

**TUGAS AKHIR**

**KARAKTERISTIK LINDI MORTAR DENGAN SLAG NIKEL TIPE  
PENDINGINAN LANGSUNG SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR**



**DIAN PERMATASARI**

**D131171010**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2021**

## LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
JL. POROS MALINO, KM.8 BONTOMARANNU KAB. GOWA

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Judul : **Karakteristik Lindi Mortar dengan Slag Tipe Pendinginan Langsung sebagai Subtitusi Pasir**

Disusun Oleh :

Nama : **Dian Permatasari** D131171010

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 10 Juni 2020

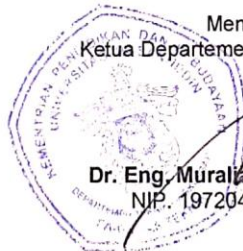
Pembimbing I

**Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M. Eng**  
NIP. 197512142015041001

Pembimbing II

**Dr. Eng. M. Akbar Caronge, S.T., M.T.**  
NIP 198604092019043001

Menyetujui,  
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



**Dr. Eng. Murali Hustim, S.T., M.T.**  
NIP. 197204242000122001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dian Permatasari  
NIM : D131171010  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

### **KARAKTERISTIK LINDI MORTAR DENGAN SLAG TIPE PENDIGINAN LANGSUNG SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi/Tesis/Disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi/Tesis/Disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 10 Juni 2021

Yang membuat pernyataan,



Dian Permatasari

NIM: D131171010

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**KARAKTERISTIK LINDI MORTAR DENGAN SLAG NIKEL TIPE PENDINGINAN LANGSUNG SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR**” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terealisasikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. **Bapak Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, M.T.**, selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. **Dr. Eng Muralia Hustim , S.T., M.T** selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. **Dr. Eng. Ir. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.Eng** selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan arahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
4. **Bapak Dr. Eng. M. Akbar Caronge, S.T., M.T.**, selaku dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
5. **Bapak Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, S.T., M.T.**,selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil Fakultas

Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan.

6. Seluruh Dosen Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Seluruh Staf dan Karyawan Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua saya yang tercinta, papi saya **Bapak Suparman S.H** dan mami saya **Ibu Suriyani** atas doa, kasih sayangnya, dan segala dukungan selama ini, baik mental maupun material.
2. Orang tua kedua saya tercinta, **Bapak Iswanto Dongge S.sos., M.Si** dan **Ibu Siti Faridah** atas doa dan semangat serta kasih sayangnya.
3. Kakak saya tercinta **Nirwana Permatasari dan M. Nur Ichsan** yang selalu memberikan semangat dan 10% gajinya selama saya menyelesaikan penulisan ini.
4. Adik saya tercinta **Chantika Permatasari** yang selalu membangunkan di pagi hari untuk mengerjakan skripsi.
5. **Muhammad Sulfikar Yona c.S.T** selaku rekan sekaligus kekasih yang selalu memberikan semangat agar bisa wisuda bersama dan selalu siap untuk mengantar kemana saja agar penyusunan Tugas Akhir ini berjalan dengan lancar.
6. **Alyssa Hudaya c.S.T, Fatimah Sema Putri c.S.T, Femy Wahyuni c.S.T, Nurfadila Ibrahim c.S.T, Indah Nursakinah c.S.T, dan Farhanah Dian Lestari c.S.E**, selaku teman geng saya (cecepy) yang saling memberikan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir agar bisa melaksanakan wisuda di periode yang sama.
7. Saudara-saudari **Blueband** yang selalu memberikan warna begitu indah, dukungan, semangat dan dorongan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

8. Saudara-saudari Lingkungan 2017 yang selalu memberikan support.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan tidak akan pernah luput dari kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhir kata semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan berkat dan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Lingkungan.

Makassar 27 Maret 2021

Dian Permatasari

## ABSTRAK

Agregat halus menempati sekitar 70% volume mortar / beton dimana penggunaannya pada konstruksi bangunan bergantung pada pasir sungai yang terjadi secara alami. Konsumsi yang terus meningkat menyebabkan berkurangnya ketersediaan pasir halus. Slag Nikel Granulasi ( *Spherical* ) merupakan terak hasil limbah nikel yang diproses menuangkan slag cair ke dalam area berpendingin udara dengan hembusan udara bertekanan tinggi untuk pendinginan. Akibatnya, slag nikel dengan cepat mendingin dan membentuk bentuk partikel halus berbentuk bola. Slag ini digunakan sebagai pengganti pasir dalam mortar.

Dibidang Teknik Lingkungan Slag nikel merupakan salah satu jenis limbah B3 yang tidak dapat langsung dibuang ke lingkungan tanpa proses pengelolaan yang baik. Sehingga tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik lindi mortar sebagai substitusi pasir dalam campuran beton apakah aman untuk lingkungan jika ditinjau dari beberapa parameter.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa menggunakan benda uji berukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm pada umur 28 hari dengan variasi kandungan slag nikel granulasi (spherical) 0% , 50%, dan 100%. Setelah 28 hari sampel lindi mortar dibawa dan diteliti di Laboratorium Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin.

*Kata kunci : Agregat, Nikel, Slag*

## **ABSTRACT**

Fine aggregate occupies about 70% of the volume of mortar / concrete where its use in building construction depends on naturally occurring river sand. Consumption that continues to increase causes reduced availability of fine sand. Granulated Nickel Slag (Spherical) is a slag produced by nickel waste which is processed to pour liquid slag into an air-cooled area with high pressure air blows for cooling. As a result, the nickel slag rapidly cools and forms fine spherical particles. This slag is used as a substitute for sand in mortar.

In the field of environmental engineering, nickel slag is a type of B3 waste that cannot be disposed of directly into the environment without a proper management process. So that the purpose of this study is to determine the characteristics of leach mortar as a substitute for sand in the concrete mixture whether it is safe for the environment when viewed from several parameters.

The research was conducted at the Structural and Material Laboratory of the Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, Gowa using a test object measuring 50 mm x 50 mm x 50 mm at the age of 28 days with variations in the content of granulated nickel slag (spherical) 0%, 50%, and 100%. After 28 days of lever mortar samples were taken and examined in the Laboratory of the Faculty of Marine Sciences and Fisheries, Hsanudin University.

*Keyword : aggregate, nickel, slag*



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACK .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Manfaat penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
A. Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dan Limbah B3 .....	5
B. Nikel.....	6
C. Teori Mortar .....	6
D. Bahan-bahan dasar Mortar .....	13
1. Semen Portland ( <i>Portland Cement</i> ).....	13
2. Agregat Halus .....	17
3. Air.....	18
4. Proses Terjadinya Slag Nikel .....	18
5. Metode Pembuangan Slaf (PPT) .....	21
6. Slag Nikel Granulasi ( <i>Spherical</i> ).....	21
E. Persyaratan pH Untuk Material Beton .....	23
F. Derajat Keasaman (pH) Air .....	24
G. Kandungan Kimia Slag .....	24

H. Lindih ( <i>leachate</i> ).....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
A. Bagan Alir Penelitian .....	26
B. Waktu dan Lokasi Penelitian .....	28
C. Jenis Penelitian dan Sumber Data .....	28
1. Alat Penelitian .....	28
2. Data Sekunder.....	29
D. Prosedur Penelitian.....	29
1. Pengujian Komposisi Kimia Slag.....	29
2. Rancangan Campuran ( <i>Mix Design Concrete</i> ).....	29
3. Pembuatan Benda Uji .....	30
4. Perawatan ( <i>Curing</i> ) Benda Uji .....	31
5. Pengujian Mortar .....	31
6. Kuat Tekan Mortar .....	31
7. Pengujian <i>Leachate</i> .....	32
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
A. Karakteristik Material .....	33
1. Bentuk Fisik Terak Nikel Granulasi .....	33
2. Sifat Fisik Terak Nikel Granulasi .....	33
3. Komposisi Kimia Slag Granulasi .....	37
B. Berat Jenis Mortar .....	39
C. Pengujian Kuat Tekan .....	40
D. Pengujian <i>Leachate</i> .....	42
E. Derajat Keasaman (pH) Mortar dan Pasir Sag .....	44
1. Derajat Keasaman (pH) Slag Agregat .....	44
2. Derajat Keasaman (pH) Mortar 100% Pasir.....	44
3. Derajat Keasaman (pH) Mortar 100% Slag.....	45
F. Aplikasi pada konstruksi .....	47

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>49</b>
A. Kesimpulan .....	49
B. Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Persyaratan Spesifikasi Proporsi Mortar .....	10
<b>Tabel 2.</b> Persyaratan Spesifikasi Sifat Mortar .....	12
<b>Tabel 3.</b> Syarat Kimia Utama .....	15
<b>Tabel 4.</b> Komposisi Kimia Terak Nikel .....	18
<b>Tabel 5.</b> Rancangan Campuran Mortar .....	29
<b>Tabel 6.</b> Hasil pemeriksaan karakteristik fisik slag granulasi .....	34
<b>Tabel 7.</b> Komposisi kimia slag granulasi .....	37
<b>Tabel 8.</b> Pengujian Leachate .....	42

## DAFTAR GAMBAR

### halaman

<b>Gambar 1.</b> Proses pembuatan nikel dan terjadinya nikel (Sugiri, 2005) .....	20
<b>Gambar 2.</b> Slag Nikel Granulasi (Spherical) .....	22
<b>Gambar 3.</b> Perbedaan bentuk partikel diamati dengan pemindahan laser (Roy dkk, 2018) .....	23
<b>Gambar 4.</b> Diagram Air Penelitian .....	26
<b>Gambar 5.</b> Slag Granulasi dan Pasir .....	33
<b>Gambar 6.</b> Berat jenis mortar segar .....	39
<b>Gambar 7.</b> (a) Sebelum uji kuat tekan (b) Setelah uji kuat tekan .....	40
<b>Gambar 8.</b> Hasil Analisa Kuat Tekan Benda Uji .....	41
<b>Gambar 9.</b> Timbulan Limbah Padat Medis Maret 2019 .....	44
<b>Gambar 10.</b> Derajat Keasaman (pH) Mortar 100% Pasir .....	45
<b>Gambar 11.</b> Derajat Keasaman (pH) Mortar 100% Slag .....	46

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Dokumentasi Penelitian**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Penambahan pasir pada mortar dapat mengurangi daya rekat dan kekuatan mortar ketika mengering sehingga komposisi campuran semen dan pasir harus tepat. Perbedaan Mortar dengan beton yaitu campuran mortar lebih halus karena mortar tidak mengandung agregat kasar seperti kerikil pada beton.

Seiring meningkatnya permintaan akan kebutuhan rumah untuk menunjang keberlangsungan kehidupan manusia dari hari kehari, material untuk memproduksi bata beton yang bahan dasar agregat pasir semakin meningkat. Peningkatan jumlah ini diperkirakan akan terus mengalami kenaikan di tahun-tahun berikutnya sehingga upaya peningkatan kualitas hasil produk bata beton perlu dilakukan dengan cara mengevaluasi kekuatan dan karakteristik bahan yang digunakan.

Di Indonesia, produksi bata beton yang menggunakan agregat pasir dari waktu ke waktu cukup terlihat mengalami peningkatan sehingga berdampak pada penurunan jumlah Agregat pasir dari sumber-sumber alamiahnya. Ditambah proses pengambilan pasir juga dapat diperoleh dari luar lokasi penambangan yang menjadikan harga lebih mahal (Maulana,2012). Selain itu, dampak negatif penggunaan material PB yang hanya mengandalkan pasir tertentu dapat meningkatkan tingkat kerusakan ekosistem disekitar sungai. Oleh karena itu, perlu dilakukan manajemen dan kebijakan terhadap pemanfaatan pasir alam secara proporsional dan komprehensif (Dyahwanti, 2007 & Yudhistira et al., 2012)

Sebagai Sumber Daya Alam yang tidak dapat diperbaharui penggunaan pasir pada konstruksi beton harus dikurangi agar Sumber Daya Alam pasir dapat terus terjaga ketersediaannya. Karena adanya permasalahan ini kita harus mencari alternative material pengganti pasir pada pembuatan beton atau mortar sehingga menghasilkan material beton/mortar yang bersifat ramah lingkungan. Macam-

macam alternative material yang berasal dari industry slag yang dapat digunakan untuk pengganti pasir diantaranya seperti Cooper Slag, Steel Slag, dan tailing.

Salah satu industri yang menghasilkan limbah slag adalah industry tambang nikel. Limbah nikel (slag) merupakan sejenis batuan hasil pembuangan dari pembakaran ferronikel, berwarna kelabu perak dan memiliki sifat-sifat menyerupai batu dan unsur silikat serta kapur yang terkandung didalamnya cukup tinggi. Kombinasi dari sifat-sifat inilah yang mendorong untuk diadakannya penelitian pemanfaatan limbah nikel (slag) sebagai pengganti pasir.

Agregat halus menempati sekitar 70% volume mortar / beton dimana penggunaannya pada konstruksi bangunan bergantung pada pasir sungai yang terjadi secara alami. Konsumsi yang terus meningkat menyebabkan berkurangnya ketersediaan pasir halus. Pada saat yang sama, hal ini juga menyebabkan masalah lingkungan yang serius seperti hilangnya lapisan penahan air dan longornya tepi-an sungai karena penarikan yang cepat dari dasar sungai (Maharishi, 2020)

Terak berupa residu atau limbah yang berwujud gumpalan menyerupai logam, memiliki kualitas rendah karena bercampur dengan bahan-bahan lain yang susah untuk dipisahkan. Pemanfaatan slag nikel yang berkelanjutan telah menjadi perhatian industri nikel karena beberapa alasan. Pertama, terbatasnya daur ulang slag nikel dengan memasukkannya kembali ke dalam suatu proses karena dapat memakan lebih banyak energi. Kedua, karena memiliki jumlah oksida logam ukuran yang besar di dalam slag nikel, sulit untuk membuangnya dengan cara yang ramah lingkungan. Ketiga, membuang bahan-bahan tersebut ke dalam ladang membutuhkan biaya yang mahal dan mengurangi porositas dan permeabilitas tanah. Selain itu, dengan peningkatan pesat dalam produksi nikel, sebagian besar slag nikel tetap tidak dapat dikelola mengakibatkan peningkatan dampak lingkungan yang merugikan. Selain itu limbah slag juga dikategorikan sebagai limbah berbahaya, beracun (B3) sehingga penggunaannya tidak dapat digunakan secara umum. Hal ini disebabkan oleh karena kandungan bahan beracun pada slag dapat mencemari lingkungan jika digunakan dalam kehidupan sehari-hari



Slag nikel terdiri dari mineral stabil seperti CaO, SiO mirip dengan fase dikalsium silikat dan memiliki ciri khas kepadatan tinggi. Oleh karena itu, slag nikel memungkinkan digunakan untuk menggantikan agregat alami. Pada umumnya slag nikel yang ditemui merupakan slag nikel bersudut. Baru-baru ini, metode produksi baru telah dikembangkan dengan perubahan dalam proses pendinginan di mana tidak diperlukan penghancuran untuk mendapatkan slag nikel yang lebih halus. Dalam metode ini, slag cair dituangkan ke dalam area berpendingin udara dengan hembusan udara bertekanan tinggi untuk pendinginan. Akibatnya, slag nikel dengan cepat mendingin dan membentuk bentuk partikel halus berbentuk bola. Jadi slag nikel yang baru dikembangkan berbeda dari slag nikel berbentuk sudut konvensional (Roy dkk, 2018)

Penggunaan terak nikel granular (*spherical*) sebagai substitusi pasir memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah, Jumlah air dan semen bisa dikurangi sehingga biaya konstruksi lebih hemat dan daya tahan yang lebih baik dan dapat menyelamatkan lingkungan dari pencemaran limbah slag yang dibuang ke lingkungan terbuka (*open dumping*).

Oleh karena itu dalam penelitian ini, rancangan campuran mortar menggunakan substitusi slag sebesar 0%, 50%, dan 100% terhadap volume pasir. Pengujian ini akan focus pada perilaku lindi (kandungan racun) yang terkandung pada mortar yang menggunakan slag.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dilakukan penelitian dengan judul “**KARAKTERISTIK LINDI MORTAR DENGAN SLAG NIKEL TIPE PENDINGINAN LANGSUNG SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR**”.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang terkait, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yaitu :

1. Bagaimana karakteristik teknis mortar yang menggunakan slag sebagai substitusi pasir pada mortar ?
2. Bagaimana pengaruh slag sebagai substitusi pasir pada karakteristik lindi mortar ?

## **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menganalisis karakteristik teknis mortar yang menggunakan slag sebagai substitusi pasir pada mortar.
2. Untuk menganalisis pengaruh slag sebagai substitusi pasir pada karakteristik *leaching* mortar.

## **D. Manfaat penelitian**

Diharapkan penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui karakteristik lindi mortar terhadap lingkungan dengan menggunakan slag nikel granulasi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dan Limbah B3**

Peraturan Pemerintah Nomor 101 tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun mendefinisikan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) sebagai zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain.

Sedangkan yang dimaksudkan dengan limbah B3 berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 101 tahun 2014 adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun. Limbah B3 adalah limbah atau bahan yang berbahaya, karena jumlahnya, konsentrasi atau sifat-sifat fisika, kimia dapat menyebabkan atau secara signifikan dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan penyakit, kematian dan berbahaya bagi kesehatan manusia atau lingkungan jika tidak benar-benar diolah atau dikelola, disimpan, dibawa, atau dibuang

Berdasarkan pengertian tersebut, dapat terlihat perbedaan antara B3 dan limbah B3. Jika B3 adalah bahan yang mengandung sifat berbahaya dan beracun yang akan digunakan untuk suatu kegiatan, maka limbah B3 adalah sisa dari suatu kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan beracun. Pengelolaan B3 dan pengelolaan limbah B3 pun akan berbeda. Dalam laporan ini ruang lingkup yang digunakan terbatas pada pengelolaan limbah B3. Menurut PP 101/2014, pengel-

olaan limbah B3 adalah kegiatan yang meliputi pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan/atau penimbunan.

## **B. Nikel**

Saat ini logam seperti nikel, besi dan aluminium memiliki hubungan yang sangat erat dengan kehidupan kita. Logam-logam tersebut digunakan dalam berbagai macam alat dan merupakan bahan baku utama bagi banyak industri. Di antaranya non-ferrous metal nikel yang digolongkan sebagai logam berat seperti halnya dengan Cu, Pb, Zn dan lain-lain. Sifatnya di udara terbuka lebih stabil dari besi dan lebih sulit teroksidasi dalam lingkungan alkalis, nikel mempunyai sifat tahan korosi.

Salah satu pemakaian nikel dalam bentuk logam murni adalah pelapis untuk menambah kekerasan, daya tahan terhadap korosi permukaan, ketahanan keputaran dan sebagainya. Selain itu digunakan pelapis mata uang logam dan digunakan dalam industri kimia. Pemakaian dalam bentuk aliase terutama dengan besi adalah dalam industri alat angkut, permesinan baja, konstruksi baja, alat pembangkit tenaga listrik, alat pertanian, alat pertambangan, bagian dari mesin berkecepatan tinggi, dan bagian yang bersuhu tinggi. Dan terutama dengan makin bertambahnya pemakaian stainless steel, disamping juga untuk kebutuhan nikel sebagai paduan elemen pada mesin- mesin yang lainnya.

## **C. Teori Mortar**

Menurut SNI 03-6825-2002 mortar didefinisikan sebagai campuran antara pasir kwarsa, air suling dan semen portland dengan komposisi tertentu. Tjokrodinuljo (1996), mengatakan bahwa mortar yang baik harus mempunyai sifat seperti tahan lama (awet), murah, mudah dikerjakan (diaduk, diangkut, dipasang dan diratakan) melekat baik dengan pasangan batu, cepat kering atau keras, tahan terhadap rembesan air, tidak timbul retak-retak setelah dipasang. Menurut ASTM C270 tujuan utama dari mortar dalam pasangan adalah untuk

mengikat unit-unit pasangan menjadi satu kesatuan agar bekerja sebagai elemen integral yang memiliki karakteristik kinerja fungsional yang diinginkan.

## 1. Tipe Mortar

Mortar ditinjau dari bahan pembentuknya dapat dibedakan menjadi empat tipe, yaitu: mortar lumpur (*mud mortar*), mortar kapur, mortar semen dan mortar khusus. Selanjutnya tipe-tipe mortar tersebut diuraikan sebagai berikut (Tjokrodinuljo,1996 dalam Veliyati, 2010):

- a. Mortar lumpur adalah mortar dibuat dari campuran pasir, tanah liat/lumpur dan air. Pasir, tanah liat dan air tersebut dicampur sampai rata dan mempunyai konsistensi yang cukup baik. Jumlah pasir harus diberikan secara tepat untuk memperoleh adukan yang baik. Terlalu sedikit pasir menghasilkan mortar yang retak – retak setelah mengeras sebagai akibat besarnya susutan pengeringan dan juga dapat menyebabkan adukan kurang dapat melekat. Mortar ini biasa dipakai sebagai bahan tembok atau bahan tungku api.
- b. Mortar kapur, dibuat dari campuran pasir, kapur dan air. Kapur dan pasir mula – mula dicampur dalam keadaan kering, kemudian ditambahkan air. Air ditambahkan secukupnya agar diperoleh adukan yang cukup baik (mempunyai konsistensi baik). Selama proses pengerasan kapur mengalami susutan, sehingga jumlah pasir dipakai dua kali atau tiga kali volume kapur. Mortar ini biasanya digunakan untuk pembuatan tembok bata.
- c. Mortar semen, dibuat dari campuran pasir, semen portland, dan air dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume pasir antar 1:3 hingga 1:6 atau lebih besar. Mortar ini kekuatannya lebih besar daripada mortar lumpur dan mortar kapur, karena mortar ini biasanya dipakai untuk tembok, pilar kolom atau bagian lain yang menahan beban. Karena mortar ini kedap air, maka dapat dipakai pula untuk bagian luar dan bagi-

an yang berada di bawah tanah. Semen dan pasir mula – mula dicampur secara kering sampai merata di atas tempat yang rata dan kedap air. Kemudian sebagian air yang diperlukan ditambahkan dan diaduk kembali, begitu seterusnya sampai air yang diperlukan tercampur sempurna.

- d. Mortar khusus, yang mana dibuat dengan menambahkan *asbestos, fibers, jute fibers* (serat rami), butir – buti kayu, serbuk gergaji kayu dan sebagainya. Mortar ini digunakan untuk bahan isolasi panas atau peredam suara. Mortar tahan api, diperoleh dengan menambahkan bubuk bata api dengan aluminos semen, dengan membandingkan volume satu aluminos semen dan bubuk bata api. Mortar ini biasa dipakai untuk tungku api dan sebagainya.

Berdasarkan ASTM C270, *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*, mortar untuk adukan pasangan dapat dibedakan atas 5 tipe, yaitu:

- a. Mortar tipe M

Mortar tipe M merupakan campuran dengan kuat tekan yang tinggi yang direkomendasikan untuk pasangan bertulang maupun pasangan tidak bertulang yang akan memikul beban tekan yang besar. Kuat tekan minimumnya 17,2 Mpa.

- b. Mortar tipe S

Mortar tipe ini direkomendasikan untuk struktur yang akan memikul beban tekan normal tetapi dengan kuat lekat lentur yang diperlukan untuk menahan beban lateral besar yang berasal dari tekanan tanah, angin dan beban gempa. Karena keawetannya yang tinggi, mortar tipe S juga direkomendasikan untuk struktur pada atau di bawah tanah, serta yang selalu berhubungan dengan tanah, seperti pondasi, dinding penahan tanah, perkerasan, saluran pembuangan dan mainhole. kuat tekan minimumnya adalah 12,4 Mpa.

- c. Mortar tipe N

Tipe N merupakan mortar yang umum digunakan untuk konstruksi pasangan di atas tanah. Mortar ini direkomendasikan untuk dinding penahan beban interior maupun eksterior. Mortar dengan kekuatan sedang ini memberikan kes-

esuaian yang paling baik antara kuat tekan dan kuat lentur, workabilitas, dan dari segi ekonomi yang direkomendasikan untuk aplikasi konstruksi pasangan umumnya. Kuat tekan minimumnya adalah 5,2 Mpa.

d. Mortar tipe O

Mortar tipe O merupakan mortar dengan kandungan kapur tinggi dan kuat tekan yang rendah. Mortar tipe ini direkomendasikan untuk dinding interior dan eksterior yang tidak menahan beban struktur, yang tidak menjadi beku dalam keadaan lembab atau jenuh. Mortar tipe ini sering digunakan untuk pekerjaan setempat, memiliki workabilitas yang baik dan biaya yang ekonomis. Kuat tekan minimumnya adalah 2,4 Mpa.

e. Mortar tipe K

Mortar tipe K memiliki kuat tekan dan kuat lekat lentur yang sangat rendah. Mortar tipe ini jarang digunakan untuk konstruksi baru, dan direkomendasikan dalam ASTM C270 hanya untuk konstruksi bangunan lama yang umumnya menggunakan mortar kapur. Kuat tekan minimumnya adalah 5,2 Mpa.

Spesifikasi masing - masing tipe sesuai ASTM C270 diperlihatkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2 berikut ini :

**Tabel 1.** Persyaratan Spesifikasi Proporsi Mortar

Mortar	Tipe	Campuran dalam volume (bahan bersifat semen)							Kapur Padam atau kapur Pasta	Rasio agregat
		Semen Portland/ semen campur	Semen Mortar			Semen Pasangan				(Pengukuran pada kondisi lembab atau gembur
			M	S	N	M	S	N		
Semen Kapur	M	1	...	...	...	...	...	...	$\frac{1}{4}$	
	S	1	...	...	...	...	...	...	$> \frac{1}{4}$ sampai $\frac{1}{2}$	
	N	1	...	...	...	...	...	...	$> \frac{1}{2}$ sampai $1\frac{1}{4}$	
	O	1	...	...	...	...	...	...	$> 1\frac{1}{4}$ sampai $2\frac{1}{2}$	Tidak kurang dari $2\frac{1}{4}$ dan tidak lebih dari 3 kali jumlah



										darivolume terpisah ma- terial sementisius
Semen Mortar	M	1	...	...	1	...	...	...		
	M	...	1	...	...	...	...	...		
	S	½	...	...	1	...	...	...		
	S	...	...	1	...	...	...	...		
	N	...	...	...	1	...	...	...		
	O	...	...	...	1	...	...	...		
Semen Pasangan	M	1	...	...	...	...	...	1		
	M	...	...	...	...	1	...	...		
	S	½	...	...	...	...	...	1		
	S	...	...	...	...	...	1	...		
	N	...	...	...	...	...	...	1		
	O	...	...	...	...	...	...	1		

**Tabel 2.** Persyaratan Spesifikasi Sifat Mortar

<b>Mortar</b>	<b>Tipe</b>	<b>Kekuatan tekan rata-rata pada umur 28 hari, min, MPa (psi)</b>	<b>Retensi air, min, %</b>	<b>Kadar udara, maks, %<sup>B</sup></b>	<b>Rasio agregat (diukur dalam kondisi lembab, lepas)</b>
Semen-kapur	M	17,2 (2 500)	75	12	Tidak kurang dari 2¼ dan tidak lebih dari 3½ jumlah dari volumevolume terpisah dari material sementis-ius
	S	12,4 (1 800)	75	12	
	N	5,2 (750)	75	14 <sup>C</sup>	
	O	2,4 (350)	75	14 <sup>C</sup>	
Semen Mortar	M	17,2 (2 500)	75	12	
	S	12,4 (1 800)	75	12	
	N	5,2 (750)	75	14 <sup>C</sup>	
	O	2,4 (350)	75	14 <sup>C</sup>	
Semen Pasangan	M	17,2 (2 500)	75	18	
	S	12,4 (1 800)	75	18	
	N	5,2 (750)	75	20 <sup>D</sup>	
	O	2,4 (350)	75	20 <sup>D</sup>	

## 2. Sifat – sifat mortar

Mortar dapat digunakan pada pekerjaan-pekerjaan tertentu karena memiliki beberapa sifat yang menguntungkan. Antara lain menurut Tjokrodimuljo (1999:126) mortar yang baik harus mempunyai sifat sebagai berikut:

- a. Murah
- b. Tahan lama (awet)
- c. Mudah dikerjakan (diaduk, diangkut, dipasang, diratakan)
- d. Melekat dengan baik dengan bata, batu dan sebagainya.
- e. Cepat kering/keras
- f. Tahan terhadap rembesan air.
- g. Tidak timbul retak – retak setelah dipasang.

Dikarenakan sifat-sifat tersebut maka mortar memiliki cakupan yang luas untuk diaplikasikan pada berbagai macam pekerjaan seperti sebagai bahan pengikat antara bata satu dengan bata yang lain juga untuk menyalurkan beban.

Adukan mortar berdasarkan tujuannya dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

- a. Adukan untuk pasangan, yang biasa digunakan untuk merekat bata atau sejenisnya membentuk konstruksi tembok.
- b. Adukan plesteran, yang dipakai untuk menutup permukaan tembok atau untuk meratakan tembok

### D. Bahan-bahan dasar Mortar

#### 1. Semen Portland (*Portland Cement*)

*Portland Cement* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004).

Material semen adalah material yang memiliki sifat adhesif (*adhesive*) dan kohesif (*cohesive*) yang memungkinkan untuk mengikat fragmen -fragmen mineral/agregat-agregat menjadi suatu masa yang padat mempunyai kekuatan. Semen yang mengeras dengan adanya air yang dinamakan dengan semen hidraulis (*hydraulic cement*). Semen jenis ini terdiri dari silikat dan lime yang terbuat dari batu kapur dan tanah liat yang digerinda, dicampur, dibakar dalam pembakaran kapur (*klin*), kemudian dihancurkan menjadi tepung. Semen hidrolik biasa yang dipakai untuk mortar dinamakan semen portland (*portland cement*) (Edward Nawy G, 1998).

Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Semen portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81 atau Standart Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standart tersebut. Fungsi utama semen adalah sebagai perekat. Bahan baku pembetuk semen adalah :

- a. Kapur ( $\text{CaO}$ ) dari batu kapur
- b. Silika ( $\text{SiO}_2$ ) dari lempung
- c. Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 persyaratan kimia semen portland harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

**Tabel 3. Syarat Kimia Utama**

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	SiO <sub>2</sub> , minimum	-	20,0 <sup>b,c)</sup>	-	-	-
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , maksimum	-	6,0	-	-	-
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , maksimum	-	6,0 <sup>b,c)</sup>	-	6,5	-
4	MgO, maksimum	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
5	SO <sub>3</sub> , maksimum	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
	Jika C <sub>3</sub> A ≤ 8,0	3,5	d)	4,5	d)	d)
	Jika C <sub>3</sub> A > 8,0					
6	Hilang pijar, maksimum	5,0	3,0	3,0	2,5	3,0
7	Bagian tak larut, maksimum	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5
8	C <sub>3</sub> S, maksimum <sup>a)</sup>	3,0	-	-	35 <sup>b)</sup>	-
9	C <sub>2</sub> S, minimum <sup>a)</sup>	-	-	-	40 <sup>b)</sup>	-
10	C <sub>3</sub> A , maksimum <sup>a)</sup>	-	8,0	15	7 <sup>b)</sup>	5 <sup>b)</sup>
11	C <sub>4</sub> AF + 2 C <sub>3</sub> A atau <sup>a)</sup>	-	-	-	-	25 <sup>c)</sup>
	C <sub>4</sub> AF + C <sub>2</sub> F , maksimum					

### CATATAN

a) Persyaratan pembatasan secara kimia berdasarkan perhitungan untuk senyawa potensial tertentu tidak harus diartikan bahwa oksida dari senyawa potensial tersebut dalam keadaan murni.

C = CaO, S = SiO<sub>2</sub>, A = Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, F = Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Contoh C<sub>3</sub>A = 3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) dan Fosfor pentaoksida (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) termasuk dalam Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Nilai yang biasa digunakan untuk Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam menghitung senyawa potensial (misal : C<sub>3</sub>A) untuk tujuan spesifikasi adalah jumlah endapan yang diperoleh dengan penambahan NH<sub>4</sub>OH dikurangi jumlah Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang diperoleh dalam analisis kimia basah.

Apabila:  $\frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{Fe}_2\text{O}_3} \geq 0,64$  , maka persentase C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A dan C<sub>4</sub>AF dihitung sebagai berikut:

$$\text{C}_3\text{S} = 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = (4,071 \times \% \text{CaO}) - (7,600 \times \% \text{SiO}_2) - (6,718 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1,430 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2,852 \times \% \text{SO}_3)$$

$$\text{C}_2\text{S} = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = (2,867 \times \% \text{SiO}_2) - (0,7544 \times \% \text{C}_3\text{S})$$

$$\text{C}_3\text{A} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = (2,650 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1,692 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{C}_4\text{AF} = 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = (3,043 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

Apabila:  $\frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{Fe}_2\text{O}_3} < 0,64$  , terbentuk larutan padat ( C<sub>4</sub>AF + C<sub>2</sub>F) = 4CaO.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> maka (C<sub>4</sub>AF + C<sub>2</sub>F) dan C<sub>3</sub>S dihitung sebagai berikut:

Semen dengan komposisi ini didalamnya tidak terdapat C<sub>3</sub>A. C<sub>2</sub>S tetap dihitung dengan menggunakan rumus di atas: Perhitungan untuk semua senyawa potensial adalah berdasarkan hasil penentuan oksidanya yang dihitung sampai sedekat mungkin 0,1%. Semua hasil perhitungan dilaporkan sampai sedekat mungkin

dengan 1,0%.

- b) Apabila yang disyaratkan adalah kalor hidrasi seperti yang tercantum pada tabel syarat fisika tambahan (Tabel 4), maka syarat kimia ini tidak berlaku.
- c) Apabila yang disyaratkan adalah pemuaiannya karena sulfat yang tercantum pada tabel syarat fisika tambahan (Tabel 4), maka syarat kimia ini tidak berlaku.
- d) Tidak dapat dipergunakan

## 2. Agregat Halus

Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03, (SNI terbaru) agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk mortar atau beton semen hidrolik atau adukan. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan no.100. Variasi ukuran dalam satu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, sesuai dengan standar analisis saringan dari ASTM (*American Society of Testing and Materials*).

Pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam (Tjokrodimulyo 1992):

- a. Pasir galian, dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut berpori, dan bebas dari kandungan garam.
- b. Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus bulat-bulat akibat proses gesekan, sehingga daya lekat antar butir-butir berkurang. Pasir ini paling baik dipakai untuk memplester tembok.

- c. Pasir laut diambil dari pantai, butir-butirnya halus dan bulat akibat gesekan. Banyak mengandung garam yang dapat menyerap kandungan air dari udara. Pasir laut tidak baik digunakan sebagai bahan bangunan.

### 3. Air

Air merupakan bahan dasar penyusun mortar yang paling penting dan paling murah. Air berfungsi sebagai bahan pengikat (bahan penghidrasi semen) dan bahan pelumas antara butir - butir agregat supaya mempermudah proses pencampuran agregat dengan binder serta mempermudah pelaksanaan pengecoran beton (*workability*) (Veliyati 2010). Secara umum air yang dapat digunakan dalam campuran adukan mortar adalah air yang apabila dipakai akan menghasilkan mortar dengan kekuatan lebih dari 90% dari mortar yang memakai air suling. (ACI 318-83). Menurut SNI 03-2847-2002, air yang dapat digunakan sebagai pencampur mortar tidak dapat diminum dan tidak boleh digunakan pada adukan mortar kecuali pemilihan proporsi campuran mortar harus didasarkan pada campuran mortar yang menggunakan air dari sumber yang sama, mempunyai pH antara 4,5 – 7 dan tidak mengandung lumpur.

Menurut (SNI 03-6882-2002) air untuk mencampur mortar disyaratkan menggunakan air bersih dan layak minum, bebas dari minyak, asam, alkali, zat organik, atau material beracun lainnya, zat/ bahan lain yang merusak mortar maupun logam-logam yang terdapat di dinding.

**Tabel 4.** Komposisi Kimia Terak Nikel

Oxide	SO <sub>3</sub>	MgO	CaO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Terak Nikel	0.29	23.60	0.86	2.27	29.75	38.85	4.38

### 4. Proses Terjadinya Slag Nikel

Proses pengolahan nikel dari biji laterit menggunakan salah satu dari metode proses metalurgi : (a). *Hydroetalurgy*, (b). *Vapormetallurgy* dan (c). *Pyrometallurgy* (Permadi, 1988). Terak nikel merupakan *by product* dari hasil

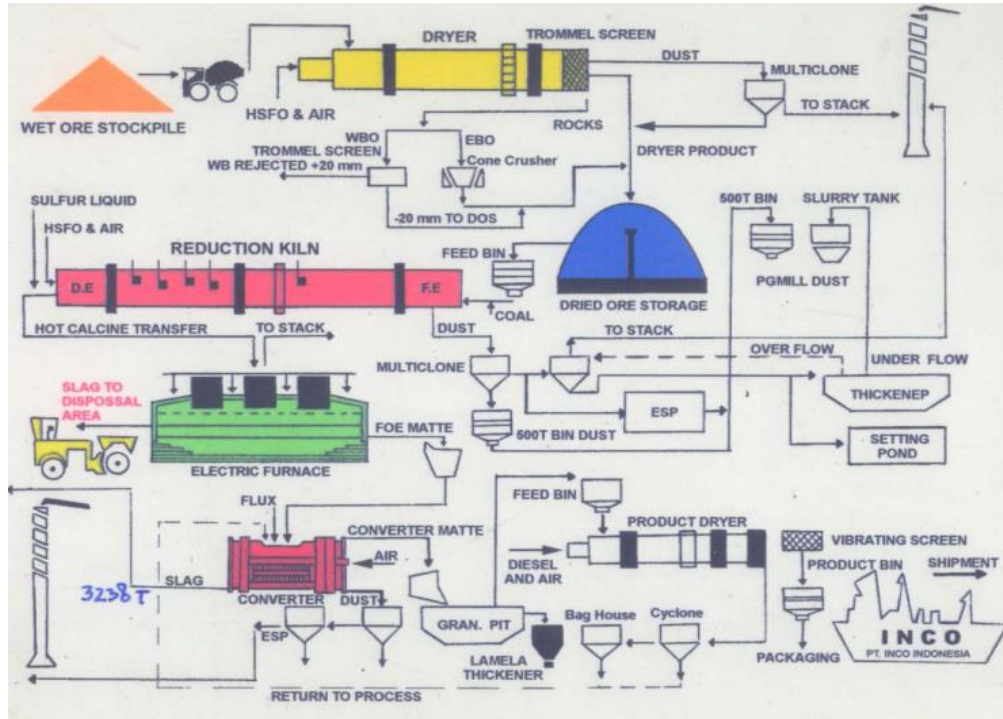


pengolahan tambang nikel yang didapatkan dari hasil proses pengolahan nikel sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1 (Sugri,2005) sebagai berikut:

- a. Proses penambangan  
Proses ini mencakup proses eksplorasi dan pengumpulan bahan baku biji laterit dari lokasi penambangan. Kemudian material dikirimkan ke tempat persediaan biji laterit basah setelah sebelumnya disaring dengan saringan ukuran tertentu.
- b. Proses pengeringan dan pengayakan  
Pada tahap ini kedua proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam biji laterit dan menyediakan bahan yang mempunyai ukuran tertentu dan seragam sehingga memudahkan dalam proses selanjutnya.
- c. Proses reduksi dan sulfidasi  
Tahap reduksi dilakukan dalam tanur putar reduksi (*reduction rotary kiln*) yang merupakan prasyarat untuk proses peleburan didalam tungku listrik.
- d. Proses peleburan  
Tahap peleburan merupakan proses lanjutan dari biji nikel yang sudah direduksi di dalam tanur reduksi. Selanjutnya calcine dimasukkan dalam tungku listrik dan dipanaskan sampai melebur. Pada tahap ini slag nikel dihasilkan yang kemudian ditampung dan dibuang ke tempat penampungan slag.



**Gambar 1.** Open dumping pembuangan Slag



**Gambar 2.** Proses pembuatan nikel dan terjadinya nikel (Sugiri, 2005)

e. Proses pemurnian di konverter

Pada tahap pemurnian, dihasilkan pula slag yang terdiri dari dua jenis:

- (i) Slag dengan kadar nikel  $< 2\%$  disebut *low nikel slag* yang tidak diproses lagi atau dibuang
- (ii) Slag dengan kadar nikel  $> 2\%$  disebut *high nikel slag* akan di daur ulang lagi dalam proses pemurnian converter.

## 5. Metode Pembuangan Slag

Slag dibuang setelah dari proses pembakaran pada furnes. Limbah slag umumnya dibuang pada lingkungan terbuka disekitar tambang, dimana suhunya mencapai 1100 derajat celcius.

Slag kemudian dibiarkan dingin dengan sendirinya dan menghasilkan bentuk slag yang tidak beraturan.

Dampak-dampak nya :

1. Polusi udara (terkena udara dalam kondisi panas mengakibatkan uap yang dapat terbawa oleh udara, sehingga berdampak pada gangguan pernapasan dan kualitas udara
2. Pencemaran tanah dan air tanah (membawa elemen dari slag tersebut)

Selain proses di atas, salah satu metode pembuangan slag nikel adalah dengan menggunakan pendinginan secara langsung. Saat terak disalurkan keluar dari tungku, air dituangkan di atasnya. Pendinginan cepat ini, seringkali dari suhu sekitar 2.600 ° F (1.430 ° C), adalah awal dari proses granulasi. Proses ini menyebabkan beberapa reaksi kimia berlangsung di dalam terak, dan memberikan material sifatnya yang seperti semen .

Air membawa terak dalam bentuk bubuk ke tangki agitasi besar, kemudian dipompa sepanjang sistem perpipaan ke sejumlah filter berbasis kerikil. Filter kemudian menahan butiran terak, sementara air mengalir keluar dan dikembalikan ke sistem.

## 6. Slag Nikel Granulasi (*Spherical*)

Pada umumnya slag nikel yang ditemui merupakan slag nikel bersudut. Baru-baru ini, metode produksi baru telah dikembangkan dengan perubahan dalam proses pendinginan di mana tidak diperlukan penghancuran untuk mendapatkan slag nikel yang lebih halus. Dalam metode ini, slag cair dituangkan ke dalam area berpendingin udara dengan hembusan udara bertekanan tinggi untuk pendinginan.

Akibatnya, slag nikel dengan cepat mendingin dan membentuk bentuk partikel halus berbentuk bola. Jadi slag nikel yang baru dikembangkan berbeda dari slag nikel berbentuk sudut konvensional (Roy dkk, 2018)

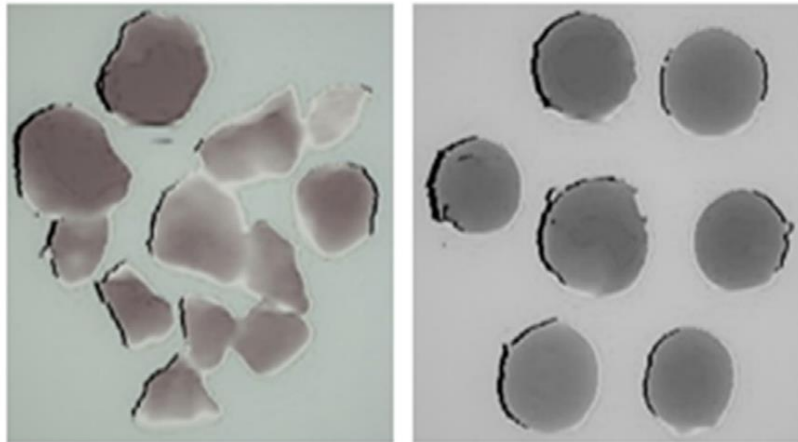
Penggunaan terak nikel *spherical* dalam campuran memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah:

- a. *Flowability* dapat ditingkatkan karena bentuknya yang bulat.
- b. Jumlah air dan semen bisa dikurangi sehingga biaya konstruksi lebih hemat dan daya tahan yang lebih baik.
- c. Terak nikel memiliki kepadatan yang tinggi sehingga dapat meningkatkan ketahanan abrasi.



**Gambar 1.** Slag Nikel Granulasi (*Spherical*)

Namun, penggunaan terak nikel *spherical* dalam campuran juga memiliki kekurangan, contohnya ketika rasio penggunaan terak nikel spherical yang sangat tinggi, akan berpotensi terjadinya segregasi dan *bleeding* sehingga dapat mengakibatkan penurunan sifat mekanik. Meskipun masalah *bleeding* dapat diperbaiki dengan cara meningkatkan viskositas pasta semen dengan menggunakan campuran seperti asap silika, perubahan sifat mekanik beton agregat terak berbentuk bola belum dievaluasi secara tepat.



(a) Angular

(b) *Spherical*

**Gambar 2.** Perbedaan bentuk partikel diamati dengan pemindahan laser (Roy dkk, 2018)

### **E. Persyaratan pH Untuk Material Beton**

Pada umumnya air yang digunakan untuk pembuatan beton adalah air dengan pH 7, begitupun dengan standar pengujian di Lab, namun dalam kenyataannya kadangkala pekerjaan pembuatan beton dilapangan tidak memperhatikan pH air yang digunakan, seperti pemakaian air rawa atau air sumur yang dibuat disekitar lokasi proyek. Hal ini disebabkan karena jauhnya lokasi proyek pembangunan atau karena tidak tersedianya air PAM dikarenakan lokasi yang terpencil, maka pemakaian air setempat menjadi pilihan.

Air yang didapat pada rawa dan sumur bisa jadi ber pH Asam ataupun Basa, sehingga air yang digunakan tidak memenuhi persyaratan. ini jelas dapat berpengaruh terhadap mutu atau kualitas dari beton. Jika dapat menurunkan mutu beton maka akan sangat berbahaya terhadap konstruksi yang akan di bangun karena daya dukung konstruksi yang telah direncanakan tidak sesuai dengan realisasi pembangunan (Srikirana, dkk 2017).

Menurut Kepmenkes RI No. 1204 (2004) pengelolaan limbah medis yaitu rangkaian kegiatan mencakup segregasi, pengumpulan, pengangkutan, penyimpanan,

pengolahan dan penimbunan limbah medis. Menurut WHO (2005) beberapa bagian penting dalam pengelolaan limbah rumah sakit yaitu minimasi limbah, pelabelan dan pengeemasan, transportasi, penyimpanan, pengolahan dan pembuangan limbah. Proses pengelolaan ini harus menggunakan cara yang benar serta memperhatikan aspek kesehatan, ekonomis, dan pelestarian lingkungan.

#### **F. Derajat Keasaman (pH) Air**

Derajat Keasaman (pH) Secara umum nilai pH air menggambarkan keadaan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Perairan dengan nilai pH=7 berarti kondisi air bersifat netral, pH< 7 berarti kondisi air bersifat asam, sedangkan jika pH> 7 kondisi air bersifat basa (M.T Oktafeni 2016).

#### **G. Kimia Slag**

Slag (ampas) adalah limbah hasil industri dalam proses peleburan logam. Slag berupa residu atau limbah yang berwujud gumpalan menyerupai logam, memiliki kualitas rendah karena bercampur dengan bahan-bahan lain yang susah untuk dipisahkan. Slag terjadi akibat penggumpalan mineral silika, potas dan soda dalam proses peleburan logam atau melelehnya mineral-mineral tersebut dari bahan wadah pelebur akibat proses panas yang tinggi.

Pendinginan sehingga membentuk batuan alam yang terdiri dari slag padat dan slag yang berpori. Berdasarkan bentuknya, slag nikel dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu high, medium dan low slag. Terak nikel yang masuk kategori high diperoleh dari proses pemurnian di konverter berbentuk pasir halus berwarna coklat tua, sedangkan kategori medium dan low slag diperoleh lewat tungku pembakaran (furnace) (Mustika, 2015).

Kandungan kimia pada ampas nikel dapat mempengaruhi proses hidrasi semen. Senyawa kimia yang paling penting dalam proses hidrasi semen adalah CaO (kapur) dan SiO<sub>2</sub> (silika). Ampas nikel mengandung kedua senyawa tersebut, akan tetapi komposisinya tidak sebesar semen. Oleh karena itu, kandungan

kimia yang terdapat pada terak dapat berkolaborasi pada proses hidrasi semen sehingga menghasilkan beton dengan kualitas yang lebih baik.

Silika adalah salah satu senyawaan kimia yang paling umum. Silika murni terdapat dalam dua bentuk yaitu kuarsa dan kristobalit. Silikon selalu terikat secara tetrahedral kepada empat atom oksigen, namun ikatan-ikatannya mempunyai sifat yang cukup ionik. Dalam kristobalit, atom-atom silikon ditempatkan seperti halnya atom-atom karbon dalam intan dengan atom-atom oksigen berada di tengah dari setiap pasangan. Dalam kuarsa terdapat heliks sehingga terbentuk Kristal enansiomorf. Kuarsa dan kristobalit dapat saling dipertukarkan apabila dipanaskan. Proses ini lambat karena dibutuhkan pemutusan dan pembentukan kembali ikatan ikatan dan energi pengaktifannya tinggi. Silika relatif tidak reaktif terhadap Cl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, asam-asam dan sebagian besar logam pada suhu 25 0C atau pada suhu yang lebih tinggi, tetapi dapat diserang oleh F<sub>2</sub>, HF aqua, hidroksida alkali dan leburan-leburan karbonat.

#### **H. Lindi (*leachate*)**

Lindi adalah cairan yang keluar dari suatu padatan yang terkontaminasi oleh zat-zat pencemar yang ditimbulkan oleh limbah yang mengalami proses pembusukan. Pelindian merupakan parameter yang menentukan kualitas hasil solidifikasi yang berkaitan dengan pencemaran lingkungan. Untuk menentukan kualitas lindi/leachate yang keluar dari padatan yang telah distabilkan digunakan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TLCP)*. TLCP adalah salah satu evaluasi toksitas limbah untuk bahan-bahan yang dianggap berbahaya dan beracun dengan penekanan pada nilai leachate. Uji pelindian sudah lazim diterapkan khususnya di negara industri yang pada intinya mensimulasikan kondisi terburuk, misalnya bila landfill yang tidak dikelola secara baik.