

TUGAS AKHIR
KARAKTERISTIK LINDI MORTAR DENGAN SLAG NIKEL TIPE
PENDINGINAN TERBUKA SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR



RADITYA MUHAMAD FARHAN
D131171509

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

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

Judul : Karakteristik Lindih Mortar dengan Slag Nikel Tipe Pendinginan Terbuka sebagai Substitusi Pasir.

Disusun Oleh :

Nama : Raditya Muhamad Farhan D131171509

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 30 September 2021

Pembimbing I

Dr. Eng. Ibrahim Jamaluddin, S.T., M. Eng
NIP. 197512142015041001

Pembimbing II

Dr. Eng. M. Akbar Cajonge, S.T., M.T.
NIP. 198604092019043001

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan

Dr. Eng. Muralis Hustin, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122004



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raditya Muhamad Farhan
NIM : D131 17 1509
Program Studi : Teknik Lingkungan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

KARAKTERISTIK LINDI MORTAR DENGAN SLAG NIKEL TIPE PENDINGINAN TERBUKA 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.

Makassar, 10 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan,



Raditya Muhamad Farhan
NIM : D131 17 1509

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 TERBUKA 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 terealisasi. 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 Rahimuddin ST, MT, PhD** dan mami saya **Ibu Cucu Rohaeti S, Sos.** atas doa, kasih sayangnya, dan segala dukungan selama ini, baik mental maupun material.
2. Adik saya tercinta **Radiansyah , Hauraisya , Radifta** yang selalu membantu membangkitkan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Teman Teman Perkumpulan **Pemersatu Bangsat** selaku teman perkumpulan saya yang saling memberikan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir agar bisa melaksanakan wisuda di periode yang sama.
4. Saudara-saudari **Blueband** yang selalu memberikan warna begitu indah, dukungan, semangat dan dorongan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. 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 10 Mei 2021
Raditya Muhamad Farhan

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dan Limbah B3	5
B. Nikel	6
C. Teori Mortar	7
1. Tipe Mortar	7
2. Sifat – Sifat Mortar	12
D. Bahan – Bahan Dasar Mortar	13
1. Semen Portland (<i>Portland Cement</i>)	13
E. Agregat Halus	18
F. Air	20
G. Terak Nikel	21
1. Proses Terjadinya Nikel	21
2. Metode Pembuangan Slag	23
3. Slag Nikel Angular	23
H. Derajat Keasaman (pH) Air	25

I. Lindi (<i>Leachete</i>)	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
A. Bagan Alir Penelitian	27
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	28
C. Jenis Penelitian dan Sumber Data	29
1. Alat Penelitian	29
2. Bahan Penelitian	29
D. Prosedur Penelitian	30
1. Proses Pembuatan Slag Angular	30
2. Pengujian Komposisi Kimia Slag	31
3. Rancangan Campuran (<i>Mix Design Concrete</i>)	31
4. Pembuatan Benda Uji	31
5. Perawatan (<i>Curing</i>) Benda Uji	33
6. Pengujian Mortar	33
7. Kuat Tekan Mortar	33
8. Pengujian <i>Leachete</i>	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
A. Dampak Lingkungan Open Dumping Slag	35
B. Karakteristik Material	37
1. Bentuk Fisik Terak Nikel Angular	37
2. Sifat Fisik Terak Nikel Angular	38
3. Komposisi Kimia Pasir	38
4. Komposisi Kimia Slag Angular	39
C. Berat Jenis Mortar	40
1. Pengujian Kuat Tekan	41
D. Pengujian <i>Leachete</i>	44
E. Derajat Keasaman (pH) Mortar dan Pasir Slag	45

1. Derajat Keasaman (pH) Slag Agregat	45
2. Derajat Keasaman (pH) Mortar 100% Pasir	46
3. Derajat Keasaman (pH) Mortar 100% Slag	46
4. Perbandingan Derajat Keasaman (pH)	47
F. Aplikasi Pada Konstruksi	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	53

ABSTRAK

Pasir adalah agregat halus dengan butiran berukuran mulai dari 0,0625 hingga 2 milimeter dimana pasir mengandung silikon dioksida yang berasal dari batuan kapur, kegunaan pasir pada mortar adalah sebagai pengisi pada campuran mortar yang nantinya akan dicampur dengan agregat kasar, semen dan air . Slag Nikel Angular (*Angular*) merupakan terak hasil limbah nikel yang diproses dengan menuangkan slag cair ke dalam area tempat terbuka dan didiamkan selama beberapa bulan sampai mengeras, Kemudian dilakukan proses pemecahan dengan menggunakan alat *stone crusher*. 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 mortar 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 angular (*Angular*) 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

Sand is a fine aggregate with grains ranging from 0.06252 millimeters where is the sand contains silicon dioxide from limestone, the use of sand in mortar is as a filler in the mixture which will later be mixed with coarse aggregate, cement and water. Angular Nickel Slag (Angular) is a slag from nickel waste that is discarded by pouring liquid slag into an open area and leaving it for a few months until it hardens, then the working process is carried out using a stone crusher. This slag is used as a substitute for sand used 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 good management process. So that the purpose of this research is to measure the characteristic of leachate substance that excreted from the mortar as a substitute for sand in the mortar 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 angular nickel slag (Angular) 0%, 50%, and 100%.

After 28 days the leachate substance from the mortar samples were taken and examined in the Laboratory of the Faculty of Marine Sciences and Fisheries, Hasanuddin University

Keyword :aggregate,nickel,slag

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya permintaan akan kebutuhan rumah sebagai penunjang kehidupan manusia maka dibutuhkan juga banyak material untuk memproduksi mortar dengan bahan dasar agregat halus berupa pasir semakin meningkat. Peningkatan kebutuhan material ini pun akan terus mengalami penambahan pada beberapa tahun kedepan sehingga banyak upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas hasil produk mortar dengan cara menguji kekuatan dan karakteristik dari bahan baku yang digunakan.

Di Indonesia, produksi bata mortar 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).

Sebagai Sumber Daya Alam yang tidak dapat diperbaharui penggunaan pasir pada konstruksi mortar harus dikurangi agar Sumber Daya Alam pasir dapat terus terjaga ketersediaannya.

Agregat halus menempati sekitar 70% volume mortar 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 longsohnya tepian sungai karena penarikan yang cepat dari dasar sungai (Maharishi, 2020)

Limbah B3 slag termasuk kedalam limbah B3 kategori 2 menurut PP Nomor 101 tahun 2014 Limbah B3 yang mengandung B3, memiliki efek tunda

(*delayed effect*), dan berdampak tidak langsung terhadap manusia dan lingkungan hidup serta meiliki toksisitas sub-kronis atau kronis.

Karena adanya permasalahan ini kita harus mencari alternative material pengganti pasir pada pembuatan mortar sehingga menghasilkan material 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 industri 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.

Seiring perkembangan ilmu pendidikan dan teknologi, banyak dilakukan pemanfaatan limbah B3, seperti menggunakan limbah B3 sebagai bahan baku semen, konstruksi, infrastruktur jalan, maupun di daur ulang kembali. Penggunaan limbah slag nikel banyak digunakan untuk pembuatan paving block atau sebagai substitusi pasir dalam campuran mortar. Pengolahan-pengolahan seperti ini dapat meminimalisir tingkat pencemaran lingkungan yang disebabkan dari limbah B3. Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan limbah B3 sebagai bahan konstruksi adalah keamanan penggunaan. Sehingga perlu dilakukan pengujian kandungan kimia yang terdapat pada limbah B3 tersebut setelah dilakukan pengolahan.

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 lindih (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 TERBUKA SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR**”.

B. Rumusan Masalah

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

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

D. Manfaat Penelitian

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

E. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dibuat agar memudahkan pembaca dalam memahami isi laporan. Pada sistematika penulisan ini berisi gambaran besar isi tugas akhir. Terdapat lima bab dalam penulisan tugas akhir ini. Adapun susunan penulisan adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup, dan diakhiri dengan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan Pustaka berisi teori-teori atau referensi yang mendasari masalah penelitian. Referensi ini digunakan untuk Menyusun kerangka pemikiran/konsep yang akan digunakan pada penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab metode penelitian berisi tentang prosedur-prosedur yang digunakan untuk melakukan penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab hasil dan pembahasan berisi tentang hasil analisis dari penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan metode penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang telah didapatkan dari hasil penelitian serta saran yang diperlukan untuk penelitian yang telah dilakukan

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

Limbah Beracun adalah limbah yang mengandung pencemar yang bersifat racun bagi manusia dan lingkungan yang dapat menyebabkan kematian atau sakit yang serius apabila masuk kedalam tubuh melalui pernafasan, kulit, dan mulut. Indikator racun yang digunakan adalah TCLP (Toxicity Characteristics Leaching Procedure) seperti tercantum dalam PP No. 101 tahun 2014 pasal 5 yang menjelaskan tentang karakteristik limbah B3 ada 6, yaitu :

- a. Mudah meledak
- b. Mudah terbakar
- c. Reaktif
- d. Infeksius
- e. Korosif
- f. Beracun

Prosedur Pelindian Karakteristik Beracun (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) yang selanjutnya disingkat TCLP adalah prosedur laboratorium untuk memprediksi potensi pelindian B3 dari suatu Limbah. 5. Uji Toksikologi Lethal Dose-50 yang selanjutnya disebut Uji Toksikologi LD50 adalah uji hayati untuk mengukur hubungan dosis-respon antara Limbah B3 dengan kematian hewan uji yang menghasilkan 50% (lima puluh persen) respon kematian pada populasi hewan uji.

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 kepadaran 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. Tjokrodumuljo (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 (Tjokrodumuljo, 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 bagian 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 aluminous semen, dengan membandingkan volume satu aluminous 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 kesesuaian 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 2.1 dan Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.1. Persyaratan Spesifikasi Proporsi Mortar

Mortar	Tipe	Campuran dalam volume (bahan bersifat semen)							Rasio agregat (Pengukuran pada kondisi lembab atau gembur	
		Semen Portland/ semen campur	Semen Mortar			Semen Pasangan				Kapur Padam atau kapur Pasta
			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 material sementisius
Semen Mortar	M	1	...	...	1	...	...	...
	M	...	1	...	...	...	...	...
	S	$\frac{1}{2}$	...	...	1	...	...	...

Mortar	Tipe	Campuran dalam volume (bahan bersifat semen)								Rasio agregat (Pengukuran pada kondisi lembab atau gembur)
		Semen Portland/ semen campur	Semen Mortar			Semen Pasangan			Kapur Padam atau kapur Pasta	
			M	S	N	M	S	N		
	S	...	...	1	...	...	...	...
	N	...	...	...	1	...	...	...
	O	...	...	...	1	...	...	...
Semen Pasangan	M	1	...	...	...	...	...	1	
	M	...	...	...	...	1	...	...
	S	½	...	...	...	...	...	1	
	S	...	...	...	...	...	1	...	
	N	...	...	...	...	...	...	1	
	O	...	...	...	...	...	...	1	

Tabel 2.2. Persyaratan Spesifikasi Sifat Mortar

Mortar	Tipe	Kekuatan tekan rata-rata pada umur 28 hari, min, MPa (psi)	Retensi air, min, %	Kadar udara, maks, % ^B	Rasio agregat (diukur dalam kondisi lembab, lepas)
Semen-kapur	M	17,2 (2 500)	75	12	Tidak kurang dari 2¼ dan tidak lebih dari 3½
	S	12,4 (1 800)	75	12	
	N	5,2 (750)	75	14 ^C	
	O	2,4 (350)	75	14 ^C	
Semen Mortar	M	17,2 (2 500)	75	12	
	S	12,4 (1 800)	75	12	

Mortar	Tipe	Kekuatan tekan rata-rata pada umur 28 hari, min, MPa (psi)	Retensi air, min, %	Kadar udara, maks, % ^B	Rasio agregat (diukur dalam kondisi lembab, lepas)
	N	5,2 (750)	75	14 ^C	jumlah dari volume volume terpisah dari material sementisius
	O	2,4 (350)	75	14 ^C	
Semen	M	17,2 (2 500)	75	18	
	S	12,4 (1 800)	75	18	
Pasangan	N	5,2 (750)	75	20 ^D	
	O	2,4 (350)	75	20 ^D	

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 hidraulik (*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 hidrolis 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 pembentuk semen adalah :

- a. Kapur (CaO) dari batu kapur
- b. Silika (SiO_2) dari lempung
- c. Alumina (Al_2O_3)

Ada lima tipe semen Portland sesuai dengan klasifikasi yang ditentukan oleh ASTM sebagai berikut:

- a. Tipe I, semen portland untuk tujuan umum. Jenis ini paling banyak diproduksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.
- b. Tipe II, semen portland modifikasi adalah tipe yang sifatnya setengah tipe IV dan setengah tipe V (moderat). Belakangan lebih banyak diproduksi sebagai pengganti tipe IV.
- c. Tipe III, semen portland dengan kekuatan awal tinggi. Kekuatan 28 hari umumnya dapat dicapai dalam 1 minggu. Semen jenis ini umum dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus dapat cepat dipakai.
- d. Tipe IV, semen portland dengan panas hidrasi rendah, yang dipakai untuk kondisi di mana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan massif seperti bendungan gravitasi yang besar. Pertumbuhan kekuatannya lebih lambat daripada semen tipe I.
- e. Tipe V, semen portland tahan sulfat, yang dipakai untuk menghadapi aksi sulfat yang ganas. Umumnya dipakai di daerah di mana tanah atau airnya memiliki kandungan sulfat yang tinggi.

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

Tabel 2.3. Syarat Kimia Utama

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	SiO ₂ , minimum	-	20,0 ^{b,c)}	-	-	-
2	Al ₂ O ₃ , maksimum	-	6,0	-	-	-
3	Fe ₂ O ₃ , maksimum	-	6,0 ^{b,c)}	-	6,5	-
4	MgO, maksimum	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
5	SO ₃ , maksimum	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
	Jika C ₃ A ≤ 8,0	3,5	d)	4,5	d)	d)
	Jika C ₃ 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 ₃ S, maksimum ^{a)}	3,0	-	-	35 ^{b)}	-
9	C ₂ S, minimum ^{a)}	-	-	-	40 ^{b)}	-
10	C ₃ A , maksimum ^{a)}	-	8,0	15	7 ^{b)}	5 ^{b)}
11	C ₄ AF + 2 C ₃ A atau ^{a)}	-	-	-	-	25 ^{c)}
	C ₄ AF + C ₂ 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 = SiO₂, A = Al₂O₃, F = Fe₂O₃, Contoh C₃A = ₃CaO.Al₂O₃ Titanium dioksida (TiO₂) dan Fosfor pentaoksida (P₂O₅) termasuk dalam Al₂O₃

Nilai yang biasa digunakan untuk Al₂O₃ dalam menghitung senyawa potensial (misal : C₃A) untuk tujuan spesifikasi adalah jumlah endapan yang diperoleh dengan penambahan NH₄OH dikurangi jumlah Fe₂O₃ (R₂O₃ – Fe₂O₃) 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 C₃S, C₂S, C₃A dan C₄AF dihitung sebagai berikut:

$$C_3S = 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = (4,071 \times \% \text{CaO}) - (7,600 \times \% \text{SiO}_2) - (6,718 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1,430 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2,852 \times \% \text{SO}_3)$$

$$C_2S = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = (2,867 \times \% \text{SiO}_2) - (0,7544 \times \% \text{C}_3\text{S})$$

$$C_3A = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = (2,650 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1,692 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$C_4AF = 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 = (3,043 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

Apabila: $\frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{Fe}_2\text{O}_3} < 0,64$, terbentuk larutan padat (C₄AF + C₂F) = 4CaO. Al₂O₃.Fe₂O₃ maka (C₄AF + C₂F) dan C₃S dihitung sebagai berikut:

Semen dengan komposisi ini didalamnya tidak terdapat C₃A. C₂S 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 pemuain karena sulfat yang tercantum pada tabel syarat fisika tambahan (Tabel 4), maka syarat kimia ini tidak berlaku.

d) Tidak dapat dipergunakan

Tabel 2.4. Syarat kimia tambahan ^{a)}

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	C ₃ A , maksimum	-	-	8	-	-
2	C ₃ A , minimum	-	-	5	-	-
3	(C ₃ S + 2 C ₃ A) , maksimum	-	58 ^{b)}	-	-	-
4	Alkali, sebagai (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O), maksimum	0,60 ^{c)}	0,60 ^{c)}	0,60 ^{c)}	0,60 ^{c)}	0,60 ^{c)}
<p>CATATAN</p> <p>a) Syarat kimia tambahan ini berlaku hanya secara khusus disyaratkan.</p> <p>b) Sama dengan keterangan untuk ^{b)} pada syarat kimia utama.</p> <p>c) Hanya berlaku bila semen digunakan dalam beton yang agregatnya bersifat reaktif terhadap alkali.</p>						

Semen portland juga harus memenuhi persyaratan fisika, diantaranya sebagai berikut:

Tabel 2.5. Syarat Fisika Utama

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	Kehalusan:					
	Uji permeabilitas udara, m ² /kg					
	Dengan alat :					
	Turbidimeter, min	160	160	160	160	160
	Blaine, min	280	280	280	280	280
2	Kekekalan :					
	Pemuaian dengan autoclave, maks %	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
3	Kuat tekan:					
	Umur 1 hari, kg/cm ² , minimum	-	-	120 240	- -	-

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
	Umur 3 hari, kg/cm ² , minimum Umur 7 hari, kg/cm ² , minimum Umur 28 hari, kg/cm ² , minimum	125 200 280	100 70 a) 175 120 a) -	- - -	70 170	80 150 210
4	Waktu pengikatan (metode alternatif) dengan alat: Gillmore - Awal, menit, minimal - Akhir, menit, maksimum Vicat - Awal, menit, minimal - Akhir, menit, maksimum	0,60 ^{c)} 45 375	0,60 ^{c)} 45 375	0,60 ^{c)} 45 375	0,60 ^{c)} 45 375	0,60 ^{c)} 45 375
CATATAN a) Syarat kuat tekan ini berlaku jika syarat kalor hidrasi seperti tercantum pada tabel syarat fisika tambahan (Tabel 4) atau jika syarat C3S + C3A seperti tercantum pada tabel syarat kimia tambahan disyaratkan (Tabel 2).						

Tabel 2.6. Syarat Fisika Tambahan^{a)}

No	Uraian	Jenis Semen Portland				
		I	II	III	IV	V
1	Pengikatan semu penetrasi akhir, % minimum	50	50	50	50	50
2	Kalor hidrasi Umur 7 hari, kal/gram, maks Umur 28 hari, kal/gram, maks	- -	70 ^{b)}	- -	60 70	- -
3	Kuat tekan: Umur 28 hari, kg/cm ² , minimum	-	280	-	-	-

4	Pemuaian karena sulfat 14 hari, %, maksimum	-	220 ^{b)}	-	-	0,040
5	Kandungan udara mortar, % volume, maksimum	12	12	12	12	12

CATATAN

a) Persyaratan fisika tambahan ini berlaku hanya jika secara khusus diminta.

b) Bila syarat kalor hidrasi ini disyaratkan, maka syarat $C_3S + C_3A$ seperti tercantum pada tabel kimia tambahan (Tabel 2) tidak diperlukan. Syarat kuat tekan ini berlaku bila syarat kalor hidrasi seperti yang tercantum pada tabel syarat fisika tambahan (Tabel 4) atau bila syarat $C_3S + C_3A$ seperti yang tercantum pada tabel syarat kimia tambahan (Tabel 2) disyaratkan.

Sebagai bahan pengikat material, semen memiliki peranan yang sangat penting dalam perencanaan kekuatan mortar. Untuk Penelitian ini digunakan semen Portland Tipe I.

E. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 4 atau ukuran 4,75mm (Mulyono, 2003)

Persyaratan agregat halus SK SNI S-04-1989-F :

- a. Butir – butir keras dan tidak berpori.
- b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan), jika di uji dengan larutan garam natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, jika di uji dengan garam magnesium sulfat maksimum 18%.
- c. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%.
- d. Tidak boleh mengandung zat – zat yang reaktif terhadap alkali.
- e. Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20%.

- f. Modulus halus butir antara 1,5 – 3,8 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
- g. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari 1/5 jarak terkecil antara bidang – bidang samping cetakan, 1/3 tebal pelat beton, ¾ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.
- h. Agregat halus dari laut/pantai, boleh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Menurut Tjokrodimulyo, (1992) pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu:

a. Pasir galian

Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

b. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus dan bulat–bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat. Pada sungai tertentu yang dekat dengan hutan kadang–kadang banyaknya mengandung humus.

c. . Pasir pantai

Pasir pantai adalah pasir yang diambil dari tepian pantai, bentuk butirannya halus dan bulat akibat gesekan dengan sesamanya. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. akan tetapi pasir pantai dapat digunakan pada campuran beton dengan perlakuan khusus, yaitu dengan cara di cuci sehingga kandungan garamnya berkurang atau hilang.

Karakteristik kualitas agregat halus yang digunakan sebagai komponen struktural beton memegang peranan penting dalam menentukan karakteristik kualitas struktur beton yang dihasilkan, sebab agregat halus mengisi sebagian besar volume beton. Pasir pantai sebagai salah satu jenis material agregat halus memiliki ketersediaan dalam kuantitas yang besar (Mangerongkonda, 2007).

F. Air

Air merupakan salah satu bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan beton. Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air harus selalu ada dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi suatu pasta sehingga betonnya lecah. Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penguangan beton. Jumlah air yang diperlukan untuk kelecakan tertentu tergantung pada sifat material yang digunakan (Nugraha, 2007). Kelebihan air dari proses hidrasi diperlukan untuk syarat kekentalan (consistency) adukan agar dapat dicapai suatu kelecakan.

Kekuatan dari beton ditentukan oleh perbandingan berat antara air dan semen (water cement ratio). Faktor air semen (FAS) :

$$FAS = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Semen}}$$

G. Terak Nikel

Slag (terak) adalah limbah hasil industri dalam proses peleburan logam. Terak berupa residu atau limbah yang berwujud gumpalan menyerupai logam, memiliki kualitas rendah karena bercampur dengan bahan-bahan lain yang susah untuk dipisahkan. Terak 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 (Mustika, 2015)

Material slag nikel terdiri dari senyawa SO_3 MgO CaO Cr_2O_3 FeO SiO_2 Al_2O_3 . Komposisi kimia terak nikel dengan Energy Dispersion Spectroscopy (EDS) (Sujiono, dkk., 2015)

Tabel 2.7. Komposisi Kimia Terak Nikel

Oxide	SO_3	MgO	CaO	Cr_2O_3	FeO	SiO_2	Al_2O_3
Terak Nikel	0.29	23.60	0.86	2.27	29.75	38.85	4.38

1. 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 (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

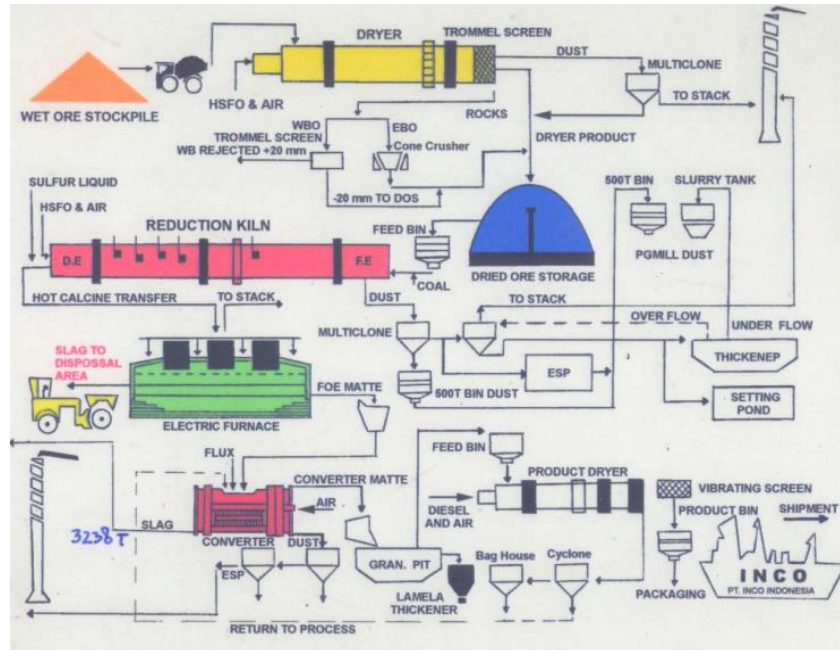
Tahap reduksi dilakukan dalam tanur putar reduksi (*reduction rotary kiln*) yang merupakan prasyarat untuk proses peleburan didalam tungku listrik.

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 2.1. Proses pembuatan nikel dan terjadinya terak 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.

2. Metode Pembuangan Slag

Metode yang digunakan adalah metode Open Dumping dimana slag dibuang setelah dari proses pembakaran pada furnes. Limbah slag umumnya dibuang pada lingkungan terbuka disekitar tambang, dimana suhunya mencapai 1100°C Terak yang meleleh dari tungku itu diangkut ke tempat pembuangan di dekat lokasi menggunakan haul master. Di tempat pembuangan, terak yang

masih meleleh dituangkan dan dibiarkan mengalir mengikuti gravitasi, kemudian didinginkan dan dipadatkan. Setelah pendinginan udara selama 3-6 bulan, terak nikel padat disemprot dengan air didinginkan sampai suhunya di bawah 135°C. Lalu kemudian dikumpulkan dengan mesin excavator dan dibawa ke jaw crusher untuk mendapatkan agregat dengan ukuran yang diinginkan, 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)

3. Slag Nikel Angular (*Angular*)

Slag nikel angular adalah salah satu jenis sisa dari proses industri yaitu akibat proses peleburan bijih nikel setelah melalui proses pembakaran dan penyaringan. Bentuk awal dari slag nikel angular berbentuk padatan yang telah didinginkan selama 3-6 bulan lalu dikumpulkan dan dimasukkan pada mesin jaw crusher sampai pada ukuran tertentu.

Gambar 2.2. Slag Nikel Angular

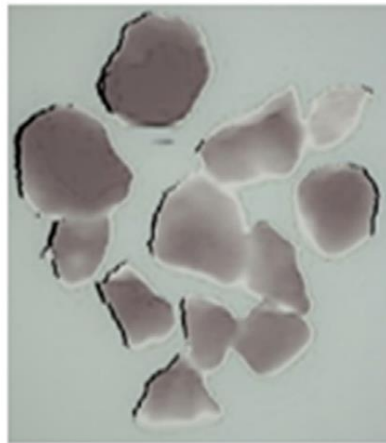


Penggunaan terak nikel *Angular* dalam campuran memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah:

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

Adapun juga kekurangan dari penggunaan terak nikel *Angular* dimana dikarenakan bentuknya yang tidak beraturan dapat mengurangi nilai *Slump* yang berdampak pada efektivitas waktu pengerjaan .

Gambar 2.3. Bentuk Slag nikel *Angular* diamati dengan pemindahan laser (Roy dkk, 2018



(a) Angular

H. 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).

I. 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.