitas atau prosesnya jelek menurut produsen belum tentu ditolak oleh konsumen, dan sebaliknya jika barang diluar batas kontrol produsen, karena merupakan barang yang rusak atau cacat tetapi oleh konsumen masih diterima. Sedangkan barang yang dikatakan baik oleh produsen tetapi sudah ditolak oleh konsumen karena di luar batas spesifikasi. Produk yang berkualitas akan memberikan keuntungan bisnis bagi produsen, dan tentunya juga dapat memberikan kepuasan bagi konsumen dan menghindari banyaknya keluhan para pelanggan setelah menggunakan produk yang dibelinya.

Dengan memberikan perhatian pada kualitas maka dengan otomatis akan memberikan dampak yang positif kepada bisnis melalui dua cara yaitu dampak terhadap biaya produksi dan dampak terhadap pendapatan. Dampak terhadap biaya produksi terjadi melalui proses pembuatan produk yang memiliki derajat konfirmasi yang tinggi terhadap standar-standar sehingga bebas dari tingkat kerusakan. Dampak terhadap peningkatan pendapatan terjadi melalui peningkatan penjualan atas produk berkualitas yang berharga kompetitif. Dengan memperhatikan aspek kualitas produk, maka tujuan perusahaan untuk memperoleh laba yang optimal dapat terpenuhi sekaligus dapat memenuhi tuntutan konsumen akan produk yang berkualitas dan harga yang kompetitif.

Namun, meskipun proses produksi telah dilaksanakan dengan baik, pada kenyataannya seringkali masih ditemukan ketidaksesuaian antara produk

merugikan manusia pada hak-haknya dan janganlah kamu merajalela di muka bumi dengan membuat kerusakan.¹

Ayat diatas menjelaskan bahwasanya haruslah menyempurnakan atau menggenapkan takaran agar tidak mengurangi hak yang sudah menjadi milik orang lain, dan tidak termasuk orang-orang yang merugikan orang lain. Menimbang dengan baik dan tidak berat sebelah sehingga orang-orang dapat mengambil haknya secara adil dan benar, serta hendaklah untuk saling menjaga sesama manusia dengan tidak melakukan pembunuhan dan pengrusakan.²

PT. Semen Tonasa merupakan perusahaan yang bergerak dibidang produksi semen. Sebagaimana diketahui bahwa setiap perusahaan dalam seluruh kegiatannya selalu menunjuk dalam suatu keadaan yaitu menghasilkan produk yang memenuhi keinginan konsumen dan memenuhi standar kualitas tertentu. Dalam menjaga mutu dan kualitas produksi semen makaperlu dilakukan upaya-upaya strategis dalam menghadapi persaingan di dunia usaha. Produk yang dibuat oleh PT. Semen Tonasa terdiri dari tiga jenis semen yaitu semen Portland type 1, Semen Portland Komposit, Semen Potland Pozzolan ketiga jenis tersebut memiliki karakteristik kualitas tersendiri yang disesuaikan sesuai dengan penggunaannya. Beberapa hal yang berkaitan dengan karakteristik kualitas semen yaitu kehalusan, kepadatan, konsistensi, waktu pengikatan, panas hidrasi, perubahan volume, dan kekuatan tekan. Dalam menjaga kualitas maka perusahaan perlu melakukan pengendalian agar produk yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang

¹Departemen Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya* (Bandung: Diponegoro, 2006).

² M. Quraish Shihab, *Tafsir Al-Mishbah* ; Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Quran (Jakarta: Lentera Hati, 2002), h. 241.

ditetapkan oleh perusahaan. Disamping itu, pengendalian kualitas dilakukan untuk mencapai target penjualan sehingga perusahaan dapat memperoleh keuntungan yang maksimal.

Salah satu aktifitas dalam menciptakan kualitas agar sesuai standar adalah dengan menerapkan sistem pengendalian kualitas yang tepat dan menyeluruh, mempunyai tujuan dan tahapan yang jelas, serta memberikan inovasi dalam melakukan pencegahan dan penyelesaian masalah-masalah yang dihadapi perusahaan. Dengan melakukan kegiatan pengendalian kualitas maka, dapat membantu perusahaan mempertahankan dan meningkatkan kualitas produknya dengan melakukan pengendalian terhadap tingkat kerusakan produk sampai pada tingkat kerusakan nol. Dalam mengendalikan proses tersebut maka perlu usaha untuk menyelidiki dengan cepat bila terjadi gangguan proses dan tindakan pembetulan dapat segera dilakukan sebelum terlalu banyak unit yang tidak sesuai dengan produksi ikut terjual di pasaran. Oleh karena itu, pengendalian kualitas statistik merupakan penyelesaian masalah yang digunakan untuk memonitor, mengendalikan, menganalisis, mengelola, dan memperbaiki produk dan proses dengan menggunakan metode-metode statistik. Dengan demikian, peneliti tertarik melakukan penelitian yang berjudul **“Analisis Pengendalian Kualitas Statistik Kuat Tekan Semen Dengan Menggunakan Peta Kendali *T-Square* “**.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Faktor apa saja yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan semen pada umur 3, 7, dan 28 hari menggunakan metode *T-Square* di PT. SEMEN TONASA?
2. Berapa besaran nilai batas kendali dengan menggunakan peta kendali *T-Square*?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap daya kuat tekan semen pada umur 3, 7, dan 28 hari.
2. Untuk mengetahui besaran nilai dari batas kendali dengan menggunakan peta kendali *T-Square*.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Bagi peneliti: Penelitian yang dilakukan merupakan penerapan teori-teori yang telah diperoleh di bangku perkuliahan kedalam praktek sebenarnya baik itu dilapangan, dan sebagai pengalaman praktik dalam menganalisis masalah-masalah secara ilmiah untuk mengasah ketajaman berpikir dalam beranalisis.

2. Bagi pembaca: Penelitian ini bisa dijadikan sebagai bahan studi kedepannya bagi pembaca dan acuan bagi mahasiswa serta dapat memberikan bahan referensi bagi pihak perpustakaan sebagai bahan bacaan yang dapat menambah ilmu pengetahuan bagi pembaca dalam hal ini mahasiswa. Sehingga, bagi pembaca dalam hal ini mahasiswa yang membutuhkan referensi untuk penelitian, khususnya yang berkaitan dengan peta kendali *T-Square* dapat mempermudah peneliti dalam mengkaji suatu pokok persoalan yang akan diselesaikan melalui metode-metode statistika .

E. Batasan Masalah

Dalam penulisan skripsi ini, pembahasannya hanya dibatasi pada:

1. Proses pengendalian kualitas statistik pada produksi semen di PT. Semen Tonasa dengan menggunakan peta kendali *T-Square* dengan data produksi yang disediakan perusahaan (data sekunder hanya pada unit Finish Mill Tonasa V).
2. Pengujian variabel pada kuat tekan semen dilakukan dengan tiga level yaitu umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari.
3. Membahas persoalan tentang statistika matematika dengan mencoba menampilkan proses pengendalian kualitas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Para industri besar penghasil barang dan jasa dihadapkan dengan sebuah tantangan yang cukup berat dimana konsumen sangat meningkatkan tuntutan mereka akan kualitas, dan kecenderungan ini kiranya akan diperkuat oleh tekanan persaingan dimasa mendatang. Sebagai akibat dari tuntutan konsumen yang meningkat akan kualitas, dan pengembangan teknologi produk baru, banyak teknik dan praktik jaminan kualitas yang ada perlu diubah sebagaimana perlunya dimana dalam hal ini biaya kualitas menjadi sangat tinggi. Dalam banyak bisnis, besar biaya kualitas sebanding dengan biaya tenaga kerja, biaya bahan baku, atau biaya distribusi. Oleh sebab itu mereka harus melakukan upaya-upaya tertentu untuk mencapai hal yang mereka inginkan.³

A. Kualitas Dan Karakteristiknya

Kualitas didalam suatu produk merupakan keadaan fisik, fungsi dan sifat dari suatu produk yang dapat memenuhi selera dan kebutuhan konsumen dengan memuaskan sesuai dengan nilai uang yang dikeluarkan.⁴

Istilah kualitas mengandung banyak makna dan definisi. Banyak orang yang mengartikannya secara berlainan. Beberapa contoh definisi yang sering dijumpai tentang kualitas, antara lain:

- Kesesuaian dengan persyaratan atau tuntutan.

³ Douglas C. Montgomery . *Pengantar pengendalian kualitas statistik* (Yogyakarta: universitas gajah mada 2000), h. 1. *Translate*

⁴ Douglas C. Montgomery. *Pengantar pengendalian kualitas statistik.*(Yogyakarta: universitas gajah mada 1985), h. 1. *Translate*

- Kecocokan untuk pemakaian.
- Perbaikan atau penyempurnaan yang berkelanjutan.
- Bebas dari kerusakan atau cacat.
- Pemenuhan kebutuhan pelanggan semenjak awal dan setiap saat.
- Melakukan segala sesuatu secara benar semenjak awal, dan
- Sesuatu yang bias memuaskan pelanggan⁵.

Menurut Taguchi : adalah untuk menghasilkan produk dan jasa yang dapat memenuhi kebutuhan dan harapan konsumen berkaitan dengan umur produk dan jasa⁶. Dalam hal ini kualitas terkadang menjadi konsistensi peningkatan, perbaikan dan penurunan variasi karakteristik pada suatu produk yang dihasilkan agar memenuhi kebutuhan yang telah dispesifikasikan guna meningkatkan kepuasan konsumen⁷.

Kualitas suatu produk ditentukan oleh ciri-ciri suatu produk yang dihasilkan. Setiap ciri kualitas yang mendukung produksi disebut karakteristik kualitas. Karakteristik kualitas terdiri dari beberapa jenis yaitu:

1. Fisik, meliputi panjang, berat, voltase dan ketebalan.
2. Indera, meliputi rasa, bentuk, penampilan dan warna.

⁵ M. JayaChandra. *Statistical quality control*. (Department of industrial and manufacturing engineering the pennsylvania state university, 2001), hlm.1

⁶ Musfarid. *Peran statistik dalam peningkatan kualitas produk*. (Meteri pidato pengukuhan jabatan guru besar FMIPA universitas diponegoro semarang, 2002), hlm.8

⁷ Prawirasentono, Suyadi. *Manajemen Mutu Terpadu* (Jakarta: PT. Bumi Aksara, 2004), hlm.6

3. Orientasi waktu, meliputi keandalan (dapat dipercaya), dapat dipelihara dan dapat dirawat.

Kualitas secara umum terbagi menjadi dua bagian yaitu:

- Kualitas rancangan, dimana variasi dalam teknik ini memang di sengaja.
- Kualitas kecocokan, yaitu seberapa baik produksi yang sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan itu. Kualitas kecocokan dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk pemilihan proses pembuatan, latihan dan pengawasan angkata kerja, jenis sistem jaminan kualitas yang digunakan, seberapa besar jaminan kualitas itu diikuti, dan motivasi angkatan kerja untuk mencapai kualitas.

B. Pengendalian Kualitas Statistik

Pengendalian kualitas adalah proses yang digunakan untuk menjamin tingkat kualitas dalam produk atau jasa. Mendefenisikan pengendalian kualitas tidak lepas dari apa yang telah di defenisikan oleh pakar kualitas sebelumnya seperti Montgomery, D.C yang mendefenisikan pengendalian kualitas sebagai aktivitas keteknikan dan manajemen, yang dengan aktivitas itu diukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila ada perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dan yang standar. Pengendalian kualitas adalah kombinasi semua alat dan

teknik yang digunakan untuk mengontrol kualitas suatu produk dengan biaya se-ekonomis mungkin dan memenuhi syarat pemesanan.⁸

Dalam konteks pengendalian kualitas melalui penurunan variasi karakteristik kualitas dari suatu produk (barang atau jasa) yang dihasilkan, agar memenuhi kebutuhan yang telah dispesifikasikan, guna meningkatkan kepuasan suatu pelanggan. Variasi yang berlebihan seringkali mengakibatkan adanya pemborosan, misalnya berupa waktu, uang, dan usaha, sehingga, peningkatan kualitas juga merupakan cara mengurangi pemborosan. Oleh karena itu, peran pengendalian kualitas statistik tidak lepas dari pemenuhan kebutuhan dalam meningkatkan kepuasan konsumen. Dimana sejak awal perkembangan kualitas, para praktisi telah memperdebatkan pentingnya metode-metode statistik dalam pencapaian kualitas yang memuaskan.

Metode statistik memainkan peranan penting dalam pengendalian kualitas. Dimana dalam hal ini metode statistik memberikan cara pokok dalam pengambilan sampel produk, pengujian serta evaluasinya, dan informasi didalam data yang akan digunakan dalam mengendalikan kualitas dan meningkatkan proses produksi suatu perusahaan. Metode statistik berperan dalam berbagai aktivitas yang dilakukan peneliti dan penting juga dalam menentukan kebijakan suatu organisasi untuk mengendalikan kualitas produk. Sehingga, peran statistik dalam pengendalian kualitas yaitu:

⁸Praptono. *Buku materi pokok statistika pengawasan kualitas*. (Jakarta: Universitas terbuka, 1986). hlm 3.

- Mempermudah menyajikan, menganalisa dan menginterpretasikan output yang didapatkan. Tanpa statistik, maka penggambaran penyelesaian mengenai data akan menjadi sumber malapetaka.
- Setelah hasil yang didapatkan, organisasi bisa menggunakannya untuk memperbaiki kualitas baik produk maupun yang lainnya.
- Dalam menentukan kualitas suatu produk, ada beberapa metode-metode yang digunakan dalam mengendalikan kualitas produksi, diantaranya peta kendali yang mempermudah melihat apakah kualitas produk tersebut berada dalam keadaan terkontrol, jika iya maka produk akan dipertahankan sesuai dengan pesanan konsumen dan jika tidak, maka produk harus diperbaiki atau direvisi dari segala faktor yang mempengaruhinya.

Tujuan dasar dari pengendalian kualitas adalah untuk memastikan bahwa produk, jasa, atau proses yang disediakan memenuhi persyaratan tertentu, dapat diandalkan serta memuaskan. Pada dasarnya, pengendalian kualitas melibatkan pemeriksaan produk, layanan, atau proses. Jika masalah diidentifikasi, pekerjaan tim kendali mutu atau profesional dan bahkan individu juga terlibat dalam proses menemukan penyebab masalah kualitas dan memperbaiki produk atau jasa yang dihasilkan tersebut⁹. Oleh karena itu tujuan dari pengendalian kualitas adalah menyelidiki dengan cepat sebab-sebab terduga atau pergeseran proses sedemikian hingga penyelidikan terhadap proses itu dan tindakan pembetulan dapat dilakukan

⁹ Haryono, Didi – Irwan. *Pengendalian kualitas statistic (pendekatan teoritis dan aplikatif)*. (Bandung: alfabeta 2015) hlm. 16-17.

sebelum terlalu banyak unit yang tidak sesuai diproduksi. Tujuan akhir dari pengendalian kualitas adalah sebagai alat yang efektif dalam mengurangi variabilitas produk.

C. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk menentukan data yang telah dikumpulkan berdistribusi normal atau tidak. Berdasarkan pengalaman empiris beberapa pakar statistik, data yang banyaknya lebih dari 30 maka sudah dapat diasumsikan berdistribusi normal, namun untuk memberikan kepastian data yang dimiliki berdistribusi normal atau tidak maka sebaiknya dilakukan uji normalitas.

Uji normalitas dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa uji statistik seperti *Chi-Square*, *Kolmogorov Smirnov*, *Liliefros*, *Shapiro-Wilk*. Namun pada penelitian ini menggunakan uji *Shapiro-Wilk*. Adapun syarat dan tingkat signifikansi dari uji *Shapiro-Wilk* adalah sebagai berikut:

1. Data berskala interval atau ratio (kuantitatif).
2. Jika nilai p lebih dari 5%, maka H_0 diterima ; H_1 ditolak.
3. Jika nilai p kurang dari 5%, maka H_0 ditolak ; H_1 diterima.

D. Analisis Regresi

Regresi linear adalah alat statistik yang dipergunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu atau beberapa variabel terhadap satu buah variabel. Analisis regresi membentuk persamaan garis lurus (linear) dan menggunakan persamaan tersebut untuk membuat perkiraan (prediction). Tujuan dari analisis regresi yaitu untuk membuat

perkiraan nilai suatu variabel terikat jika nilai variabel bebas yang berhubungan dengannya sudah ditentukan dan untuk menguji hipotesis signifikansi pengaruh dari variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y).

Pengertian regresi secara umum adalah sebuah alat statistik yang memberikan penjelasan tentang pola hubungan (model) antara dua variabel atau lebih. Dalam analisis regresi dikenal 2 jenis variabel yaitu:

1. Variabel Respon disebut juga variabel dependen yaitu variabel yang keberadaannya dipengaruhi oleh variabel lainnya dan dinotasikan dengan variabel Y.
2. Variabel Prediktor disebut juga dengan variabel independen yaitu variabel yang bebas (tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya) dan dinotasikan dengan x .

Untuk mempelajari hubungan-hubungan antara variabel bebas maka regresi linier terdiri dari dua bentuk, yaitu:

- Regresi linear sederhana (*simple analysis regresi*) merupakan hubungan antara dua variabel yaitu variabel bebas (variabel independen) dan variabel tak bebas (variabel dependen). Analisis Regresi Linear Sederhana digunakan untuk mengukur pengaruh antara satu variabel prediktor (variabel bebas) terhadap variabel terikat. Adapun rumus umumnya adalah sebagai berikut:

$$y = a + bx \quad (2.1)$$

Keterangan :

y = Variabel terikat

a = Nilai intercept konstanta

b = Koefisien regresi

x = Variabel bebas

- Analisis regresi berganda (*Multiple analysis regresi*) adalah analisis regresi yang menjelaskan hubungan antara peubah respon (variabel dependen) dengan faktor-faktor yang mempengaruhi lebih dari satu prediktor (variabel independen). Regresi linier berganda hampir sama dengan regresi linier sederhana, hanya saja pada regresi linier berganda variabel bebasnya lebih dari satu variabel penduga. Tujuan analisis regresi linier berganda adalah untuk mengukur intensitas hubungan antara dua variabel atau lebih dan membuat prediksi perkiraan nilai y atas x . Secara umum model regresi linier berganda untuk populasi adalah:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon \quad (2.2)$$

Keterangan :

y = nilai taksiran bagi variabel y

β_0 = taksiran bagi parameter konstanta α_0

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ = taksiran bagi parameter koefisien regresi

x = variabel bebas

E. Peta Kendali

Peta kendali adalah satu dari banyak alat untuk memonitoring proses dan mengendalikan kualitas. Alat-alat tersebut merupakan pengembangan metode-metode untuk peningkatan dan perbaikan kualitas. Perbaikan kualitas terjadi pada dua situasi. Situasi pertama adalah ketika peta kendali dibuat, proses dalam kondisi tidak stabil. Kondisi yang diluar batas kendali terjadi karena sebab khusus, kemudian dicari tindakan perbaikan sehingga proses menjadi stabil. Sehingga, hasilnya adalah adanya perbaikan proses. Kondisi kedua berkaitan dengan pengujian. Peta pengendali tepat bagi pengambil keputusan karena model akan melihat yang baik dan yang buruk. Peta kendali memang tepat dalam menyelesaikan masalah melalui perbaikan kualitas, walaupun ada kelemahan apabila digunakan untuk memonitor atau mempertahankan proses. Status proses dikatakan berada dalam kendali statistik jika nilai pengamatan jatuh diantara garis UCL dan LCL.

Didalam proses yang stabil, hasil pengamatan sampel akan secara acak tersebar disekitar garis tengah peta kendali. Susunan data secara acak inilah yang mencerminkan variasi normal yang diharapkan di setiap proses. Jika susunan data tidak acak, hal ini merupakan tanda bahwa perubahan proses telah terjadi dan proses menjadi tidak stabil dan bila mana itu muncul dengan kejadian-kejadian yang menandakan adanya kemungkinan sebab yang khusus, maka proses itulah yang harus dipelajari untuk menentukan penyebab munculnya tanda tersebut. Dan jika masalah

ini telah diketahui maka tindakan yang sesuai harus segera dilakukan untuk mempebaikinya.¹⁰

F. *T-Square*

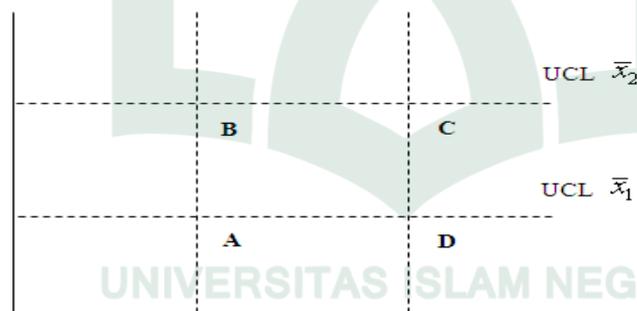
Memilih produk barang dan jasa seorang konsumen selalu mempertimbangkan variabel kualitas. Kualitas yang baik berasal dari suatu proses yang terkendali dan stabil. Salah satu alat yang dapat dipakai untuk memeriksa pengendalian proses adalah peta kendali. Pengembangan peta kendali untuk yang pertama kali adalah peta kendali univariat yaitu peta kendali *Shewhart*. Pengembangan lebih lanjut yaitu prosedur peta *Cusum* untuk kondisi variabel berdistribusi normal. Setelah pengembangan peta kendali univariat ini berikutnya dikembangkan peta kendali multivariat yaitu peta kendali *Hottelling* (T^2) dan berikutnya dikembangkan peta kendali multivariat *Shewhart* serta peta kendali yang lain. Peta kendali *T-square* biasa juga disebut peta kendali multivariat merupakan peta kendali yang digunakan untuk memonitor lebih dari satu karakteristik kualitas.

Masalah pengendalian kualitas dengan beberapa karakteristik yang berhubungan kadang-kadang dinamakan masalah pengendalian kualitas multivariat. Karya asli dalam pengendalian kualitas multivariat dikerjakan oleh Hotelling (1947), yang menerapkan prosedurnya pada data pembuatan bom selama Perang Dunia II. Pengendalian kualitas tersebut saat ini sangat penting karena prosedur pemeriksaan otomatis membuat

¹⁰Rath & String's. *Six-sigma advanced tools pocket guide: cara menggunakan rancangan experiment, analisis varian, analisis regresi, dan 25 alat canggih lainnya*. (Yogyakarta: Andy, 2005)., hlm 100-101.

relatif mudah untuk mengukur banyak parameter pada tiap unit produk yang dihasilkan. Dalam situasi tertentu, pengendalian kualitas *T-square* seringkali menggunakan lebih dari satu karakteristik, misalnya kita akan mengukur panjang dan diameter tiang beton sekaligus untuk mengetahui sejauh mana penyimpangan proses dari standar yang ditetapkan. Oleh karena itu, kedua karakteristik kualitas yang diukur seharusnya berada dalam batas pengendali statistik (*in statistical control*) untuk mengetahui proses tersebut telah berada dalam batas pengendali statistika.

Apabila pengendali rata-rata untuk kedua karakteristik tersebut dilakukan secara independen, maka hasilnya adalah daerah empat persegi panjang pada dua dimensi seperti pada Gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3 Batas Pengendali Kualitas Statistik

Jika data berada pada wilayah empat persegi panjang ABCD, maka proses dinyatakan berada dalam batas pengendali kualitas statistik (*in statistical quality control*). Sementara itu, jika pengendalian dilakukan secara menyeluruh atau sekaligus, maka peta pengendali pada Gambar 2.3

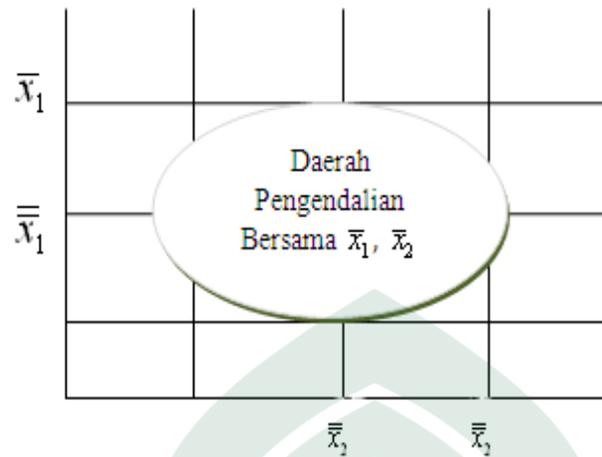
salah. Yang sebenarnya terjadi adalah daerah pengendalian dari dua karakteristik dengan bentuk ellips¹¹.

Misalnya ada dua karakteristik kualitas x_1 dan x_2 berdistribusi bersama menurut distribusi normal bivariat. Misalkan $\bar{\bar{x}}_1$ dan $\bar{\bar{x}}_2$ nilai mean nominal karakteristik kualitas itu, dan misalkan variansi X_1 dan X_2 masing-masing ditaksir dengan variansi sampel S_1^2 dan S_2^2 . Kovariansi antara x_1 dan x_2 adalah ukuran dependensi antara dua karakteristik kualitas itu, dan ditulis sebagai S_{12} . Jika \bar{x}_1 dan \bar{x}_2 mean sampel kedua karakteristik kualitas yang dihitung dari himpunan bagian berukuran n , maka statistiknya adalah

$$T^2 = \frac{n}{S_1^2 S_2^2 - S_{12}^2} \left[S_2^2 (\bar{x}_1 - \bar{\bar{x}}_1)^2 + S_1^2 (\bar{x}_2 - \bar{\bar{x}}_2)^2 - 2S_{12} (\bar{x}_1 - \bar{\bar{x}}_1)(\bar{x}_2 - \bar{\bar{x}}_2) \right] \quad (2.3)$$

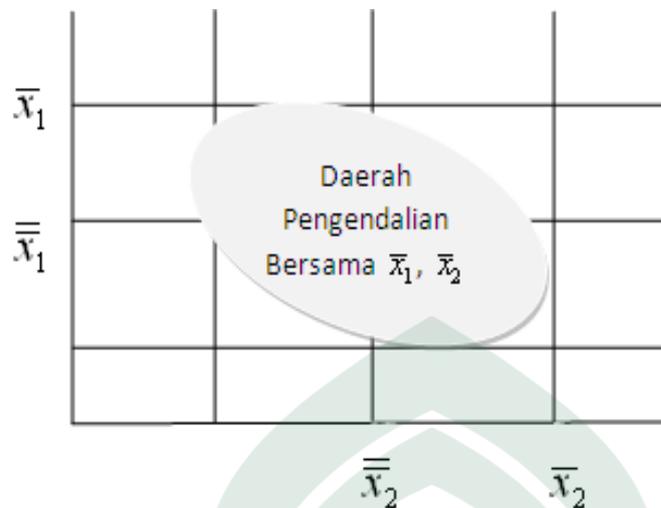
yang mengikuti distribusi Hotelling dengan derajat bebas 2 dan $(n-1)$. Jika $T^2 > T_{\alpha;2;n-1}^2$, maka paling sedikit satu dari karakteristik kualitas itu tidak terkendali; dimana $T_{\alpha;2;n-1}^2$ merupakan titik presentasi α atas distribusi Hotelling T^2 dengan derajat bebas 2 dan $(n-1)$.

¹¹ Dorothea Wahyu Ariani. *Pengendalian kualitas statistik*. h. 10.



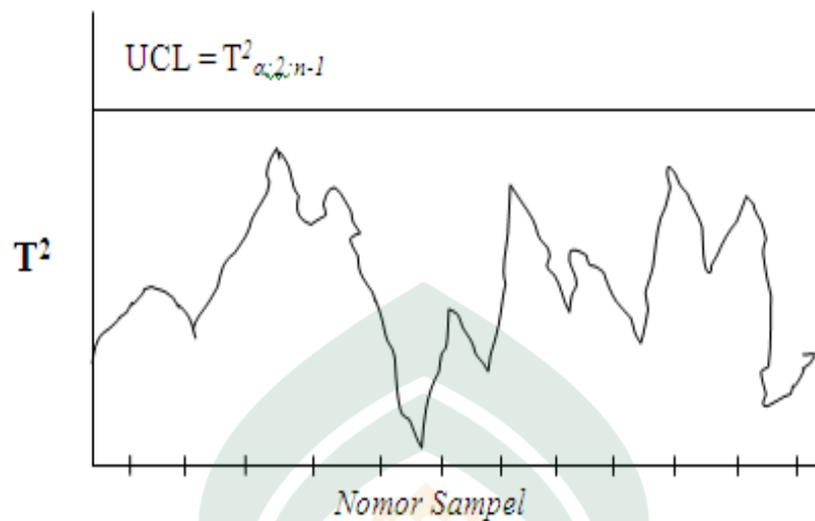
Gambar 2.4. Ellips Pengendali dua variabel independent.

Prosedur pengendalian dapat dilakukan dengan grafik. Pandang keadaan \bar{x}_1 dan \bar{x}_2 *Independent*, yakni $S_{12} = 0$. Jika $S_{12} = 0$, Persamaan (2.3) mendefinisikan ellips berpusat $(\bar{\bar{x}}_1, \bar{\bar{x}}_2)$ dengan sumbu utama sejajar dengan sumbu \bar{x}_1, \bar{x}_2 seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.4. Dengan mengambil Persamaan (2.3) sama dengan $T^2_{\alpha; 2; n-1}$ berarti bahwa sepasang mean sampel yang diamati (\bar{x}_1, \bar{x}_2) jauh di dalam ellips menunjukkan keadaan terkendali statistik sedangkan mean sampel yang diamati jatuh di luar ellips menunjukkan proses tak terkendali. Gambar 2.4 sering kali dinamakan *ellips* pengendali. Bandingkan daerah pengendali bersama bagi \bar{x}_1 dan \bar{x}_2 dalam ellips pengendali dengan daerah pengendali bersama bagi \bar{x}_1 dan \bar{x}_2 apabila digunakan dua grafik \bar{x} yang *independent*. Jika dua karakteristik kualitas *dependent* maka $S_{12} \neq 0$ dan ellips pengendali akan di tunjukan oleh gambar di bawah ini.



Gambar 2.5. Ellips Pengendali dua variabel dependent bentuk *elips*

Ada dua kekurangan yang berkaitan dengan *elips* pengendali yaitu yang pertama, urutan waktu titik-titik yang digambarkan hilang. Akibatnya, uji giliran dan prosedur yang berkaitan lainnya tidak dapat diterapkan dengan mudah. Kekurangan yang kedua adalah sulit untuk membuat *elips* dengan lebih dari dua karakteristik kualitas. Untuk menghindari kesulitan ini, sudah menjadi kebiasaan untuk menggambarkan nilai-nilai T^2 yang dihitung dari Persamaan (2.3) bagi tiap sampel pada grafik pengendali hanya dengan batas pengendali atas $T^2_{\alpha;2;n-1}$ akan ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.6. Grafik Pengendali Hotteling T^2 untuk $p = 2$ karateristik kualitas.

Grafik pengendali ini biasanya dinamakan grafik pengendali Hotelling T^2 . Perhatikan bahwa urutan waktu data itu terpelihara dengan grafik pengendali ini, sehingga giliran atau pola tidak random lainnya dapat diselidiki. Lagi pula, grafik ini mempunyai keunggulan tambahan bahwa karateristik dengan satu bilangan (nilai statistik T^2). Ini terutama berguna apabila dua atau lebih karateristik yang dipelajari. Untuk memperluas hasil ini bagi keadaan p karateristik kualitas yang berhubungan dikendalikan bersama-sama. Dianggap bahwa distribusi probabilitas bersama p karateristik kualitas itu adalah distribusi normal p -variat¹². Prosedur itu memerlukan perhitungan mean sampel bagi masing-masing p karateristik kualitas dari sampel berukuran n . Himpunan karateristik kualitas ini disajikan dengan vektor px .

¹²Montgomery, D. C. *Pengantar pengendalian kualitas statistik* . h. 297-298.

$$\bar{\mathbf{X}} = \begin{bmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \\ \vdots \\ \bar{x}_p \end{bmatrix}$$

Statistik pengujian yang digambarkan pada grafik pengadali bagi masing-masing sampel adalah

$$T^2 = n(\bar{x} - \bar{\bar{x}})' S^{-1} (\bar{x} - \bar{\bar{x}}) \quad (2.4)$$

dengan $\bar{\bar{x}} = [\bar{\bar{x}}_1, \bar{\bar{x}}_2, \dots, \bar{\bar{x}}_p]$ adalah vektor nilai nominal bagi tiap karakteristik kualitas, $(\bar{x} - \bar{\bar{x}})'$ merupakan transpose matriks $(\bar{x} - \bar{\bar{x}})$, S adalah matriks kovariansi p karakteristik kualitas x_1, x_2, \dots, x_p , dan S^{-1} merupakan invers matriks dari matriks kovariansi.

Mean dan variansi sampel dihitung dari tiap sampel sebagai berikut:

$$\bar{x}_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.5)$$

$$S_{jk}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{jk})^2 \begin{cases} j = 1, 2, \dots, p \\ k = 1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (2.6)$$

Dimana x_{jk} adalah Observasi ke- i pada karakteristik kualitas ke- j dalam sampel ke- k . Kovariansi antara karakteristik kualitas j dan karakteristik kualitas h dalam sampel ke- k adalah :

$$S_{jkh} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{jk})(x_{ihk} - \bar{x}_{hk}) ; \begin{cases} k = 1, 2, 3, \dots, m \\ j \neq h \end{cases} \quad (2.6)$$

Kemudian statistik \bar{x}_{jk} , S_{jk}^2 , dan S_{jkh} dirata-ratakan meliputi seluruh m sampel untuk memperoleh

$$\bar{\bar{x}}_j = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \bar{x}_{jk} \quad ; j = 1, 2, \dots, p \quad (2.7a)$$

$$S_j^2 = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m S_{jk}^2 \quad ; j = 1, 2, \dots, p \quad (2.7b)$$

$$S_{jh} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m S_{jkh} \quad ; j \neq h \quad (2.7c)$$

dimana $[\bar{\bar{x}}_j]$ adalah elemen vektor $\bar{\bar{x}}_j$, dan matriks kovariansi $p \times p$.

Sehingga, S berbentuk

$$S = \begin{bmatrix} S_1^2 & S_{12} & S_{13} & \cdots & S_{1p} \\ & S_2^2 & S_{23} & \cdots & S_{2p} \\ & & \ddots & & \vdots \\ & & & & S_p^2 \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

G. Uji Tukey

Uji Turkey (*Honestly Significant Difference* = HSD) sering juga disebut Uji beda nyata jujur (BNJ). Pengujian dengan uji tukey biasanya digunakan, jika analisis data dalam penelitian dilakukan dengan caramembandingkan data dua kelompok sampel yang jumlahnya sama, maka dilakukan pengujian hipotesis komparasi dengan uji tukey sebagai berikut:

$$H_0 = \mu_A = \mu_B$$

$$H_1 = \mu_A > \mu_B$$

μ_A =rerata data kelompok penelitian

μ_B =rerata data kelompok kontrol

Dengan syarat ukuran kelompok semuanya harus sama (atau direratakan secara rerata harmonik). Ada dua jenis pengujian, melalui Jumlah pada kelompok Y_A dan Rerata pada kelompok Y_B . Adapun Rumus yang digunakan :

$$Qh = \frac{|\bar{Y}_A - \bar{Y}_B|}{\sqrt{\frac{RJK(D)}{n}}} = \frac{|\bar{Y}_A - \bar{Y}_B|}{\sqrt{\frac{S^2}{n}}}$$

\bar{Y}_A = rerata nilai kelompok eksperimen

\bar{Y}_B = rerata nilai kelompok control

S^2 = Varians gabungan

n = banyaknya sampel

H. Karakteristik Semen

Semen adalah material pabrikan yang merupakan salah satu komponen utama untuk pekerjaan struktur beton dan pekerjaan pasangan dinding, plesteran, acian, pemasangan keramik dan sebagainya. Semen yang satu dapat dibedakan dengan semen lainnya berdasarkan susunan kimianya maupun kehalusan butimya. Perbandingan bahan-bahan utama penyusun semen portland adalah kapur (CaO) sekitar 60%-65%, silika (SiO₂) sekitar 20%-25%, dan oksida besi serta alumina (Fe₂O₃ dan Al₂O₃) sekitar 7%-12%. Sifat-sifat semen portland dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sifat fisika dan sifat kimia.¹³

¹³ Taslim, Citra Metasari. *Laporan Kerja Praktek. Teknik Kimia Universitas Diponegoro.*

Sifat-sifat fisika semen meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, kekekalan, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi, dan hilang pijar. Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing sifat.

1. **Kehalusan Butir**

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan (*setting time*) menjadi semakin lama jika butir semen lebih kasar. Kehalusan penggilingan butir semen dinamakan penampang spesifik, yaitu luas butir permukaan semen. Jika permukaan penampang semen lebih besar, semen akan memperbesar bidang kontak dengan air. Semakin halus butiran semen, proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang.

Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya bleeding atau naiknya air ke permukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut ASTM, butir semen yang lewat ayakan No.200 harus lebih dari 78%. Untuk mengukur kehalusan butir semen digunakan "*Turbidimeter*" dari Wagner atau "*Air Permeability*" dari Blaine.

2. **Kepadatan (density)**

Berat jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah 3.15 Mg/m³. Pada kenyataannya, berat jenis semen yang diproduksi berkisar antara 3.05 Mg/m³ sampai 3.25 Mg/m³. Variasi ini akan berpengaruh pada proporsi campuran semen dalam campuran.

Pengujian berat jenis dapat dilakukan menggunakan *Le Cliatelier Flask* menurut standar ASTM C-188.

3. **Konsistensi**

Konsistensi semen portland lebih banyak pengaruhnya pada saat pencampuran awal, yaitu pada saat terjadi pengikatan sampai pada saat beton mengeras. Konsistensi yang terjadi bergantung pada rasio antara semen dan air serta aspek-aspek bahan semen seperti kehalusan dan kecepatan hidrasi. Konsistensi mortar bergantung pada konsistensi semen dan agregate pencampuranya.

4. **Waktu Pengikatan**

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, dihitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat semen dibedakan menjadi dua yaitu waktu ikat awal (*initial setting time*) yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan dan waktu ikatan akhir (*final setting time*) yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Pada semen portland initial setting time berkisar 1.0 - 2.0 jam, tetapi tidak boleh kurang dari 1.0 jam, sedangkan final setting time tidak boleh lebih dari 8.0 jam.

Waktu ikatan awal sangat penting pada kontrol pekerjaan beton. Untuk kasus-kasus tertentu, diperlukan initial setting time lebih dari 2.0 jam agar waktu terjadinya ikatan awal lebih panjang. Waktu

yang panjang ini diperlukan untuk transportasi (*hauling*), penuangan (*dumping/pouring*), pemadatan (*vibrating*) dan penyelesaiannya (*finishing*). Proses ikatan ini disertai perubahan temperatur yang dimulai terjadi sejak ikatan awal dan mencapai puncaknya pada waktu berakhirnya ikatan akhir. Waktu ikatan akan memendek karena naiknya temperatur sebesar 30⁰C atau lebih. Waktu ikatan ini sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang dipakai dan oleh lingkungan sekitarnya. Pengikatan semu diukur dengan alat "Vicat" atau "Gillmore". Pengikatan semu untuk prosentase penetrasi akhir minimum pada semua jenis semen adalah 50%.

5. Panas Hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/gram. Jumlah panas yang dibentuk antara lain bergantung pada jenis semen yang dipakai dan kehalusan butir semen. Dalam pelaksanaan, perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan. Pada beberapa struktur beton, terutama pada struktur beton mutu tinggi, retakan ini tidak diinginkan. Oleh karena itu perlu dilakukan pendinginan melalui perawatan (*curing*) pada saat pelaksanaan.

Panas hidrasi naik sesuai dengan nilai temperatur pada saat hidrasi terjadi. Untuk semen biasa, panas hidrasi bervariasi mulai 37 kalori/gram pada temperatur sekitar 5⁰C hingga 80 kalori/gram pada

temperatur 40⁰C. Semua jenis semen umumnya telah membebaskan sekitar 50% panas totalnya pada satu hingga tiga hari pertama 70% pada hari ketujuh, serta 83-91% setelah 6 bulan. Laju perubahan panas ini bergantung pada komposisi semen.

6. **Perubahan Volume (Kekalan)**

Kekalan pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan pengembangan bahan-bahan campurannya dan kemampuan untuk mempertahankan volume setelah pengikatan terjadi. Ketidak kekekalan semen disebabkan oleh terlalu banyaknya jumlah kapur bebas yang pembakarannya tidak sempurna serta magnesia yang terdapat dalam campuran tersebut. Kapur bebas itu mengikat air dan kemudian menimbulkan gaya-gaya ekspansi. Alat uji untuk menentukan nilai kekalan semen portland adalah "*Autoclave Expansion of Portland Cement*" cara ASTM C-151, atau cara Inggris, BS, "*Expansion by Le Chatellier*".

7. **Kekuatan Tekan**

Kekuatan tekan semen diuji dengan cara membuat mortar dan beton yang kemudian ditekan sampai hancur. Dalam hal ini Beton didefinisikan sebagai campuran semen portland (semen hidrolik), agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan (SK SNI T-15-1991-03). Menurut Edward G. Nawy, beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya. Bahan pembentuk beton terdiri dari

semen, agregat (kasar dan halus), air, dan dengan atau tanpa bahan tambahan (*additive*) kimia yang dicampur menjadi satu kesatuan yang utuh dalam cetakan hingga terbentuk batu buatan (beton keras). Beton memiliki kekuatan tekan yang lebih besar dari pada kuat tarik dan lentur. Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton. Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibanding kuat tariknya, dan merupakan bahan getas. Nilai kuat tariknya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya, pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahannya terutama pada bagian yang bekerja menahan tarik. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$f'c = \frac{P_{maks}}{A_c}$$

Keterangan :

$f'c$ = kuat tekan beton, Mpa

P_{maks} = beban maksimum, N

A_c = luas penampang, mm^2

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan cara memberi gaya tekan aksial secara bertahap terhadap benda uji, sampai benda uji mengalami keruntuhan. Benda uji beton digunakan untuk berbagai macam keperluan, misalnya untuk mengetahui kuat tekan,

modulus elastisitas, kuat tarik belah. Ukuran dan bentuk benda uji dapat dibuat bermacam-macam, misalnya berupa silinder, kubus, atau prisma. Standar pengujian beton dalam PBI 1971, didasarkan pada sejumlah benda uji berbentuk kubus beton berukuran 15cmx15cmx15cm. Sedangkan pada standar SNI T-15-1991-03 digunakan silinder beton berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Saat ini sebagian besar Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) masih menggunakan benda uji kubus (K), untuk mendapatkan nilai kuat tekan dalam bentuk silinder (f'_c) maka digunakan nilai korelasi antara kedua macam benda uji sebagai faktor pengali untuk mengkonversikan nilai kuat tekan yang didapat. Nilai korelasi antara kedua benda uji didapat dari hasil pembagian kuat tekan benda uji standar terhadap kuat tekan benda uji yang akan dikonversikan. Kuat tekan beton dari berbagai macam bentuk benda uji akan mempengaruhi nilai yang diperolehnya tidak akan sama. Variasi tersebut disebabkan oleh banyak faktor seperti komposisi bahan dasar, metode perawatan, metode pencampuran, bentuk dan bidang kontak dengan mesin uji, rasio antara tinggi dan lebar (diameter), dan lain sebagainya.¹⁴

¹⁴Timeshenko, S. 1998, *Dasar-Dasar Perhitungan Kekuatan Beton*, (Jakarta: Restu agung).

I. Profil Perusahaan

1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

PT. Semen Tonasa dibangun berdasarkan keputusan MPRS No. II/MPRS/1960 tanggal 5 Desember 1960, ditetapkan untuk mendirikan Pabrik Semen di Sulawesi Selatan yang berlokasi di Desa Tonasa, Kecamatan Balocci, Kabupaten Pangkep, sekitar 54 km sebelah utara kota Makassar. Pabrik Semen Tonasa I merupakan proyek di bawah Departemen Perindustrian dan merupakan hasil kerja sama antara Pemerintah Indonesia dengan Pemerintah Cekoslawakia yang dimulai sejak tahun 1960 dan diresmikan pada 2 November 1968. Pabrik ini menggunakan proses basah dengan kapasitas terpasang 110.000 ton semen/tahun.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.54 tahun 1971 tanggal 8 September 1971, Pabrik Semen Tonasa ditetapkan sebagai Badan Usaha Milik Negara yang berbentuk perusahaan umum (Perum). Kemudian dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 1 tahun 1975 tanggal 9 Januari 1975 bentuk perum tersebut diubah menjadi Perusahaan Perseroan (Persero).

Dalam rangka memenuhi kebutuhan semen yang semakin meningkat, berdasarkan persetujuan Bappenas No.032/XC-LC/B.V/76 dan No.2854/D.1/IX/76 tanggal 2 September 1976 di bangun pabrik SemenTonasa Unit II. Pabrik yang merupakan hasil kerja sama Pemerintah Indonesia dengan Pemerintah Kanada ini beroperasi. Pada tahun 1980 dengan kapasitas 510.000 ton semen/tahun dan dioptimalisasi menjadi 590 ton semen/tahun pada tahun 1991. Pabrik Semen Tonasa Unit II terletak di desa Biringere, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkep, yang berjarak sekitar 23 km dari Pabrik Semen Tonasa Unit I.

Pada tahun 1982, berdasarkan persetujuan Bappenas No. 32 XC-LC/B.V/1981 dan No. 2177/WK/10/1981 tanggal 30 Oktober 1981 dilakukan lokasi yang sama dengan pabrik Unit II. Pabrik yang

berkapasitas 590.000 ton semen/tahun ini merupakan kerja sama antara pemerintah Indonesia dengan Jerman Barat, pabrik selesai pada akhir tahun 1984 dan diresmikan oleh Presiden Soeharto pada 3 April 1985.

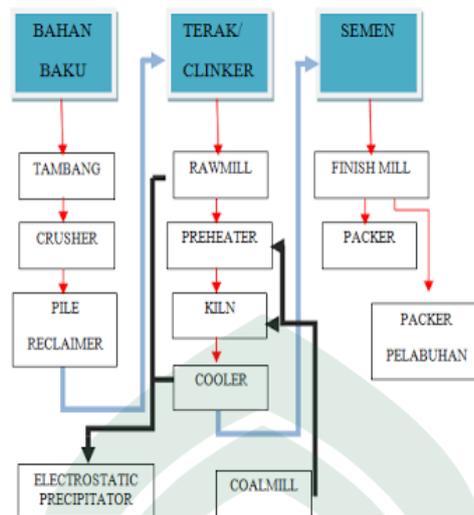
Berdasarkan Surat Menteri Muda Perindustrian No. 182/MPP-IX/1990 tanggal 2 Oktober 1990 dan Surat Menteri Keuangan RI No.S1549/MK.013/1990 tanggal 29 November 1990, dilakukan perluasan dengan pembangunan pabrik Semen Tonasa Unit IV yang berkapasitas 2.300.000 ton semen/tahun.Pabrik berlokasi dekat Tonasa Unit II dan Unit III.

Pada tanggal 1 Februari 2013, Tonasa V beroperasi secara komersil.Pabrik Tonasa V memiliki kapasitas terpasang 2.500.000 ton semen per tahun.Pabrik Tonasa V dan Pembangkit Listrik 2 x 35 MW diresmikan oleh Presiden RI Susilo Bambang Yudhoyono pada tanggal 19 Februari 2014.

Tabel 2.2 Kapasitas Pabrik

Tabel 2.1 kapasitas pabrik PT Semen Tonasa

Pabrik	Kapasitas/Th	Tahun Beroperasi
Semen Tonasa I	120.000 ton/tahun	1968
Semen Tonasa II	510.000 ton/tahun	1980
Semen Tonasa III	590.000 ton/tahun	1985
Semen Tonasa IV	2.300.000 ton/tahun	1996
Semen Tonasa V	2.600.000 ton/tahun	2016



Gambar 2.7 Diagram alir produksi PT. Semen Tonasa

2. Bahan Baku Semen

Pada prinsipnya bahan baku utama dalam proses pembuatan semen hanya ada dua yaitu batu kapur dan tanah liat. Sebab semua senyawa-senyawa utama dalam semen berasal dari kedua bahan tersebut. Bila digunakan bahan lainnya, maka bahan tersebut sifatnya hanya sebagai pengoreksi komposisi saja.

Bahan baku pembuatan semen harus memiliki senyawa-senyawa utama yaitu CaO , Oksida *Silica* (SiO_2), Oksida Alumina (Al_2O_3), dan Oksida Besi (Fe_2O_3). Keempat senyawa ini dari berbagai macam bahan baku yang nantinya dicampur untuk mendapatkan komposisi yang tepat. Pada prinsipnya bahan baku pembuatan semen terbagi atas dua yaitu:

a. Batu Kapur (*Lime Stone*)

Karbonat (CaCO_3) Senyawa karbonat dari magnesium dalam batu kapur umumnya berupa Dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Dalam proses pembuatan semen, CaCO_3 akan berubah menjadi Oksida Kalsium (CaO). Dan dolomite berubah bentuk menjadi Kristal Oksida Magnesium (MgO) bebas (*periclase*) yang dapat merendahkan mutu semen yang dihasilkan sebab jika jumlah MgO

bebas melebihi 5% maka bangunan yang menggunakan semen tersebut hasilnya akan pecah-pecah.

Sifat Fisika :

Fase	: Padat
Warna	: Putih
Kadar air	: 7 -10 % H ₂ O
Bulk Density	: 1,3 ton/m ³
Spesific grafiti	: 2,49
Ukuran Material	: 0-30 mm
Kandungan CaCO ₃	: 85-93 %
Kandungan CaO	
Low lime	: 40-44 %
High lime	: 51-53 %
Kuat Tekan	: 31,6 N/mm ²
Silika ratio	: 2,6
Aluminium ratio	: 2,57

Sifat Kimia :

Mengalami kalsinasi :



b. Tanah Liat (*clay*)

Tanah liat merupakan sumber utama silikat. Disamping itu juga merupakan sumber senyawa-senyawa penting lainnya, seperti senyawa besi, dan alumina. Dalam jumlah yang amat kecil kadang-kadang didapati senyawa-senyawa alkali (Na dan K), yang dapat mempengaruhi mutu semen. Senyawa-senyawa tersebut diatas dalam tanah liat umumnya terdapat dalam bentuk kelompok-kelompok mineral, seperti :

Kelompok koalimit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), terdiri dari koalimit, dickit, rakrit, dan halloysit. Selain mineral-mineral

tersebut, dalam tanah liat sering dijumpai juga SiO_2 bebas dalam bentuk kuarsa, kalsit (CaCO_3), firit (FeS_2) dan limonit (FeO.OH).

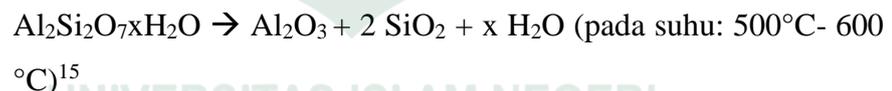
Sifat fisika:

Fase	: Padat
Warna	: Cokelat kekuningan
Kadar air	: 18-25 %
Kandungan oksida	
Al_2O_3	: 18-22 %
SiO_2	: 60-70 %
Fe_2O_3	: 5 -10 %
Bulk Density	: 1.3 ton/m ³
Specific gravity	: 2,36
Ukuran Material	: 0-30 mm
Silika rasio	: 2,3
Aluminium ratio	: 2,7

Sifat kimia:

Mengalami pelepasan Hidrat bila dipanaskan pada suhu 500°C.

Reaksi :



3. Produk

Produk yang dihasilkan PT. Semen Tonasa antara lain:

a. Semen Portland Tipe 1(OPC)

Semen Portland Tipe 1 adalah semen hidrolisis yang dibuat dengan menggiling terak dan gypsum. Semen Portland Tipe 1 produksi perseroan



¹⁵ Arsip data PT. Semen Tonasa

memenuhi persyaratan SNI 15-2049-2004 Jenis 1 dan ASTM C150-2004 Tipe 1.

Semen Jenis ini digunakan untuk bangunan umum dengan kekuatan tekanan yang tinggi (tidak memerlukan persyaratan khusus), seperti bangunan bertingkat tinggi, perumahan, jembatan dan jalan raya, landasan bandar udara, beton pratekan, bendungan/saluran irigasi, elemen bangunan seperti genteng, hollow, brick/batako, paving block, dan lain-lain. Dan adapun komposisi pada semen tipe ini adalah :

Tabel 2.2 Komposisi Semen Tipe 1

Senyawa	Nilai
<i>Tricalcium Silicate (C3S)</i>	51%
<i>Dicalcium Silicate(C2S)</i>	24%
<i>Tricalcium Aluminate(C3A)</i>	6%
<i>Tetracalcium Aluminate Ferrit(C4AF)</i>	11%
<i>Magnesium Oksida(MgO)</i>	2,9%
<i>Sulfur Trioksida(SO3)</i>	2,5%

b. Portland Composit Cement (PCC)

Semen Portland Composit adalah bahan pengikat hidrolisis hasil penggilingan bersama terak semen portland dan gypsum dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain.



Semen portland Komposit PT.Semen Tonasa memenuhi persyaratan SNI 15-7064-2004. Kegunaan jenis semen ini diperuntukkan untuk konstruksi beton umum, pasangan batu bata, plesteran, selokan, jalan, pagar dinding, pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pra tekan, panel beton, bata beton (paving block) dan sebagainya.

Tabel 2.3 Komposisi Semen Tipe PCC

Senyawa	Nilai
<i>Tricalcium Silicate (C3S)</i>	57%
<i>Dicalcium Silicate(C2S)</i>	19%
<i>Tricalcium Aluminate(C3A)</i>	10%
<i>Tetracalcium Aluminate Ferrit(C4AF)</i>	7%
<i>Magnesium Oksida(MgO)</i>	3,0%
<i>Sulfur Trioksida(SO₃)</i>	3,1%

c. **Portland Pozzolan Cement (PPC)**

Semen Portland Pozzolan adalah semen hidrolis yang terdiri dari campuran homogen antara semen Portland dan Pozzoland halus yang diproduksi dengan menggiling klinker semen Portland dan Pozoland bersama-sama atau mencampur secara rata bubuk semen Portland dan Pozzoland atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozzoland 15%-40% massa Semen Portland Pozzolan.



Semen Potland Pozzolan memiliki kegunaan: bangunan bertingkat (2-3 lantai), konstruksi beton umum, konstruksi beton massa seperti pondasi plat penuh dan bendungan, konstruksi bangunan di daerah pantai, tanah berair (rawa) dan bangunan di lingkungan garam sulfat yang agresif, serta konstruksi bangunan yang memerlukan kedekatan tinggi seperti bangunan sanitasi, bangunan perairan, dan penampungan air. Dan adapun komposisinya yaitu:

Tabel 2.4 Komposisi Semen Tipe PPC

Senyawa	Nilai
<i>Tricalcium Silicate (C3S)</i>	38%
<i>Dicalcium Silicate(C2S)</i>	43%
<i>Tricalcium Aluminate(C3A)</i>	4%
<i>Tetracalcium Aluminate Ferrit(C4AF)</i>	9%

<i>Magnesium Oksida(MgO)</i>	1,9%
<i>Sulfur Trioksida(SO3)</i>	1,8% ¹⁶



¹⁶Ardiansyah, Rony, 2011, *Beda Semen Portland Tipe I, PCC & SCC*. Diakses dari <http://ronymedia.wordpress.com/2011/04/07/apa-beda-semen-portland-tipe-i-pcc-scc/>, pada tanggal 11 Januari 2017

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Berdasarkan data dan hasil yang ingin dicapai, maka jenis penelitian ini yaitu aplikasi atau terapan.

B. Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat Penelitian dalam penulisan akhir ini adalah PT.Semen Tonasa yang berada di Kabupaten Pangkep dan penelitian ini dimulai pada bulan Februari 2017 sampai Maret 2018.

C. Jenis Dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Sumber data diperoleh dari PT.Seman Tonasa.

D. Variabel Dan Defenisi Operasional

Variabel yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas terdiri dari C3S (x_1), C2S (x_2), C3A(x_3), C4AF (x_4), Blaine (x_5). Variabel terikat terdiri dari kuat tekan 3 hari (y_1), 7 hari (y_2) dan 28 hari (y_3).

1. Variabel

x_1 = C3S (*Trikalsium Silikat*)

x_5 = Blaine

x_2 = C2S (*Dikalsium Silikat*)

y_1 = kuat tekan 3 hari

x_3 = C3A (*Trikalsium Aluminat*)

y_2 = kuat tekan 7 hari

x_4 = C4AF (*Tetrakalsium Aluminoforit*)

y_3 = kuat tekan 28 hari

2. Definisi Operasional Variabel

- C3S (x_1) dan C2S (x_2) adalah hasil kalsinasi antara batu kapur dengan pasir silika.
- C3A (x_3) adalah hasil kalsinasi antara batu kapur dengan tanah liat.
- C4AF(x_4) adalah hasil kalsinasi antara batu kapur, tanah liat dan bahan biji besi.
- Blaine(x_5) adalah tingkat kehalusan semen.
- Kuat tekan semen adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji semen hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan.

E. Prosedur Penelitian

Untuk mengetahui variabel-variabel yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan semen pada umur 3, 7, dan 28 hari berdasarkan data di PT.Semen Tonasa dilakukan dengan beberapa tahapan sebagaiberikut :

- Uji normalitas data.
- Menentukan rata-rata sampel, variansi dan kovariansi dari data kuat tekan semen.
- Menentukan nilai *T-Square* dengan persamaan (2.1).

$$T^2 = \frac{n}{S_1^2 S_2^2 - S_{12}^2} \left[S_2^2 (\bar{x}_1 - \bar{\bar{x}}_1)^2 + S_1^2 (\bar{x}_2 - \bar{\bar{x}}_2)^2 - 2S_{12} (\bar{x}_1 - \bar{\bar{x}}_1)(\bar{x}_2 - \bar{\bar{x}}_2) \right]$$

- Menampilkan peta kendali *T-Square*.
- Membandingkan kuat tekan semen dengan menggunakan Uji Tukey.

- f. Menampilkan Grafik spesifikasi PT. Semen Tonasa dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan dijelaskan berdasarkan tahapan-tahapan prosedur penelitian yang telah dijabarkan pada pembahasan sebelumnya dan diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Statistik deskriptif

1.1 Statistik deskriptif kandungan semen

Adapun Statistik deskriptif terhadap kandungan semen dari masing-masing variabel dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.1 Statistik Deskriptif Kandungan Semen

	Variabel				
	<i>C3S (x1)</i>	<i>C2S (x2)</i>	<i>C3A (x3)</i>	<i>C4AF (x4)</i>	<i>Blaine (x5)</i>
N	27	27	27	27	27
Mean	58,81	15,025	8,204	10,242	3,745
SE Mean	3,36	0,983	0,512	0,636	0,235
St Deviasi	18,38	5,383	2,805	3,485	1,286
Variansi	337,8	28,981	7,87	12,149	1,654
Minimum	55,150	12,870	8,47	10,88	3,839
Q1	57,58	14,5	8,62	11,035	3,917
Median	59,23	16,565	9,11	11,3	4,09
Q3	61,51	17,665	9,372	11,675	4,373
Makimum	64,87	20,48	9,82	11,88	4,529

Dari Tabel 4.1 diatas maka diperoleh hasil untuk kandungan kuat tekan semen menunjukkan bahwa jumlah keseluruhan data dari kandungan semen adalah 27, mean menunjukkan rata-rata dari tiap variabel dimana pada tabel menunjukkan mean terbesar ada pada variabel x_1 sebesar 53,81 Standar eror mean menggambarkan sebaran

rata-rata sampel terhadap rata-rata keseluruhan dimana yang terkecil ada pada variabel x_5 yaitu sebesar 0,23, sedangkan untuk standar deviasi yang terkecil adalah x_5 sebesar 1,286 dan yang terbesar ada pada variabel x_1 sebesar 18,83, sedangkan untuk nilai variansi yang terkecil adalah $x_1=337,8$, untuk nilai minimum yang memiliki nilai paling kecil adalah $x_5 = 3,839$ dan untuk nilai maksimum yang terbesar ada pada variabel x_1 sebesar 64,87.

1.1 Statistik deskriptif kuat tekan semen

Adapun Statistik deskriptif terhadap kandungan semen dari masing-masing variabel dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2 Statistik Deskriptif Kuat Tekan Semen

	Variabel		
	3 hari	7 hari	28 hari
N	27	27	27
Mean	151,12	214,1	297,4
SE Mean	9,59	13,6	18,9
St Deviasi	52,52	74,6	103,3
Variansi	146,77	249,74	496,46
Minimum	144,50	203,50	284,50
Q1	153,63	217,9	306,5
Median	166	235,5	329,3
Q3	173,73	248,5	346,4
Maksumum	189	278	373,5

Dari Tabel 4.2 maka diperoleh hasil untuk kuat tekan semen menunjukkan bahwa jumlah keseluruhan data dari kandungan semen adalah 27 data, mean menunjukkan rata-rata dari tiap variabel dimana

pada tabel menunjukkan mean terbesar ada pada variabel kuat tekan semen 28 hari sebesar 297,4 , Standar eror mean menggambarkan sebaran rata-rata sampel terhadap rata-rata keseluruhan dimana yang terkecil ada pada variabel kuat tekan semen umur 3 hari yaitu sebesar 9,59, sedangkan untuk standar deviasi yang terkecil adalah kuat tekan semen umur 3 hari sebesar 52,52 dan yang terbesar ada pada variabel kuat tekan semen umur 28 hari sebesar 103,3, sedangkan untuk nilai variansi yang terkecil adalah kuat tekan umur 3 hari sebesar 146,77, untuk nilai minimum yang memiliki nilai paling kecil ada variabel kuat tekan 3 hari sebesar 144,50 . Nilai kuartil 1 dan kuartil 3 yang terkecil adalah kuat tekan semen 3 hari sebesar 153,63 dan 173,63 sedangkan yang terbesar adalah kuat tekan semen 28 hari yaitu sebesar 306,5 dan 346,4. Sedangkan untuk nilai median pada kuat tekan semen 3 hari, 7 hari dan 28 hari adalah sebesar 166,00 , 235,5 dan 329,3.

2. Pengaruh kuat tekan semen terhadap kandungan semen

Adapun tabel hasil untuk pengaruh kuat tekan semen terhadap kandungan yang ada pada semen dapat dilihat sebagai berikut:

2.1 Kuat tekan 3 hari

Untuk pengaruh kuat tekan semen pada umur 3 hari terhadap kandungan semen dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini:

Tabel 4.4 Pengaruh kuat tekan 3 hari dengan kandungan semen

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.2293	6.8320	0.034	0.974
x1	2.4739	1.4555	1.700	0.102
x2	3.0364	2.4163	1.257	0.221

x3	-9.8105	6.3818	-1.573	0.137
x4	1.2926	6.6747	0.194	0.848
x5	10.5191	12.3872	0.849	0.404
<i>Adjusted R-Squared</i>		0.9492		

Dari Tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa Persaman regresi yang diperoleh dari hasil diatas menunjukkan bahwa hubungan linear antara variable kuat tekan dengan variabel-variabel yang mempengaruhi kuat tekan semen. Adapun persamaan regresinya dari kuat tekan 3 hari = $0,2293 + 2,4739 x_1 + 3,0364 x_2 + (-9,8105) x_3 + 1,2926 x_4 + 10,5191 x_5$. Dari persamaan tersebut menunjukkan adanya pengaruh positif variabel-variabel yang mempengaruhi kuat tekan semen terhadap kuat tekan 3 hari. Nilai penduga menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 satuan variabel-variabel yang mempengaruhi kuat tekan semen akan mempengaruhi kuat tekan semen pada umur 3 hari. Uji parsial digunakan untuk kesignifikan pengaruh masing-masing penduga parameter terhadap model regresi, dimana pengambilan kesimpulannya adalah H_0 ditolak jika $p\text{-value} < \alpha$. Sehingga berdasarkan hasil diperoleh nilai $p\text{-value}$ (*intercept*) = 0,974 < $\alpha = 0,05$, sehingga kuat tekan semen umur 3 hari t signifikan berpengaruh terhadap model regresi dengan tingat kepercayaan 95%. Dari model regresi dapat dilihat kalau sudah bagus sebab terlihat pada nilai *adjusted R-squared* sebesar 0,9492 atau dengan nilai sebesar 94,92% yang artinya 94,92% keragama dari kuat tekan umur 3 hari dapat dijelaskan oleh varibel x_1, x_2, x_3, x_4 , dan x_5 yang sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

2.2 Kuat tekan 7 hari

Untuk pengaruh kuat tekan semen pada umur 7 hari terhadap kandungan semen dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini:

Tabel 4.5 Pengaruh kuat tekan 7 hari dengan kandungan semen

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.07018	10.35188	0.007	0.995
x1	-0.18134	2.20538	-0,082	0.935
x2	0.84830	3.66122	0.232	0.819
x3	5.16054	9.66974	0.534	0.598
x4	15.72578	10.11357	1.555	0.133
x5	2.03470	18.76927	0.108	0.915
<i>Adjusted R-Squared</i>		0.9422		

Dari Tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa persamaan regresi yang diperoleh menunjukkan bahwa hubungan linear antara variabel kuat tekan dengan variabel-variabel yang mempengaruhi kuat tekan semen. Adapun persamaan regresinya dari kuat tekan 7 hari = $0,07018 + (-0,18134)x_1 + 0,84830x_2 + 5,16054x_3 + 15,72578x_4 + 2,03470x_5$. Dari persamaan tersebut menunjukkan adanya pengaruh positif variabel-variabel yang mempengaruhi kuat tekan semen terhadap kuat tekan 7 hari. Nilai penduga menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 satuan variabel-variabel yang mempengaruhi kuat tekan semen akan mempengaruhi kuat tekan semen pada umur 7 hari. Uji parsial digunakan untuk kesignifikan pengaruh masing-masing penduga parameter terhadap model regresi, dimana pengambilan kesimpulannya adalah H_0 ditolak jika $p\text{-value} < \alpha$. Berdasarkan hasil yang ada nilai $p\text{-value}$ (intercept) = $0,07018 < \alpha = 0,05$, sehingga kuat tekan semen

umur 7 hari signifikan berpengaruh terhadap model regresi dengan tingkat kepercayaan 95%. Dari model regresi dapat dilihat kalau sudah bagus sebab terlihat pada nilai *adjusted R-squared* sebesar 0,9422 atau dengan nilai sebesar 94,22% yang artinya 94,22% keragaman dari kuat tekan umur 7 hari dapat dijelaskan oleh variabel x_1, x_2, x_3, x_4 , dan x_5 yang sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

2.3 Kuat tekan 28 hari

Untuk pengaruh kuat tekan semen pada umur 28 hari terhadap kandungan semen dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4.6 Pengaruh kuat tekan 28 hari dengan kandungan semen

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.7815	11.7866	-0,066	0.9477
x1	0.4604	2.5110	0.183	0.8561
x2	-0.9516	4.1686	-0,228	0.8214
x3	3.5869	11.0099	0.326	0.7474
x4	7.9835	11.5153	0.693	0.4948
x5	47.1357	21.3706	2.206	0.0372
<i>Adjusted R-Squared</i>		0.9606		

Dari Tabel 4.6 dapat disimpulkan bahwa Persamaan regresi menunjukkan bahwa hubungan linear antara variabel kuat tekan dengan variabel-variabel yang mempengaruhi kuat tekan semen. Adapun persamaan regresinya dari kuat tekan 28 hari = $(-0,7815) + 0,4604x_1 + (-0,9516)x_2 + 3,5869x_3 + 7,9835x_4 + 47,1357x_5$. Dari persamaan tersebut menunjukkan adanya pengaruh positif variabel-variabel yang mempengaruhi kuat tekan semen terhadap kuat tekan 28

hari. Nilai penduga menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 satuan variabel-variabel yang mempengaruhi kuat tekan semen akan mempengaruhi kuat tekan semen pada umur 28 hari. Uji parsial digunakan untuk kesignifikan pengaruh masing-masing penduga parameter terhadap model regresi, dimana pengambilan kesimpulannya adalah H_0 ditolak jika $p\text{-value} < \alpha$. Berdasarkan hasil diperoleh nilai $p\text{-value}$ (intercept) = $-0,7815 < \alpha = 0,05$, sehingga kuat tekan semen umur 28 hari signifikan berpengaruh terhadap model regresi dengan tingkat kepercayaan 95%. Dari model regresi dapat dilihat kalau sudah bagus sebab terlihat pada nilai *adjusted R-squared* sebesar 0,9609 atau dengan nilai sebesar 96,09% yang artinya 96,09% keragaman dari kuat tekan umur 28 hari dapat dijelaskan oleh variabel x_1, x_2, x_3, x_4 , dan x_5 yang sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

3. Uji Normalitas

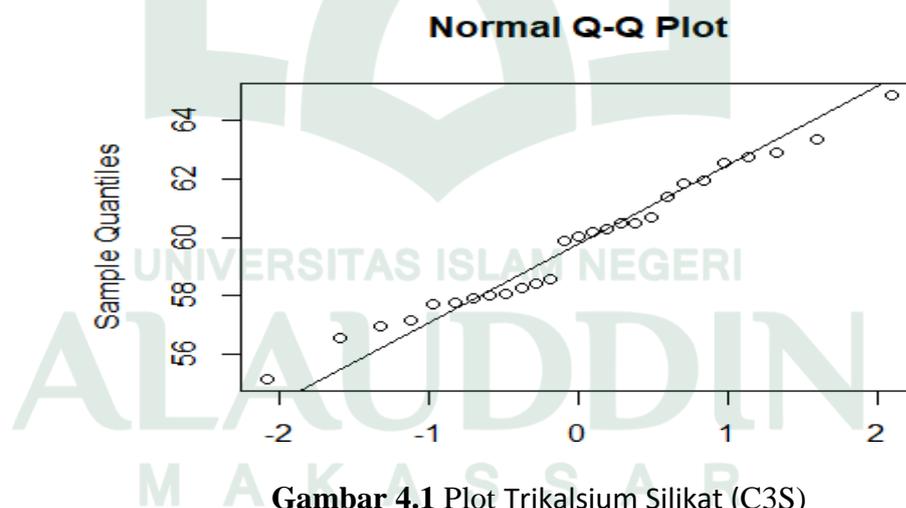
Dalam permasalahan ini dilakukan uji normalitas sebab diinginkan pengujian terhadap dugaan parameter yang dipengaruhi ataupun di peroleh yang kemudian bertujuan untuk menentukan data yang telah dikumpulkan apakah berdistribusi normal atau tidak, ada beberapa metode formal yang digunakan untuk uji normalitas diantaranya *Shapiro wilk test*, *Jarque Bera*, *Kolmogorov-Smirnov* dan lain-lain. Sedangkan untuk metode informal terkadang menggunakan plot. Dalam hal ini peneliti memilih uji *Shapiro wilk test* untuk uji normalitas adapun hasil untuk tiap variabel dapat dilihat pada Tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Uji Normalitas

Variabel	p-value
x1 (C3S)	0,74
x2 (C2S)	0,83
x3 (C3A)	0,28
x4 (C4AF)	0,13
x5 (Blaine)	0,10
3 hari	0,50
7 hari	0,88
28 hari	0,34

3.1 Trikalsium Silikat (C3S)

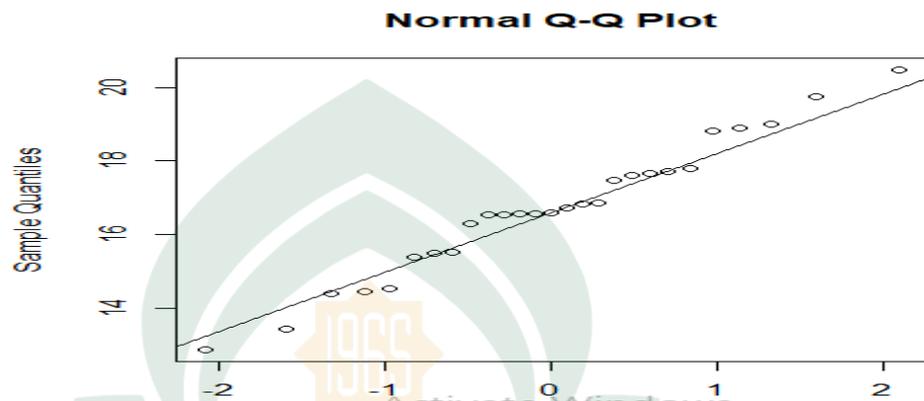
Adapun plot untuk Trikalsium Silikat (C3S) dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini:



Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa data berfluktuasi disekitar garis normal sehingga dapat dikatakan bahwa variabel memenuhi asumsi normal serta dapat diperkuat dengan uji *Shapiro Wilk* yang memiliki nilai $p\text{-value} = 0,74 > \alpha = 0,05$ maka terima H_0 .

3.2 Dikalsium Silikat (C2S)

Adapun plot untuk Dikalsium Silikat (C2S) dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini:

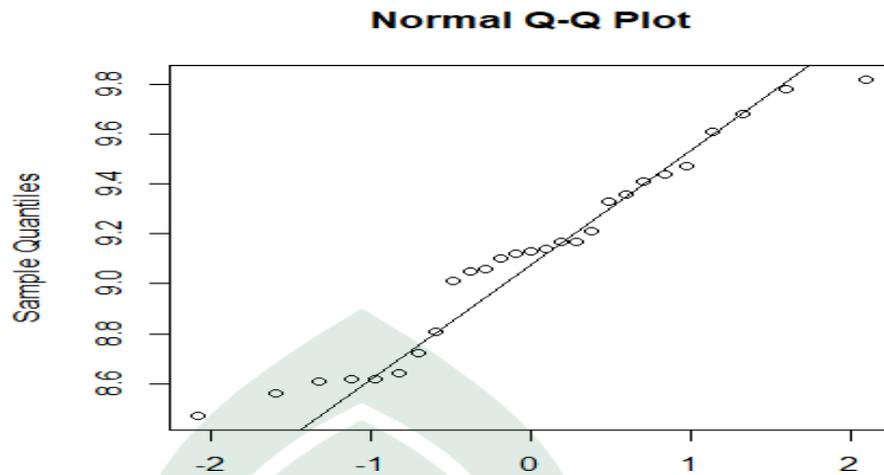


Gambar 4.2 Plot Dikalsium Silikat (C2S)

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.2 diatas dapat dilihat bahwa data berfluktuasi disekitar garis normal sehingga dapat dikatakan bahwa variabel memenuhi asumsi normal serta dapat diperkuat dengan uji *Shapiro Wilk* yang memiliki nilai $p\text{-value} = 0,83 > \alpha = 0,05$ maka terima H_0 .

3.3 Trikalsium Aluminat(C3A)

Adapun plot untuk Trikalsium Aluminat (C3A) dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini:

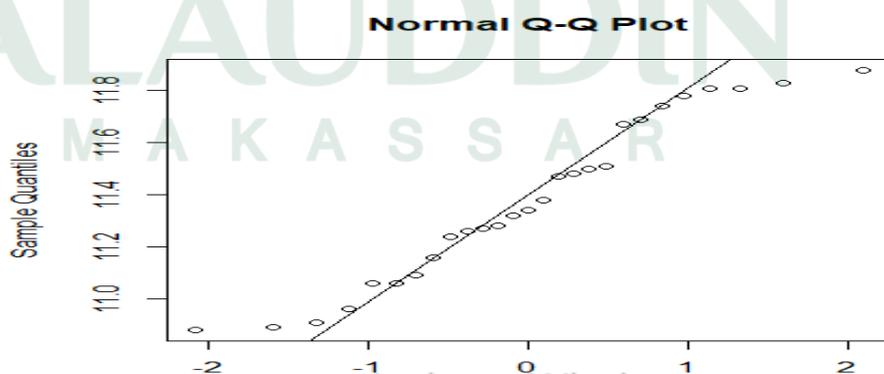


Gambar 4.3 Plot Tri-kalsium Aluminat (C3A)

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.3 di atas dapat dilihat bahwa data berfluktuasi disekitar garis normal sehingga dapat dikatakan bahwa variabel memenuhi asumsi normal serta dapat diperkuat dengan uji *Shapiro Wilk* yang memiliki nilai $p\text{-value} = 0,28 > \alpha = 0,05$ maka terima H_0 .

3.4 Tetrakalsium Aluminoforit (C4AF)

Adapun plot untuk **Tetrakalsium Aluminoforit (C4AF)** dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini:

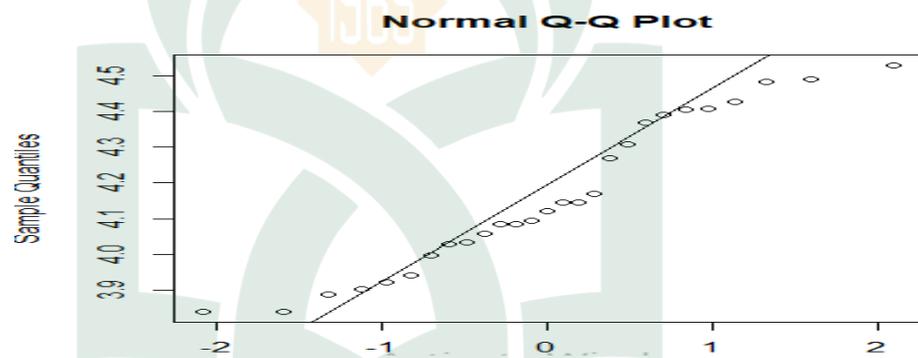


Gambar 4.4 Plot Tetrakalsium Aluminoforit (C4AF)

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.4 tersebut dapat dilihat bahwa data berfluktuasi disekitar garis normal sehingga dapat dikatakan bahwa variabel memenuhi asumsi normal serta dapat diperkuat dengan uji *Shapiro Wilk* yang memiliki nilai $p\text{-value} = 0,13 > \alpha = 0,05$ maka terima H_0 .

3.5 Blaine

Adapun plot untuk Blaine dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini:

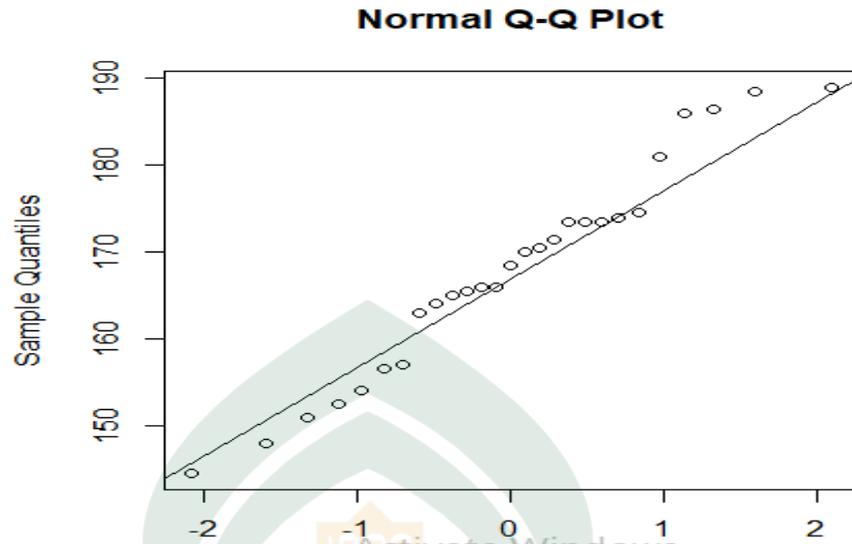


Gambar 4.5 Plot Blaine

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa data berfluktuasi disekitar garis normal sehingga dapat dikatakan bahwa variabel memenuhi asumsi normal serta dapat diperkuat dengan uji *Shapiro Wilk* yang memiliki nilai $p\text{-value} = 0,10 > \alpha = 0,05$ maka terima H_0 .

3.6 Kuat tekan 3 hari (y_1)

Adapun plot untuk Kuat tekan 3 hari dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini:

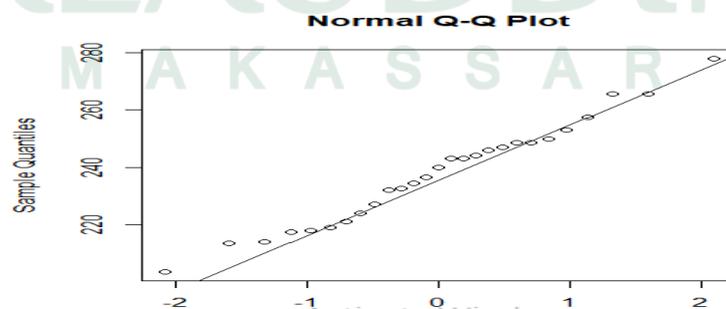


Gambar 4.6 Plot Kuat tekan 3 hari

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa data berfluktuasi disekitar garis normal sehingga dapat dikatakan bahwa variabel memenuhi asumsi normal serta dapat diperkuat dengan uji *Shapiro Wilk* yang memiliki nilai $p\text{-value} = 0,50 > \alpha = 0,05$ maka terima H_0 .

3.7 Kuat tekan 7 hari (y_2)

Adapun plot untuk Kuat tekan 3 hari dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut ini:

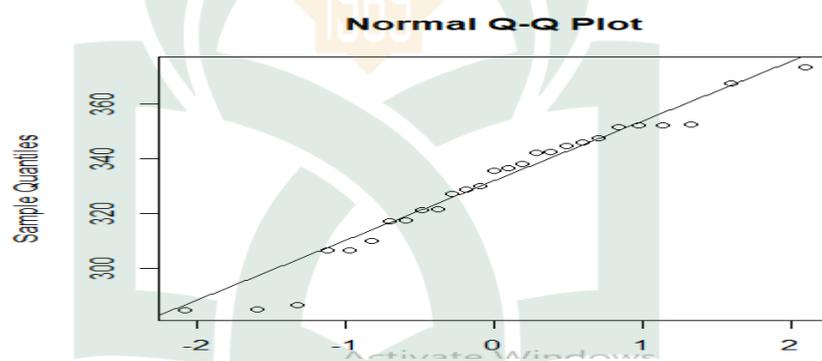


Gambar 4.7 Plot Kuat tekan 7 hari

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa data berfluktuasi disekitar garis normal sehingga dapat dikatakan bahwa variabel memenuhi asumsi normal serta dapat diperkuat dengan uji *Shapiro Wilk* yang memiliki nilai $p\text{-value} = 0,88 > \alpha = 0,05$ maka terima H_0 .

3.8 Kuat tekan 28 hari (y_3)

Adapun plot untuk Kuat tekan 3 hari dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut ini:



Gambar 4.8 Plot Kuat tekan 28 hari

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa data berfluktuasi disekitar garis normal sehingga dapat dikatakan bahwa variabel memenuhi asumsi normal serta dapat diperkuat dengan uji *Shapiro Wilk* yang memiliki nilai $p\text{-value} = 0,34 > \alpha = 0,05$ maka terima H_0 .

4. Membuat batas pengendalian kualitas kuat tekan semen di PT. Semen Tonasa.

a. Menentukan rata-rata sampel data produksi kuat tekan semen.

Sampel data produksi kuat tekan semen yang didapatkan oleh penulis, sebagaimana tercantum pada Lampiran 1 yang merupakan data sekunder yang telah diberikan oleh perusahaan, dengan nilai rata-rata setiap karakteristik kuat tekan semen dimana terdapat 27 sampel penelitian data produksi kuat tekan semen dimana tiap sampel memiliki 6 jenis data ($n = 6$), dimana dalam penelitian ini dilakukan tiga perbandingan.

b. Menentukan variansi dan kovariansi data produksi kuat tekan semen.

Menentukan nilai variansi dari data tersebut dapat digunakan Persamaan (2.5) yaitu :

$$S_{jk}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{jk})^2$$

Berdasarkan data yang terlampir maka untuk variansi (s_{1k}^2) sampel pertama pada rata-rata kuat tekan 3 hari $\bar{x}_{11} = 42,059$, menghasilkan :

$$= \frac{1}{6-1} [(152,500 - 42,059)^2 + \dots + (3,922 - 42,059)^2]$$

$$= \frac{16583.061}{5}$$

$$= \mathbf{3316,612}$$

Dengan rumus yang sama untuk mencari nilai variansi maka dilakukan sampai pada sampel yang ke-27 ($S_{1,27}^2$) $\bar{x}_{1,27} = 48.066$ yaitu :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{6-1} [(186,500 - 48,066)^2 + \dots + (4,269 - 48,066)^2] \\
 &= \frac{25297,218}{5} \\
 &= \mathbf{5059,443}
 \end{aligned}$$

Demikian halnya juga dilakukan pada kuat tekan semen umur 7 dan 28 hari dengan nilai yang terdapat pada lampiran. Kemudian, menentukan nilai kovariansi dengan menggunakan persamaan (2.6) yaitu :

$$S_{j h k} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{i j k} - \bar{x}_{j k})(x_{i h k} - \bar{x}_{h k});$$

Dalam hal ini membandingkan sampel pertama pada kuat tekan 3 dan 7 hari ($S_{12 k}$) dengan rata-rata $\bar{x}_{11} = 42,059$ dan $\bar{x}_{21} = 52,975$ yaitu:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{6-1} [(152,500 - 42,059)(218,000 - 52,975) + \dots \\
 &\quad + (3,922 - 42,059)(3,922 - 52,975)] \\
 &= \frac{23816,970}{5} \\
 &= \mathbf{4763,394}
 \end{aligned}$$

Dengan rumus yang sama untuk mencari nilai kovariansi maka dilakukan sampai pada sampel ke-27 dengan rata-rata tiap sampel sebesar $\bar{x}_{1\ 27} = 48.066$ dan $\bar{x}_{2\ 27} = 63,316$ yaitu:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{6-1} [(186,500 - 48.066)(278,000 - 63,316) + \dots \\
 &\quad + (4,269 - 48.066)(4,269 - 63,316)] \\
 &= \frac{37963,880}{5} \\
 &= 7592,777
 \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai kovariansi antara kuat tekan umur 3 hari dengan kuat tekan umur 28 hari dan kuat tekan umur 7 hari dengan kuat tekan umur 28 hari maka digunakan rumus yang sama, sehingga menghasilkan nilai-nilai tertentu yang dapat dilihat pada lampiran penelitian ini.

c. Menghitung nilai *T-Square*

Setelah menentukan nilai rata-rata, variansi, kovariansi dari ketiga karakteristik tersebut sebagaimana yang ada pada lampiran, maka selanjutnya menentukan nilai *T-Square* dengan menggunakan persamaan (2.1) yaitu :

$$T^2 = \frac{n}{S_1^2 S_2^2 - S_{12}^2} \left[S_2^2 (\bar{x}_1 - \bar{\bar{x}}_1)^2 + S_1^2 (\bar{x}_2 - \bar{\bar{x}}_2)^2 - 2S_{12} (\bar{x}_1 - \bar{\bar{x}}_1)(\bar{x}_2 - \bar{\bar{x}}_2) \right]$$

Untuk sampel pertama pada rata-rata kuat tekan semen 3 hari $\bar{x}_1 = 42,059$ dengan sampel pertama pada rata-rata kuat tekan semen 7 hari $\bar{x}_1 = 52,975$ di dapatkan nilai *T-Square* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6}{3661,291 \cdot 7521,099 - 5203,220^2} [7521,099(42,058 - 40,356)^2 \\
 &\quad + 3661,291(52,975 - 50,851)^2 \\
 &\quad - 2(5203,220)(42,058 - 40,356)(52,975 - 50,851)] \\
 &= \frac{4108,979}{463433,700} \\
 &= \mathbf{0,009}
 \end{aligned}$$

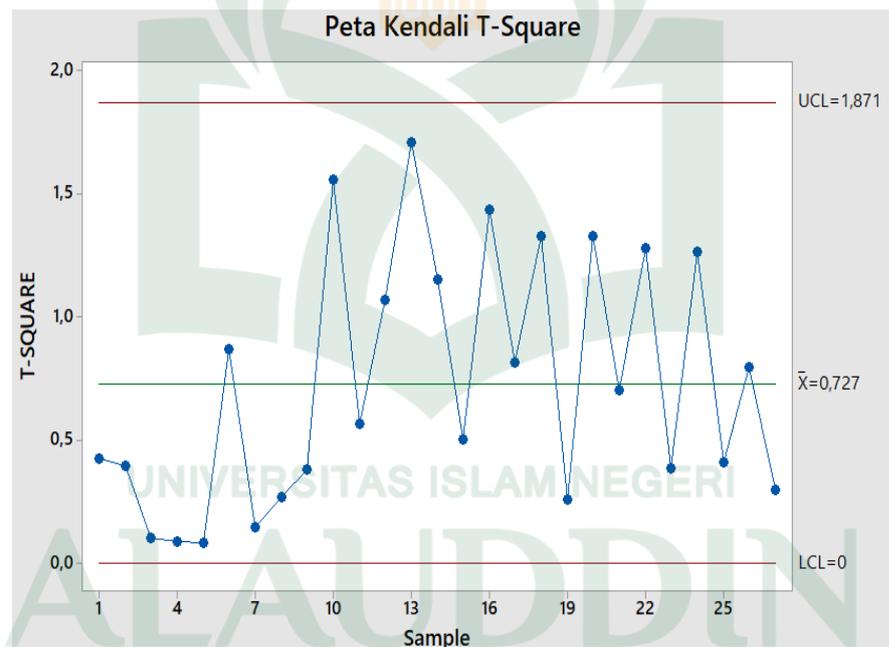
Dengan rumus yang sama, untuk mencari nilai *T-Square* dilakukan sampai pada sampel ke-27 pada rata-rata kuat tekan semen 3 hari $\bar{x}_{27} = 48,066$ dengan sampel ke-27 pada rata-rata kuat tekan semen 7 hari $\bar{x}_{27} = 63,316$ di dapatkan nilai *T-Square* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6}{3661,291 \cdot 7521,099 - 5203,220^2} [7521,099(48,066 - 40,356)^2 \\
 &\quad + 3661,291(63,316 - 50,851)^2 \\
 &\quad - 2(5203,220)(48,066 - 40,356)(63,316 - 50,851)] \\
 &= \frac{95092,250}{463433,700} \\
 &= \mathbf{0,205}
 \end{aligned}$$

Hal yang sama juga diperuntukkan untuk perbandingan antara kuat tekan semen umur 3 hari dengan kuat tekan semen umur 28 hari serta perbandingan antara kuat tekan umur 7 hari dengan kuat tekan semen umur 28 hari sehingga hasilnya dapat dilihat pada lampiran.

d. Peta kendali *T-Square*

Adapun bentuk dari peta kendali *T-Square* pada analisis kuat tekan semen pada umur 3 hari, 7 hari dan 28hari dapat di lihat pada Gambar 4.9 berikut ini:



Gambar 4.9 Peta kendali *T-Square*

Dari peta kendali menunjukkan pola siklis yang dimana kemungkinan dari penyebab terjadinya adalah peningkatan atau penurunan temperatur dengan penyalaan dan pemberhentian mesin, priodisitas kinerja mesin, kelelahan operator dan selanjutnya pemulihan tenaga mereka disaat dan setelah istirahat.

5. Uji Perbandingan Kuat Tekan Semen

Dalam uji perbandingan kuat tekan semen ini digunakan metode Uji Tukey, dengan menggunakan program R dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut:

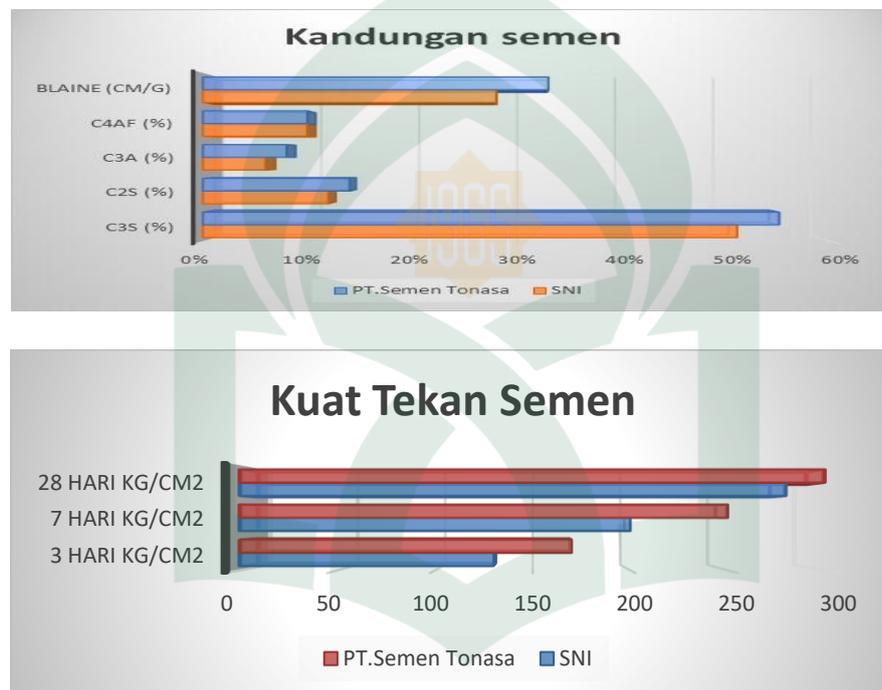
Tabel 4.7 Uji Tukey

Pair	contrast	P (tukey)	P (snk)	P (ducan)	P (t)
28 hari & 7 hari	83.3500	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001
28 hari & 3 hari	146.3166	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7 hari & 3 hari	62.9666	0.0081	0.0029	0.0029	0.0029
		values			
p.value Shapiro-Wilk test		0.0000			
p.value Bartlett test		0.0019			
coefficient of variation (%)		36.0200			
first value most discrepant		61.0000			
second value most discrepant		62.0000			
third value most discrepant		63.0000			

Berdasarkan tabel hasil diatas dapat menunjukkan nilai *p-value* sebesar 0,001 ini mengindikasikan bahwa terima H_0 , berarti cukup bukti untuk menyatakan bahwa mean dari kelompok sama. Dan untuk hasil perbandingan dari kuat tekan dapat dilihat dari output nilai tukey yang dimana menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata pada kuat tekan semen umur 28 hari dengan kuat tekan semen umur 7 hari yang memiliki nilai sebesar 0,0003, perbedaan perbedaan rata-rata pada kuat tekan semen umur 28 hari dengan kuat tekan semen umur 3 hari yang memiliki nilai sebesar 0,000 dan perbedaan perbedaan rata-rata pada kuat tekan semen umur 7 hari dengan kuat tekan semen umur 3 hari dengan nilai sebesar 0,0029 sehingga bisa disimpulkan bahwa umur kuat tekan semen baik 3, 7, dan 28 hari signifikan secara statistik.

6. Perbandingan spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan PT.Semen Tonasa

Adapun perbandingan mengenai spesifikasi pabrik dengan spesifikasi dari Standar Nasional Indonesia dapat di lihat pada Grafik 4.2 berikut ini :



Grafik 4.2 Perbandingan spesifikasi SNI dengan PT.Semen Tonasa

SNI merupakan jaminan bahwa produk tersebut berkualitas dan telah disesuaikan dengan karakteristik bangunan di Indonesia. Tentunya produk semen yang standarnya lebih dari SNI akan lebih memberikan jaminan produk, mutu dan usia bangunan yang akan lebih lama. Sehingga dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa spesifikasi PT.Semen tonasa dalam hal kandungan semen serta kuat tekan semen telah melebihi dari Standar Nasional Indonesia sehingga lebih bisa memberikan jaminan produk, mutu,

dan kualitas terhadap konsumen, serta untuk perusahaan sendiri dapat lebih meminimalisir biaya lebih, waktu dan lain-lain.

B. Pembahasan

Berdasarkan peta kendali *T-Square* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 terlihat bahwa tidak ada sampel yang titik kontrolnya melewati batas kontrol (UCL). Dengan batas pengendali sebesar 1,890 dan rata-rata sebesar 0,899, batas kendali bawah (LCL) sebesar 0 karena fungsi batas kendali tersebut merupakan fungsi kuadrat sehingga tidak ada nilai dibawah nol (negatif). Meskipun tidak ada titik kontrol yang melewati batas UCL akan tetapi dari pola peta kendali membentuk pola siklis yang dimana kemungkinan dari penyebab terjadinya adalah peningkatan atau penurunan temperatur dengan penyalaan dan pemberhentian mesin, priodisitas kinerja mesin, kelelahan operator dan selanjutnya pemulihan tenaga mereka disaat dan setelah istirahat.

Berdasarkan *Uji Tukey* yang di lakukan ada tiga perbandingan yang dilakukan yaitu :

1. Kuat tekan semen 3 hari dengan kuat tekan semen 7 hari
2. Kuat tekan semen 3 hari dengan kuat tekan semen 28 hari
3. Kuat tekan semen 7 hari dengan kuat tekan semen 28 hari

Dari uji perbandingan yang dilakukan dapat dilihat bahwa pengaruh kuat tekan semen 3 hari dibandingkan dengan kuat tekan semen 7 hari memiliki tingkat nilai signifikan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan perbandingan antara

kuat tekan semen 7 hari dengan kuat tekan semen 28 hari serta perbandingan antara kuat tekan semen 3 hari dengan kuat semen 28 hari yaitu sebesar 0,0081. Kemudian dari variabel bahan baku semen yang memiliki pengaruh lebih besar terhadap kuat tekan semen terutama pada kuat tekan akhir yaitu pada kuat tekan 28 hari adalah tingkat kehalusan semen (*Blaine*) yang dimana dalam hal ini semakin tinggi nilai tingkat kehalusan maka semakin besar pengaruh terhadap kuat tekan semen. Oleh karena tidak ada titik yang berada di luar batas pengendali, maka proses produksi tersebut dinyatakan dalam keadaan terkendali secara statistis. *Variabilitas* atau pemencaran pada proses produksi semen dengan menggunakan pengendalian kualitas statistik menunjukkan terkendali dan berjalan secara wajar serta berlangsung terus menerus sehingga tidak perlu tindakan apapun karena bahan baku semen dan kekuatan tekan semen yang telah diteliti berada dalam standar yang telah ditentukan atau dalam keadaan terkontrol. Serta, dari Grafik 4.2 spesifikasi perbandingan Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan PT. Semen tonasa dalam hal kandungan semen serta kuat tekan semen telah melebihi dari Standar Nasional Indonesia sehingga lebih bisa memberikan jaminan produk, mutu, dan kualitas terhadap konsumen, serta untuk perusahaan sendiri dapat lebih meminimalisir biaya lebih, waktu dan lain-lain.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari 3 level yang diuji, diperoleh :
 - a. Hari 3 dan 7 hari tidak terdapat variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kuat tekan semen meskipun data yang ada menunjukkan bahwa proses produksi berada diatas Standar Nasional Indonesia (SNI).
 - b. Hari 28 hari dengan variabel *Blaine* (tingkat kehalusan) memiliki pengaruh paling besar terhadap kuat tekan semen yaitu sebesar 0,0372 dengan data yang tetap berada diatas Standar Nasional Indonesia (SNI).
2. Batas pengendali atas data kuat tekan semen tersebut sebesar 1,890 dengan rata-rata sebesar 0,899 sedangkan batas kendali bawah bernilai 0 (nol) karena fungsi batas kendali tersebut merupakan fungsi kuadrat yang memungkinkan tidak adanya nilai dibawah nol atau bernilai negatif. Sehingga kualitas produksi kuat tekan semen di PT. Semen Tonasa terkendali secara statistik, karena pada peta kendali yang tunjukan pada Gambar 4.9 tidak ada titik yang berada di luar batas pengendali atas maupun melewati nol (bernilai negatif). Oleh karena itu, pihak perusahaan

perlu tetap menjaga ataupun meningkatkan serta mengontrol produksi semen agar output yang dihasilkan menjadi lebih baik.

B. Saran

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan, ada beberapa hal penting yang disarankan kepada perusahaan yaitu sebagai berikut:

1. Penerapan pengendalian kualitas produksi semen di PT. Semen Tonasa harus dipertahankan ataupun lebih ditingkatkan lagi agar produksi yang dihasilkan dapat memenuhi Kualitas Standar Nasional Indonesia (SNI).
2. Untuk mencapai hasil penelitian yang lebih akurat, sebaiknya dilakukan eksperimen yang lebih spesifik lagi agar kiranya permasalahan pada karakteristik kualitas semen dapat lebih diketahui penyebabnya.
3. Untuk mencapai hasil yang maksimal, sebaiknya penerapan pengendalian kualitas harus diperhatikan segala faktor yang mempengaruhi kualitas produksi misalnya cetakan yang bermasalah ataukah kesalahan yang dilakukan oleh karyawan, dan lain sebagainya.
4. Diperlukan tim kerja yang melakukan pemeriksaan terhadap kualitas produk yang dihasilkan karena tingkat ketelitian merupakan faktor dominan dalam proses produksi untuk melakukan pengendalian kualitas produksi

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, Rony, 2011, *Beda Semen Portland Tipe I, PCC & SCC*.
Diakses dari <http://ronymedia.wordpress.com/2011/04/07/apa-beda-semen-portland-tipe-i-pcc-scc/>, pada tanggal 11 Januari 2017.
- Arsip data PT. Semen Tonasa.
- Departemen Agama RI, 2006.*Al-Qur'an dan Terjemahannya*.Bandung, Diponegoro.
- Douglas C. Montgomery, 2000.*Pengantar pengendalian kualitas statistik*. Yogyakarta, universitas gajahmada.
- ,1985. *Pengantar pengendalian kualitas statistik*. Yogyakarta, universitas gajah mada.
- Haryono, Didi, dan Irwan, 2015.*Pengendalian kualitas statistik (pendekatan teoritis dan aplikatif)*. Bandung, Alfabeta .
- M, Jayachandra,2001. *Statistical quality control*.Department of industrial and manufacturing engineering the pennsylvavnia state university.
- Musfarid, 2002.*Peran statistik dalam peningkatan kualitas produk*.Meteri pidato pengukuhan jabatan guru besar Universitas Diponegoro, Semarang.
- Praptono, 1986.*Buku materi pokok statistika pengawasan kualitas*.Jakarta, Universitas terbuka.
- Prawirasentono, Suyadi, 2004.*Manajemen Mutu Terpadu*. Jakarta, PT.Bumi Aksara.
- Rath & String's, 2005.*Six-sigma advanced tools pocket guide: cara menggunakan rancangan experiment, analisis varian, analisis regresi, dan 25 alat canggih lainnya*. Yogyakarta, Andy.
- Sauddin, Adnan, 2015.*Analisis statistika Multivariate lecture notes*.
- Shihab, M Quraish, 2002. *Tafsir Al-Mishbah ; Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Quran*. Jakarta, Lentera Hati.

Taslim, Citra Metasari, 2013.*Laporan Kerja Praktek Teknik Kimia*. Universitas Diponegoro.

Timeshenko, 1998.*Dasar-Dasar Perhitungan Kekuatan Beton*.Jakarta, Restu agung.



Lampiran 1. Data Penelitian

C3S	C2S	C3A	C4AF	Blaine	Kuat Tekan 3Hari	Kuat Tekan 7 Hari	Kuat Tekan 28 Hari
58.58	16.54	9.12	11.69	3.922	152.5	218	284.5
57.89	16.85	8.56	11.81	4.033	188.5	247	285
57.14	17.65	9.13	10.89	3.889	156.5	214	286.5
57.72	17.47	8.62	11.88	3.839	164	240	327
58.09	17.71	9.44	11.28	3.942	170	253	347.5
56.55	18.81	9.36	11.78	3.997	174.5	257.5	330
58.28	17.8	9.41	11.5	4.17	173.5	248.5	336.5
56.97	19.76	9.82	11.47	4.39	163	227	338
63.35	13.45	9.33	11.51	4.144	168.5	243	321.5
61.82	15.4	9.1	11.48	3.902	157	219	351.5
60.19	16.57	9.78	11.06	4.12	154	244	342
58.03	17.6	9.61	10.96	4.085	171.5	243	306.5
55.15	20.48	9.68	11.27	4.058	166	265.5	317.5
59.89	16.56	9.17	11.16	4.367	151	248.5	321
60.48	16.59	8.64	11.26	4.426	189	250	335.5
58.42	18.99	8.47	10.88	4.406	186	232	346
61.94	15.51	9.05	11.34	4.084	165.5	213.5	310
64.87	12.87	8.61	10.91	4.028	165	203.5	306.5
60.66	16.3	9.01	11.09	4.404	173.5	236.5	328.5
61.41	15.5	9.17	11.38	4.529	181	221	352
62.54	14.39	8.72	11.06	3.84	174	246	317
57.78	18.89	8.81	11.81	4.489	148	217.5	344.5
62.9	14.52	9.06	11.24	4.483	173.5	234.5	352
60.47	16.55	9.47	11.32	4.308	170.5	232.5	367.5
60.05	16.83	9.21	11.67	4.094	144.5	224	342.5
60.27	16.72	9.14	11.74	4.145	166	265.5	352.5

62.74	14.44	8.62	11.83	4.269	186.5	278	373.5
-------	-------	------	-------	-------	-------	-----	-------

Lampiran 2. Hasil Rata-Rata dan Variansi dari variabel kuat tekan 3 hari dengan Varibel bebas

Kuat Tekan 3Hari	C3S	C2S	C3A	C4AF	Blaine	Rata-Rata	Variansi
152.5	58.58	16.54	9.12	11.69	3.922	42.05867	3265.326
188.5	57.89	16.85	8.56	11.81	4.033	47.9405	5103.529
156.5	57.14	17.65	9.13	10.89	3.889	42.53317	3446.53
164	57.72	17.47	8.62	11.88	3.839	43.9215	3802.357
170	58.09	17.71	9.44	11.28	3.942	45.077	4094.409
174.5	56.55	18.81	9.36	11.78	3.997	45.83283	4307.258
173.5	58.28	17.8	9.41	11.5	4.17	45.77667	4267.397
163	56.97	19.76	9.82	11.47	4.39	44.235	3712.489
168.5	63.35	13.45	9.33	11.51	4.144	45.04733	4066.164
157	61.82	15.4	9.1	11.48	3.902	43.117	3490.429
154	60.19	16.57	9.78	11.06	4.12	42.62	3331.685
171.5	58.03	17.6	9.61	10.96	4.085	45.2975	4171.617
166	55.15	20.48	9.68	11.27	4.058	44.43967	3860.166
151	59.89	16.56	9.17	11.16	4.367	42.0245	3198.418
189	60.48	16.59	8.64	11.26	4.426	48.39933	5137.25
186	58.42	18.99	8.47	10.88	4.406	47.861	4946.812
165.5	61.94	15.51	9.05	11.34	4.084	44.57067	3898.192
165	64.87	12.87	8.61	10.91	4.028	44.38133	3918.125
173.5	60.66	16.3	9.01	11.09	4.404	45.82733	4293.019
181	61.41	15.5	9.17	11.38	4.529	47.16483	4694.147
174	62.54	14.39	8.72	11.06	3.84	45.75833	4355.928
148	57.78	18.89	8.81	11.81	4.489	41.62983	3038.734
173.5	62.9	14.52	9.06	11.24	4.483	45.9505	4311.796
170.5	60.47	16.55	9.47	11.32	4.308	45.43633	4127.883
144.5	60.05	16.83	9.21	11.67	4.094	41.059	2910.112
166	60.27	16.72	9.14	11.74	4.145	44.66917	3901.358
186.5	62.74	14.44	8.62	11.83	4.269	48.0665	5019.316

Lampiran 3. Hasil Rata-Rata dan Variansi dari variabel kuat tekan 7 hari dengan Variabel bebas

Kuat Tekan 7 Hari	C3S	C2S	C3A	C4AF	Blaine	Rata-Rata	Variansi
218	58.58	16.54	9.12	11.69	3.922	52.97533	6925.217
247	57.89	16.85	8.56	11.81	4.033	57.6905	8980.805
214	57.14	17.65	9.13	10.89	3.889	52.1165	6658.56
240	57.72	17.47	8.62	11.88	3.839	56.58817	8450.73
253	58.09	17.71	9.44	11.28	3.942	58.91033	9421.284
257.5	56.55	18.81	9.36	11.78	3.997	59.66617	9748.003
248.5	58.28	17.8	9.41	11.5	4.17	58.27667	9065.363
227	56.97	19.76	9.82	11.47	4.39	54.90167	7465.429
243	63.35	13.45	9.33	11.51	4.144	57.464	8733.432
219	61.82	15.4	9.1	11.48	3.902	53.45033	7021.614
244	60.19	16.57	9.78	11.06	4.12	57.62	8749.592
243	58.03	17.6	9.61	10.96	4.085	57.21417	8662.927
265.5	55.15	20.48	9.68	11.27	4.058	61.023	10369.11
248.5	59.89	16.56	9.17	11.16	4.367	58.2745	9093.099
250	60.48	16.59	8.64	11.26	4.426	58.566	9214.845
232	58.42	18.99	8.47	10.88	4.406	55.52767	7861.423
213.5	61.94	15.51	9.05	11.34	4.084	52.57067	6660.9
203.5	64.87	12.87	8.61	10.91	4.028	50.798	6102.554
236.5	60.66	16.3	9.01	11.09	4.404	56.32733	8212.906
221	61.41	15.5	9.17	11.38	4.529	53.8315	7139.912
246	62.54	14.39	8.72	11.06	3.84	57.75833	8966.256
217.5	57.78	18.89	8.81	11.81	4.489	53.21317	6849.801
234.5	62.9	14.52	9.06	11.24	4.483	56.11717	8098.238
232.5	60.47	16.55	9.47	11.32	4.308	55.76967	7912.324
224	60.05	16.83	9.21	11.67	4.094	54.309	7321.244
265.5	60.27	16.72	9.14	11.74	4.145	61.2525	10425.92
278	62.74	14.44	8.62	11.83	4.269	63.3165	11521.48

Lampiran 4. Hasil Rata-Rata dan Variansi dari variabel kuat tekan 28 hari dengan Varibel bebas

Kuat Tekan 28Hari	C3S	C2S	C3A	C4AF	Blaine	Rata-Rata	Variansi
284.5	58.58	16.54	9.12	11.69	3.922	64.05867	12051.91
285	57.89	16.85	8.56	11.81	4.033	64.02383	12098.98
286.5	57.14	17.65	9.13	10.89	3.889	64.19983	12229.22
327	57.72	17.47	8.62	11.88	3.839	71.08817	16094.96
347.5	58.09	17.71	9.44	11.28	3.942	74.66033	18246.25
330	56.55	18.81	9.36	11.78	3.997	71.7495	16361.23
336.5	58.28	17.8	9.41	11.5	4.17	72.94333	17051.89
338	56.97	19.76	9.82	11.47	4.39	73.40167	17160.1
321.5	63.35	13.45	9.33	11.51	4.144	70.54733	15586.3
351.5	61.82	15.4	9.1	11.48	3.902	75.53367	18721.79
342	60.19	16.57	9.78	11.06	4.12	73.95333	17656.35
306.5	58.03	17.6	9.61	10.96	4.085	67.7975	14053.93
317.5	55.15	20.48	9.68	11.27	4.058	69.68967	15072.9
321	59.89	16.56	9.17	11.16	4.367	70.35783	15485.68
335.5	60.48	16.59	8.64	11.26	4.426	72.816	16980.26
346	58.42	18.99	8.47	10.88	4.406	74.52767	18074.56
310	61.94	15.51	9.05	11.34	4.084	68.654	14424.81
306.5	64.87	12.87	8.61	10.91	4.028	67.96467	14162.04
328.5	60.66	16.3	9.01	11.09	4.404	71.66067	16253.93
352	61.41	15.5	9.17	11.38	4.529	75.66483	18759.71
317	62.54	14.39	8.72	11.06	3.84	69.59167	15152.49
344.5	57.78	18.89	8.81	11.81	4.489	74.37983	17883.74
352	62.9	14.52	9.06	11.24	4.483	75.7005	18783.27
367.5	60.47	16.55	9.47	11.32	4.308	78.26967	20493.26
342.5	60.05	16.83	9.21	11.67	4.094	74.059	17704.97
352.5	60.27	16.72	9.14	11.74	4.145	75.7525	18795.24
373.5	62.74	14.44	8.62	11.83	4.269	79.23317	21242.44

Lampiran 5. Hasil Kovariansi Kuat Tekan Semen

Kovarian Kuat Tekan 3 hari dengan 7 hari	Kovarian Kuat Tekan 7 hari dengan 28 hari	Kovarian Kuat Tekan 3 hari dengan 28 hari
5662.87061	9120.045053	6232.263587
6199.395398	10419.55753	7834.13638
6463.961155	9005.870348	6449.418431
6212.013227	11642.09638	7752.23651
5262.57051	13089.57856	8560.440098
5968.945392	12616.59337	8329.635072
4968.798054	12413.29389	8459.943893
5394.7522	11286.01218	7899.15351
6006.189908	11646.34699	7907.152259
6300.016978	11408.68009	7986.697554
5383.702108	12402.6402	7577.8002
6879.350608	11022.40741	7608.961658
6237.877342	12495.67008	7564.244445
5115.978579	11851.36911	6963.846858
4926.748192	12488.36681	9283.622008
5942.730027	11884.99201	9387.446542
5802.564178	9766.836312	7449.914712
6255.576177	9248.214792	7411.492725
4566.214453	11528.08269	8291.907093
5921.967538	11519.72688	9309.045544
5720.868115	11639.28784	8076.607843
4623.15717	11022.687	7268.016686
6361.398148	12290.23469	8919.380788
7592.776716	12684.04325	9097.587115

Lampiran 6. *T-Square* Kuat Tekan Semen

<i>T-Square</i> Kuat Tekan 3 hari dengan 7 hari	<i>T-Square</i> Kuat Tekan 7 hari dengan 28 hari	<i>T-Square</i> Kuat Tekan 3 hari dengan 28 hari
0.008887	0.432771	0.186529
0.829809	2.435634	2.831837
0.166264	0.173076	0.268166
0.042117	0.116423	0.026427
0.12293	0.110312	0.04017
0.099621	0.97084	0.211688
0.051813	0.196792	0.118849
0.12597	0.301893	0.035325
0.036205	0.415369	0.170072
0.095643	1.652964	0.326416
0.606301	0.038592	0.255941
0.060628	1.129173	0.540411
0.931951	2.847703	0.136076
1.214547	0.773291	0.06377
0.760485	0.283943	0.787133
1.792538	0.356623	0.376586
0.89338	0.075478	0.246244
1.606665	0.349516	0.27562
0.299644	0.041407	0.218267
2.201207	1.474919	0.148138
0.075944	0.781102	0.425574
0.017096	1.295227	0.562969
0.392876	0.438045	0.051437

0.293319	1.441972	0.175672
0.287421	0.655736	0.695756
0.895523	0.487234	0.09817
0.205191	0.401118	0.103993



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
M A K A S S A R

RIWAYAT HIDUP



Nama penulis Muhammad Iqbal HM, lahir pada 31 Maret 1996 anak dari ibu Hj.Bungalia dan bapak H.Marhaba, anak ketiga dari tiga orang bersaudara, penulis memulai jenjang pendidikan pada tahun 2001 di MIS DDI BARU-BARU TANGA, Kecamatan Pangkajene, Kabupaten Pangkep dan selesai pada tahun 2007, kemudian penulis melanjutkan pendidikannya ke jenjang sekolah menengah pertama yaitu SMP NEGERI 1 PANGKAJENE, dan selesai pada tahun 2010. Kemudian melanjutkan pendidikannya ke sekolah menengah atas yaitu di SMA NEGERI 1 PANGKAJENE. Selesai pada tahun 2013. Dan melanjutkan pendidikannya ditingkat perguruan tinggi yaitu di Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar pada Jurusan Matematika di Fakultas Sains Dan Teknologi pada tahun 2013.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
M A K A S S A R