

**LAPORAN AKHIR**  
**MAGANG INDUSTRI**  
**DEPARTEMEN RESEARCH AND DEVELOPMENT**  
**UNIT OF RESEARCH LABORATORY**  
**PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**



**Disusun Oleh :**

**Miranda Annisa Anwar**

**21031010136**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS**  
**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"**  
**JAWA TIMUR**

**2024**



**LAPORAN AKHIR MAGANG INDUSTRI  
PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**

**SIG**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LAPORAN AKHIR  
MAGANG INDUSTRI  
DI PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**

**Unit Kerja : Unit of Research Laboratory  
Periode : 5 Februari 2024 s.d 31 Juli 2024**

**Disusun Oleh :**

**Miranda Annisa Anwar**

**21031010136**

**Gresik, 31 Juli 2024**

**PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**

**Mengetahui,**

**Ka.Unit of L&D Operational**

**SIG**

**ANDI ANINDA ANWAR, S.Psi., MM.**

**Menyetujui,**

**Pembimbing Lapangan**

**TRI EDDY SUSANTO, S.T., M.T.**

**Program Studi S-1 Teknik Kimia  
Fakultas Teknik dan Sains  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



**LAPORAN AKHIR MAGANG INDUSTRI**  
**PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**

**SIG**



**LEMBAR PENGESAHAN**



**LAPORAN AKHIR**  
**MAGANG INDUSTRI**  
**DI PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**

**Unit Kerja : Unit of Research Laboratory**

**Periode : 5 Februari 2024 s.d 31 Juli 2024**



**Disusun Oleh :**

**Miranda Annisa Anwar**

**21031010136**



**Disetujui Oleh :**

**Pembimbing Lapangan**

**Dosen Pembimbing Magang Industri**



**TRI EDDY SUSANTO, S.T., M.T.**

**Ir. MU'TASIM BILLAH, M.T.**

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Teknik & Sains**

**Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



**Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.**

**NIP. 19650403 199103 2 001**



***Program Studi S-1 Teknik Kimia***  
***Fakultas Teknik dan Sains***

***Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur***





## **KATA PENGANTAR**

Puji Syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan Rahmat-Nya, sehingga penyusun dapat melalui fase penyusunan dan dapat menyelesaikan laporan akhir magang industry sebagai salah satu syarat kelulusan program magang MAGENTA (Magang Generasi Bertalenta) BUMN.

Laporan akhir magang industry ini tidak dapat tersusun sedemikian rupa tanpa bantuan baik sarana, prasarana, pemikiran, kritik, dan saran dalam menyelesaikan laporan hasil penelitian ini. Oleh karena itu, tidak lupa kami sebagai penyusun ucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
2. Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, M.T., selaku koordinator program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
3. Ir. Mu’tasim Billah, M.T., selaku dosen pembimbing dalam magang industry ini
4. Tri Eddy Susanto, S.T., M.T., selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan bimbingan serta arahan selama menjalani magang
5. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. yang telah bersedia menyediakan tempat untuk pelaksanaan magang industri

Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada penyusunan laporan akhir magang riset ini. Oleh karena itu, diperlukannya saran dan kritik guna menyempurnakan laporan akhir magang industri.

Surabaya, 31 Juli 2024

Penyusun



---

---

**DAFTAR ISI**

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I .....	1
SEJARAH PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk. ....	1
BAB II.....	5
MATA KULIAH KONVERSI DAN AKTIVITAS KEGIATAN MAGANG INDUSTRI.....	5
II.1 Mata Kuliah Konversi .....	5
II.2 Aktivitas Kegiatan Magang Industri.....	5
BAB III .....	8
MATA KULIAH KONVERSI .....	8
III.1 Pengolahan Limbah Pabrik .....	8
III.1.1 Jenis Limbah .....	8
III.1.2 Dampak Limbah.....	9
III.1.3 Pengelolaan Limbah.....	10
III.1.4 Gambaran Pengelolaan Limbah Cair di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik .....	14
III.2 Utilitas .....	17
III.2.1 Tugas Khusus (Inovasi).....	21
III.2.2 Tinjauan Pertama.....	21
III.2.3 Tinjauan Kedua .....	22
III.3 Material Berbasis Silika .....	23
III.3.1 Penggunaan Silika pada Pabrik Semen .....	23
III.3.2 Tugas Khusus .....	24
III.3.3 Kuat Tekan .....	24
III.4 Teknologi Mineral .....	31



**LAPORAN AKHIR MAGANG INDUSTRI**  
**PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**



---

III.4.1 Sifat Fisika dan Kimia Mineral .....	31
III.4.2 Tugas Khusus .....	33
III.4.3 X-Ray Diffraction (XRD) .....	35
III.4.4 X-Ray Fluorescence (XRF).....	36
III.5 Manajemen Bisnis.....	37
III.5.1 Siklus Produk dan Pengembangan Produk .....	37
III.5.2 Transformasi Proses Bisnis .....	37
III.5.3 Tugas Khusus .....	38
III.5.4 Strategi STP ( <i>Segmenting, Targeting, Positioning</i> ).....	38
III.5.5 Bauran Pemasaran ( <i>Marketing Mix</i> ) .....	39
III.6 Teknologi Material Maju.....	41
III.6.1 Tugas Khusus .....	44
III.6.2 Pemanfaatan Limbah Industri .....	45
III.6.3 Pemanfaatan Semen Ramah Lingkungan.....	51
III.6.4 Sekam Padi Pada Industri Semen.....	52
BAB IV .....	55
KESIMPULAN .....	55
IV.1 Kesimpulan.....	55
DAFTAR PUSTAKA .....	57



---

---

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar III.1 Proses Pengelolaan Limbah di IPAL pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik.....	16
Gambar III.2 Proses Pengolahan Sanitasi .....	17
Gambar III.3 Diagram Alir Proses Lime Soda.....	18
Gambar III.4 Flowsheet Compresor.....	21



---

---

**DAFTAR TABEL**

Tabel II.1 Aktivitas Kegiatan Magang Industri .....	5
Tabel III.1 Parameter Kualitas Air Limbah menurut SNI .....	12
Tabel III.2 Parameter Kualitas Air Limbah Menurut PermenLH .....	12
Tabel III.3 Hasil Pengukuran Kualitas Air Limbah PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik .....	15
Tabel III.4 Kandungan Mineral Semen melalui Alat XRD.....	34
Tabel III.5 Kandungan Mineral Semen melalui Alat Uji XRF .....	34



---

---

## **BAB I**

### **SEJARAH PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**

Perusahaan ini memulai sejarahnya pada tahun 1951 saat pemerintah Indonesia mendirikan NV Pabrik Semen Gresik untuk membangun sebuah pabrik semen di Gresik dengan kapasitas terpasang sebesar 250.000 ton semen per tahun. Pada tahun 1957, Presiden Soekarno meresmikan pabrik semen milik perusahaan ini. Pada tahun 1961, pemerintah mengubah badan hukum perusahaan ini menjadi sebuah perusahaan negara (PN) dengan nama PN Semen Gresik. Pada tahun 1969, badan hukum perusahaan ini kembali diubah menjadi persero.

Pada tahun 1991, perusahaan ini resmi melantai di Bursa Efek Jakarta dan Bursa Efek Surabaya. Pada saat itu, kapasitas terpasang dari perusahaan ini telah mencapai 1,8 juta ton semen per tahun. Pada tahun 1995, perusahaan ini mengakuisisi Semen Padang dan Semen Tonasa, sehingga kapasitas terpasang dari perusahaan ini mencapai 8,5 juta ton semen per tahun. Pada tahun 1995, CEMEX resmi memegang 14% saham perusahaan ini, dan ditingkatkan menjadi 25,5% setahun kemudian. Pada tahun 2006, Blue Valley membeli 24,9% saham perusahaan ini yang dipegang oleh CEMEX, dan ditingkatkan menjadi 48,99% empat tahun kemudian.

Pada tahun 2012, perusahaan ini menyelesaikan pembangunan dua unit pabrik semen dan mengakuisisi Thang Long Cement asal Vietnam yang kapasitas terpasangnya saat itu mencapai 2,3 juta ton semen per tahun. Pada tahun 2013, perusahaan ini mengubah namanya menjadi seperti sekarang dan memisahkan bisnis produksi semennya ke Semen Gresik.

Pada tahun 2016, perusahaan ini mendirikan Semen Indonesia International, Semen Indonesia Aceh, dan Semen Kupang Indonesia, serta mengubah nama SGG Prima Beton menjadi Semen Semen Indonesia Beton. Pada tahun 2017, perusahaan ini mendirikan Semen Indonesia Industri Bangunan untuk berbisnis di bidang



## LAPORAN AKHIR MAGANG INDUSTRI PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.



produksi bahan bangunan. Perusahaan ini juga berhasil menyelesaikan pembangunan dua pabrik semen di Rembang, Jawa Tengah dan di Padang, Sumatera Barat dengan kapasitas terpasang masing-masing sebesar 3 juta ton semen per tahun.

Pada bulan Januari 2019, melalui Semen Indonesia Industri Bangunan, perusahaan ini mengakuisisi 80,64% saham Holcim Indonesia dan kemudian mengubah nama perusahaan tersebut menjadi Solusi Bangun Indonesia. Merek Holcim juga diubah menjadi Dynamix. Pada tahun 2020, perusahaan ini mengubah nama dagangnya dari Semen Indonesia menjadi SIG. Pada tahun 2021, perusahaan ini menjalin kemitraan strategi dengan Taiheiyo Cement asal Jepang resmi memegang 15,04% saham anak perusahaannya Solusi Bangun Indonesia.[1] Pada tahun 2022, pemerintah menyerahkan mayoritas saham Semen Baturaja ke perusahaan ini.[4]Berikut merupakan sejarah singkat kronologi perkembangan PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. :

Tahun	Keterangan
1957	Pabrik Semen Gresik resmi berdiri pada Agustus 1957 oleh Bapak Presiden Ir. Soekarno dengan kapasitas sebesar 250.000 ton per tahun
1991	Terdaftar di Bursa Efek Indonesia (BEI), melalui Initial Public Offering (IPO). Saham yang dimiliki Negara 73% dan Masyarakat 27%. Kapasitas Pabrik sebesar 1,8 Juta ton per tahun. Kapitalisasi pasar akhir tahun adalah Rp 0,63 Triliyun.
1995	Rights Issue, Akuisisi Semen Padang dan Semen Tonasa. Saham yang dimiliki Negara 65% dan masyarakat 35%. Kapasitas pabrik sebesar 8,5 Juta ton per tahun. Kapitalisasi pasar akhir tahun adalah 3,8 triliyun.
1998	Cemex S.A. de C.V. ("Cemex") menjadi strategic partner dengan membeli 14% saham. Saham yang dimiliki Negara 51% dan masyarakat 35% dan Cemex 14%. Kapasitas pabrik sebesar 17,3 Juta ton per tahun. Kapitalisasi pasar akhir tahun adalah 4,9 triliyun.



**LAPORAN AKHIR MAGANG INDUSTRI**  
**PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**



1999	September 1999, Cemex meningkatkan kepemilikannya menjadi 26%. Saham yang dimiliki Negara 51%, Masyarakat 23% dan Cemex 26%. Kapasitas pabrik sebesar 17,3 Juta ton per tahun. Kapitalisasi pasar akhir tahun adalah 6,6 triliyun
2006	Pada Juli 2006, Blue Valley Holdings PTE Ltd. membeli 26% saham SMGR milik Cemex. Kapasitas terpasang SMGR 16.8 juta ton per tahun.
2012	SMGR mengakuisisi PT Thang Long Cement Company (TLCC) dari Geleximco. Kapasitas terpasang TLCC sebesar 2,3 juta ton per tahun.
2013	Pada 7 Januari, bertransformasi menjadi strategic holding PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.
2019	Pada 31 Januari, SMGR mengambil alih 80,64% Holderfin B.V. di PT Holcim Indonesia Tbk (SMCB). Kapasitas terpasang SMCB. 15 juta ton per tahun. Pada 11 Februari PT Holcim Indonesia Tbk berubah nama menjadi PT Solusi Bangun Indonesia Tbk.
2020	SIG Ingin menjadi yang terdepan dalam memberikan solusi bahan bangunan yang inovatif, terbaru dan bernilai tambah di kancan regional. Pada 11 Februari 2020, perubahan merek perusahaan Semen Indonesia menjadi SIG. Sejalan dengan visi perusahaan, SIG terus berupaya menjadi yang terdepan dalam menciptakan kehidupan berkelanjutan (sustainability), mendorong pemberdayaan (empowerment), serta mengadopsi teknologi digital (digitalization) untuk menyediakan produk dan jasa sesuai dengan kebutuhan konsumen.
2021	Pada tahun 2021, SIG menjalin kemitraan strategi dengan Taiheiyo Cement asal Jepang resmi memegang 15,04% saham anak perusahaannya Solusi Bangun Indonesia.
2022	Pada 19 Desember 2022, Pemerintah Indonesia resmi melakukan inbreng saham dengan mengalihkan kepemilikan saham di PT



**LAPORAN AKHIR MAGANG INDUSTRI**  
**PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**



---

---

	Semen Baturaja ke SIG. Hal ini merupakan kelanjutan Program Integrasi BUMN Sub Klaster Semen melalui proses Hak Memesan Efek Terlebih Dahulu (HMETD), menjadikan status PT Semen Baturaja (Persero) Tbk. resmi menjadi bagian dari SIG.
--	---



## BAB II

### MATA KULIAH KONVERSI DAN AKTIVITAS KEGIATAN MAGANG INDUSTRI

#### II.1 Mata Kuliah Konversi

Mata kuliah konversi adalah aktivitas mahasiswa untuk mengkonversikan nilai dan jumlah SKS mata kuliah yang telah ditempuh atau diperoleh dari kurikulum lama ke kurikulum baru. Dalam program MAGENTA (Magang Generasi Bertalenta), mata kuliah yang dapat dikonversikan dalam 1 semester ialah 20 SKS.

#### II.2 Aktivitas Kegiatan Magang Industri

Tabel II.1 Aktivitas Kegiatan Magang Industri

No.	Aktivitas Terkait	Mata Kuliah	SKS
1.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mempelajari pengolahan limbah industry pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.</li><li>- Mempelajari jenis limbah, karakteristik limbah, dan penanganan pengolahan limbah</li><li>- Mempelajari pengolahan limbah cair pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik</li></ul>	Pengolahan Limbah Pabrik	2
2.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mempelajari kegunaan air di pabrik dan sumber air tersebut</li><li>- Mempelajari kegunaan Listrik dan kebutuhannya pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk</li><li>- Inovasi mengenai masalah yang dihadapi pada <i>water treatment</i></li></ul>	Utilitas	2



**LAPORAN AKHIR MAGANG INDUSTRI**  
**PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**



	PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.		
3	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mempelajari penggunaan silika pada proses produksi semen</li><li>- Analisis hasil uji kuat tekan pada sampel semen yang masuk ke laboratorium fisika</li></ul>	Material Berbasis Silika	3
4.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mempelajari sifat kimia dan fisika dari masing-masing mineral</li><li>- Mempelajari kandungan-kandungan yang terdapat pada semen dari Analisa uji XRF dan XRD</li></ul>	Teknologi Mineral	2
5.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mempelajari mengenai siklus produk dan pengembangan produk</li><li>- Mempelajari mengenai transformasi proses bisnis</li><li>- Analisis strategi pemasaran yang diterapkan PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.</li></ul>	Manajemen Bisnis	2
6.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mempelajari teknologi yang digunakan untuk memproduksi semen agar menghasilkan produk-produk sesuai persyaratan baru dan kebutuhan pasar</li></ul>	Teknologi Material Maju	2



**LAPORAN AKHIR MAGANG INDUSTRI**  
**PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**



	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mempelajari mengenai inovasi pengembangan semen terbaru dari PT. Semen Indonesia</li><li>- Mempelajari mengenai alternatif bahan dari pemanfaatan limbah Cooperslag, Gypsum sintetik, dan Fly Ash</li><li>- Mempelajari mengenai pemanfaatan semen PCC dan PPC yang ramah lingkungan</li><li>- Mempelajari manfaat limbah biomass seperti sekam padi pada industri semen</li></ul>		
7.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mempelajari proses produksi semen pada PT. Semen Indonesia</li><li>- Melakukan Analisa dan perhitungan terhadap aliran massa pada Sistem Kiln RKC 2</li></ul>	PKL	2



---

---

### **BAB III**

#### **MATA KULIAH KONVERSI**

##### **III.1 Pengolahan Limbah Pabrik**

Limbah merupakan sisa dari suatu usaha maupun kegiatan yang mengandung bahan berbahaya atau beracun yang karena sifat, konsentrasi, dan jumlahnya, baik yang secara langsung maupun tidak langsung dapat membahayakan lingkungan, kesehatan, kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya (Mahida, 1984).

##### **III.1.1 Jenis Limbah**

Klasifikasi limbah dibagi menjadi 3 yaitu :

###### **1. Limbah Padat**

Limbah padat atau sampah adalah bahan buangan dari kegiatan rumah tangga, industry, komersial, ataupun kegiatan yang dilakukan manusia lainnya. Sampah merupakan hasil sampingan dari aktivitas manusia yang tidak terpakai atau sudah tidak dikehendaki lagi. Limbah padat memiliki berbagai jenis, terdapat sampah yang mudah membusuk seperti dari sisa-sisa makanan, ada juga sampah yang tidak mudah membusuk seperti plastic, kertas, karet, logam, dan lain sebagainya (Kencanawati, 2016).

###### **2. Limbah Cair**

Limbah cair merupakan limbah yang dapat berpindah-pindah, berwujud cair, tidak bisa diam, dan terlarut dalam air. Contoh dari limbah cair, yakni air bekas produksi, oli bekas, hasil pelarut, dll. Pada umumnya limbah cair memiliki sifat keruh, terdapat padatan terlarut dan tersuspensi, bakteri, senyawa organik, bau, dan berwarna (H dan Himma, 2017). Air limbah berasal dari dua sumber, yaitu limbah cair domestic dan limbah cair industry. Limbah cair domestic merupakan hasil buangan dari perdagangan, perkantoran, perumahan, dan sarana sejenisnya. Aliran air limbah terbesar berasal dari kamar mandi. Air limbah domestic sebagian besar mengandung bahan organik. Sedangkan limbah cair industry merupakan hasil buangan



dari kegiatan industry yang kehadirannya tidak dikehendaki karena tidak memiliki nilai ekonomis (Kencanawati, 2016).

3. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Limbah B3 menurut Undang-Undang RI No.32 tahun 2009 adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan dengan sifat, konsentrasi, dan atau jumlah yang dapat merusak dan mencemari lingkungan, membahayakan kehidupan dan kesehatan makhluk hidup karena mengandung bahan berbahaya dan beracun, baik secara langsung maupun tidak langsung (Mukono, 2006).

### **III.1.2 Dampak Limbah**

Limbah padat, cair, ataupun B3 memiliki dampak yang berpotensi menimbulkan penyakit dan membuat lingkungan menjadi rusak atau tercemar. Manusia yang merupakan salah satu bagian dari lingkungan akan merasakan imbasnya pada kesehatan. Dampak dari hasil atau sisa kegiatan industry itu mempengaruhi kesehatan dan lingkungan (Arief, 2016). Dampak yang ditimbulkan oleh limbah dapat berupa :

a. Dampak terhadap kesehatan

Dampak dari limbah yang mempengaruhi kesehatan memiliki potensi menimbulkan dan menyebabkan penyakit. Masyarakat memiliki potensi risiko menderita penyakit darah, kelainan dalam system, gangguan fungsi ginjal, kanker paru-paru, kerusakan system syaraf dan keterbelakangan otak pada anak-anak, hingga kelainan system kekebalan jika terpapar dalam jangka waktu panjang (Prakash dan Manhart, 2010).

b. Dampak terhadap lingkungan

Cairan dari limbah industry yang tidak terkontrol dan terkelola dengan baik akan mencemari air Sungai dan laut, sehingga makhluk hidup yang berada di ekosistem tersebut akan mati. Selain itu, manusia yang menggunakan air untuk kebutuhan sehari-hari akan terkena dampaknya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh pengambilan sumber daya alam dan pemanfaatannya yang tidak terkendali dapat menyebabkan terjadinya bencana, misalnya banjir, erosi, atau longsor.

Beban pencemaran pada lingkungan saat ini semakin tinggi seiring dengan masuknya limbah industri dari berbagai bahan kimia, seperti logam berat dan semacamnya (JR Richards and NewWaste, 2017).

### **III.1.3 Pengelolaan Limbah**

Pengelolaan merupakan salah satu Upaya pemeliharaan lingkungan agar sesuai dengan kualitas yang diinginkan, pencegahan penyakit yang dapat ditimbulkannya, dan dapat digunakan sesuai dengan peruntukannya. Kegiatan pengelolaan limbah dilakukan sesuai dengan jenis limbah yang dihasilkan. Berikut ini merupakan kegiatan pengelolaan limbah padat, limbah cair, dan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3).

#### **A. Pengelolaan limbah padat**

Pengelolaan limbah padat atau sampah menurut Undang-Undang RI No. 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah adalah kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah (Undang-Undang RI Nomor 18, 2008). Terdapat dua kegiatan pengelolaan limbah padat (Peraturan Pemerintah RI Nomor 18, 2012), yaitu :

##### **1) Pengurangan Sampah**

Kegiatan pengurangan sampah meliputi pembatasan timbulan sampah; contohnya menggunakan atau menghasilkan produk yang menggunakan kemasan yang mudah diurai oleh alam, pendauran ulang sampah yang bisa didaur ulang; seperti sampah organik menjadi pupuk, dan pemanfaatan kembali sampah; seperti bungkus sabun menjadi tas.

##### **2) Penanganan Sampah**

Kegiatan penanganan sampah berupa penggunaan bahan yang dapat dipakai ulang, bahan yang mudah diurai oleh proses alam, ataupun bahan yang bisa didaur ulang. Selain itu, mengumpulkan dan menyerahkan Kembali sampah yang sudah digunakan pada produsen. Penanganan sampah meliputi lima kegiatan yaitu Pemilahan, Pengumpulan, Pengangkutan, Pengelolaan, dan Pemrosesan akhir.



---

## B. Pengelolaan limbah cair

Secara sederhana, limbah cair atau air limbah merupakan air tidak bersih yang terbuang dari aktivitas rumah tangga, perkantoran, perdagangan, Perkebunan, dan industry Dimana mengandung berbagai zat kimia yang membahayakan ekosistem lingkungan. Limbah yang dihasilkan oleh suatu industry wajib melakukan pengelolaan sebelum dibuang ke badan air yang memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Pengelolaan limbah cair antara limbah cair domestic dan limbah cair industry berbeda, tetapi pada umumnya kegiatan pengelolaan limbah cair meliputi :

### 1) Sistem penyaluran limbah cair

System penyaluran limbah merupakan system yang mengalirkan air limbah menuju Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Sistem ini memiliki dua tipe yaitu system terpisah (limbah cair dan air hujan) dan system gabungan (air limbah dan air hujan digabung menjadi satu saluran tertutup).

### 2) Pengolahan limbah cair

System pengolahan limbah cair berdasarkan tempatnya dibedakan menjadi dua, yaitu system pengolahan *on-site position* (penghasil limbah mengolah air limbahnya secara individu, contoh pit latrine, septic tank) dan system pengolahan *off-site position* (air limbah disalurkan menuju instalasi pengolahan terpusat/IPAL)

### 3) Pengolahan lumpur

Lumpur yang terbentuk dapat berasal dari hasil pengolahan air sebelumnya dan lumpur ini bisa diolah Kembali melalui beberapa proses *vacuum filtration, digestion or wet combustion, pressure filtration, landfill, drying bed, atau incentration.*



Tabel III.1 Parameter Kualitas Air Limbah menurut SNI

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (Maksimum)
1.	Warna	TCU	50
2.	Zat padat tersuspensi ( <i>Total suspended solid/TSS</i> )	mg/l	1000
3.	Suhu	°C	Suhu udara $\pm 3 - 30$
4.	Bau		Tidak berbau

Sumber : SNI 6989.59:2008

Baku mutu air limbah domestic harus memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan baik itu di Kawasan perumahan, Pendidikan, perkantoran, industry, Kawasan IPAL, dan lain sebagainya (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No. 68, 2016).

Tabel III.2 Parameter Kualitas Air Limbah Menurut PermenLH

Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu (Maksimum)
pH	mg/l	6-9
BOD	mg/l	30
COD	mg/l	100
TSS	mg/l	20
Minyak dan Lemak	mg/l	5
Amoniak	mg/l	10
Total Coliform	Jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 tahun 2016

### C. Pengelolaan Limbah B3

Pengelolaan limbah B3 sangat penting untuk dilakukan agar mencegah terjadinya dampak pada lingkungan dan kesehatan manusia. Terdapat lima



---

rangkaian kegiatan pengelolaan limbah B3 (Peraturan Pemerintah RI No. 101, 2014), yaitu :

1) Pengurangan

Kegiatan pengurangan limbah B3 dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti substitusi bahan (pemilahan atau penggantian yang mengandung B3 menjadi tidak mengandung B3), modifikasi proses, atau penggunaan teknologi ramah lingkungan.

2) Penyimpanan

Limbah B3 tidak boleh dilakukan pencampuran, sehingga kegiatan penyimpanan limbah B3 harus secara terpisah. Syarat melakukan kegiatan penyimpanan limbah B3, meliputi : Lokasi, label sesuai dengan karakteristik limbah B3, jumlah limbah B3, Upaya pengendalian pencemaran lingkungan hidup, dan peralatan penanggulangan keadaan darurat.

3) Pengumpulan

Kegiatan pengumpulan limbah B3

Dapat dilakukan dengan cara penyimpanan limbah B3 dan segregasi/pemisahan limbah B3 sesuai dengan nama dan karakteristik limbah B3. Selain itu, kegiatan pengumpulan limbah B3 wajib melakukan identifikasi limbah dan mencatat nama, sumber, karakteristik, dan jumlah limbah B3.

4) Pengangkutan

Alat angkut yang digunakan untuk kegiatan pengangkutan limbah B3 harus menggunakan alat angkut yang tertutup untuk limbah B3 kategori I dan terbuka untuk limbah B3 kategori 2.

5) Pemanfaatan

Limbah B3 dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku utama, substitusi bahan baku, substitusi sumber energi, dan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Persyaratan pemanfaatan limbah B3 sesuai dengan standar produk, standar lingkungan hidup, dan baku mutu lingkungan hidup.



- 6) Kegiatan pengelolaan limbah B3 dapat dilakukan dengan cara termal, stabilisasi dan solidifikasi, atau penggunaan teknologi yang sesuai dengan memperhatikan standar lingkungan hidup atau baku mutu lingkungan hidup. Residu abu atau cairan dari pengolahan dengan cara termal wajib untuk dilakukan penyimpanan.

#### **III.1.4 Gambaran Pengelolaan Limbah Cair di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik**

Limbah cair yang dihasilkan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik merupakan limbah cair domestic yang berasal dari kamar mandi, wastafel, dan limbah cair domestic dari perumahan semen, Limbah cair di PT. semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik disalurkan menuju saluran yang ada di bagian belakang dan dikumpulkan di satu tempat. Kemudian dialirkan menuju IPAL yang berada di sebelah gedung utama. Pemeriksaan limbah cair yang dilakukan setiap sebulan sekali di outletnya dengan hasil yang diukur berupa pH, BOD, COD, TSS, amoniak, total coliform, minyak dan lemak, serta debit. Berdasarkan hasil kualitas air limbah yang dilakukan oleh pihak kedua bahwa limbah domestic yang dihasilkan oleh PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik telah memenuhi syarat Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 tahun 2016. Berikut ini merupakan hasil pengukuran limbah cair pada bulan Desember 2023 :



Tabel III.3 Hasil Pengukuran Kualitas Air Limbah PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik

Parameter	Satuan	Baku Mutu (PermenLH No.68/2016)	Outlet Pabrik Gresik	Ket.
pH		6-9	8	MS
BOD	mg/L	30	6	MS
COD	mg/L	100	27	MS
TSS	mg/L	20	2	MS
Amonia	mg/L	10	0,02	MS
Total koliform	Jumlah/100 mL	3000	2800	MS
Minyak dan lemak	mg/L	5	<1,8	MS
Debit	L/orang/hari	100	14,7	MS

Sumber : Data Sekunder PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik

Sistem pengelolaan limbah cair secara umum yang ada di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik adalah :

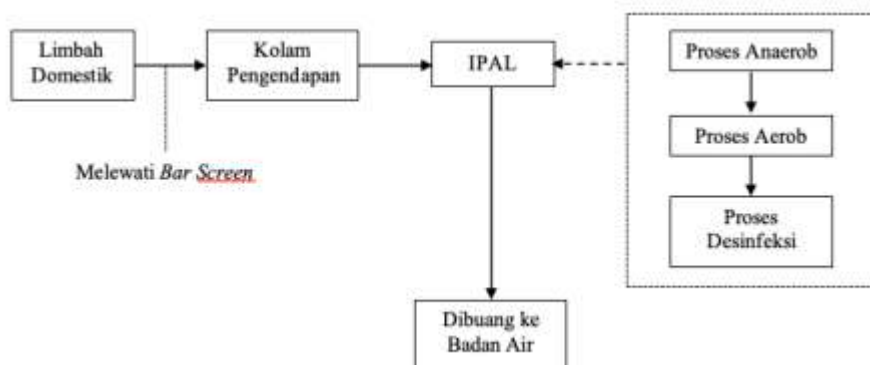
1) Sistem penyaluran limbah cair

Sistem penyaluran limbah yang digunakan oleh PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik merupakan system terpisah, yang mana saluran limbah cair berbeda dengan saluran air hujan. Saluran limbah cair akan menuju ke IPAL, sedangkan saluran air hujan akan masuk ke dalam selokan yang ada.

2) Pengolahan limbah cair

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik menggunakan system pengolahan limbah cair secara *off-site position* atau air limbah disalurkan menuju instalasi pengolahan terpusat (IPAL). Sehingga, pengolahan limbah cair dilakukan didalam IPAL.

Pada Gambar III.1 menjelaskan bahwa air limbah domestic yang dihasilkan dari toilet, wastafel, dan perumahan semen akan mengalir dan melewati bar screen untuk menyaring benda padat. Kemudian dari *bar screen* akan menuju kolam pengendapan. Pada kolam pengendapan, tanah atau pasir akan diendapkan. Lalu, air limbah akan langsung menuju IPAL. Didalam IPAL terjadi proses filtrasi menggunakan media bioball sebelum menuju proses aerob. Kemudian, air limbah dari proses aerob akan menuju proses untuk desinfeksi. Bahan yang digunakan dalam proses desinfeksi adalah klorine sebanyak dua liter dan enzim sebanyak tiga liter. Setelah itu, air limbah akan keluar menuju badan air melalui pipa *outlet* dengan kualitas yang sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.68 tahun 2016.



Gambar III.1 Proses Pengelolaan Limbah di IPAL pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik

Penambahan klor bermanfaat bagi limbah cair yang masih belum terurai sempurna dan pemberian klor sebaiknya telah dilarutkan kedalam air. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik telah melarutkan klor dengan air didekat tangki IPAL dengan tutup stainlesssteel sebelum dicampurkan ke dalam IPAL. Penambahan enzim kedalam IPAL berfungsi untuk mendegradasi, mereduksi, atau mengaktifkan kembali bakteri yang sudah mati akibat blower.

### 3) Pengolahan Lumpur

Lumpur yang terbentuk berasal dari hasil dari pengolahan air sebelumnya dan akan terkumpul, kemudian lumpur hasil IPAL PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Gresik akan dibuang oleh pihak kedua.

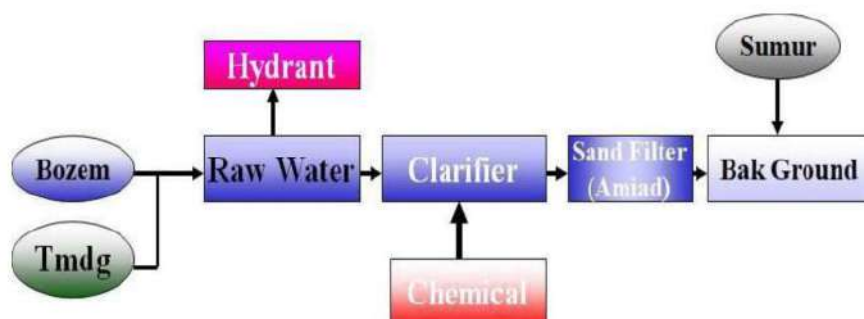
## III.2 Utilitas

Fungsi dari Operasi Utilitas adalah sarana penunjang kegiatan produksi dan memenuhi kebutuhan sanitasi Semen Gresik Pabrik Tuban. Seksi operasi utilitas memiliki tugas yaitu Pengolahan air (Water Treatment), Pengelolaan solar, Menyediakan Power Plant Emergency (Genset) untuk area kiln dan cooler, Udara Tekan (Plant air).

### A. Pengolahan Air

Produk pada proses unit ini adalah air sanitasi yang digunakan untuk keperluan kantor, water spray conditioning tower (air pendingin untuk cooling tower). Selain itu dihasilkan air proses (air pendingin) yang digunakan untuk keperluan pendingin pada heat exchanger, compresor, dan pendingin AC Central. Air pengolahan (Raw Water) didapatkan pada bozem, tomandang dan sumur milik PT. Semen Gresik, Tbk. Air ini nanti akan diolah menjadi air sanitasi dan air proses melalui proses sebagai berikut :

#### a) Air Sanitasi



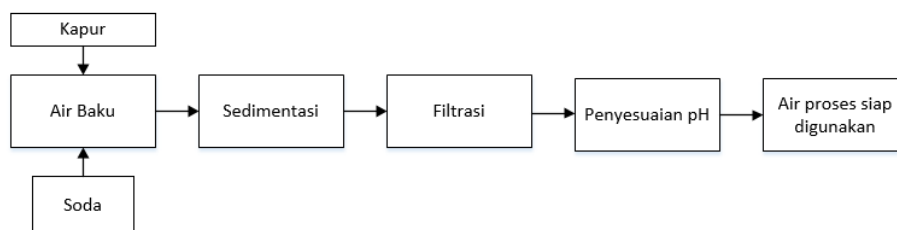
Gambar III.2 Proses Pengolahan Sanitasi

Proses air sanitasi dalam sistem water treatment adalah serangkaian langkah yang bertujuan untuk memastikan bahwa air yang dihasilkan bebas dari patogen dan kontaminan yang dapat membahayakan kesehatan manusia.

b) Air Proses

Air proses merupakan air bersih yang diolah lebih lanjut dengan metode pelunakan. Pengolahan air baku menjadi air proses pada water treatment plant di PT. Semen Indonesia dilakukan sebagai berikut:

1. Lime Soda

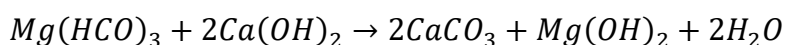
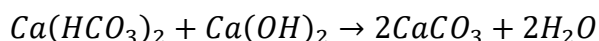


Gambar III.3 Diagram Alir Proses Lime Soda

Proses **lime soda** (kapur-soda) adalah metode yang umum digunakan untuk melunakkan air dengan menghilangkan ion-ion keras seperti kalsium dan magnesium yang menyebabkan kekerasan air. Metode ini melibatkan penambahan kalsium hidroksida (kapur) dan natrium karbonat (soda) ke dalam air, yang kemudian bereaksi dengan ion-ion keras untuk membentuk endapan yang mudah dihilangkan. Langkah-langkah dalam proses Lime Soda sebagai berikut :

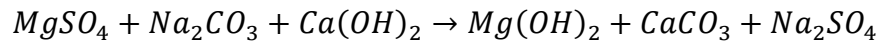
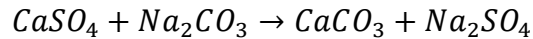
1) Penambahan kapur ( $Ca(OH)_2$ )

Kapur ditambahkan ke dalam air untuk menghilangkan kekerasan karbonat. Reaksi kimia yang terjadi adalah:



2) Penambahan Soda ( $Na_2CO_3$ )

Soda ditambahkan untuk menghilangkan kekerasan non-karbonat. Reaksi kimia yang terjadi adalah :



3) Pembentukan Endapan

Endapan kalsium karbonat ( $CaCO_3$ ) dan magnesium hidroksida ( $Mg(OH)_2$ ) terbentuk sebagai hasil dari reaksi kimia di atas. Endapan ini adalah partikel yang tidak larut dalam air dan dapat dihilangkan dengan proses sedimentasi dan filtrasi.

4) Sedimentasi

Campuran air dan endapan dibiarkan mengendap dalam tangki sedimentasi. Endapan yang lebih berat akan turun ke dasar tangki, sementara air yang lebih bersih akan berada di bagian atas.

5) Filtrasi

Air yang telah melalui proses sedimentasi kemudian disaring untuk menghilangkan partikel-partikel endapan yang tersisa. Filtrasi biasanya dilakukan menggunakan pasir, karbon aktif, atau media filter lainnya.

6) Pengaturan pH

Setelah proses pelunakan, pH air dapat menjadi tinggi karena adanya sisa kapur. pH air biasanya diatur kembali dengan menambahkan bahan kimia seperti asam sulfur atau asam karbonat untuk menurunkannya ke tingkat yang diinginkan.

B. Pengolahan Stock IDO / Solar

IDO merupakan minyak hitam pekat yang kalori dan titik apinya lebih rendah dari solar. Digunakan untuk melayani pembakaran terak pada kiln dan untuk pemanas udara dan preheater ILC dan SLC. Hal-hal yang dilakukan pada instalasi IDO, yaitu menjamin ketersediaan IDO sebagai sumber energi, mengatur distribusi IDO ke kiln dan raw mil serta mengantisipasi kebocoran IDO. Proses diawali pada pelabuhan, IDO yang berasal dari pelabuhan dipompa menuju tangki IDO. Dari tangki IDO didistribusikan sesuai dengan kebutuhan.



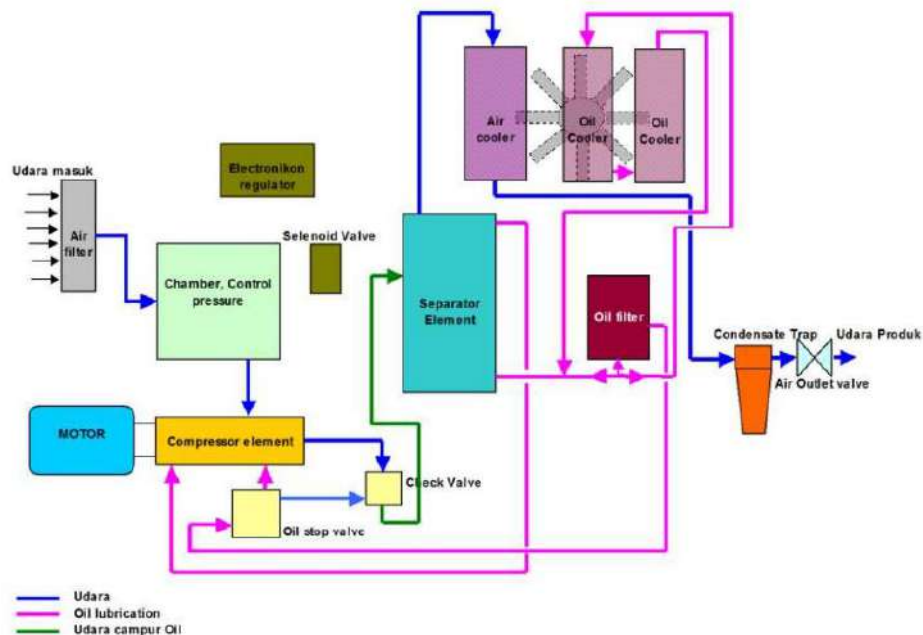
---

**C. Menyediakan Power Emergency (Genset)**

PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban memperoleh listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang digunakan untuk keperluan proses dan administrasi atau kantor sebesar 96 MVA/hari. Sebagai cadangan digunakan dua buah generator yang mempunyai daya 2,5 MW yang memerlukan pemanasan setiap hari selama 30 menit dan hanya digunakan bila pasokan listrik dari PLN terhenti. Selain itu, penggunaannya terbatas pada cooler, penggilingan batu bara, dan kiln. Saat pasokan listrik dari PLN terhenti, sebuah breaker akan mengalihkan pengambilan daya listrik dari PLN ke generator dalam waktu kurang dari 5 menit. Setelah pasokan listrik berfungsi seperti biasa kondisi breaker akan dikembalikan seperti semula.

**D. Operasional Compresor Air**

Operasional pada compresor udara digunakan untuk memenuhi kebutuhan udara pada peralatan pneumatic, aerasi bin dan peralatan instrumentasi. Proses untuk mendapatkan udara diawali dengan pengumpulan udara yang berasal dari udara ambient. Setelah dikumpulkan, masuk kepada air filter untuk proses filtrasi dari bahan-bahan yang akan mengganggu proses kompresi. Selanjutnya udara masuk pada chamber untuk mengatur pressure sehingga udara bisa masuk ke dalam compressor element. Setelah udara dimampatkan dalam compressor element kondisi udara bercampur dengan oil sehingga perlu pemisahan. Selanjutnya campuran udara dan oil akan masuk ke separator element untuk dipisahkan antara udara dan oil. Oil yang ikut akan di recycle masuk kedalam compressor element. Udara yang keluar separator akan masuk air cooler untuk didinginkan sesuai kebutuhan. Proses pendinginan pada proses ini akan menghasilkan condensate water. Untuk mencegah water yang ikut, maka setelah proses pendinginan, produk dari proses pendinginan akan masuk condensate trap, untuk menangkap condensate. Setelah itu udara siap digunakan untuk proses pneumatic, aerasi dan instrumentasi.



Gambar III.4 Flowsheet Compresor

### III.2.1 Tugas Khusus (Inovasi)

Pada pabrik semen khususnya di PT. Semen Indonesia Tuban, untuk memenuhi kebutuhan air pada pabrik ini maka digunakan sumber air dari waduk Temandong sumur artesis dan Bozem yang ditampung di dalam raw water. Ada beberapa kondisi dan kendala pada proses water treatment (pengolahan air) tersebut, yakni pada proses pengendapan (koagulasi dan flokulasi).

### III.2.2 Tinjauan Pertama

Tinjauan yang pertama adalah jenis koagulan dan flokulan yang digunakan pada proses pengendapan. Kesesuaian antara jenis koagulan dan flokulan dengan jenis koloid dapat dilihat melalui pengujian dengan menggunakan metode jar test. Apabila microfloc dan juga gumpalan yang lebih besar sudah terbentuk, dapat dikatakan bahwasannya jenis koagulan dan floakulan yang digunakan sudah sesuai dengan jenis koloid yang ada pada air. Hal ini menunjukkan bahwasannya permasalahan yang kami jumpai saat kerja praktik bukan disebabkan karena kesalahan dalam pemilihan jenis koagulan ataupun flokulan yang digunakan. Akan tetapi, agar jenis dan dosis koagulan yang digunakan bisa sesuai, maka perlu dilakukan pengujian jar test secara berkala. Hal ini bertujuan apabila raw water



yang di supply ternyata memiliki karakter air yang berbeda dari biasanya, hal ini dapat diatasi dengan cara menyesuaikan jenis dan dosis dari koagulan yang digunakan.

### **III.2.3 Tinjauan Kedua**

Tinjauan yang kedua adalah kualitas air yang akan diendapkan. Air yang akan diendapkan dapat diketahui dan dikendalikan kualitasnya dengan beberapa parameter, 2 diantaranya adalah :

a. pH air

pH air merupakan salah satu parameter yang dapat kita lihat ketika ingin mengetahui kualitas air. Penyediaan air untuk industri biasanya harus berada dalam keadaan netral ( pH antara 6,5 hingga 8). Jika air baku mempunyai pH asam, maka harus dilakukan penambahan senyawa yang bersifat basa, (misalnya NaOH) agar air baku menjadi/mendekati netral. Dan sebaliknya, jika air baku berada pada pH basa, maka harus dilakukan penambahan senyawa yang bersifat asam (misalnya HCl) agar air baku dalam keadaan netral.

b. Tingkat kesadahan air

Salah satu syarat penting dalam penyediaan air untuk industri tingkat kesadahan air. Kesadahan adalah kandungan mineral-mineral dalam air yang dapat menyebabkan terjadinya korosif atau kerak. Untuk proses produksi di PT. Semen Indonesia (PERSERO) Tbk, tingkat kesadahan air yang berasal dari raw water berada di atas 300 ppm, sehingga harus diturunkan tingkat kesadahannya agar apabila digunakan pada proses (air pendingin) maka tidak akan menimbulkan kerak dan juga untuk menghindari terbentuknya flok-flok pada pipa saluran air. Salah satu metode untuk menurunkan tingkat kesadahan adalah dengan menggunakan metode kapur soda (lime soda softening). Fungsi dari kapur yang digunakan adalah untuk mengendapkan kation-kation yang terikat dalam bentuk karbonat, sulfat, klorida agar menjadi bentuk hidroksidanya dan mengendap. Sedangkan fungsi dari soda ash ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) adalah untuk mengikat endapan



agarturun di bagian bawah Clarifier water untuk memudahkan dalam pemisahan antara air yang jernih dengan endapan. Tingkat keefektifan proses ini ditentukan oleh banyaknya jumlah kapur ( $\text{CaO}$ ) dan soda ash yang digunakan. Oleh karena itu pada awal proses perlu dilakukan jar test yang bertujuan untuk mengetahui banyaknya kapur soda yang optimum untuk menurunkan kesadahan raw water.

### III.3 Material Berbasis Silika

#### III.3.1 Penggunaan Silika pada Pabrik Semen

Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah. Potensi tersebut meliputi minyak, gas, dan bahan-bahan mineral. Bahan-bahan mineral yang tergolong bahan oksida mempunyai potensi untuk pemanfaatan aplikasi teknologi tinggi seperti:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Santoso, 2015). Semen berasal dari bahasa latin yaitu “cementum”, dengan kata lain semen dapat didefinisikan adalah bahan perekat yang berbentuk serbuk halus, bila ditambah air akan terjadi reaksi hidrasi sehingga dapat mengeras sebagai pengikat. Bahan mentah dalam pembuatan semen adalah batu kapur, pasir silika, tanah liat dan pasir besi. Total kebutuhan bahan mentah yang digunakan untuk memproduksi semen adalah batu kapur sebanyak  $\pm 81\%$ , pasir silika sebanyak  $\pm 9\%$ , tanah liat sebanyak  $\pm 9\%$ , dan pasir besi sebanyak  $\pm 1\%$ . Pasir kuarsa memiliki kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang lebih tinggi dari semen namun kandungan kapurnya ( $\text{CaO}$ ) lebih rendah dari semen. Kandungan silika berfungsi sebagai material pengisi (filler), sedangkan kandungan kapur berperan dalam proses pengikatan.

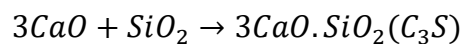
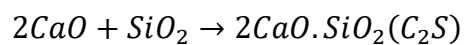
##### 1. Bahan Baku Klinker

- a) **Komponen Utama:** Silika merupakan salah satu komponen utama dalam bahan baku untuk produksi klinker semen. Bahan baku utama lainnya adalah kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

- b) **Proporsi:** Biasanya, proporsi silika dalam bahan baku berkisar antara 10-15%. Proporsi ini penting untuk memastikan sifat hidraulik semen yang baik.

## 2. Proses Pembakaran:

- a) **Reaksi Kimia:** Dalam tanur putar, silika bereaksi dengan kalsium oksida (CaO) pada suhu tinggi (sekitar 1450°C) untuk membentuk kalsium silikat, yang merupakan komponen utama klinker. Reaksi utama adalah:



- b) **Pembentukan Fasa:** Kalsium silikat (C<sub>2</sub>S dan C<sub>3</sub>S) adalah fasa utama yang memberikan sifat hidraulik pada semen, yang memungkinkan semen mengeras dan memperoleh kekuatan ketika bercampur dengan air.

## 3. Pengaruh pada Kualitas Semen:

- a) **Kekuatan dan Daya Tahan:** Silika membantu meningkatkan kekuatan tekan dan daya tahan beton.
- b) **Stabilitas Dimensi:** Proporsi silika yang tepat membantu mencegah ekspansi berlebihan dan retak pada beton.

### III.3.2 Tugas Khusus

Analisa hasil pengujian fisika seperti nilai kuat tekan pada setiap jenis semen yang dikirim ke Laboratorium Fisika. Pada tugas khusus ini digunakan semen Ezpro (EP), Powerpro (PP), Ultrapro (UP), dan Sprintpro (SP).

### III.3.3 Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan pada semen dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan mortar semen hidrolis dengan menggunakan benda uji berbentuk kubus berukuran sisi 50 mm. Menurut standar IK Pengujian Kuat Tekan SNI ASTM 2049 : 2015, suhu yang digunakan yaitu suhu ruang dan kelembaban tidak kurang dari 50%.

A. Langkah-langkah penyiapan cetakan benda uji :

1. Oleskan tipis-tipis minyak pelumas dengan menggunakan kain pada bagian dalam cetakan dan dasar plat cetakan
2. Seka kelebihan minyak pelumas dengan kain seperlunya  
Lapisan yang menempel dianggap memadai apabila penekanan dengan jari nampak membekas
3. Oleskan minyak pelumas pada bagian permukaan yang akan disambung atau disatukan
4. Sambungkan atau satukan kedua cetakan kuat-kuat dan pasangkan pada dasar plat cetakan
5. Seka dengan kain kering kelebihan minyak pelumas dari cetakan
6. Buatlah kedap air pada bidang kontak bagian luar antara cetakan dan dasar plat cetakan dengan menggunakan paraffin yang telah dicairkan

**B. Komposisi mortar**

- Perbandingan bahan kering adalah 1 bagian berat semen dengan 2,75 bagian berat pasir standar.
- Faktor air semen adalah 0,485 untuk semua jenis semen portland, sedangkan untuk semen portland pozzoland ditentukan dengan pengujian meja alir hingga diperoleh aliran / mortar  $110 \pm 5\%$  atau 208 – 218 mm ( IK/24012000/110 )
- Jumlah bahan-bahan yang dicampur dalam satu kali pengerjaan atau adukan untuk membuat 6 dan 9 benda uji adalah sebagai berikut :

Bahan-bahan	Banyaknya benda uji	
	6 buah	9 buah
Semen, gram	500	740
Pasir, gram	1375	2035
Air, ml	242	359

**C. Penyiapan adukan mortar untuk pengujian semen Portland :**

1. Timbang contoh bahan yang ditentukan sebelumnya.
2. Siapkan air adukan sebanyak 359 ml untuk 9 buah benda uji, atau 242 ml untuk 6 buah benda uji.



3. Siapkan mesin pengaduk dan coba lebih dulu.
4. Tuangkan air adukan ke dalam mangkok mesin pengaduk.
5. Masukkan contoh semen ke dalam mangkok mesin pengaduk.
6. Jalankan mesin pengaduk pada kecepatan rendah ( $140 \pm 5$ rpm) selama 30 detik.
7. Setelah 30 detik mesin pengaduk tetap berjalan, masukkan pasir perlahan lahan dalam waktu 30 detik.
8. Matikan mesin pengaduk dan pindahkan pada kecepatan sedang ( $285 \pm 10$  rpm), kemudian jalankan selama 30 detik.
9. Hentikan mesin pengaduk dan diamkan selama 90 detik.
10. Segera pada 15 detik pertama turunkan mortar yang menempel pada dinding mangkok dengan skrapel plastik , segera tutup mangkok.
11. Setelah 90 detik buka tutup mangkok dan jalankan alat pengaduk pada kecepatan sedang ( $285 \pm 10$ rpm) selama 60 detik.

**D. Penyiapan adukan mortar untuk pengujian semen Portland pozzolan :**

1. Lakukan penyiapan adukan mortar seperti sebelumnya
2. Segera setelah pengadukan selesai, ambil mortar dan masukkan ke dalam cetakan alir kira-kira separuh cetakan dan rojok dengan alat perojok sebanyak 20 kali, isi kembali sampai penuh dan rojok sebanyak 20 kali.
3. Potong kelebihan mortar dan ratakan permukaannya dengan mistar atau cetok, dan bersihkan meja alir.
4. Angkat cetakan alir dan segera “ON” kan meja alir (lakukan 25 kali ketukan atau jatuhan dengan ketinggian meja alir 13 mm).
5. Ukur dengan mistar diameter mortar dari empat diagonal dan rata-ratanya sebagai hasil pengujian aliran mortar.
6. Segera kembalikan mortar ke dalam mangkok dan aduk kembali selama 15 detik.
  - Apabila uji aliran mortar tidak terpenuhi ( $208 - 218$ mm), buatlah beberapa kali pengujian dengan variasi jumlah air sampai mencapai  $110 \pm 5\%$  atau  $208 - 218$  mm.

**E. Pencetakan benda uji :**



1. Siapkan cetakan yang telah dilapisi parafin atau minyak seperti butir IV.3.
  - Pencetakan benda uji dimulai paling lambat 2,5 menit setelah selesai pengadukan.
2. Tuangkan adukan ke dalam cetakan, pada tahap pertama kira-kira separuh cetakan.
3. Rojoh sebanyak 32 kali dalam waktu kira-kira 10 detik, dengan urutan rojohan seperti gambar.
4. Tuangkan kembali sisa adukan mortar ke dalam cetakan hingga penuh dan rojoh kembali seperti pada tahap pertama.
  - Pada perojohan tahap kedua, adukan mortar yang keluar dari cetakan dimasukkan kembali (pada setiap 8 kali perojohan).
5. Ratakan mortar sampai permukaannya rata dengan permukaan cetakan.

F. Penyimpanan benda uji

1. Simpan benda uji didalam ruang lembab selama 20 – 24 jam. Masing-masing benda uji diberi tanda atau kode.
2. Keluarkan benda uji dari ruang lembab, kemudian lepaskan benda uji dari cetakan.
3. Rendam benda uji dalam bak rendaman yang tidak berkarat. Air rendaman harus selalu bersih dan menggunakan air kapur jenuh.

G. Pengetesan benda uji

1. Tentukan kuat tekan pada masing-masing benda uji dengan toleransi waktu pengetesan dan waktu pembuatan benda uji, sebagai berikut :

Umur Pengujian	Toleransi yang diperbolehkan
24 hari	$\pm 0.5$ jam
3 hari	$\pm 1$ jam
7 hari	$\pm 3$ jam
28 hari	$\pm 12$ jam

2. Keluarkan benda uji dari bak rendaman.



3. Bersihkan benda uji dengan kain basah (untuk menghilangkan kelebihan air dan kotoran yang melekat).
4. Tekan benda uji hingga hancur, dan catatlah beban maksimum yang ditunjukkan pada layar display.
  - Beban tekan dikenakan pada permukaan benda uji yang betul-betul rata.
  - Kecepatan penekanan dilakukan sedemikian rupa sehingga tekanan maksimum tercapai dalam waktu 900 –1800 N/ detik

Penggunaan pasir silika pada pengujian kuat tekan semen yaitu :

**1. Sebagai Agregat dalam Mortar Semen:**

- Pasir silika berfungsi sebagai agregat halus dalam campuran mortar semen.
- Menyediakan kekuatan mekanik dan stabilitas struktural pada mortar yang dihasilkan.
- Meningkatkan ketahanan terhadap retak dan deformasi pada mortar.

**2. Mengontrol Konsistensi dan Workability:**

- Pasir silika membantu mencapai konsistensi yang diinginkan dalam campuran mortar.
- Meningkatkan workability, membuat campuran lebih mudah diolah dan diaplikasikan.

**3. Menentukan Rasio Campuran yang Tepat:**

- Digunakan untuk menentukan rasio campuran antara semen, pasir, dan air yang tepat.
- Memastikan homogenitas dan keseragaman dalam campuran mortar.

**4. Pengujian Standar:**



- Pasir silika yang digunakan dalam pengujian harus memenuhi standar tertentu untuk memastikan hasil uji yang konsisten dan dapat diandalkan.
- Pasir silika standar digunakan untuk kalibrasi dan kontrol kualitas dalam pengujian kuat tekan.

#### 5. Meningkatkan Kekuatan Tekan:

- Pasir silika yang digunakan sebagai agregat halus dalam mortar memberikan kontribusi signifikan terhadap kuat tekan mortar.
- Distribusi partikel pasir silika yang merata dalam campuran membantu dalam pembentukan struktur yang padat dan kokoh.

#### H. Perhitungan

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{F} \quad (\text{psi atau MPa})$$

Keterangan :

P = Beban maksimum (lbf/N)

F = Luas penampang ( $\text{in}^2$  atau  $\text{mm}^2$ )

#### III.3.3.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Diketahui : Luas Penampang,  $F = 25 \text{ mm}^2$

Berikut contoh perhitungan pada semen Ezpro :

Pada umur pengujian 3 hari didapatkan nilai beban tekan maksimum (P) :

- 1) Benda uji 1 = 4021 kN, kgF
- 2) Benda uji 2 = 3677 kN, kgF
- 3) Benda uji 3 = 3921 kN, kgF

Sehingga, dapat dihitung sebagai berikut

- 1) Benda uji 1

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan} &= \frac{4021}{25} \\ &= 160.8 \text{ MPa} \end{aligned}$$



**LAPORAN AKHIR MAGANG INDUSTRI**  
**PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**



2) Benda uji 2

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{3677}{25}$$
$$= 147.1 \text{ MPa}$$

3) Benda uji 3

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{3921}{25}$$
$$= 156.8 \text{ MPa}$$

Rata-rata kuat tekan yang diperoleh yaitu : 154.9 MPa

Ezpro				Powerpro			
Tanggal Cetak		26-Apr-24		Tanggal Cetak		26-Apr-24	
Luas permukaan, F :		25	mm <sup>2</sup> , cm <sup>2</sup> *)	Luas permukaan, F :		25	mm <sup>2</sup> , cm <sup>2</sup> *)
Beban tekan maksimum : kN, kgf ( P ) *)				Beban tekan maksimum : kN, kgf ( P ) *)			
1 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari	1 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
	4021	4937	6792		5640	7187	9429
	3677	5185	6987		6035	6910	9202
	3921	5649	6765		5541	7177	9605
Perhitungan = P / F				Perhitungan = P / F			
	160.8	197.5	271.7		225.6	287.5	377.2
	147.1	207.4	279.5		241.4	276.4	368.1
	156.8	226.0	270.6		221.6	287.1	384.2
Rata-rata Kuat Tekan : N / mm <sup>2</sup> , kg/cm <sup>2</sup> , MPa *)				Rata-rata Kuat Tekan : N / mm <sup>2</sup> , kg/cm <sup>2</sup> , MPa *)			
	154.9	210.3	273.9		229.5	283.7	376.5



**LAPORAN AKHIR MAGANG INDUSTRI**  
**PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.**



Ultrapro				Sprintpro			
Tanggal Cetak		24-Apr-24		Tanggal Cetak		24-Apr-24	
Luas permukaan, F :		25	mm <sup>2</sup> , cm <sup>2</sup> *)	Luas permukaan, F :		25	mm <sup>2</sup> , cm <sup>2</sup>
Beban tekan maksimum : kN, kgf ( P ) *)				Beban tekan maksimum : kN, kgf ( P ) *)			
1 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari	1 Hari	3 Hari	7 Hari	28 Hari
	6218	7505	9793		6637	8879	10032
	6009	7109	9738		6554	8599	11229
Perhitungan = P / F				Perhitungan = P / F			
	248.7	300.2	391.7		265.5	355.2	401.3
	240.4	284.4	389.5		262.2	344.0	449.2
Rata-rata Kuat Tekan : N / mm <sup>2</sup> , kg/cm <sup>2</sup> , MPa *)				Rata-rata Kuat Tekan : N / mm <sup>2</sup> , kg/cm <sup>2</sup> , MPa *)			
	244.5	292.3	390.6		263.8	349.6	425.2

### III.4 Teknologi Mineral

#### III.4.1 Sifat Fisika dan Kimia Mineral

Mineral-mineral yang terdapat dalam semen memiliki berbagai sifat fisika dan kimia yang berkontribusi pada karakteristik dan kinerja semen. Mineral-mineral tersebut dapat diketahui melalui Analisa menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *X-Ray Diffraction* (XRD). XRF digunakan untuk memperoleh informasi mengenai komposisi kimia elemen pada semen. Sedangkan XRD digunakan untuk memperoleh informasi mengenai struktur kristal dan identifikasi fasa mineral dari semen. Berikut beberapa mineral utama pada semen, yaitu :

1. Alit (Tricalcium Silicate, C3S)

a. Sifat Fisika :

- 1) Formula kimia :  $3CaO.SiO_2$
- 2) Warna : Abu-abu terang atau putih
- 3) Kekerasan : Tinggi, memberikan kekuatan mekanik yang baik pada semen



b. Sifat Kimia :

- 1) Reaktivitas : Bereaksi cepat dengan air, menghasilkan panas hidrasi yang tinggi dan kekuatan awal yang tinggi pada semen
- 2) Produk Hidrasi : Kalsium silikat hidrat (C-S-H) dan Kalsium Hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>)

2. Belit (Dicalcium Silicate, C2S)

a. Sifat Fisika

- 1) Formula kimia :  $2CaO \cdot SiO_2$
- 2) Warna : Abu-abu keputihan
- 3) Kekerasan : Lebih rendah dibandingkan dengan C3S

b. Sifat Kimia :

- 1) Reaktivitas : Bereaksi lebih lambat dengan air dibandingkan dengan C3S, menghasilkan panas hidrasi yang lebih rendah
- 2) Produk Hidrasi : C-S-H dan Ca(OH)<sub>2</sub>, memberikan kekuatan jangka panjang pada semen

3. Aluminat (Tricalcium Aluminate, C3A)

a. **Formula Kimia:**  $3CaO \cdot Al_2O_3$

b. **Sifat Fisika:**

- 1) **Warna:** Putih hingga krem.
- 2) **Kekerasan:** Lebih rendah dibandingkan dengan silikat.

c. **Sifat Kimia:**

- 1) **Reaktivitas** : Sangat reaktif dengan air, menghasilkan panas hidrasi yang tinggi.
- 2) **Produk Hidrasi** : Kalsium aluminat hidrat dan kalsium hidroksida.
- 3) **Peranan dalam Setting Time:** Dapat mempengaruhi waktu pengikatan semen, sering diatur dengan menambahkan gipsum.

4. Ferri Aluminat (Tetracalcium Aluminoferrite, C<sub>4</sub>AF)



- 
- a. **Formula Kimia:**  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
  - b. **Sifat Fisika:**
    - 1) **Warna:** Abu-abu gelap hingga coklat.
    - 2) **Kekerasan:** Menengah.
  - c. **Sifat Kimia:**
    - 1) **Reaktivitas** : Bereaksi dengan air, tetapi lebih lambat dibandingkan dengan  $\text{C}_3\text{A}$ .
    - 2) **Produk Hidrasi** : Kalsium aluminoferrite hidrat.
    - 3) **Kontribusi pada Warna** : Memberikan warna gelap pada semen.

#### III.4.2 Tugas Khusus

Analisa kandungan mineral pada setiap jenis semen melalui alat XRF dan XRD. Pada tugas khusus ini dilakukan Analisa pada semen Ezpro (EP), PowerPro (PP), Ultrapro (UP), dan Sprintpro (SP).



Tabel III.4 Kandungan Mineral Semen melalui Alat XRD

Phase Name	Formula	Nilai %			
		EP	PP	UP	SP
C3S <M1>	Ca <sub>3</sub> SiO <sub>5</sub>	15.592	21.342	27.673	27.444
C3S <M3>	Ca <sub>3</sub> SiO <sub>5</sub>	16.128	16.094	22.811	23.33
C2S_beta	Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	8.397	12.28	14.723	14.014
C2S_alpha	Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	0.312	0.077	0.735	0.528
C2S_alpha'H	Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	0.376	0.424	1.76	1.595
C2S_gamma	Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	0.886	2.971	0.599	1.646
C3A_cubic	Ca <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	4.628	5.078	4.827	4.611
C3A_orthorhombic	Ca <sub>8,5</sub> NaAl <sub>6</sub> O <sub>18</sub>	0.465	0.466	1.404	0.97
C3A monoclinic	Ca <sub>8,25</sub> Na <sub>1,5</sub> (Al <sub>6</sub> O <sub>18</sub> )		0.042		0.414
C4AF-A	Ca <sub>2</sub> FeAlO <sub>5</sub>	4.095	5.374	3.916	4.564
C4AF-B	Ca <sub>2</sub> FeAlO <sub>5</sub>	2.036	2.675	5.366	5.597
Lime	CaO	0.135	0.181	0.242	0.463
Periclase	MgO	0.866	0.521	0.606	0.603
Portlandite	Ca(OH) <sub>2</sub>	0.578	1.993	2.433	2.955
Quartz	SiO <sub>2</sub>	0.56	0.151	0.102	
Arcanite	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.244	0.16	0.01	0.559
Langbeinite	K <sub>2</sub> Mg <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0.939	0.822	0.102	0.073
Aphthitalite	NaKSO <sub>4</sub>	0.402	0.172	0.131	0.316
Gypsum	CaSO <sub>4</sub> ·2(H <sub>2</sub> O)	1.911	1.248	0.613	0.082
Bassanite	CaSO <sub>4</sub> ·0,5(H <sub>2</sub> O)	0.355	2.526	2.619	3.875
Anhydrite	CaSO <sub>4</sub>	0.371	0.175	0.738	0.329
Calcite	CaCO <sub>3</sub>	20.857	11.632	6.488	4.474
Dolomite	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	7.605	1.738	0.675	0.417
Syngenite	K <sub>2</sub> Ca(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O)	0.454	1.032	0.141	0.085
Andesine An50	(Rb <sub>0,811</sub> Al <sub>0,062</sub> )(Al <sub>0,997</sub> Si <sub>3,003</sub> O <sub>8</sub> )	10.192	8.942	0.604	0.348
Actinolite	Na <sub>0,8</sub> Ca <sub>1,73</sub> Mg <sub>1,88</sub> Mn <sub>0,16</sub> Fe <sub>2,72</sub> Fe <sub>0,32</sub> Al <sub>0,32</sub> Si <sub>7,68</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>	0.791	0.552		
Sanidine Na0.1	Na <sub>0,1</sub> K <sub>0,83</sub> AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	0.82	0.942		
Dawsonite	NaAlCO <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub>	0.006	0.392	0.684	0.706

Tabel III.5 Kandungan Mineral Semen melalui Alat Uji XRF

PARAMETER			EZPRO	POWERPRO	ULTRAPRO	SPRINTPRO
Silicon Dioxide	(SiO <sub>2</sub> )	%	19.049	22.028	20.566	19.427
Aluminium Oxide	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	%	5.501	6.171	5.669	5.317
Ferric Oxide	(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	%	2.917	3.249	3.35	3.278
Calcium Oxide	(CaO)	%	55.53	58.94	62.23	62.73
Magnesium Oxide	(MgO)	%	2.1466	1.8895	2.0755	2.2071
Sulfur Trioxide	(SO <sub>3</sub> )	%	1.8487	2.1192	1.7565	2.1109
Sodium Oxide	(Na <sub>2</sub> O)	%	0.5052	0.5677	0.3432	0.1954
Potassium Oxide	(K <sub>2</sub> O)	%	0.546	0.6727	0.5151	0.461
Titanium Dioxide	(TiO <sub>2</sub> )	%	0.252	0.2861	0.2921	0.2837
Phosphorus pentoxide	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.1365	0.1358	0.1783	0.1498



---

### **III.4.3 X-Ray Diffraction (XRD)**

X-ray diffraction adalah teknik analisis non- destruktif yang dapat memberikan informasi tentang komposisi kimia, struktur kristal, ukuran kristalit, reangan kisi, orientasi pilihan, ketebalan lapisan, dan dimensi sel. Para peneliti menggunakan XRD untuk menganalisis berbagai material mulai dari bubuk hingga padatan, film tipis, dan material nano. Setiap bahan di alam semesta tersusun dari partikel terkecil yaitu atom. Pada suatu material padat atau solid atom – atom akan tersusun secara teratur, hal tersebut biasa disebut kristal. Saat zat padat terpapar sinar-x dengan energi yang tinggi maka energi tersebut akan diserap oleh elektron – elektron yang berada di kulit atom, tetapi apabila paparan sinar-x tidak cukup untuk melepaskan elektron tersebut dari lintasannya, maka elektron akan menghamburkan kembali sinar-x dengan besaran yang sama, hamburan tersebut disebut elastic scattering. Setiap elastic scattering memiliki sifat yang khas pada tiap atomnya karena tiap atom memiliki konfigurasi yang berbeda – beda. Pada zat padat yang memiliki zat atom yang sangat banyak dan tersusun secara teratur, ketika terpapar sinar-x setiap atom akan menghamburkan sinar-x. Hamburan tersebut akan saling berinteraksi. Interaksi antara hamburan sinar-x tersebut akan menghasilkan dua interferensi yaitu, interferensi destruktif dan interferensi konstruktif. Ketika dua gelombang / lebih memiliki fasa berlawanan dan saling berinteraksi maka hamburan sinar-x yang dihasilkan akan saling meniadakan hal tersebut disebut interferensi destruktif. Sedangkan dua gelombang / lebih memiliki fasa yang sama dan saling berinteraksi hamburan sinar-x yang dihasilkan akan saling menguatkan hal tersebut disebut interferensi konstruktif. Interferensi konstruktif hanya terjadi pada sudut – sudut tertentu yang spesifik saja. Pada saat terjadi interferensi konstruktif detector atau sensor XRD akan mendeteksi adanya puncak difraksi. Adapun skema pengujian XRD adalah sebagai berikut. Dalam XRD terdapat X-ray tube sebagai sumber radiasi dan sensor sebagai pendeteksi pola difraksi sinar-x. X-ray tube dan sensor akan bergerak dengan sudut tertentu dan saling mendekat sambil mendeteksi adanya hamburan sinar-x. Pada saat terjadi interferensi destruktif sensor tidak akan mendeteksi adanya intensitas. Namun, pada saat terjadi interferensi konstruktif sensor akan mendeteksi adanya intensitas sinar-x dan hal



---

tersebut akan menghasilkan grafik puncak intensitas. Perlakuan tersebut akan dilakukan terus menerus hingga batas sudut yang telah ditentukan. Sehingga nanti akan didapatkan suatu data berupa grafik antara sudut dan intensitas. Dari grafik tersebut peneliti bisa menganalisa sebagai karakteristik material.

#### **III.4.4 X-Ray Fluorescence (XRF)**

XRF adalah metode analisis untuk mengetahui komposisi kimia semua jenis bahan. Bahannya dapat berupa padat, cair, bubuk, disaring atau bentuk lainnya. XRF terkadang juga dapat digunakan untuk menentukan ketebalan dan komposisi lapisan. Metode ini cepat, akurat, dan tidak merusak, serta biasanya memerlukan sedikit persiapan sample. Waktu penukaran bervariasi tergantung ada jumlah elemen yang akan ditentukan dan akurasi yang diperlukan. Instrument XRF memiliki dua komponen utama yaitu, X-ray tube sebagai sumber sinar-x dan detector sebagai pendeteksi intensitas sinar-x. Sinar-x yang dihasilkan oleh X-ray tube diarahkan pada permukaan sampel, ketika sinar-x mengenai atom – atom dalam sampel, sinar-x dan atom – atom tersebut akan bereaksi dan menghasilkan sinar-x sekunder yang nantinya akan dideteksi oleh detector. Atom stabil terdiri dari inti atom dan elektron yang bergerak mengorbitnya tersusun dalam tingkat energi yang berbeda pada tiap kulit atomnya serta dalam tiap kulit atomnya menampung jumlah elektron yang berbeda. Ketika sinar-x yang dihasilkan x-ray tube bertabrakan dengan sebuah atom dan mengganggu keseimbangan atom, maka elektron dari tingkat energi yang rendah akan dikeluarkan dan terjadi kekosongan yang membuat atom tidak stabil. Untuk memulihkan kestabilan atom, maka elektron dari tingkat energi yang lebih tinggi akan mengisi kekosongan tersebut. Energi berlebih yang dihasilkan ketika elektron bergerak antara perpindahan tersebut akan dipancarkan dalam bentuk sinar-x sekunder. Sinar-x ini merupakan karakteristik unsur, sehingga pengujian XRF memberi informasi kualitatif tentang sampel yang diukur, Namun disini lain XRF juga memberi informasi kuantitatif, sebab sinar-x sekunder yang dipancarkan oleh atom – atom dalam sampel dikumpulkan oleh detector dan diproses untuk menghasilkan data berupa grafik yang menunjukkan puncak intensitas sinar-x. Informasi inilah yang nantinya akan membantu peneliti untuk menghitung komposisi unsur sampel.

---



### **III.5 Manajemen Bisnis**

#### **III.5.1 Siklus Produk dan Pengembangan Produk**

Divisi riset dan pengembangan (Research and Development atau R&D) melakukan penelitian terkait proses produksi semen dan pengemasan, pengembangan bahan baku, pengembangan produk semen, dan pengembangan produk building material. Upaya tersebut dilakukan untuk menjawab tantangan global atas kebutuhan produk dan solusi berkelanjutan. Fasilitas riset terdapat di beberapa lokasi, di antaranya SIG Research Laboratory di Gresik, Jawa Timur, dan Research Center di Narogong, Jawa Barat. Beberapa laboratorium anak usaha beton juga menjadi sarana penelitian. Kebijakan SIG untuk mencapai program berkelanjutan di bidang penelitian dan pengembangan terdiri dari:

1. Sentralisasi pengelolaan kegiatan penelitian dan pengembangan di SIG Group berdasarkan arah pasar dan tren konstruksi.
2. Pengembangan dan portofolio produk:
  - a. Building materials development
  - b. Process & new products
  - c. Bag development
3. Pengelolaan I2RI (Indonesia Infrastructure Research and Innovation Institute) mendukung BUMN Center of Excellences Klaster Infrastruktur
4. Standarisasi dan sertifikasi manajemen laboratorium.
5. Kolaborasi dan kerja sama dengan skema pentahelix.

#### **III.5.2 Transformasi Proses Bisnis**

Selain fokus pada inovasi produk, SIG juga bergerak dalam inovasi transformasi proses bisnis di laboratorium. SIG telah menyediakan Sistem R&D Holding berbasis digital (Web Research & Innovation Center) untuk mengikuti perkembangan era digital 4.0. Sistem ini merupakan portal digital yang berisi informasi aktivitas R&D. Portal ini juga merupakan media promosi serta profit center bagi laboratorium riset bersertifikat ISO 17025, dengan memberikan pelayanan berbayar kepada pihak eksternal. SIG melakukan penguatan distribusi



dan digitalisasi proses pemasaran, penjualan, dan supply chain. Kami memanfaatkan platform digital SIG, yaitu SobatBangun, AksesToko, dan Official Store SIG di salah satu e-commerce Indonesia sebagai salah satu strategi penjualan yang efisien dan efektif, menyikapi perubahan perilaku konsumen yang lebih menyukai pembelian daring. Komitmen untuk memberikan layanan terbaik kepada para mitra dibuktikan dengan teknologi terintegrasi di AksesToko. Distributor dan toko retail dapat melihat dan memesan semua produk kami, membayar dengan berbagai metode pembayaran, dan memperbaharui alamat pengiriman menggunakan satu aplikasi.

### III.5.3 Tugas Khusus

Analisis strategi pemasaran yang diterapkan PT Semen Indonesia Tbk, mengetahui factor kekuatan, kelemahan perusahaan, peluang dan ancaman pada perusahaan serta menganalisis strategi yang tepat digunakan perusahaan untuk meningkatkan volume ekspor.

### III.5.4 Strategi STP (*Segmenting, Targeting, Positioning*)

#### a. *Segmenting*

Segmentasi pasar adalah membagi pasar menjadi kelompok-kelompok berdasarkan kebutuhan dan karakteristik pembeli yang berbeda-beda. Segmentasi terdiri dari segmentasi demografis, segmenting geografis, segmentasi psikologis, dan segmentasi perilaku. PT Semen Indonesia Tbk memiliki dua segmentasi produk yakni curah dan retail (sak) Dimana segmentasi ini dipilih berdasarkan karakteristik konsumen yaitu rasional untuk curah dan irasional untuk retail (sak). Kedua pelanggan/konsumen ini selalu mengutamakan kualitas dan ketersediaan barang. PT Semen Indonesia Tbk juga memproduksi semen di anak perusahaan yang berada di Indonesia, yaitu PT Semen Gresik, PT Semen Padang dan PT Semen Tonasa

#### b. *Targeting*

Targeting adalah penetapan target segmentasi pasar, Targeting adalah pasar sasaran yang menjadi tujuan penjualan produk. *Targeting* atau sasaran pasar untuk



produk PT Semen Indonesia (Persero) Tbk ada tiga yaitu pabrikan, konsumen untuk proyek dan konsumen luar negeri. Konsumen proyek menjadi targeting PT Semen Indonesia Tbk karena semen dibutuhkan dalam pembangunan proyek besar yang banyak dilakukan di Indonesia. Targeting berikutnya adalah pabrikan yang membutuhkan semen untuk membuat suatu produk seperti contohnya asbes dan bata ringan. Targeting yang terakhir adalah konsumen luar negeri yang mencakup negara-negara di Afrika, Asia Selatan, dan Asia Tenggara karena di negara-negara tersebut tidak mempunyai sumber daya alam untuk memproduksi semen sendiri atau karena produksi yang tidak mencukupi permintaan dan kebutuhan dalam negeri.

#### c. Positioning

Positioning adalah membedakan suatu produk dalam kebutuhan para konsumen, dan berhubungan dengan manfaat-manfaat yang ditawarkan dan tidak ditawarkan oleh produk tersebut. PT Semen Indonesia (persero) Tbk melakukan riset berdasarkan karakteristik pelanggan dengan pendekatan produk yang berbeda. Berdasarkan hasil wawancara bahwa kedua pelanggan baik pelanggan sak atau curah, keduanya selalu mengutamakan kualitas dan ketersediaan barang maka positioning yang tepat adalah produk yang premium.

### III.5.5 Bauran Pemasaran (*Marketing Mix*)

Bauran Pemasaran Internasional (International Marketing Mix) atau yang sering disebut dengan 4P yang terdiri dari empat macam faktor yaitu produk (product), harga (price), promosi (promotion), dan distribusi (place).

#### a. Produk

Semen Portland Tipe II-V (Non-OPC) dan semen dengan berbagai tipe khusus serta semen campur (mixed cement). Semen produksi perusahaan memiliki kualitas yang tinggi dan telah memenuhi standar SNI. PT Semen Indonesia (persero) Tbk memiliki total 10 macam produk semen.

#### b. Harga (*Price*)



Penentuan harga PT Semen Indonesia Tbk menggunakan kebijakan harga based on value artinya dengan memperhatikan posisi pasar apakah perusahaan berada pada posisi market leader, market challenger, atau market follower. Harga pada setiap kota/daerah berbeda berdasarkan komposisi daya saing dengan merek lain dan posisi pasar, jika main share di suatu daerah tinggi maka perusahaan dapat memasang harga yang tinggi dibandingkan produk lain yang serupa. Brand value ini berkaitan dengan persepsi awareness dan persepsi kualitas yang sangat mempengaruhi penentuan harga jual produk.

c. Promosi (*Promotion*)

Promosi di PT Semen Indonesia (persero) Tbk dibagi menjadi dua yaitu ATL (Above The Line) dimana promosi dilakukan dengan promosi di toko, billboard, papan nama toko dan spanduk. Cara promosi berikutnya yaitu BTL (Below The Line) dimana promosi dilakukan dengan sales promo, program wisata, ketemu pelanggan, dan loyalty program. Hal ini seperti yang telah disampaikan oleh bagian penjualan produk. Kegiatan promosi lainnya juga dilakukan melalui media promo outdoor seperti billboard, neon box, baliho, papan nama toko, media cetak seperti koran, majalah, tabloid, dan poster serta media elektronik seperti iklan di televisi dan radio.

d. Distribusi (*Place*)

Kegiatan distribusi PT Semen Indonesia (persero) Tbk dilakukan dengan dua pola yaitu single distributor dimana penyaluran barang ke konsumen hanya mengandalkan satu distributor saja dan multi distributor dimana penyaluran barang menggunakan beberapa distributor. PT Semen Indonesia (persero) Tbk memiliki 514 distributor nasional di setiap provinsi di Indonesia untuk menjamin kelancaran pasokan semen ke seluruh wilayah Indonesia.



---

### **III.6 Teknologi Material Maju**

Teknologi proses pembuatan semen, antara lain yaitu :

1. Proses Basah (Wet Process) Menurut Walter H Duda, 1983, pada proses ini bahan baku dihancurkan dalam raw mill kemudian digiling dengan ditambah air dalam jumlah tertentu sebelum dibakar di rotary kiln. Hasilnya berupa slurry, kemudian dikeringkan dalam rotary dryer sehingga terbentuk umpan tanur berupa slurry dengan kadar air 25 - 40%. Pada umumnya menggunakan “Long Rotary Kiln” untuk menghasilkan terak. Terak tersebut kemudian didinginkan dan dicampur dengan gypsum untuk selanjutnya digiling dalam finish mill hingga terbentuk semen. Semua bahan baku yang ada dicampur dengan air, dihancurkan dan diuapkan kemudian dibakar dengan menggunakan bahan bakar minyak, bakar (bunker crude oil). Proses ini jarang digunakan karena masalah keterbatasan energi bahan bakar.

Keuntungan menggunakan proses basah antara lain :

- a. Umpan lebih homogen, semen yang diperoleh lebih baik.
- b. Efisiensi Penggilingan lebih tinggi dan tidak memerlukan suatu unit homogenizer.
- c. Debu yang timbul relatif sedikit.

Kerugian menggunakan proses basah adalah :

- a. Bahan bakar yang digunakan lebih banyak, butuh air yang cukup banyak.
  - b. Tanur yang digunakan terlalu panjang karena memerlukan zone dehidrasi yang lebih panjang untuk mengendalikan kadar air.
  - c. Biaya produksi lebih mahal.
2. Proses Semi Basah (Semi Wet Process)  
Pada proses semi basah, bahan baku (batu kapur, pasir besi, pasir silika) dipecah, kemudian pada unit homogenisasi ditambahkan air dalam jumlah tertentu serta dicampur dengan luluhan tanah liat, sehingga terbentuk bubur halus dengan kadar air 15 - 25% (slurry). Pada proses ini penyediaan umpan

tanur hampir sama seperti proses basah hanya saja disini umpan tanur disaring terlebih dahulu dengan filter press. Filter cake yang berbentuk pellet kemudian mengalami kalsinasi dalam tungku putar panjang (Long Rotary Kiln). Dengan perpindahan panas awal terjadi pada rantai (chain section). Sehingga terbentuk Clinker sebagai hasil proses kalsinasi (Duda, W.H, 1983). Proses ini jarang digunakan karena biaya produksi yang terlalu tinggi dan kurang menguntungkan.

Keuntungan menggunakan proses semi basah antara lain :

- a. Umpan mempunyai komposisi yang lebih homogen dibandingkan dengan proses kering.
- b. Debu yang dihasilkan sedikit.

Kerugian menggunakan pada proses semi basah antara lain :

- a. Tanur yang digunakan masih lebih panjang dari tanur putar pada proses kering.
  - b. Membutuhkan filter yg berupa filter putar kontinyu untuk menyaring umpan yang berupa buburan sebelum dimasukkan ke kiln.
  - c. Energi yang digunakan 1.000 - 1.200 kcal untuk setiap kg terak.
3. Proses Semi Kering (Semi Dray Process)

Proses ini dikenal sebagai grate proses, dimana merupakan transisi dari proses basah dan proses kering dalam pembuatan semen. Umpan tanur pada proses ini berupa tepung baku kering, dengan alat granulator (pelletizer) umpan disemprot dengan air untuk dibentuk menjadi granular atau nodule dengan kandungan air 10 - 12% dan ukurannya seragam 10 - 12 mm. Kemudian kiln feed dikalsinasi dengan menggunakan tungku tegak (shaft kiln) atau long rotary kiln. Konsumsi panas sekitar 1000 Kcal/kg klinker. Sehingga terbentuk clinker sebagai hasil akhir proses kalsinasi.

Keuntungan menggunakan proses semi kering antara lain :

- a. Tanur yang digunakan lebih pendek dari proses basah.
- b. Pemakaian bahan bakar lebih sedikit.

- c. Ukuran klinker yang keluar kiln seragam dan panas pembakaran lebih kecil dibanding proses basah

Kerugian menggunakan proses semi kering antara lain :

- a. Menghasilkan debu oleh karena itu dibutuhkan alat penyaring debu.
- b. Campuran tepung baku kurang homogen karena pada saat penggilingan bahan dalam keadaan kering.

#### 4. Proses Kering (Dry Process)

Pada proses ini bahan baku dipecah dan digiling disertai pengeringan dengan jalan mengalirkan udara panas ke dalam raw mill sampai diperoleh tepung baku dengan kadar air 0,5 - 1%. Selanjutnya, tepung baku yang telah homogen ini diumpankan ke dalam suspension preheater sebagai pemanasan awal, disini terjadi perpindahan panas melalui kontak langsung antara gas panas dengan material dengan arah berlawanan (Counter Current). Adanya sistem suspension pre-heater akan menghilangkan kadar air dan mengurangi beban panas pada kiln. Material yang telah keluar dari suspension preheater siap menjadi umpan kiln dan diproses untuk mendapatkan terak. Terak tersebut kemudian didinginkan secara mendadak agar terbentuk kristal yang bentuknya tidak beraturan (amorf) agar mudah digiling. Selanjutnya dilakukan penggilingan di dalam finish mill dan dicampur dengan gypsum dengan perbandingan 96 : 4 sehingga menjadi semen.

Keuntungan menggunakan proses ini antara lain :

- a. Rotary kiln yang digunakan relatif pendek.
- b. Heat compsumtion rendah yaitu sekitar 800 – 1000 kcal untuk setiap kilogram terak sehingga bahan bakar yang digunakan lebih sedikit.
- c. Kapasitas produksi besar dan biaya operasi rendah.

Kerugian menggunakan proses ini antara lain :

- a. Impuritas  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  menyebabkan penyempitan pada saluran preheater.



- b. Campuran tepung kurang homogen karena bahan yang digunakan dicampur dalam keadaan kering.
- c. Adanya air yang terkandung dalam material sangat mengganggu operasi karena material lengket pada inlet chute.
- d. Banyak debu yang dihasilkan sehingga dibutuhkan alat penangkap debu.

Dari keempat teknologi pembuatan semen di atas pada PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. Pabrik Tuban menggunakan teknologi proses kering karena mempunyai keuntungan yaitu biaya operasi yang rendah dan kapasitas produksi yang besar sehingga sangat menguntungkan pabrik.

### **III.6.1 Tugas Khusus**

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk (SIG) terus berupaya meningkatkan kapabilitas untuk terus tumbuh ditengah kondisi pasar yang hiperkompetisi dan kondisi pandemi yang masih membayangi. Perseroan fokus mengembangkan inovasi untuk menjawab tantangan yang ada di bidang building material dan memberikan solusi kepada seluruh stakeholders. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk (SIG) meluncurkan semen hidraulis tipe HE pertama di Indonesia dengan merek PwrPro. Semen Hidraulis tipe HE bernama "PwrPro" (dibaca pa-wer-pro) ini, telah memenuhi standar yang dipersyaratkan SNI 8912-2020, Spesifikasi Unjuk Kerja Semen Hidraulis-Tipe HE. Sertifikat SNI untuk Semen Hidraulis tipe HE PwrPro telah diterbitkan oleh B4T pada 21 Mei 2021. PwrPro memiliki keunggulan sebagai semen hidraulis tipe HE dengan fitur kuat tekan awal, waktu pengikatan awal, serta workability yang lebih baik untuk mencapai produktifitas yang lebih tinggi serta manfaat ekonomikal yang lebih baik, dapat digunakan untuk berbagai konstruksi bangunan gedung maupun infrastruktur, seperti pembuatan beton cor maupun beton pracetak. PwrPro diproduksi dengan formula ramah lingkungan, sehingga dapat mengurangi tingkat emisi gas CO<sub>2</sub> secara signifikan, serta mengantongi predikat sebagai green product dengan rating Gold dari Green Product Council Indonesia.



---

### III.6.2 Pemanfaatan Limbah Industri

Ada beberapa limbah industri semen yang dihasilkan yaitu Cooperslag, Gypsum sintetik, dan Fly Ash.

#### A. Cooperslag

Cooperslag dari industri semen memiliki potensi pemanfaatan yang luas dalam berbagai bidang. Berikut adalah beberapa cara pemanfaatannya:

##### 1. Bahan Konstruksi:

- a. **Agregat untuk Beton:** Cooperslag dapat digunakan sebagai pengganti sebagian atau seluruh agregat dalam campuran beton, yang dapat meningkatkan kekuatan tekan dan ketahanan beton terhadap serangan kimia.
- b. **Bahan Pengisi (Filler) dalam Aspal:** Cooperslag dapat digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran aspal untuk jalan raya, yang meningkatkan ketahanan aspal terhadap deformasi dan keausan.
- c. **Pembuatan Bata dan Blok Beton:** Campuran cooperslag dengan bahan lain dapat digunakan dalam pembuatan bata dan blok beton, memberikan produk akhir yang lebih kuat dan tahan lama.

##### 2. Industri Kaca dan Keramik:

- a. **Bahan Baku Kaca:** Cooperslag mengandung silika yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan kaca.
- b. **Keramik:** Digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan keramik untuk meningkatkan sifat mekanik dan estetika produk.

##### 3. Pengolahan Limbah dan Remediasi Lingkungan:

- a. **Stabilisasi dan Solidifikasi:** Cooperslag dapat digunakan untuk menstabilkan dan meng-solidifikasi limbah berbahaya, mengurangi mobilitas kontaminan dan mencegah pencemaran tanah dan air.
- b. **Penetralisir Asam:** Kandungan alkalin dalam cooperslag dapat digunakan untuk menetralkan tanah atau air yang bersifat asam.

##### 4. Pertanian:

---



- a. **Kondisioner Tanah:** Cooperslag dapat digunakan sebagai kondisioner tanah untuk meningkatkan struktur tanah dan menyediakan mineral esensial bagi tanaman.

5. **Industri Kimia:**

- a. **Ekstraksi Logam:** Cooperslag dapat digunakan dalam proses ekstraksi logam seperti tembaga dan besi, memanfaatkan kandungan logam yang masih tersisa dalam slag.

6. **Pembuatan Geopolimer:**

- a. **Bahan Baku Geopolimer:** Cooperslag dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan geopolimer, material yang memiliki sifat mekanik dan termal yang baik serta ramah lingkungan.

7. **Produksi Energi:**

- a. **Sintesis Zeolit:** Cooperslag dapat diolah menjadi zeolit, material yang digunakan dalam proses pemurnian dan pengolahan gas alam serta produksi biodiesel.

8. **Industri Pengolahan Air:**

- a. **Adsorben:** Cooperslag dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menghilangkan logam berat dan kontaminan lain dari air limbah.

B. Gypsum Sintetik

1. Bahan Baku Semen

Limbah gipsium sintetik sangat penting dalam proses produksi semen, terutama sebagai agen pengatur waktu pengerasan (setting time). Ketika klinker semen digiling menjadi bubuk, ditambahkan sejumlah kecil gipsium untuk mengontrol reaksi hidrasi kalsium aluminat yang cepat. Tanpa gipsium, semen akan mengeras terlalu cepat setelah dicampur dengan air, yang akan menyulitkan pekerjaan konstruksi. Oleh karena itu, gipsium sintetik membantu dalam:

- **Mengendalikan Setting Time:** Memberikan waktu yang cukup bagi pekerja konstruksi untuk mengolah dan mencetak beton.



- **Meningkatkan Kinerja Semen:** Meningkatkan ketahanan terhadap retak dan meningkatkan kekuatan jangka panjang.

## 2. Pembuatan Produk Konstruksi

Gypsum sintetis dapat diolah menjadi berbagai produk konstruksi yang memiliki banyak manfaat, antara lain:

- **Papan Gypsum:** Digunakan secara luas dalam konstruksi bangunan modern untuk dinding dan plafon. Papan gypsum memiliki sifat tahan api, mudah dipasang, dan memberikan hasil akhir yang halus.
- **Plaster:** Digunakan untuk pelapisan dinding dan langit-langit, memberikan lapisan pelindung dan dekoratif yang halus dan tahan lama. Plaster berbasis gypsum mudah diaplikasikan dan cepat mengering.

## 3. Stabilisasi Tanah

Gypsum sintetis dapat digunakan dalam pertanian dan konstruksi untuk meningkatkan kualitas tanah:

- **Kondisioner Tanah:** Menambahkan gypsum ke tanah membantu memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan aerasi dan retensi air. Ini sangat penting di daerah dengan tanah liat yang berat atau tanah yang terlalu padat.
- **Sumber Nutrisi:** Gypsum menyediakan kalsium dan sulfur yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Kalsium membantu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan penetrasi akar, sementara sulfur adalah nutrisi esensial yang dibutuhkan tanaman.

## 4. Pengelolaan Limbah

Dalam konteks pengelolaan limbah industri, gypsum sintetis dapat berperan dalam:

- **Stabilisasi dan Solidifikasi Limbah Berbahaya:** Gypsum dapat digunakan untuk mengikat kontaminan dalam limbah berbahaya, mengurangi mobilitasnya dan mencegah pencemaran lingkungan. Proses ini mengubah limbah menjadi bentuk yang lebih stabil dan aman untuk penyimpanan atau pembuangan.



- **Pengolahan Air Limbah:** Gypsum dapat digunakan dalam pengolahan air limbah industri untuk mengendapkan partikel tersuspensi dan menghilangkan logam berat serta kontaminan lainnya.

#### 5. Produksi Blok dan Batu Bata

Limbah gypsum sintetis dapat dimanfaatkan dalam pembuatan material bangunan seperti blok dan batu bata:

- **Blok Gypsum:** Campuran gypsum dengan bahan lainnya dapat menghasilkan blok gypsum yang ringan, kuat, dan mudah dipasang. Blok ini sering digunakan dalam konstruksi dinding internal dan partisi.
- **Batu Bata:** Gypsum dapat dicampur dengan tanah liat atau bahan bangunan lainnya untuk menghasilkan batu bata yang lebih tahan lama dan memiliki sifat isolasi termal yang baik.

#### 6. Aplikasi Industri Lainnya

Gypsum sintetis juga menemukan aplikasi di berbagai industri lain, termasuk:

- **Industri Kertas:** Sebagai bahan pengisi dalam pembuatan kertas, gypsum membantu meningkatkan sifat cetak, kekuatan, dan kehalusan permukaan kertas, sekaligus mengurangi biaya produksi
- **Industri Cat:** Gypsum digunakan sebagai bahan pengisi dalam cat untuk memberikan tekstur yang halus, meningkatkan daya tutup, dan mengurangi biaya produksi.
- **Industri Karet dan Plastik:** Sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan sifat mekanis dan termal produk akhir serta menekan biaya produksi.

#### C. Fly Ash

Dalam industri semen, fly ash memiliki beberapa pemanfaatan yang signifikan yang membantu mengurangi dampak lingkungan sekaligus meningkatkan kualitas produk semen. Berikut adalah beberapa cara pemanfaatan fly ash dalam industri semen:

---

1. Bahan Tambahan dalam Produksi Semen (Pozzolan)

Fly ash memiliki sifat pozzolanik, yang berarti dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida yang dihasilkan selama hidrasi semen untuk membentuk senyawa yang memberikan kekuatan tambahan. Penggunaan fly ash dalam produksi semen memberikan beberapa manfaat:

- **Peningkatan Kekuatan Beton:** Fly ash meningkatkan kekuatan jangka panjang beton dan mengurangi permeabilitasnya, yang membuat beton lebih tahan terhadap serangan kimia dan pembekuan-pencairan.
- **Pengurangan Panas Hidrasi:** Dengan menambahkan fly ash, panas hidrasi selama proses pengerasan beton berkurang, yang sangat bermanfaat untuk pengecoran beton dalam volume besar.
- **Pengurangan Penggunaan Semen Portland:** Fly ash dapat menggantikan sebagian semen Portland dalam campuran beton, mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari produksi semen Portland.

2. Pembuatan Beton Berkinerja Tinggi

Fly ash digunakan dalam pembuatan beton berkinerja tinggi (High-Performance Concrete) yang memiliki sifat mekanis dan durabilitas yang unggul. Manfaatnya termasuk:

- **Ketahanan Terhadap Sulfat dan Serangan Kimia:** Beton dengan fly ash lebih tahan terhadap serangan sulfat dan lingkungan kimia yang agresif.
- **Peningkatan Workability:** Beton dengan fly ash lebih mudah untuk diolah dan dipadatkan, menghasilkan permukaan yang lebih halus dan mengurangi risiko segregasi.

3. Pembuatan Produk Konstruksi Lainnya

Fly ash juga digunakan dalam pembuatan berbagai produk konstruksi, seperti:

- **Blok dan Bata Fly Ash:** Campuran fly ash dengan bahan lainnya dapat digunakan untuk membuat blok dan bata yang lebih ringan dan kuat. Produk ini sering digunakan dalam konstruksi bangunan yang ramah lingkungan.
- **Panel Prefabrikasi:** Fly ash dapat digunakan dalam pembuatan panel beton prefabrikasi yang digunakan dalam konstruksi cepat dan modular.

#### 4. Stabilisasi Tanah dan Pengisi

Fly ash digunakan dalam teknik stabilisasi tanah untuk meningkatkan sifat mekanis tanah, seperti:

- **Stabilisasi Tanah:** Fly ash dapat dicampur dengan tanah yang lemah untuk meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah, yang bermanfaat dalam proyek infrastruktur seperti jalan dan landasan pacu.
- **Bahan Pengisi:** Fly ash digunakan sebagai bahan pengisi dalam berbagai aplikasi konstruksi, seperti di bawah lapisan aspal jalan raya, untuk meningkatkan stabilitas dan mengurangi biaya.

#### 5. Pengelolaan Limbah dan Aplikasi Lingkungan

Fly ash dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan limbah dan aplikasi lingkungan, seperti:

- **Penanganan Air Limbah:** Fly ash dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan logam berat dan kontaminan lain dari air limbah.
- **Penutupan Tambang dan Reklamasi Lahan:** Fly ash dapat digunakan sebagai bahan penutup untuk tambang yang sudah tidak beroperasi, membantu dalam reklamasi lahan dan mencegah erosi.



---

### **III.6.3 Pemanfaatan Semen Ramah Lingkungan**

Salah satu upaya industri semen untuk mengurangi emisi GRK adalah melakukan inovasi dengan memperkenalkan produk semen ramah lingkungan, di antaranya Semen Portland Komposit (Portland Composite Cement/PCC) dan Semen Portland Pozzolan (Portland Pozzoland Cement/PPC) dengan kandungan klinker yang lebih rendah sehingga emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada proses produksi kedua jenis semen ini lebih sedikit dibandingkan emisi CO<sub>2</sub> pada proses produksi Semen Portland Tipe I. Selisih emisi GRK produksi semen PCC dibandingkan OPC dapat mencapai 100 hingga 200 kg CO<sub>2</sub>/ton semen.

Penggunaan semen ramah lingkungan sebagaimana diterbitkannya PP Nomor 22 Tahun 2020 tentang peraturan pelaksana UU No. 2 tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi yang menyatakan “mengutamakan produk lokal dan ramah lingkungan” dan Instruksi Menteri PUPR Nomor 04/In/M/2020 tentang penggunaan Semen Non Ordinary Portland Cement (Non-OPC) (PPC, PCC, Slag Cement, Semen Hidraulis) pada pekerjaan konstruksi di Kementerian PUPR tertanggal 7 September 2020. PCC dan PPC pada dasarnya merupakan Semen Portland di mana proporsi penggunaan klinker dalam semen disubstitusi dengan bahan bersifat cementitious seperti trass, fly ash, pozzolan, copper slag, dan bahan cementitious lainnya.

PCC dan PPC memiliki kualitas setara dengan Semen Tipe 1, namun terdapat sedikit perbedaan dalam karakteristiknya. Kuat tekan Semen Tipe 1 sedikit lebih tinggi di umur awal (kurang dari 1 tahun) sedangkan kuat tekan PCC dan PPC akan lebih tinggi di umur panjang (lebih dari 1 tahun). Keunggulan lain PCC dan PPC adalah lebih mudah dalam pengerjaan (workability), suhu panas hidrasi lebih rendah sehingga tidak mudah retak, lebih tahan terhadap serangan sulfat, lebih kedap air, serta permukaan yang lebih halus. Semen PPC dan PCC diestimasi dapat menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sampai 26% lebih rendah dibandingkan penggunaan semen Tipe I, serta mampu memberikan keunggulan performa teknis dan harga yang lebih ekonomis. Beberapa merk semen non-tipe I anggota ASI telah lulus sertifikasi Green Product dari Green Product Council Indonesia. Selain PCC dan PPC, semen



dengan bahan baku slag termasuk dalam kategori semen ramah lingkungan. Penggunaan bahan sejenis limbah seperti copper slag, FABA, granulated blast furnace slag, dan material lainnya sebagai bahan baku proses produksi semen tidak hanya mampu mengurangi emisi CO<sub>2</sub> tetapi juga mengurangi volume limbah di Indonesia.

#### III.6.4 Sekam Padi Pada Industri Semen

Penggunaan sekam padi dalam industri semen adalah contoh pemanfaatan limbah pertanian yang dapat memberikan berbagai manfaat teknis dan lingkungan. Sekam padi, yang merupakan limbah dari penggilingan padi, dapat diolah menjadi abu sekam padi (Rice Husk Ash - RHA) yang memiliki kandungan silika tinggi. Berikut adalah beberapa cara penggunaan sekam padi dalam industri semen:

##### 1. Penggunaan sebagai Pozzolan

Abu sekam padi dapat digunakan sebagai bahan pozzolan dalam produksi semen dan beton. Pozzolan adalah bahan yang mengandung silika dan alumina yang dapat bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar untuk membentuk senyawa yang memiliki sifat semen.

- a) **Pengganti Sebagian Semen Portland:** Abu sekam padi dapat menggantikan sebagian semen Portland dalam campuran beton. Ini membantu mengurangi konsumsi semen Portland, yang berarti pengurangan emisi CO<sub>2</sub> dari produksi semen.
- b) **Peningkatan Kekuatan dan Durabilitas:** Abu sekam padi dapat meningkatkan kekuatan dan durabilitas beton, terutama dalam jangka panjang. Ini karena reaksi pozzolan membantu dalam mengurangi porositas beton, menjadikannya lebih tahan terhadap penetrasi air dan serangan kimia.

##### 2. Peningkatan Sifat Mekanis dan Fisik Beton

Penggunaan abu sekam padi dalam beton dapat memberikan beberapa peningkatan sifat mekanis dan fisik:



- a) **Peningkatan Kekuatan Tekan:** Penambahan abu sekam padi dapat meningkatkan kekuatan tekan beton, yang sangat penting untuk struktur bangunan yang membutuhkan kekuatan tinggi.
- b) **Pengurangan Panas Hidrasi:** Abu sekam padi membantu mengurangi panas hidrasi yang dihasilkan selama proses pengerasan beton, yang bermanfaat untuk pengecoran dalam volume besar dan mengurangi risiko retak termal.

### 3. Stabilisasi Tanah

Sekam padi dan abu sekam padi dapat digunakan untuk stabilisasi tanah dalam proyek konstruksi:

- a) **Peningkatan Daya Dukung Tanah:** Campuran abu sekam padi dengan tanah dapat meningkatkan daya dukung dan stabilitas tanah, membuatnya lebih cocok untuk fondasi bangunan dan infrastruktur lainnya.
- b) **Penggunaan dalam Sub-base Jalan:** Abu sekam padi dapat digunakan dalam lapisan sub-base untuk jalan, membantu meningkatkan kekuatan struktural dan mengurangi deformasi.

### 4. Aditif untuk Produk Konstruksi Lainnya

Sekam padi dan abu sekam padi dapat digunakan dalam pembuatan berbagai produk konstruksi:

- a) **Blok dan Bata Abu Sekam Padi:** Campuran abu sekam padi dengan bahan lainnya dapat digunakan untuk membuat blok dan bata yang lebih ringan dan memiliki isolasi termal yang baik.
- b) **Panel dan Papan Prefabrikasi:** Abu sekam padi dapat digunakan dalam pembuatan panel beton prefabrikasi dan papan untuk konstruksi modular.

### 5. Keuntungan Lingkungan dan Ekonomi

Penggunaan sekam padi dalam industri semen memberikan beberapa keuntungan lingkungan dan ekonomi:

- a) **Pengurangan Limbah Pertanian:** Menggunakan sekam padi mengurangi jumlah limbah pertanian yang harus dibuang atau



dibakar, yang membantu mengurangi polusi udara dan dampak lingkungan lainnya.

- b) **Pengurangan Emisi CO<sub>2</sub>:** Menggantikan sebagian semen Portland dengan abu sekam padi mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari produksi semen.
- c) **Pengurangan Biaya Produksi:** Abu sekam padi sering kali lebih murah dibandingkan semen Portland, sehingga penggunaannya dapat mengurangi biaya produksi beton.

#### 6. Tantangan dan Pertimbangan

Meskipun banyak manfaat, ada beberapa tantangan dan pertimbangan dalam penggunaan sekam padi:

- a) **Kualitas dan Konsistensi:** Kualitas abu sekam padi dapat bervariasi tergantung pada metode pembakaran dan sumber sekam. Kontrol kualitas yang ketat diperlukan untuk memastikan kinerja yang konsisten.
- b) **Penanganan dan Penyimpanan:** Abu sekam padi bersifat sangat halus dan ringan, sehingga penanganan dan penyimpanannya memerlukan perhatian khusus untuk menghindari masalah debu dan kontaminasi.



---

---

## **BAB IV**

### **KESIMPULAN**

#### **IV.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil magang industry program Magang Generasi Bertalenta (MAGENTA) BUMN yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk sebagai salah satu Badan Usaha Milik Negara berusaha untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam sektor pembangunan dengan proses bisnis yang tidak hanya memerhatikan keuntungan semata, melainkan planet (kondisi lingkungan) dan people (Pengembangan sumber daya manusia yang terlibat baik secara langsung maupun tidak dalam proses bisnis).
2. Pada PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk dalam pembuatan semen terdapat 5 tahap proses, yaitu proses persiapan bahan baku, proses penggilingan bahan baku, proses pembakaran, proses penggilingan terak, dan pengemasan. Adapun unit penunjang dan pengendalian kualitas produksi meliputi, pengendalian emisi, pengendalian proses, evaluasi proses, dan jaminan mutu, operasi utilitas.
3. Pada pembuatan semen di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk digunakan bahan koreksi yaitu cooper slag dan pasir silica sebagai bahan penambah mineraloksida yang tidak terkandung dalam bahan baku utama. Sedangkan bahan tambahan yang digunakan adalah trass dan gypsum sebagai penentu sifat semen.
4. Selama pelaksanaan magang selama 6 bulan, banyak pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh seperti penyesuaian budaya kerja dengan karyawan Semen Indonesia pada departemen Research and Development yang membentuk mental korporasi, keterampilan dalam menggunakan microsoft excel dan office 365 yang sesuai atau relevan dengan dunia industri, pengetahuan terkait pengujian semen dengan standar internasional,



---

dan suatu bentuk etika kerja serta komunikasi dengan berbagai unit kerja untuk mendapatkan kesepakatan kontrak kerja.



---

---

**DAFTAR PUSTAKA**

- Arsa, I. K 1995, Diktat Teknologi Semen PT.Semen Gresik (Persero) Tbk, Pusat Pendidikan dan Latihan PT.Semen Gresik, Tuban
- Akhmad,R 2017, Industri Proses Kimia, Erlangga, Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional, 2016, SNI 15-2049-2004 : Semen Portland.
- Duda, W. H 1985, Cement Data Book 3rd edition, Chemical Publishing Co Inc, New York
- Gosh, S 1983, Advances in Cement Technology, Pergamon Press Ltd , New Delhi
- Hariawan & Julia, B 2001, Pengaruh Perbedaan Karakteristik Type Semen Ordinary Portland Cement (OPC) dan Portland Composite Cement (PCC) terhadap Kuat Tekan Mortar, Journal Gunadarma, vol.1, no.2, hh 44-55
- Lea,FM& Desch,CH, 1940, The Chemistry of Cement and Concrete , Edward Arnold and Co.London
- Perray E 1979, Cement Manufacture, Chemical, New York
- Perry, R 1984, Chemical Engineering Hand Book, 6th edition, Mc. Graw Hill Book Co. Ltd, New York
- Purnomo, J, Mulyadi, M. Sukardi, & N.Suharta 1994, Penilaian Kesuburan Tanah di Sanggauledo, Kalimantan Barat Risalah Hasil Penelitian Potensi Sumberdaya Lahan untuk Pengembangan Sawwah Irigasi di Kalimantan dan Sulawesi. Puslittanak, Badan Litbang Pertanian,Deptan, vol.04, no.06, hh. 91 100
- Welty & James R 1978, Engineering Heat Transfer, John Wiley & Sons., USA