

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

# REKATS



# UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 119- 130	SURABAYA 2017	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	----------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

## TIM EJOURNAL

### **Ketua Penyunting:**

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

### **Penyunting:**

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

### **Mitra bestari:**

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

### **Penyunting Pelaksana:**

1. Gde Agus Yudha Prawira A, S.T., M.T.
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

### **Redaksi:**

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

**Website:** [tekniksipilunesa.org](http://tekniksipilunesa.org)

**Email:** [REKATS](mailto:REKATS)

## DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
• Vol. 03 Nomor 03/rekat/17 (2017)	
ANALISIS NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) TEST PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN STABILISASI KAPUR GAMPING GRESIK	
<i>Novi Dwi Pratama, Nur Andajani, .....</i>	01 – 08
ANALISIS HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN BEBAN GEMPA SNI 1726-2012 DAN PERHITUNGAN BETON SNI 2847-2013	
<i>Ferry Sandrian, Sutikno, .....</i>	09 – 16
MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG KANTOR BNL PATERN SURABAYA MENGGUNAKAN METODE BALOK PRATEKAN DENGAN BERDASARKAN SNI 2847:2013	
<i>Tono Siswanto, Mochamad Firmansyah S., .....</i>	17 – 26
ANALISA PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN SNI GEMPA 1726-2002 DAN SNI GEMPA 1726-2012	
<i>Erick Ryananda Yulistiya, Sutikno, .....</i>	27 – 32
ANALISIS PENINGKATAN RUAS JALAN MOJOSARI-PANDANARUM KM 42+435-51+732 KABUPATEN MOJOKERTO JAWA TIMUR	
<i>Andik Setiawan, Purwo Mahardi, .....</i>	33 – 38
PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KERANG DARAH DAN <i>SLUDGE</i> INDUSTRI KERTAS SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR DAN PENAMBAHAN <i>CONPLAST</i> WP 421 DAN <i>MONOMER</i> PADA PEMBUATAN BATAKO	
<i>Thobagus Rodhi Firdaus, Mas Suryanto, .....</i>	39 – 46
ANALISIS PEMAMPATAN WAKTU TERHADAP BIAYA PADA PEMBANGUNAN <i>MY TOWER HOTEL &amp; APARTMENT PROJECT</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE <i>TIME COST TRADE OFF</i> (TCTO)	
<i>Aulia Putri Andhita, Hasan Dani, .....</i>	47 – 55
ANALISIS MANFAAT-BIAYA PEMBANGUNAN JALAN AKSES DAN JEMBATAN MASTRIP-JAMBANGAN	
<i>Irwan Fachri Muannas, Purwo Mahardi, .....</i>	56 – 62

PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DENGAN MOLARITAS 8 M DAN 10 M	
<i>Laras Sukmawati Yuwono, Arie Wardhono, .....</i>	63 – 69
PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DENGAN MOLARITAS 12 M DAN 14 M	
<i>Rifky Farandy Pramudita, Arie Wardhono, .....</i>	70 – 76
PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER MEMANFAATKAN FLY ASH DENGAN MOLARITAS 8M DAN 10M	
<i>Danan Jaya Tri Yanuar, Arie Wardhono, .....</i>	77 – 83
ANALISA PERKIRAAN TOTAL WAKTU DAN BIAYA PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE COST SCHEDULE CONTROL SYSTEM CRITERIA (C/S-CSC) PADA PELAKSANAAN STRUKTUR PEMBANGUNAN FASUM (FASILITAS UMUM) DAN FASOS (FASILITAS SOSIAL) PT. INDUSTRI GULA GLENMORE KABUPATEN BANYUWANGI	
<i>Priestianti Diandra, Mas Suryanto HS., .....</i>	84 – 90
IDENTIFIKASI DAN ANALISA RISIKO KONSTRUKSI YANG MEMPENGARUHI MUTU DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS DAN FAULT TREE ANALYSIS PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND SINGKONO LAGOON SURABAYA	
<i>Trisna Anggi Prasetya, Mas Suryanto HS., .....</i>	91 – 98
PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER DENGAN MOLARITAS TINGGI	
<i>Rizky Ismantoro Putra, Arie Wardhono., .....</i>	99 – 104
PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU ( <i>BAGASSE ASH</i> ) PADA KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR STRUKTUR BALOK	
<i>Aris Widodo, Sutikno, .....</i>	105 – 111
EFISIENSI BIAYA PEMBESIAN BERDASARKAN BESTAT PADA PEKERJAAN PIER JEMBATAN TOL SUMO MAIN ROAD STA 12+266.746 DI PT WIJAYA KARYA (Persero) Tbk.	
<i>Widhitya Haryoko, Bambang Sabariman, .....</i>	112 – 118

“PENERAPAN STATISTICAL *PROCESS CONTROL* UNTUK PENGENDALIAN MUTU SEMEN DI PT. SEMEN INDONESIA”

*Dwi Sagti Nur Yunita, Hasan Dani, .....* 119 – 130



**UNESA**

Universitas Negeri Surabaya

## “PENERAPAN *STATISTICAL PROCESS CONTROL* UNTUK PENGENDALIAN MUTU SEMEN DI PT. SEMEN INDONESIA”

**Dwi Sagti Nur Yunita**

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: [dwi.sagti@gmail.com](mailto:dwi.sagti@gmail.com)

**Hasan Dani**

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email:

### Abstrak

Penggunaan metode *Statistical Process Control* untuk pengendalian mutu semen di PT. Semen Indonesia diharapkan untuk mengurangi tingkat kecacatan pada proses produksi semen di PT. Semen Indonesia, dengan menggunakan metode “*Statistical Process Control*” (SPC) dapat dilakukan pengelompokan dari jenis-jenis kerusakan dan faktor-faktor penyebab apa sajakah yang mempengaruhi kecacatan dari sebuah produk sehingga dapat di ketahui jenis kerusakan dan faktor yang paling berpengaruh terhadap kecacatan produk yang di alami PT. Semen Indonesia khususnya pada semen *prothland* tipe 1 (OPC).

Berdasarkan hasil analisis satu siklus didapatkan hasil dari identifikasi masalah dari diagram pareto dan didapatkan karakteristik mutu yang tidak memenuhi spesifikasi yaitu: Kuat Tekan 1 hari 44,12%, Kuat Tekan 28 hari 50,00%, *Setting Time* 5,88%, dari diagram pareto bahwa karakteristik yang tidak memenuhi spesifikasi paling banyak adalah kuat tekan 1 dan 28 hari sehingga kuat tekan menjadi sasaran pertama program pengendalian mutu semen type OPC, Siklus selanjutnya menggunakan histogram yaitu dengan rata-rata 97,25 Kg/cm<sup>2</sup> dan 376,208 Kg/cm<sup>2</sup> dan standart deviasi 17,41 Kg/cm<sup>2</sup> dan 26,42 Kg/cm<sup>2</sup>, Peta kendali didalam kuat tekan didapatkan hasil  $\bar{X}$  1 hari dan 28 hari mendapatkan hasil 96,82 Kg/cm<sup>2</sup> dan 375,56 Kg/cm<sup>2</sup> dan R= 35,17 Kg/cm<sup>2</sup> dan 57,67 Kg/cm<sup>2</sup>, dari pola tebar didapatkan hasil korelasi  $r=-1,5$  yang menunjukkan korelasi sangat kuat,  $\beta= 1,334$ ,  $a= -92,067$  dengan demikian akan diperoleh sebuah persamaan garis regresi *setting time* (sebab) dengan kuat tekan (akibat), sehingga didapatkan hasil *setting time* awal dari 100 menjadi 140 dan *setting time* akhir dari 330 menjadi 350 menit.

**Kata Kunci:** SPC, Mutu, Kuat Tekan, *Setting Time*.

### Abstract

*The use of Statistical Process Control method to control the quality of cement at PT. Cement Indonesia is expected to reduce the level of disability in the cement production process at PT. Cement Indonesia, using the "Statistical Process Control" (SPC) method can be grouped from the types of damage and what causes factors that affect the defects of a product so that it can know the type of damage and the factors that most affect the product defects that In natural PT. Indonesian cement, especially in prothland type 1 (OPC).*

*Based on the result of one cycle analysis, the result of problem identification from pareto diagram and got quality characteristic not fulfill the specification that is: Compressive strength 1 day 44,12%, Compressive strength 28 days 50,00%, Setting Time 5,88%, can be seen From the pareto diagram above that the characteristics that do not meet the most specification is the compressive strength  $\bar{X}$  of 1 and 28 days so that the compressive strength becomes the first target of cement type control program of OPC type. The next cycle uses the histogram with an average of 97.25 Kg / cm<sup>2</sup> and 376,208 Kg / Cm<sup>2</sup> and the standard deviation of 17,41 Kg / cm<sup>2</sup> and 26,42 Kg / cm<sup>2</sup>, Control Map in compressive strength obtained result 1 day and 28 day get result 96,82 Kg / cm<sup>2</sup> and 375,56 Kg / cm<sup>2</sup> and R = 35 , 17 Kg / cm<sup>2</sup> and 57,67 Kg / cm<sup>2</sup>, from stocking pattern got correlation result  $r = -1,5$  which indicate very strong correlation,  $\beta = 1,334$ ,  $a = -92,067$  hence will get a regression line equation setting time (cause) with compressive strength (effect), so get the result of setting the initial time from 100 to 140 and setting the final time from 330 to 350 minutes.*

**Keywords:** SPC, Quality, Setting time, Compressive strength.

## PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya pembangunan di Negara Indonesia menyebabkan meningkatnya permintaan terhadap penggunaan semen sebagai bahan perekat campuran. Semakin ketatnya persaingan di era globalisasi ini menyebabkan setiap perusahaan dituntut untuk berkompetisi dengan perusahaan lain dalam Industri yang sama, pemenuhan kebutuhan konsumen ini sering kali hanya berfokus pada segi kuantitas produk saja. Mengingat pangsa pasar yang semakin hari semakin berkembang dari waktu ke waktu perlu dilakukan pelayanan yang meliputi kualitas/mutu produk, kualitas menjadi sangat penting dalam memilih produk di samping faktor harga yang bersaing. Perbaikan dan peningkatan kualitas produk dengan tercapainya tingkat cacat produk mendekati *zero defect* membutuhkan biaya yang tidak sedikit.

Latar Belakang menggunakan metode "*Statistical Process Control*" (SPC) ini diharapkan akan mengurangi tingkat kecacatan pada proses produksi semen di PT. Semen Indonesia, dengan menggunakan metode "*Statistical Process Control*" (SPC) dapat dilakukan pengelompokan dari jenis-jenis kerusakan dan faktor-faktor penyebab apa sajakah yang mempengaruhi kecacatan dari sebuah produk sehingga dapat diketahui jenis kerusakan dan faktor yang paling berpengaruh terhadap kecacatan produk yang dialami PT. Semen Indonesia khususnya pada semen *prothland* tipe 1 (OPC). Sehingga pemilik dapat memilih langkah penanganan yang tepat untuk mengurangi tingkat kecacatan pada semen.

Masalah yang sering timbul pada mutu *semen* adalah pada bahan baku untuk pembuatan produk semen adalah produk yang '*bulky*' (produk yang volumenya besar dan berat) sehingga biaya distribusi sangat mempengaruhi harga jual. Kondisi sarana dan prasarana untuk angkutan darat dan laut dibanyak tempat di Indonesia belum memadai sehingga harga semen di beberapa daerah cukup tinggi karena dibebani biaya distribusi, sebagai contoh angkutan darat dan prasarana jalan terutama di luar Jawa belum memadai untuk distribusi semen sehingga biaya angkutan darat menjadi tinggi, yang mengakibatkan langkanya semen dengan harga terjangkau di daerah tersebut, angkutan laut terutama pelabuhan-pelabuhan yang belum memadai sehingga besarnya kapal yang biasa merapat terbatas pada kapal-kapal kecil dan kecepatan bongkar muat yang lambat menyebabkan tingginya biaya angkutan laut bagi produk semen. Semen dikategorikan sebagai komoditas yang bukan prioritas sehingga selalu ditunda bongkar muat kapalnya bila ada beras atau pupuk masuk kepelabuhan. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti

material semen, sumber daya manusia, peralatan, dan proses produksi semen. Dengan adanya ketidak sesuaian ini menyebabkan keterlambatan dalam proses pembuatan di pabrik karena semen tersebut harus diproduksi dan dipasarkan agar memenuhi kebutuhan yang diinginkan oleh *costumer*.

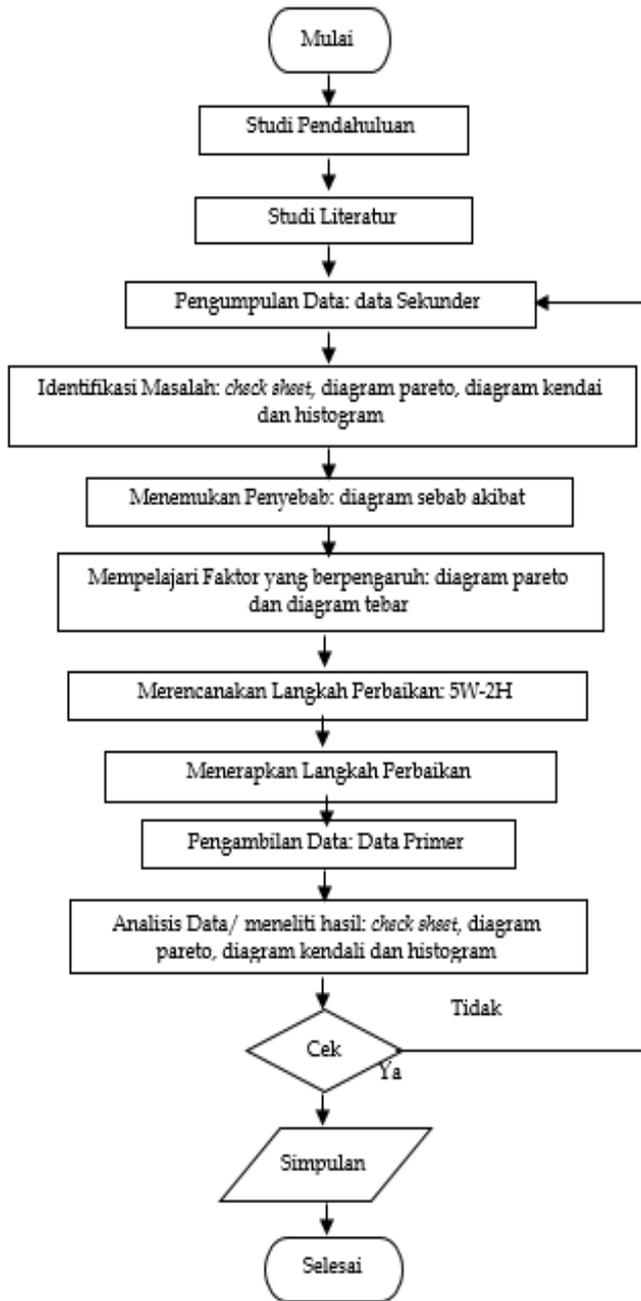
PT. Semen Indonesia merupakan salah satu produsen semen yang ada di Indonesia. PT. Semen Indonesia telah meraih sertifikat penjaminan mutu yaitu ims, SNI 19-9001-2001 dan ISO 9001:2008, sertifikat No. ID03/0267 dari SGS sejak Mei 1996.

Selain sertifikat penjaminan mutu, penerapan *Statistical Process Control* (SPC) sangatlah penting. *Statistical Process Control* (SPC) ini digunakan untuk memantau konsistensi proses yang digunakan untuk pembuatan produk yang dirancang dengan tujuan untuk mendapatkan proses yang terkontrol, (Dani dan Suryanto 2015). Tetapi PT. Semen Indonesia belum menerapkan *Statistical Process Control* (SPC) dalam proses produksi yang berlangsung. Apabila PT. Semen Indonesia menerapkan *Statistical Process Control* (SPC) maka dapat dipastikan produk yang dihasilkan dapat diandalkan. Selain itu, dapat meningkatkan citra perusahaan dan mendapatkan kepercayaan konsumen sehingga diharapkan perusahaan dapat lebih kompetitif dan mampu bersaing dengan supplier lainnya.

Hal-hal di atas yang menjadi dasar pemikiran dalam penentuan permasalahan yang akan diangkat sebagai judul penelitian "*Penerapan Statistical Process Control* untuk Pengendalian Mutu Semen di PT. Semen Indonesia". maka rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimana hasil penerapan *statistical process control* untuk pengendalian mutu semen *prothland* tipe 1 (OPC). Tujuan dalam penelitian ini adalah Untuk mengetahui hasil penerapan *statistical process control* untuk pengendalian mutu Semen *prothland* tipe 1 (OPC).

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah (1) Penerapan *statistical process control* disesuaikan dengan proses di PT. Semen Indonesia, (2) Penerapan *statistical process control* untuk pengendalian mutu semen dilakukan selama satu siklus, Manfaat dari penelitian ini adalah (1) Bagi peneliti Menambah wawasan dalam menganalisis dan memecahkan suatu masalah khususnya tentang pengendalian mutu. (2) Bagi Akademis Menambah referensi tentang pengetahuan di dalam bidang pelaksanaan manajemen proyek dan konstruksi khususnya bidang *quality control* bagi mahasiswa jurusan Teknik Sipil UNESA. (3) Bagi perusahaan (a) Sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan kebijakan perusahaan mengenai pengendalian mutu produk. (b) Menambah informasi mengenai metode-metode yang dapat dipakai untuk meningkatkan mutu produknya.

**METODE**



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Studi pendahuluan dilakukan di PT. Semen Indonesia dengan mencari informasi seputar pengendalian mutu pada *departement Berau Of Process Control* dan *departement* pengendali mutu dengan cara wawancara dan mengamati dokumen. Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengambil data sekunder. Data ini yang akan digunakan untuk menemukan penyebab dari masalah yang terjadi. Data sekunder tersebut meliputi data spesifikasi produk, hasil reaksi kimia, tanggal uji kuat tekan, nomor *docket*, uji *setting time* dan uji kuat tekan semen berusia 1,3,7,28 hari. Identifikasi masalah dilakukan dengan menggunakan *check sheet*, diagram pareto, diagram kendai dan histogram.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Spesifikasi Mutu Semen**

Penerapan *Statistical Process Control Method* untuk pengendalian mutu dapat dilakukan di berbagai bidang Industri yang menghasilkan produk. Berikut ini akan dibahas sebuah kasus pemecah masalah pengendali mutu dengan menggunakan alat-alat *Statistical Process Control Method* pada pengendalian mutu semen di PT. Semen Indonesia. Kasus ini akan membahas masalah pengendalian mutu Semen type OPC, PT. Semen Indonesia bergerak dalam industri yang menghasilkan berbagai macam semen. Bagian pengendalian mutu akan menggunakan *Statistical Process Control Method* untuk program pengendali mutu semen. Berikut ini spesifikasi mutu semen yang di terapkan di PT. Semen Indonesia menurut SNI dan standart pabrik.

Tabel 1. Spesifikasi Mutu semen yang di terapkan pada PT. Semen Indonesia:

No.	Karakteristik Mutu	Satuan	Spesifikasi mutu	Rata-Rata
1.	<b>Kuat Tekan</b>			Hasil Uji
	- Umur 1 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	≥ 80	96,94
	- Umur 3 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	≥ 180	236,94
	- Umur 7 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	≥ 260	306,33
	- Umur 28 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	≥ 360	375,55
2.	<b>Setting Time</b>			
	- Pengikat Awal	Menit	≥ 100	138,28
	- Pengikat Akhir	Menit	≤ 330	258,75

Sumber: PT. Semen Indonesia

Tabel 2. Spesifikasi Mutu semen sesuai SNI 15-0302-2004:

No.	Karakteristik Mutu	Satuan	Spesifikasi mutu	Rata-Rata
1.	<b>Kuat Tekan</b>			Hasil Uji
	- Umur 1 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	-	96,94
	- Umur 3 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	≥ 125	236,94
	- Umur 7 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	≥ 200	306,33
	- Umur 28 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	≥ 250	375,55
2.	<b>Setting Time</b>			
	- Pengikat Awal	Menit	≥ 110	138,28
	- Pengikat Akhir	Menit	≥ 210	258,75

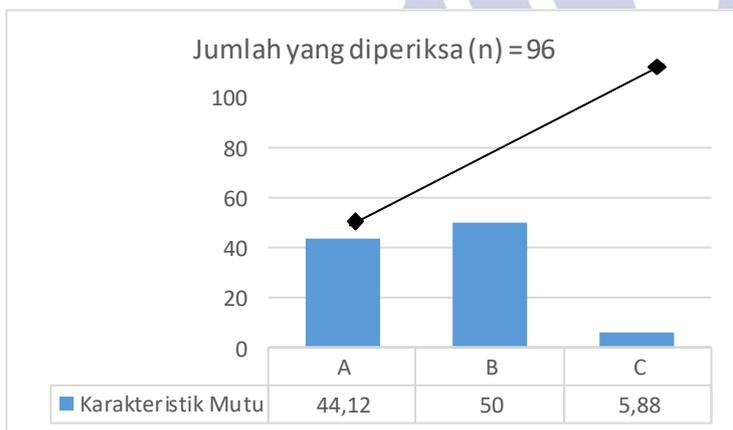
PT. Semen Indonesia mempunyai standart SOP (Standart Operasional Perusahaan) sendiri Agar kualitas dari produksi semen pada PT. Semen Indonesia dapat memenuhi standar pemesanan, merupakan permasalahan yang harus direncanakan oleh suatu perusahaan produksi semen. Pembuatan diagram pareto berdasarkan pada pengujian mutu semen yang dilakukan pada laboratorium

PT. Semen Indonesia. Untuk pengujian yang dilakukan pada pabrik tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Tabel Data Diagram Pareto Jumlah Test Karakteristik Mutu Semen PT. Semen Indonesia Tahun 2016.

No.	Karakteristik Mutu Tidak Memenuhi Spesifikasi	Kode	Jumlah	Jumlah Komulatif	Prosentase Jumlah (%)	Presentase Jumlah(%)
1.	Kuat Tekan 1 hari	A	15	15	44.12	44.12
2.	Kuat Tekan 28 hari	B	17	32	50.00	94.12
3.	Setting Time awal	C	2	34	5.88	100
<b>Total</b>			34		100.00	

Gambar diagram pareto hasil test karakteristik mutu semen PT. Semen Indonesia Tahun 2016 yang tidak memenuhi syarat dapat dilihat pada gambar berikut ini: dilihat pada gambar berikut ini:



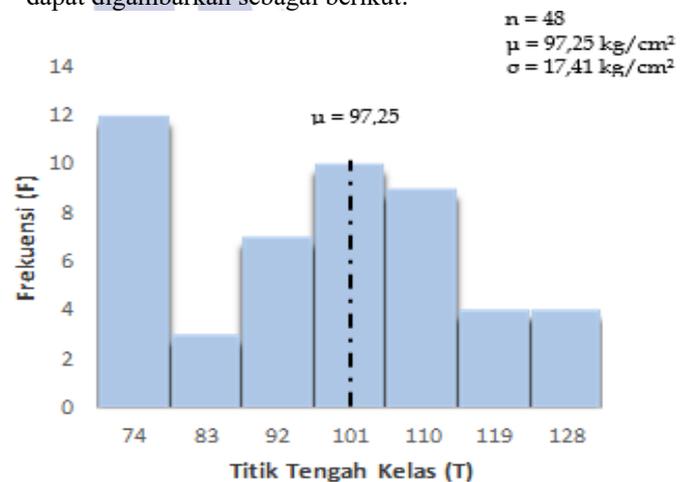
Gambar 2. Diagram Pareto Hasil Tes Karakteristik Mutu Semen PT. Semen Indonesia Tahun 2016

Dari gambar diagram Pareto di atas dapat dilihat bahwa hasil karakteristik mutu yang tidak memenuhi spesifikasi paling banyak adalah kuat tekan 1 dan 28 hari. Sehingga kuat tekan dan akan menjadi sasaran pertama untuk program pengendalian mutu semen tipe OPC.

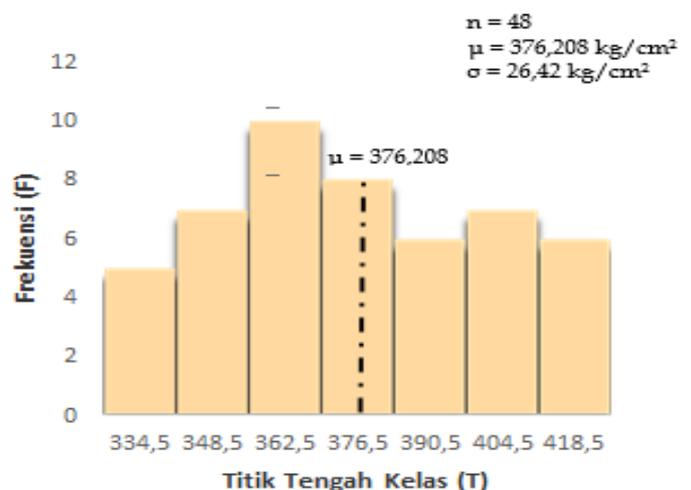
Data mutu semen yang telah dikumpulkan selanjutnya dipahami dengan menggunakan histogram dan peta kendali. Dari histogram dapat diketahui nilai rata-rata mutu semen yang dihasilkan, bagaimana distribusinya serta kedudukannya terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan. Sedangkan peta kendali akan memberikan informasi apakah proses berada dalam keadaan terkendali atau tidak, untuk memahami variasi yang terjadi disebabkan oleh sebab kebetulan (*chance cause*) atau oleh penyebab mampu terka (*assignable cause*).

### Histogram

Histogram akan lebih memudahkan pemahaman terhadap data seperti pada Gambar 3 dan 4, dapat dilihat bahwa antara hasil pengujian mutu semen yang dihasilkan ternyata memenuhi standar spesifikasi, dimana batang histogram berada di antara batas atas dan batas bawah spesifikasi (LSL dan USL). Dan pada Gambar 3 dan 4 untuk kuat tekan semen memiliki rata-rata 1 hari 97,25 kg/cm<sup>2</sup> dan 28 hari 376,208 kg/cm<sup>2</sup>. Devisiasi standar populasi 1 hari 17,41 kg/cm<sup>2</sup> dan 28 hari 26,42 kg/cm<sup>2</sup>, dimana devisiasi standar ini juga digunakan untuk menentukan bagaimana sebaran data dalam sampel, dan seberapa dekat titik data individu ke nilai rata-rata sampel. Namun hasil test kuat tekan ternyata ada yang Kurang melebihi dari karakteristik mutu beton yaitu 1 hari 70 kg/cm<sup>2</sup> dan 28 hari 328 kg/cm<sup>2</sup>, karena kuat tekan rata-rata yang direncanakan adalah ≥80-360 kg/cm<sup>2</sup>. Dengan data-data di atas, maka histogram dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3. Histogram Kuat Tekan 1 hari



Gambar 4. Histogram Kuat Tekan 28 hari

### Peta Kendali

Di dalam pengujian kuat tekan merupakan jenis data kontinu, sehingga jenis peta kendali yang dipilih

adalah  $\bar{x}$  - R. Selanjutnya pembuatan peta  $\bar{x}$  - R dapat dilakukan sebagai berikut:

Tabel 4. Pembagian Subgrup Peta Kendali  $\bar{x}$  - R Kuat Tekan 1 hari.

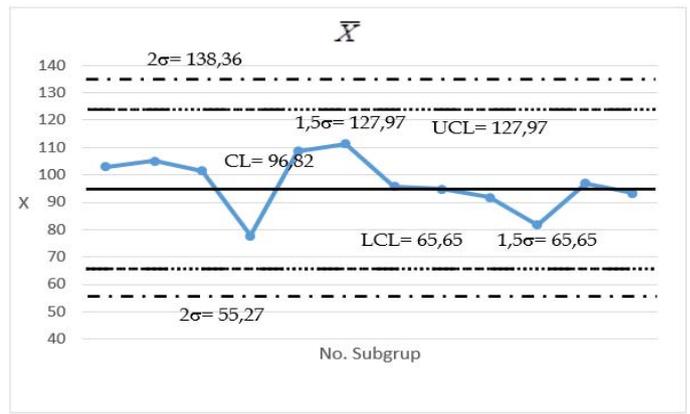
Kuat tekan 1 hari						
No.	X1	X2	X3	X4	$\bar{X}$	R
1	115	124	74	98	102,75	50
2	117	132	76	95	105	56
3	106	130	80	90	101,5	50
4	75	74	91	72	78	19
5	113	112	94	116	108,75	22
6	116	104	112	113	111,25	12
7	79	74	106	124	95,75	50
8	100	98	70	112	95	42
9	107	92	73	96	92	34
10	80	74	76	97	81,75	23
11	104	105	103	75	96,75	30
12	76	110	89	98	93,25	34
Total					1161,75	422
Rata-rata					$\bar{\bar{X}}$	96,82
					R	35,17

Sumber: PT. Semen Indonesia setelah diolah.

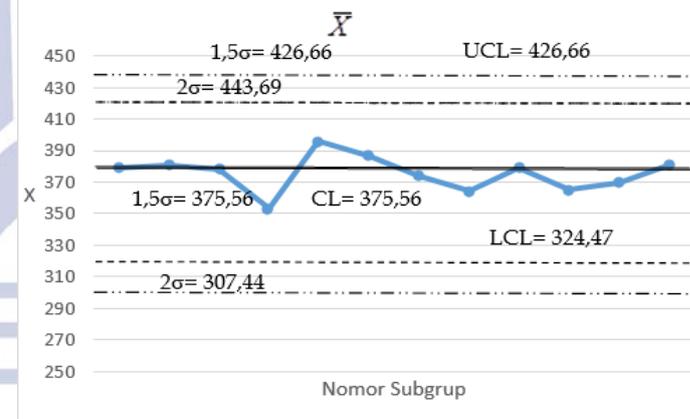
Tabel 5. Pembagian Subgrup Peta Kendali  $\bar{x}$  - R Kuat Tekan 28 hari.

Kuat tekan 28 hari						
No.	X1	X2	X3	X4	$\bar{X}$	R
1	369	412	342	392	378,75	70
2	409	414	328	372	380,75	86
3	402	420	333	359	378,5	87
4	345	355	355	357	353	12
5	425	404	383	372	396	53
6	414	374	402	358	387	56
7	361	366	405	363	373,75	44
8	349	387	340	381	364,25	47
9	388	401	354	373	379	47
10	373	340	357	391	365,25	51
11	387	329	405	358	369,75	76
12	350	369	413	391	380,75	63
Total					4506,75	692
Rata-rata					$\bar{\bar{X}}$	375,56
					R	57,67

Sumber: PT. Semen Indonesia setelah diolah



Gambar 5. Peta Kendali  $\bar{x}$  dan R mutu Semen melalui Kuat Tekan 1 hari



Gambar 6. Peta Kendali  $\bar{x}$  dan R mutu Semen melalui Kuat Tekan 28 hari

Dari interpretasi peta kendali ini dapat dilihat bahwa bila peta kendali dalam keadaan terkendali, maka variasi disebabkan oleh penyebab kebetulan (*chancecause*), sebaliknya apabila peta kendali berada dalam keadaan tidak terkendali maka variasi disebabkan oleh penyebab mampu terka (*assignable causes*) yang dapat dihilangkan dengan langkah atau cara perbaikan.

**Analisa Kemampuan Proses**

Analisa kemampuan proses dapat dilakukan dengan menggunakan histogram pada Gambar 3 dan 4, dan peta kendali pada Gambar 5 dan 6 secara bersama-sama. Dapat dilihat dari histogram bahwa terdapat beberapa mutu semen yang keluar kurang dari batas spesifikasi. Dari peta  $\bar{x}$  dan R dapat ditarik kesimpulan bahwa proses mutu semen berada dalam keadaan terkendali, namun hasil test kurang dari spesifikasi yang direncanakan. Sehingga diperlukan analisis lebih lanjut apakah mutu semen yang kurang dari spesifikasi dapat mendekati dari mutu semen yang direncanakan.

Untuk keperluan ini perlu dihitung kemungkinan banyaknya hasil pengujian kuat tekan yang dihasilkan mampu mendekati spesifikasi yang direncanakan indeks kemampuan proses. Indeks kemampuan proses dihitung untuk melihat apakah mutu semen yang Kemungkinan banyaknya hasil tes pengujian kuat tekan yang melebihi spesifikasi disebabkan oleh keadaan terkendali atautkah tidak, dengan menggunakan histogram dapat dihitung menggunakan persamaan Cp sesuai dengan kondisi proses yang ada dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

- a) Kuat Tekan 1 hari

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

$$Cp = \frac{97,25 - 80}{6.17,41} = 0,17$$

- b) Kuat Tekan 28 hari

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

$$Cp = \frac{376,208 - 360}{6.26,42} = 0,10$$

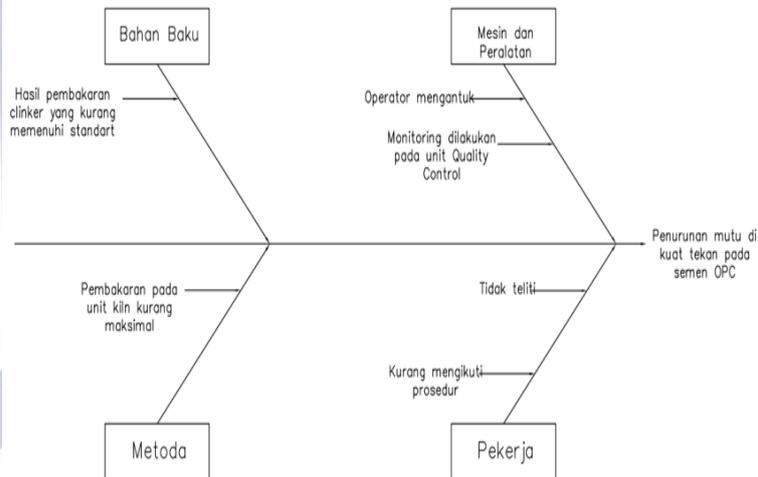
Perhitungan indeks kemampuan proses dalam kondisi seperti ini (proses tidak terkendali) tidak dapat dilakukan menggunakan peta kendali, karena akan mengakibatkan penafsiran ukuran kemampuan proses yang tidak dapat dipercaya.

Dapat dilihat bahwa ternyata proses memiliki kemampuan untuk memenuhi spesifikasi, namun indeks kemampuan sangatlah kecil jika  $Cp < 1$  artinya tidak memuaskan begitu juga dengan Cpk yang = Cp. Hal ini berarti bahwa mutu semen tidak memenuhi spesifikasi

bukan disebabkan oleh ketidak serasian antara kemampuan proses dengan batas spesifikasi, tetapi disebabkan karena variasi yang terjadi cukup besar 97,25 dan 376,208 kg/cm<sup>2</sup> sehingga indeks kemampuan proses menjadi kecil. Untuk itu perlu tindakan perbaikan untuk mengurangi variasi yang terjadi dengan jalan menghilangkan sebab mampu terka (*assignable cause*). Serta menunjukkan bahwa kontrol strategi penetapan mutu yang sudah ada, apakah menggunakan mutu yang lebih

**Sebab Akibat**

Dari hasil analisa kemampuan proses dapat diketahui bahwa tindakan untuk pemecahan masalah pengendalian mutu semen PT. Semen Indonesia, yaitu mengurangi variasi yang terjadi dengan jalan menemukan penyebab mampu terka dan memperbaikinya. Variasi mutu semen yang dihasilkan disebabkan oleh yang bervariasi pula. Untuk mengetahui penyebabnya maka diperlukan penyusunan hipotesa perbaikan dengan menggunakan diagram sebab akibat.



Gambar 7. Diagram sebab akibat yang diduga mempengaruhi mutu semen OPC

Dengan mengubah pembakaran pada mesin unit klin. Memberi tanda merah untuk setiap mesin yang dirubah prosedurnya. Langkah utama untuk mengubah cara kerja mesin agar kuat tekan semen lebih mendekati kepada standar yang telah ditentukan adalah dengan menaikkan nilai temperatur suhu untuk menjadikan clinker yang memenuhi standar. Karena clinker sisa pembakaran merupakan kunci utama untuk membuat semen. Untuk menentukan *clinker* yang tepat, maka dilakukan dengan cara coba-coba (*trial and error*).

**Diagram Tebar**

Dari bahan baku dan proses produksi dan pengujian *setting time* mutu semen merupakan data kontinu yang mengakibatkan hasil pengujian kuat tekan semen yang terlalu tinggi, maka pengujian hipotesa dilakukan dengan menggunakan diagram tebar. Data kuat tekan yang baru,

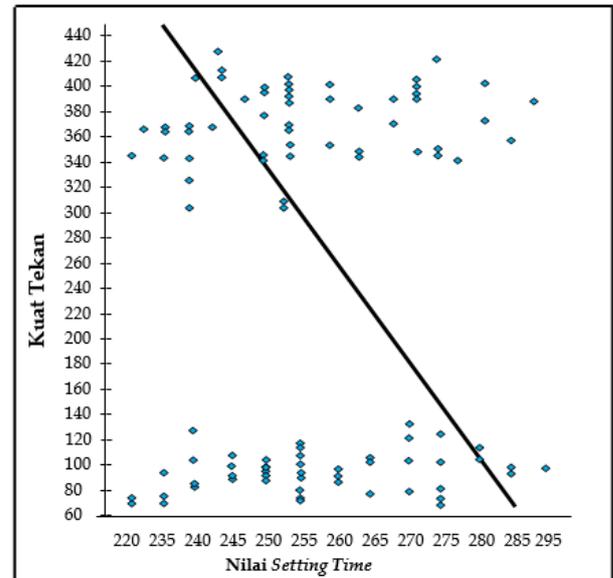
kemudian dikumpulkan kembali dengan memperhatikan hasil nilai *setting time* karena dari pengujian *setting time* kita dapat melihat campuran bahan yang terjadi pada proses campuran semen.

Data tersebut selanjutnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai *Setting Time* dan Kuat Tekan Semen

No. Subgroup	<i>Setting Time</i> Akhir	Kuat Tekan 1 hari	Kuat Tekan 28 hari
1	285	115	369
2	270	117	409
3	250	106	402
4	270	75	345
5	245	113	425
6	255	116	414
7	255	79	361
8	250	100	349
9	255	107	388
10	240	80	373
11	295	104	387
12	275	76	350
13	240	124	412
14	270	132	414
15	275	130	420
16	275	74	355
17	245	112	404
18	250	104	374
19	220	74	366
20	265	98	387
21	250	92	401
22	235	74	340
23	240	105	329
24	250	110	369
25	210	74	342
26	255	76	328
27	240	80	333
28	265	91	355
29	260	94	383
30	275	112	402
31	285	106	405
32	275	70	340
33	235	73	354
34	255	76	357
35	260	103	405
36	245	89	413
37	250	98	392
38	245	95	372
39	255	90	359
40	265	72	357
41	280	116	372
42	255	113	358
43	270	124	363
44	255	112	381
45	235	96	373
46	270	97	391
47	260	75	358
48	255	98	391

Sumber: PT. Semen Indonesia setelah dioalah



Gambar 8. Diagram Tebar *Setting Time* dan Kuat Tekan

Dari pola tebar yang diperlihatkan pada gambar di atas dapat diketahui menunjukkan adanya korelasi negatif antara nilai *setting time* dan kuat tekan. Untuk memeriksa apakah memang benar terjadi hubungan yang sangat kuat antara *setting time* dan kuat tekan maka perlu dihitung koefisien korelasi (*r*) antara keduanya.

Perhitungan koefisien korelasi dapat dilakukan berdasarkan pembahasan berikut ini.

Koefisien korelasi (*r*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S_{(xy)} = \sum_{i=1}^{96} x_i y_i = \frac{\left[ \sum_{i=1}^{96} x_i \right] \left[ \sum_{i=1}^{96} y_i \right]}{d}$$

$$= 5825260 - \frac{28684 \times 29430}{96}$$

$$= -2968179$$

$$S_{(xx)} = \sum_{i=1}^{96} x_i^2 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^{96} x_i \right]^2}{d}$$

$$= 63456750 - \frac{28684^2}{96}$$

$$= -2224790$$

$$S_{(yy)} = \sum_{i=1}^{96} y_i^2 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^{96} y_i \right]^2}{d}$$

$$= 7267350 - \frac{29430^2}{96}$$

$$= -1754784$$

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx) \cdot S(yy)}} \\ = \frac{-2968179}{\sqrt{(-2224790 \times -1754784)}} \\ = -1,5$$

Harga koefisien kolerasi (r) ini menunjukkan adanya korelasi sangat kuat.

Karena adanya korelasi yang cukup kuat antara *setting time* dan Kuat Tekan semen, maka dapat diperhitungkan nilai *setting time* yang ideal untuk memperoleh nilai kuat tekan yang diinginkan. Apabila *setting time* dapat dikendalikan, maka secara otomatis nilai kuat tekan akan ikut terkendali. Analisa regresi untuk mencari faktor pengaruh dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\beta = \frac{S(xy)}{S(xx)} \\ = \frac{-2968179}{-2224790} \\ = 1,334$$

$$\hat{a} = \bar{y} - \beta \bar{x} \\ = 306,563 - (1,334 \times 298,792) \\ = -92,067$$

Dengan demikian akan diperoleh sebuah persamaan garis regresi *setting time* (sebab) dengan kuat tekan (akibat). Agar kuat tekan tidak kurang dari batas spesifikasi bawah (LSL=376,21), maka *setting time* yang seharusnya terjadi pada proses pengujian *setting time* dihitung sebagai berikut:

$$A = \bar{a} + \bar{\beta} p \\ 97,25 = 92,067 + 1,334 p \\ p_{min} = \frac{92,067 - 97,25}{1,334} \\ = 141,9 \text{ menit} \approx 140 \text{ menit}$$

Agar kuat tekan tidak lebih dari batas spesifikasi atas (USL= 253,83) yang telah disyaratkan, maka *setting time* tidak boleh lebih dari.

$$p_{max} = \frac{92,067 - 376,21}{1,334} \\ = 350,9 \text{ menit} \approx 350 \text{ menit}$$

Dari gambar diagram tebar *setting time* dan kuat tekan dapat dilihat bahwa terdapat korelasi negatif cukup berarti atau sedang antara keduanya. Pengendalian mutu kuat tekan dengan variasi (sebaran) yang masuk dalam batas spesifikasi (LSL dan USL) dapat dilakukan dengan menambah faktor pembakaran di Unit klin supaya memperoleh clinker sesuai yg diharapkan yang berada dalam kisaran dari hasil *setting time* 140 menit – 350 menit. Sehingga standar metode kerja pada PT. Semen Indonesia hasil pengujian *setting time* harus dirubah dari  $\geq 100$  menit –  $\leq 330$  menit menjadi  $\leq 140$  menit –  $\geq 350$  menit.

### Tindakan Perbaikan dan Pemeriksaan

Tindakan perbaikan ditunjukkan untuk menghilangkan penyebab mampu terka dengan harapan titik-titik yang keluar dari batas kendali dapat dihilangkan. Pemeriksaan dilakukan untuk melihat berhasil atau tidaknya tindakan yang telah dilakukan

Tindakan untuk menghilangkan titik-titik yang berada di luar kendali, dapat dilakukan dengan mennghilangkan sebab mampu terka yaitu mengubah kisaran *setting time* yang terjadi pada pengujian tes *setting time* dari 100 menit – 330 menit menjadi 140 menit – 350 menit. mengatur dari proses pencampuran semen dengan mengubah pembakaran pada kiln yang lebih besar akan tetapi di PT. Semen Indonesia menggunakan nilai yang tetap, sehingga dalam pengujian *setting time* akan melebihi standar yang sudah ditentukan standart Nasional Indonesia/SNI 15-0302-2004 hal tersebut dilakukan akibat dari permintaan konsumen yang harus mengambil produk semen pada hari ke 28. Hal ini berhasil dilakukan dan diperoleh hasil nilai kuat tekan yang tidak jauh kurang dari 360 pada hari ke 28.

Untuk membuat mutu semen mendekati dari yang diinginkan, maka langkah awal adalah dengan mengubah pembakaran pada unit klin, karena *clinker*/terak bahan utama pembuat semen ini sangat menentukan proporsi semen hasil dalam suatu *mix design* yang akan memengaruhi nilai kuat tekan. *Clinker* didapatkan dari proses produksi dari mesin *crusher* yang berisikan batu kapur, *rawmill* yang berisikan pasir silika dan *copper slag*, *blending silo* Sebagai pencampur, *preheter* sebagai pemanas, *kiln* pencampuran bahan hingga menjadi terak/*clinker* Zona pendinginan (*cooling zone*)

Pendinginan dimulai setelah terak melewati *flame*. Reaksi kimia juga terjadi di akhir *kiln*. Senyawa C2A tidak stabil terdapat dalam terak akan berubah menjadi C3A. Selain itu, ada yang bergabung dengan CaO bebas yang tidak membentuk C2S dan ada juga yang bergabung dengan CaO dari mineral C3S yang cenderung melepaskan CaO selama pendinginan dan kembali menjadi C2S. Sebanyak 28% mineral C3A terbentuk di dalam *cooling zone kiln* dan didalam *grate cooler*. disinilah kita ingin meningkatkan mutu Semen OPC dengan cara meningkatkan suhu pembakaran, karena jika pembakaran kurang maka Clinker bisa dikatakan masih mentah dan itu berpengaruh pada Kuat Tekan. Mencari nilai kuat tekan dengan mengubah Suhu pembakaran dengan menggunakan cara *trial and error*. Yaitu dengan cara meningkatkan dari 1100°C menjadi 1200°C, 1300°C, 1400°C dan 1500°C. Dengan membuat benda uji dari semen yang sudah *ready* berupa serbuk lalu di oven kembali per *trial* sebanyak tiga benda uji. Kemudian kita ambil rata-ratanya. Tabel 7 dan 8 ini merupakan hasil pengujian untuk *trial and error* dari nilai pembakaran

suhu 1100°C sampai dengan nilai pembakaran 1500 °C/12jam.

Berikut ini cara mengambil sample untuk perubahan Mutu Semen OPC:

- Pengambilan sample dilakukan dengan mengambil hasil olahan semen dengan pembakaran dan gilasan yang keluar dari pabrik dengan suhu pembakaran 1100 °C.
- Pengambilan dilakukan sebanyak 4 sample.
- Setiap sample diambil dengan komposisi yang di jelaskan pada table 8 .
- Masing-masing sample semen *porthland* sebanyak 1,5 kg/cm2 kemudian di oven dengan standart suhu yang ditentukan.

Berikut ini Tabel Komposisi perancangan pembuat Semen OPC:

Tabel 7. Tabel Raw *Mix design* Semen Untuk Mutu Semen OPC (Sebelum)

KOMPOSISI PERANCANGAN PEMBUATAN SEMEN Menurut Standart Pekerjaan Umum (Peneliti)						
Komposisi Bahan (%)						
No.	Uraian	B.Kapur	T.Liat	Cooper Slag	P.Silika	
1	SiO <sub>2</sub>	0,52	56,44	29,06	88,32	
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18	21,57	4,16	2,82	
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13	5,81	52,93	2,03	
4	CaO	55,74	2,50	4,11	1,89	
5	MgO	0,35	2,14	1,43	0,17	
6	Gypsum	55,24				
Modulus (%)						
7	C <sub>3</sub> Sc	C <sub>2</sub> S		C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	
	64,96	18,92		9,39	10,34	
Spesifikasi Kimia Semen Portland (OPC) (%)						
8	FL	Insol	LOI	Ekspansi	Mesh	Blaine
	0,98	0,84	1,81	0,083	86,82	362
Spesifikasi Fisika Semen Portland (OPC)						
9	Setting Time Awal (menit)	Setting time Akhir (menit)		False.Set (%)		
	150	245		86,67		
10	Kuat Tekan (Hari)	1	3	7	28	
	Kg/Cm <sup>2</sup>	103	240	289	380	
11	Pembakaran	1100°C				

Tabel 8. Tabel Raw *Mix design* Semen Untuk Mutu Semen OPC (Sesudah)

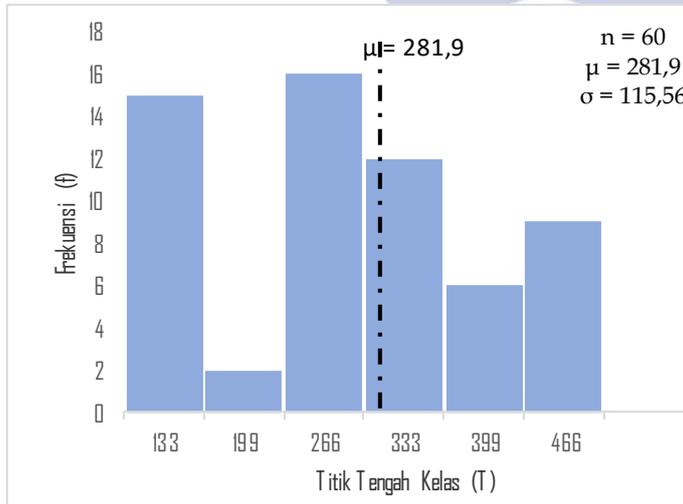
KOMPOSISI PERANCANGAN PEMBUATAN SEMEN Menurut Standart Pekerjaan Umum (Peneliti)						
Komposisi Bahan (%)						
No.	Uraian	B.Kapur	T.Liat	Cooper Slag	P.Silika	
1	SiO <sub>2</sub>	0,52	56,44	29,06	88,32	
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18	21,57	4,16	2,82	
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13	5,81	52,93	2,03	
4	CaO	55,74	2,50	4,11	1,89	
5	MgO	0,35	2,14	1,43	0,17	
6	Gypsum	55,24				
Modulus (%)						
7	C <sub>3</sub> Sc	C <sub>2</sub> S		C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	
	66,98	19,12		9,64	10,45	
Spesifikasi Kimia Semen Portland (OPC) (%)						
8	FL	Insol	LOI	Ekspansi	Mesh	Blaine
	0,89	0,76	1,81	0,078	86,82	373
Spesifikasi Fisika Semen Portland (OPC)						
9	Setting Time Awal (menit)	Setting time Akhir (menit)		False.Set (%)		
	155	255		74,44		
10	Kuat Tekan (Hari)	1	3	7	28	
	Kg/Cm <sup>2</sup>	119	244	311	403	
11	Pembakaran	1200°C				
Hasil Perubahan Suhu Lanjutan						
Modulus (%)						
7	C <sub>3</sub> Sc	C <sub>2</sub> S		C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	
	70,82	20,72		10,73	11,12	
Spesifikasi Kimia Semen Portland (OPC) (%)						
8	FL	Insol	LOI	Ekspansi	Mesh	Blaine
	0,85	0,69	1,81	0,062	87,87	384
Spesifikasi Fisika Semen Portland (OPC)						
9	Setting Time Awal (menit)	Setting time Akhir (menit)		False.Set (%)		
	155	265		73,47		
10	Kuat Tekan (Hari)	1	3	7	28	
	Kg/Cm <sup>2</sup>	122	247	319	449	
11	Pembakaran	1300°C				
Modulus (%)						
7	C <sub>3</sub> Sc	C <sub>2</sub> S		C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	
	73,52	20,94		11,23	11,87	
Spesifikasi Kimia Semen Portland (OPC) (%)						
8	FL	Insol	LOI	Ekspansi	Mesh	Blaine
	0,82	0,62	1,81	0,033	88,67	398

Spesifikasi Fisika Semen Portland (OPC)					
9	Setting Time Awal (menit)	Setting time Akhir (menit)		False.Set (%)	
	165	270		73,34	
10	Kuat Tekan (Hari)	1	3	7	28
	Kg/Cm <sup>2</sup>	125	238	342	477
11	Pembakaran	1400°C			
Modulus (%)					
7	C <sub>3</sub> Sc	C <sub>2</sub> S		C <sub>1</sub> A	C <sub>4</sub> AF
	79,58	21,34		11,87	12,34
Spesifikasi Kimia Semen Portland (OPC) (%)					
8	FL	Insol	LOI	Ekspansi	Blaine
	0,78	0,56	1,81	0,027	90,31
				402	
Spesifikasi Fisika Semen Portland (OPC)					
9	Setting Time Awal (menit)	Setting time Akhir (menit)		False.Set (%)	
	180	290		87,45	
10	Kuat Tekan (Hari)	1	3	7	28
	Kg/Cm <sup>2</sup>	130	257	348	491
11	Pembakaran	1500°C			

Perbedaan antara *mix design* sebelum dan sesudah langkah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 9 di bawah ini. Dari hasil tindakan pemeriksaan dan penyelidikan di atas hasil tersebut membuktikan keadaan terkendali dengan mengubah Pembakaran dari 1100°C menjadi 1500 °C.

**Histogram**

Pemeriksaan dengan menggunakan histogram analog, yang hasilnya diperlihatkan gambar 9 berikut ini:



Gambar 9. Histogram Kuat Tekan

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa setelah melakukan tindakan untuk menghilangkan titik-titik yang berada di luar kendali, maka dapat dilihat bahwa mutu semen yang dihasilkan tidak ada yang keluar dari batas spesifikasi, rata-rata mengalami sedikit pergeseran mendekati target (360 kg/cm<sup>2</sup>) menjadi

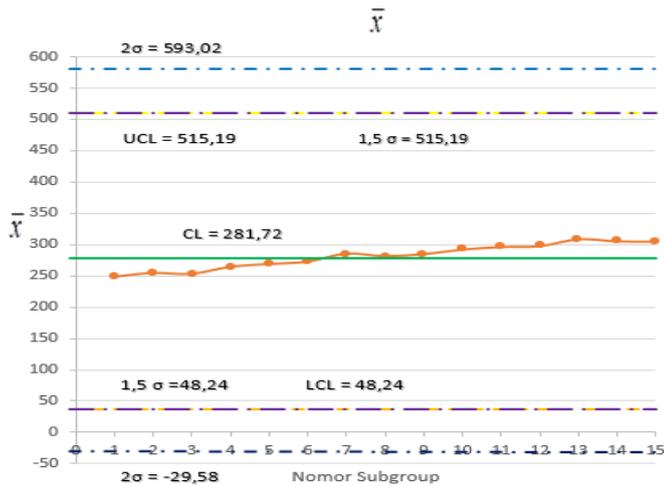
281,9 kg/cm<sup>2</sup> dan penyebaran data menjadi lebih besar yaitu 115,56. Namun perlu diingat bahwa beberapa hasil yang dicapai memiliki jarak yang lebih dekat dengan spesifikasi yang direncanakan, sehingga dalam proses produksi semen harus sesuai dengan pemeriksaan karena hasil produk semen OPC mutu kuat tekannya harus mencapai 360kg/cm<sup>2</sup>, sehingga sedikit terjadi kesalahan syarat mutu yang dipakai dalam proses produksi semen akan mengakibatkan adanya mutu semen yang keluar dari batas spesifikasi yang jauh dan akhirnya perusahaan mengalami pemborosan biaya.

**Peta Kendali**

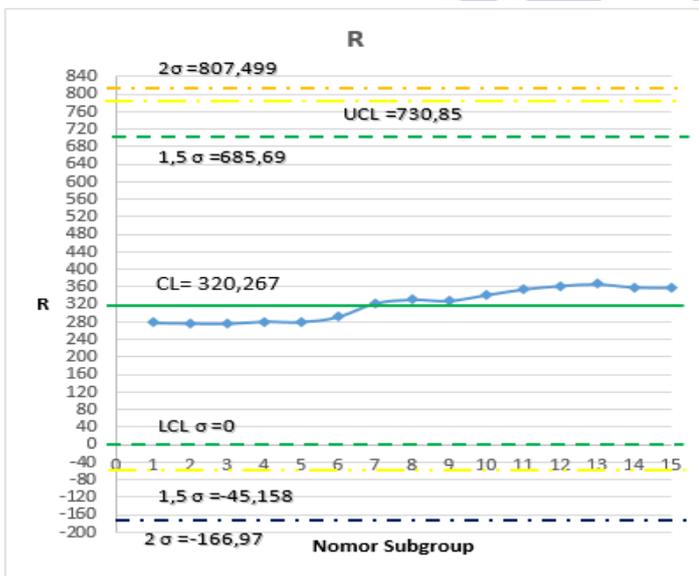
Untuk lebih memastikan bahwa tindakan yang telah dilakukan benar telah membawa hasil bahwa tidak terdapat titik yang keluar dari batas kendali (batas pengambilan tindakan), maka kita perlu untuk memeriksa data yang ada dengan menggunakan peta x dan R. Pembuatan peta kendali x dan R analog dengan pembahasan pada peta kendali, yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan Gambar 4.10 dan 4.11.

Tabel 9. Pembagian Subgrup Peta  $\bar{x}$  - R Setelah Merubah Mampu Terka.

No. Uji Coba	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	$\bar{x}$	R
1	100	230	288	378	249	278
2	105	245	289	382	255	277
3	103	244	289	379	254	276
4	117	235	310	398	265	281
5	120	246	312	400	270	280
6	119	252	312	410	273	291
7	123	257	319	445	286	322
8	122	235	318	453	282	331
9	122	249	320	450	285	328
10	126	239	338	467	293	341
11	124	242	342	478	297	354
12	125	234	346	487	298	362
13	132	256	350	498	309	366
14	130	258	345	489	306	359
15	128	258	349	486	305	358
Total					4225,75	4804
Rata-Rata					$\bar{\bar{X}}$	281,72
					$\bar{\bar{R}}$	320,27
Batas kendali					UCL	515,19
					CL	281,72
					LCL	48,24
Batas Peringatan					2σ atas	593,02
					2σ bawah	-29,58
					1.5σ atas	515,19
					1.5σ bawah	48,24



Gambar 10. Peta Kendali  $\bar{x}$  mutu semen melalui kuat tekan.



Gambar 11. Peta Kendali R mutu semen melalui kuat tekan.

Dari Gambar 10 dan 11 dapat dilihat bahwa peta  $\bar{x}$  maupun R tidak terdapat titik yang keluar dari batas kendali atas dan bawah (UCL dan LCL) maupun titik-titik yang membentuk pola tertentu yang menunjukkan keadaan terkendali. Secara umum dapat dikatakan bahwa proses berada dalam keadaan terkendali. Karena proses berada dalam keadaan terkendali, maka kita dapat memperkirakan rata-rata proses berdasarkan persamaan di bawah ini:

$$\hat{\mu} = \bar{\bar{X}} = 281,72$$

Deviasi standar proses diperkirakan berdasarkan persamaan dibawah ini:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d2} \dots \text{dari lampiran 2, jika } n=4 \text{ maka}$$

$$d2 = 3,472$$

$$= \frac{320,27}{3,472}$$

$$= 92,24$$

Selanjutnya indeks kemampuan proses dapat dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini:

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

$$= \frac{375,55 - 96,94}{6 \cdot 92,24}$$

$$= 0,5034$$

Peta  $\bar{x} - R$  menunjukkan keadaan terkendali, berarti penyebab variasi yang telah diuji dan ditindaki adalah tepat. Perkiraan rata-rata dan deviasi standar proses menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kondisi sebelum penyebab mampu terka ditindaki, yang secara otomatis akan membawa peningkatan indeks kemampuan proses dari 0,44 menjadi 0,50. Jika dibandingkan dengan evaluasi kemampuan proses nilai ini belum cukup, namun dengan hasil rata-rata di atas jika terjadi kesalahan akan mengakibatkan menurunnya indeks lebih kecil dan mengakibatkan adanya mutu semen yang melebihi atau jauh dari spesifikasi yang direncanakan.

Dari hasil tindakan pemeriksaan dan penyelidikan di atas hasil tersebut terbukti terkendali dengan melihat Gambar 10 dan 11. Dengan merubah faktor pembakaran di unit klin menjadi 1500 °C. Pernyataan tersebut dapat dilihat pada tabel 7 dan 8.

## PENUTUP Simpulan

Dari uraian dan kajian di atas, dapat ditarik beberapa kesimpulan tentang penerapan *Statistical Process Control Method* untuk pemecahan masalah pengendalian mutu dengan mengambil studi kasus mutu semen OPC pada PT. Semen Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh jenis-jenis cacat yang terjadi pada mutu semen Opc yaitu pada Kuat Tekan 28 hari dengan prosentase 94,12% di karenakan reduksi kimia dan Temperatur pembakaran pada kiln.
2. Setelah mengetahui penerapan *Statistical Process Control Methode* pada pengendalian mutu Semen yang terdiri dari 7 alat yaitu: *Check Sheet*, stratifikasi Histogram, diagram Sebab akibat, *Scatter* diagram, diagram pareto, run *chart*, dan control *chart*, berguna untuk mengevaluasi mutu semen yang sedang dilaksanakan, dan untuk mengambil tindakan-tindakan perbaikan untuk melakukan produksi selanjutnya.
3. Prioritas cacat tertinggi pada masing-masing proses yaitu pada proses Kuat Tekan dan korelasi antara jumlah  $r = -1,5$  yang mendekati +1, sehingga dari keseluruhan proses memiliki kolerasi yang positif

yang kuat semakin banyak produksi semen maka semakin banyak tingkat kecacatannya.

4. Faktor-faktor yang menjadi pengaruh mutu semen OPC adalah merubah nilai modulus bahan dengan mengecek elemen-elemen mayor pada reduksi kimia, dan menghasilkan nilai *setting time* awal dan akhir adalah  $\leq 140$  dan  $\geq 350$  menit agar tidak terjadi pemborosan pada bahan baku.
5. Kemampuan proses produksi Semen OPC setelah dilakukan perbaikan mempunyai nilai  $C_p$  sebesar 0,55 yang berarti memuaskan karena memiliki nilai lebih dari 0,44.

### Saran

Pada akhir penulisan skripsi ini terdapat beberapa saran yang dapat kami berikan, untuk pemakaian *Statistical Process Control Method* dan pengendalian mutu semen PT. Semen Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pemeriksaan pada bahan dilaboratorium sebelum dilakukan proses penggilingan pada mesin pembuat semen.
2. Mengingat pada produksi semen yang bervolume besar, maka untuk setiap adanya perubahan bahan hendaknya baik rencana campuran maupun pengendalian selalu dilakukan.
3. Hasil dari *control chart* harus selalu dievaluasi, adanya indikasi penyimpangan mutu harus segera ditindak lanjuti dengan perbaikan agar kesalahan jangan berlanjut terus sampai akhirnya berakibat penolakan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Faure-Munro Lesley & Faure-Munro Malcom. 1996. *“Implementing Total Quality Management”*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Gasperesz Vincent. 2001 *“Total Quality Management”*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gasperesz Vincent. 2003 *“Metode Analisis Untuk Peningkatan Kualitas”*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Jackson, N. 1978. *“Civil Engineering Materials”*. Hongkong: *English Languag Bokk Society*.
- Purwanta, Agustinus dkk. 2001. *“Total Quality Management”*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- SNI 03-6825-2002 Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen *portland* untuk pekerjaan sipil
- SNI 15-0302-2004 Peraturan pembuatan semen *Portland*.
- Suryanto, Mas dkk. 2015. *“Penjaminan Mutu Kontruksi”*. Surabaya:UNESA Press.
- Tjipto, Fandy & Diana, Anastasia. 2001 *“Total Quality Management”*. Yogyakarta: Andi Offset.