

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Solidifikasi

2.1.1 Pengertian Solidifikasi

Solidifikasi adalah suatu metode untuk mengubah limbah yang terbentuk padatan halus menjadi padat dengan menambahkan bahan pengikat kemudian dilanjutkan dengan penambahan bahan pematat (*Solidifying Agent*). Tujuannya adalah untuk mengubah limbah yang bersifat berbahaya menjadi tidak berbahaya dengan merubah karakteristik fisik dengan cara mengubah bentuk limbah cair atau Lumpur limbah menjadi bentuk padat monolit untuk mengurangi kemampuan atau penyebaran dari zat pencemar yang ada dalam limbah sehingga diperoleh produk dalam bentuk matrik padat sehingga mudah diangkut dan disimpan (Wentz,A,Charles,1995).

Metode ini dilatarbelakangi dari suatu kenyataan bahwa bahan yang termasuk ke dalam golongan bahan berbahaya dan beracun tingkat bahaya yang paling tinggi bila dalam bentuk gas dan paling rendah bila dalam bentuk padat (Manahan,1994).

Bahan yang digunakan dalam proses *solidifikasi* adalah bahan non *radioaktif* untuk mengikat limbah menjadi satu kesatuan (*monolit*). Bahan yang digunakan disesuaikan dengan:

1. Kemampuan unsur pencemar dari limbah yang meliputi : jenis, sifat, dan tingkat bahaya dari bahan pencemar.

2. Sifat fisik dan kimia limbah : cairan, lumpur, resin penukar ion dan zat padat.
3. Sifat pengepakan dalam kaitannya dengan sistem pembuangan.

Tujuan dari proses *solidifikasi* antara lain :

1. Meningkatkan karakteristik fisik dan penanganan limbah
2. Mengurangi luas permukaan sehingga kontaminan yang lolos menjadi lebih sedikit
3. Membatasi kelarutan pencemar
4. Mereduksi *toksitas*.

Komponen utama dalam proses solidifikasi itu sendiri yaitu:

- Binder (pengikat) : Bahan yang akan menyebabkan produk solidifikasi menjadi lebih kuat seperti semen pada adukan beton.
- Sorben : Bahan yang berfungsi untuk menahan komponen pencemar dalam matrik yang stabil.
- Bahan lain, seperti agregat (pasir, kerikil) atau aditif lainnya.

Adapun beberapa proses dari solidifikasi antara lain:

1. Proses yang berbasis pada semen (sementasi)

Yaitu proses pemadatan limbah dengan menggunakan matrik semen, sehingga akan menjadi padatan (monolit blok)

2. Proses dengan pozzolan

Yaitu Proses pemadatan limbah menggunakan tanah pozzolan (silikat dan aluminat) dimana akan mengeras bila bercampur dengan kapur atau semen dan air.

3. Proses termoplastis

Yaitu proses pemadatan limbah dengan menggunakan binder seperti aspal atau polyethylene yang dipanaskan terlebih dahulu sebelum dicampur dengan limbah.

4. Proses polimerisasi organik

Yaitu pencampuran limbah dengan matrik polimer yang berupa thermosetting maupun thermoplastik. Temperatur pada proses ini berkisar 60°C . Proses ini tergolong baru, belum digunakan secara luas karena bahan polimer tidak tahan terhadap radiasi tinggi.

5. Proses vitrifikasi (glasifikasi)

Yaitu pemadatan limbah dengan bahan pembentuk gelas yang direaksikan pada suhu tinggi sehingga terbentuk gelas atau keramik. Temperatur yang digunakan pada proses ini adalah 1000°C - 1500°C .

2.1.2 Prinsip Dasar solidifikasi

Proses pembekuan terjadi melalui mekanisme nukleasi dan pertumbuhan. Di sini nukleus-nukleus kecil atau kristal-kristal benih terbentuk secara merata di seluruh cairan logam, kemudian tumbuh sampai akhirnya seluruh volume menjadi padatan. Selama proses pembekuan, nukleus-nukleus (inti) tumbuh dengan cepat menurut arah kristalogi tertentu, dan ini menyebabkan terbentuknya kristal-kristal bercabang panjang yang disebut dendrit. Pertumbuhan dendrit terhenti begitu terjadi kontak dengan dendrit bersebelahan yang juga tumbuh, lalu cairan yang tersisa membeku pada rongga-rongga diantara cabang-cabang dendrit. (R.E.Smallman, 1991).

Setiap permukaan kontak bertindak sebagai batas antara dua kristal, sehingga dengan demikian tiap inti akan membentuk kristal atau butirnya sendiri yang oleh batas butir dipisahkan dari sesama butir yang lain. Batas butir pada hakikatnya adalah daerah transisi dengan lebar hanya beberapa diameter atom. Di sini atom-atom menyesuaikan diri terhadap orientasi kristal pada butir-butir yang mempengaruhinya. Jika hanya sedikit inti yang terbentuk selama pembekuan, maka ukuran butir kristalin akan besar. Demikian pula, bila hanya sebuah inti yang mendapat kesempatan tumbuh, maka kristal yang terbentuk adalah kristal tunggal (R.E.Smallman, 1991).

Secara umum proses pengolahan limbah industri dengan metode/teknologi yang ada pada saat ini tidak terlepas dari hukum termodinamika yang menyatakan bahwa suatu zat tidak dapat dihilangkan atau musnah, melainkan hanya berubah sifat/jenis dari satu bentuk menjadi bentuk lainnya. Oleh karena itu dari setiap kegiatan proses transformasi dari bahan baku menjadi produk akan mengeluarkan berupa hasil buangan/*waste*. Dalam proses *solidifikasi* menggunakan mineral lokal yang mana mineral lokal merupakan mineral yang keberadaannya terdapat di Indonesia sehingga sumber daya alam terutama mineral dapat digunakan seoptimal mungkin guna mereduksi beban pencemaran khususnya limbah bahan berbahaya dan beracun.. (Breck, W.G,1997).

2.2 Definisi Limbah

2.2.1 Limbah Padat

Limbah padat adalah hasil buangan industri berupa padatan, lumpur, bubur yang berasal dari sisa proses pengolahan. Limbah ini dapat dikategorikan menjadi dua bagian, yaitu limbah padat yang dapat didaur ulang dan limbah padat yang tidak punya nilai ekonomis.

Bagi limbah padat yang tidak punya nilai ekonomis dapat ditangani dengan berbagai cara antara lain ditimbun pada suatu tempat, diolah kembali kemudian dibuang dan dibakar. Perlakuan limbah padat yang tidak mempunyai nilai ekonomis sebagian besar dilakukan sebagai berikut (Ir. Perdana Ginting, 1992) :

a. Ditumpuk pada area tertentu

Penimbunan limbah padat pada areal tertentu membutuhkan areal yang luas dan merusakkan pemandangan di sekeliling penimbunan. Penimbunan ini mengakibatkan pembusukkan yang menimbulkan bau di sekitarnya, karena adanya reaksi kimia yang menghasilkan gas tertentu.

b. Pembakaran

Limbah padat yang dibakar menimbulkan asap, bau dan debu. Pembakaran ini menjadi sumber pencemaran melalui udara dengan timbulnya bahan pencemar baru seperti Nox, hidrokarbon, karbonmonoksida, bau, partikel dan sulfur dioksida.

c. Pembuangan

Pembuangan tanpa rencana sangat membahayakan lingkungan. Diantara beberapa pabrik membuang limbah padatnya ke sungai karena diperkirakan larut ataupun membusuk dalam air. Ini adalah keliru, sebab setiap pembuangan bahan padatan apakah namanya lumpur atau buburan, akan menambah total sodid dalam air sungai.

Secara garis besar limbah padat dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Limbah padat yang mudah terbakar
2. Limbah padat yang sukar terbakar
3. Limbah padat yang mudah membusuk
4. Limbah berupa debu
5. Lumpur
6. Limbah yang dapat didaur ulang
7. Limbah radioaktif
8. Limbah yang menimbulkan penyakit

Berdasarkan klasifikasi limbah padat serta akibat-akibat yang ditimbulkannya sistem pengelolaan dilakukan menurut :

1. Limbah padat yang dapat ditimbun tanpa membahayakan
2. Limbah padat yang dapat ditimbun tetapi berbahaya
3. Limbah padat yang tidak dapat ditimbun

Di dalam pengolahannya dilakukan melalui tiga cara yaitu pemisahan, penyusutan ukuran dan pengomposan. Dimaksud dengan

pemisahan adalah pengambilan bahan tertentu kemudian diolah kembali sehingga mempunyai nilai ekonomis. Penyusutan ukuran bertujuan untuk memudahkan pengolahan limbah selanjutnya, misalnya pembakaran. Dengan ukuran lebih kecil akan lebih mudah membawa atau membakar pada tungku pembakaran. Jadi tujuannya adalah pengurangan volume maupun berat. Pengomposan adalah proses melalui biokimia yaitu zat organik dalam limbah dipecah sehingga menghasilkan humus yang berguna untuk memperbaiki struktur tanah.

2.2.2 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Limbah yang ditimbulkan oleh industri dapat berupa bahan organik maupun anorganik. Sebagian dari limbah industri tersebut termasuk ke dalam kategori limbah B3, selain dari kegiatan industri, limbah B3 dapat ditimbulkan juga dari kegiatan-kegiatan kesehatan (seperti limbah infeksius), kegiatan pertanian (dalam penggunaan pestisida), atau dalam kegiatan pendayagunaan energi nuklir. Penanganan limbah B3 yang kurang baik dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan, seperti penyakit akut, keracunan, dan terakumulasinya unsur beracun.

Berdasarkan Peraturan pemerintah (PP) RI No.85 tahun 1999 yang mengatur tentang pengelolaan limbah B3 menyebutkan bahwa pengertian B3 (pasal1), sebagai berikut:

“Bahan Beracun dan Berbahaya (B3) adalah bahan yang karena sifat dan konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung,

dapat mencemarkan lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.”

Di samping itu disebutkan pula bahwa yang termasuk B3 adalah limbah yang memenuhi salah satu atau lebih klasifikasi (pasal 4) di bawah ini:

- a. mudah meledak (*explosive*)
- b. Pengoksidasi (*oxidizing*)
- c. Sangat mudah sekali menyala (*highly flammable*)
- d. Mudah menyala (*flammable*)
- e. Amat sangat beracun (*extremely toxic*)
- f. Sangat beracun (*highly toxic*)
- g. Beracun (*moderately toxic*)
- h. Berbahaya (*harmful*)
- i. Korosif (*corrosive*)
- j. Bersifat iritasi (*irritant*)
- k. Berbahaya bagi lingkungan (*dangerous to the environment*)
- l. Karsinogenik (*carcinogenic*)
- m. Teratogenik (*teratogenic*)
- n. Mutagenik (*mutagenic*)

Salah satu contoh dari bahan beracun dan berbahaya (B3) yaitu logam berat, misalnya Hg, Pb, Cu, Cr, dan Ni. Logam berat sebenarnya masih termasuk golongan logam dengan criteria yang sama dengan logam lainnya. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan apabila logam ini berikatan dan atau

masuk ke dalam tubuh organisme hidup, akan timbul pengaruh khusus. Kelompok logam berat memiliki ciri (Palar, 1994):

1. Specific gravity yang sangat besar (>4)
2. Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur laktanida dan aktinida.
3. Mempunyai respon biokimia spesifik pada organisme hidup

Dapat dikatakan bahwa semua logam berat yang bila masuk secara berlebihan ke dalam tubuh, akan berubah fungsi menjadi zat beracun bagi tubuh yang merusak tubuh makhluk hidup.

2.2.2.1 Kromium (Cr)

Pada sub bab ini akan diuraikan mengenai kromium menyangkut sifat dan penyebarannya, keberadaannya dalam lingkungan, kegunaanya dalam kehidupan, serta akibat yang timbul bila keracunan Cr.

2.2.2.1.1 Sifat dan Penyebaran Kromium

Kromium berasal dari bahasa Yunani yaitu *chroma* yang berarti warna. Logam kromium ditemukan pertama kali oleh *Vaqueline*, seorang ahli kimia Perancis pada tahun 1797. Logam ini merupakan logam kristalin yang putih keabu-abuan dan tidak begitu liat (Shiling, 1964).

Berdasarkan sifat-sifat kimianya, logam Cr dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi +2, +3, dan +6. Logam ini tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab, dan bahkan pada proses pemanasan, cairan logam Cr teroksidasi dalam jumlah yang sangat sedikit, akan tetapi dalam udara yang mengandung karbondioksida (CO_2) dalam konsentrasi tinggi, logam Cr dapat mengalami peristiwa oksidasi dan membentuk Cr_2O_3 . Kromium merupakan logam

yang sangat mudah bereaksi. Logam ini secara langsung dapat bereaksi dengan nitrogen, karbon, silica dan boron (Palar, 1994).

2.2.2.1.2 Cr dalam Lingkungan

Logam Cr dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik pada strata perairan, tanah maupun udara (lapisan atmosfer). Logam Cr yang masuk ke dalam strata lingkungan datang dari berbagai sumber, tetapi yang paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, rumah tangga dan pembakaran serta mobilisasi bahan bakar.

Masuknya Cr ke lapisan udara berasal dari pembakaran, mobilisasi batubara dan minyak bumi. Pada pembakaran batubara akan terlepas Cr sebesar 10 ppm ke udara, sedangkan dari pembakaran minyak bumi akan terlepas Cr sebesar 0,3 ppm. Keadaan ini dapat diartikan bahwa setiap tahunnya akan dilepas sebanyak 1400 ton Cr ke udara dari proses pembakaran batubara dan 50 ton Cr dari proses pembakaran minyak bumi.

Logam Cr dapat masuk ke dalam badan perairan melalui dua cara yaitu secara alamiah dan non alamiah. Masuknya Cr secara alamiah disebabkan oleh faktor fisika, seperti erosi (pengikisan) yang terjadi pada batuan atau mineral. Di samping itu, debu dan partikel Cr di udara akan dibawa turun oleh air hujan. Secara non alamiah masuknya Cr lebih merupakan dampak dari aktivitas manusia, yang dapat berupa limbah atau buangan industri sampai buangan rumah tangga.

2.2.2.1.3 Keracunan Cr

Sebagai logam berat, Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh logam Cr ditentukan oleh valensi ionnya. Logam Cr (VI) merupakan bentuk yang paling banyak dipelajari sifat racunnya, dibandingkan ion-ion Cr(II) dan Cr(III). Sifat racun yang dibawa logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis.

Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa $K_2Cr_2O_7$ pada manusia ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati. Tingkat keracunan Cr pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan Cr dalam urine, kristal asam kromat yang sering digunakan sebagai obat untuk kulit, akan tetapi penggunaan senyawa tersebut seringkali mengakibatkan keracunan yang fatal.

Kromium merupakan salah satu logam berat yang sangat beracun dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, karena dapat dengan cepat merusak protein. Kontaminasi logam Kromium dapat terjadi melalui :

1. Penghisapan udara tercemar
2. Kontak langsung
3. Makanan dan minuman

Dampak kelebihan Cr pada tubuh akan terjadi pada kulit, saluran pernafasan, ginjal dan hati. Efek pada kulit disebabkan karena asam kromit, dikromat dan Cr(VI) lain di samping iritan yang kuat juga.

Pengaruh terhadap pernapasan yaitu iritasi paru-paru akibat menghirup debu Cr dalam jangka panjang dan mempunyai efek juga terhadap iritasi

kronis, polyp kronis. Gejala lain dari keracunan akut Cr(VI) adalah vertigo, haus, muntah, shock, koma dan mati.

2.2.2.2 Seng (Zn)

Nama seng berasal dari bahasa Jerman yaitu *Zin* (*meaning tin*). Ditemukan oleh Andreas Marggraf pada tahun 1746. Logam *zinc* berwarna *bluish pale grey* dan di golongan dalam *transition metal*. Seng ada dalam banyak bentuk yang mencakup *foil, granules, powder, pieces, nanosize activated powder, shot, and a mossy*

Seng adalah suatu *bluish-white*, metal berkilauan. Rapuh pada suhu lingkungan tetapi lunak pada suhu 100-150°C. Merupakan suatu konduktor listrik dan terbakar tinggi di dalam udara pada panas merah-pijar.

Logam seng (Zn) tersedia secara *commercially* jadi tidak secara normal untuk membuatnya di dalam laboratorium. Kebanyakan produksi seng didasarkan bijih sulfid. Zn dipanggang didalam pabrik industri untuk membentuk oksida seng, ZnO. Ini dikurangi dengan karbon untuk membentuk seng metal, tetapi diperlukan *practice ingenious technology* untuk memastikan bahwa seng yang dihasilkan tidak mengandung oksida tak murni.



Tipe lain dari ekstraksi adalah *electrolytic*. Penguraian dari *zinc oxide* mentah, ZnO, di dalam *sulphuric acid* menjadi *zinc sulfate*, ZnSO₄. Solusi dari

elektrolisis $ZnSO_4$ menggunakan katoda aluminium dan dicampur timah dengan anoda perak membentuk logam seng murni yang dilapisi aluminium. Gas oksigen dibebaskan pada anoda.

2.2.2.2.1 Efek Seng bagi Kesehatan

Seng adalah suatu unsur yang umum terjadi secara alami. Banyak bahan makanan berisi konsentrasi seng tertentu. Air minum juga berisi sejumlah seng tertentu, yang mana lebih tinggi ketika disimpan di dalam tangki logam. Sumber industri atau *toxic waste* tempat menyebabkan sejumlah seng di dalam air minum mencapai tingkatan yang dapat menyebabkan permasalahan kesehatan.

Seng adalah suatu unsur yang penting bagi kesehatan manusia. Bilamana orang-orang menyerap terlalu kecil seng mereka dapat mengalami hilangnya nafsu makan, indera rasa dan penciuman berkurang, penyembuhan luka lamban dan sakit kulit. Kekurangan *zinc* dapat menyebabkan kelahiran cacat.

Walaupun manusia mampu menangani konsentrasi seng yang besar, *zinc* terlalu banyak dapat menyebabkan permasalahan kesehatan utama, seperti kram perut, iritasi kulit dan kekurangan darah merah. Tingkatan seng yang sangat tinggi dapat merusakkan pankreas dan mengganggu metabolisme protein dan menyebabkan pengapuran pembuluh darah.

Seng bisa merupakan suatu bahaya bagi anak-anak belum lahir dan baru lahir. Ketika para ibu mereka sudah menyerap konsentrasi seng yang besar, anak-anak dapat kena melalui darah atau susu dari para ibu mereka .

(www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Zn-en.html)

2.2.2.2.2 Efek Seng Pada Lingkungan

Seng terjadi secara alami di dalam udara, tanah dan air, tetapi konsentrasi seng naik secara tak wajar, kaitannya dengan penambahan seng melalui aktivitas manusia. Seng bertambah banyak saat aktivitas industri, seperti pekerjaan tambang, batubara dan pembakaran limbah dan proses baja.

Air dikotori dengan seng, kaitannya dengan kehadiran dari jumlah seng yang besar di dalam *wastewater* suatu industri. Salah satu konsekwensi adalah sungai mengandung *zinc-polluted sludge* ditepi sungai. Seng juga meningkatkan kadar keasaman perairan.

Beberapa ikan dapat mengumpulkan seng di dalam badan mereka, ketika mereka tinggal di terusan *zinc-contaminated*. Ketika seng masuk ke badan dari ikan tersebut bisa memperbesar bio rantai makanan.

Jumlah seng yang besar dapat ditemukan di dalam tanah. Ketika lahan tanah pertanian dikotori dengan seng, binatang akan menyerap konsentrasi tersebut yang akan merusak kesehatan mereka. Seng tidak hanya suatu ancaman bagi lembu, tetapi juga untuk jenis tanaman.

2.2.2.3 Tembaga (Cu)

Tembaga biasanya diambil dari bijih dasar pada *copperpyrites* (tanah tambang dimana tembaga bereaksi secara kimiawi dengan besi dan belerang (CuFeS_2)). Proses pengolahan logam agak rumit, akan tetapi yang penting sebagai berikut (Drs. Hari Amanto dan Drs. Daryanto, 1999) :

1. Bijih-bijih logam dikonsentrasikan, yaitu dilakukan proses basah untuk menghilangkan lumpur sebanyak mungkin.
2. Konsentrasi ini lalu dipanaskan pada arus udara, sehingga banyak menghilangkan belerang. Lalu dioksidasikan menjadi terak yang mengapung di atas cairan murni tembaga sulfid (Cu_2S).
3. Tembaga sulfid cair dipisahkan dari terak. Sejumlah tembaga sulfid dioksidasikan, lalu membentuk reaksi kimia dengan sisa sulfid menghasilkan tembaga kasar. Tembaga kasar lalu diolah dengan dua cara, yaitu sebagai berikut :
 - a. Dicairkan lagi dalam dapur, sehingga kotoran dioksidasikan dan lepas sebagai terak,
 - b. Elektrolisis yang menggunakan sebatang tembaga kasar sebagai anode dan lempengan tipis tembaga murni sebagai katode. Selama elektrolisis, tembaga anode berkurang perlahan-lahan dan tembaga dengan kemurnian tinggi termuat pada katode. Tembaga katode yang terbentuk adalah 99,97% murni.

2.2.2.3.1 Sifat-sifat Tembaga

Sifat fisik terpenting pada tembaga adalah daya penghantar listrik yang sangat tinggi. Oleh karena itu, sebagian besar hasil dari tembaga digunakan pada industri listrik. Kandungan kotoran akan mengurangi konduktivitasnya. Hanya dengan kandungan fosfor 0,04% akan mengurangi daya penghantar listrik sebanyak 25%. Daya hantar panas dan tahan karat pada tembaga juga tinggi. Hal tersebut membuat tembaga digunakan sebagai bahan dalam pembuatan radiator,

ketel, dan perlengkapan pemanasan yang lain. Tembaga juga bersifat dapat ditempa (*malleable*) dan dapat diregangkan (*ductile*). Pada akhir-akhir ini biaya produksi tembaga makin meningkat, sehingga untuk beberapa kebutuhan (pelistrikan dan lainnya) telah digantikan oleh aluminium. Walaupun konduktivitas listrik dan panas pada aluminium ternyata lebih rendah daripada tembaga. Tegangan tarik dari tembaga dirol berat mencapai kira-kira 375 N/mm^2 . Sehingga untuk kebutuhan permesinan yang kekuatannya lebih besar, tembaga harus dalam bentuk paduan. (Hari Amanto dan. Daryanto, 1999)

2.2.2.3.2 Paduan Tembaga

Paduan tembaga telah berkurang penggunaannya daripada waktu yang lampau. Harga tembaga yang telah meningkat dengan cepat, ditambah lagi dengan kenyataan bahwa kualitas bahan murah yang lain telah meningkat akhir-akhir ini, telah mengurangi penggunaan paduan tembaga untuk beberapa kebutuhan..

(Hari Amanto dan. Daryanto, 1999)

2.2.2.4 Nikel (Ni)

Nikel berupa logam berwarna perak dalam bentuk berbagai mineral. Ni diproduksi dari biji Nikel, peleburan/ daur ulang besi, terutama digunakan dalam berbagai macam baja dan susera serta elektroplating. Salah satu sumber terbesar Ni terbesar di atmosphere berasal dari hasil pembakaran, BBM, pertambangan, penyulingan minyak, incenerator.

Nikel mempunyai pengaruh yang sama seperti mangan, yaitu menurunkan suhu kritis dan kecepatan pendinginan kritis, memperbaiki kakutan tarik, tahan

korosi, sifat tahan panas dan sifat magnetnya. Nikel tahan korosi berkat lapisan kuat oksida nikel maka nikel digunakan untuk penutup logam-logam lain. Hal ini dapat dilaksanakan dengan cara galvanisasi dan distempel.

Dari paduan nikel kita sebut monel dan nikrom, monel adalah paduan nikel dengan tembaga yang sedikit digunakan dalam mesin.

Nikrom adalah paduan nikel dan krom yang digunakan dalam teknik listrik sebagai bahan hambatan. Nikel sebagai unsur paduan digunakan dalam banyak paduan baja sebagai unsur paduan dalam baja konstruksi dan baja mesin.

(Hari Amanto dan. Daryanto, 1999)

Nikel juga ditemukan dalam sayur-sayuran, kacang-kacangan dan biji-bijian. Jika unsur nikel terdapat dalam tubuh manusia jumlahnya melebihi 10 mg sudah cukup mengganggu tubuh. Bila terkena/keracunan nikel akibat yang timbul kebanyakan adalah dematitis, terutama bila langsung kontak dengan nikel misalnya memegang uang logam atau perhiasan dari nikel. Diperkirakan 5% dari aksem disebabkan oleh nikel.

Senyawa nikel yang paling toksik adalah Nikel Karbonil, ini merupakan hasil reaksi nikel atau senyawanya dengan karbon monoksida. Gejala yang timbul adalah pusing dan muntah-muntah. Gejala ini akan hilang jika kita bernapas pada udara yang bersih dan segar. Nikel Karbonil yang serius akan mengakibatkan kanker paru-paru dan hidung. Diperkirakan bila menghirup nikel 30 ppm dari udara selama 20 menit terus menerus orang akan mati. Asap rokok banyak mengandung Nikel Karbonil. Keracunan nikel dapat terjadi dalam tiga bentuk, yaitu (A.J Hartomo dan T.Kaneko, 1995) :

1. Kontak langsung dengan larutan garam nikel, ini terjadi pada daerah pengolahan/peleburan biji besi atau galvanisasi, dapat menyebabkan dermatitis.
2. Menghirup persenyawaan Ni-karbonil yang merupakan gas yang beracun, menimbulkan *Bronchopneumonia, hermorragika* hingga kematian.
3. Menghirup debu nikel, ini akan menimbulkan tumor ganas (kanker) pada paru-paru.

Keracunan serius indikator yang jelas adalah munculnya nikel di urin lebih dari 0,5 mg/l. Keracunan nikel adalah akut dan penawar yang baik adalah *dietilditiokarbonat* (pengeluaran nikel sebagian besar melalui *faces*)

2.2.2.5 Timbal (Pb)

2.2.2.5.1 Sifat-sifat Timbal

Polusi timbal (Pb) dapat terjadi di udara, air maupun tanah. Kandungan timbal di dalam tanah rata-rata adalah 16 ppm, tetapi pada daerah-daerah tertentu mungkin dapat mencapai beberapa ribu ppm. Kandungan timbal di dalam udara seharusnya rendah karena nilai tekanan uapnya rendah. Untuk mencapai tekanan uap 1 torr, timbal atau komponen-komponen timbal membutuhkan suhu lebih dari 800°C, berbeda dengan merkuri di mana tekanan uap 1 torr dapat dicapai pada suhu yang jauh lebih rendah yaitu 126°C (Srikandi Fardiaz, 1992).

Timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena sifat-sifatnya sebagai berikut :

- 1) Timbal mempunyai titik cair rendah sehingga jika digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik yang cukup sederhana dan tidak mahal.
- 2) Timbal merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah menjadi berbagai bentuk.
- 3) Sifat kimia timbal menyebabkan logam ini dapat berfungsi sebagai lapisan, pelindung jika kontak dengan udara lembab.
- 4) Timbal dapat membentuk alloy dengan logam lainnya, dan alloy yang terbentuk mempunyai sifat berbeda dengan timbal yang murni.
- 5) Densitas timbal lebih tinggi dibandingkan dengan logam lainnya kecuali emas dan merkuri.

2.2.2.5.2 Kegunaan Timbal

Penggunaan timbal terbesar adalah dalam produksi baterai penyimpan untuk mobil, di mana digunakan timbal metalik dan komponen-komponennya. Elektrode dari beberapa baterai mengandung struktur inaktif yang disebut *grid* yang dibuat dari alloy timbal yang mengandung 93% timbal dan 7% antimony. Struktur ini merupakan penyangga mekanik dari komponen baterai yang aktif dan merupakan jalur aliran listrik. Bagian yang aktif dari baterai terdiri dari timbal dioksida (PbO_2) dan logam timbal yang terikat pada grid (Srikandi Fardiaz, 1992).

Penggunaan lainnya dari timbal adalah untuk produk-produk logam seperti amunisi, pelapis kabel, pipa dan solder, bahan kimia, pewarna dan lain-lainnya. Beberapa produk logam dibuat dari timbal murni yang diubah menjadi berbagai bentuk, dan sebagian besar terbuat dari alloy timbal.

Penggunaan timbal yang bukan alloy terutama terbatas pada produk-produk yang harus tahan karat. Sebagai contoh, pipa timbal digunakan untuk pipa-pipa yang akan mengalirkan bahan-bahan kimia yang korosif, lapisan timbal digunakan untuk melapisi tempat-tempat cucian yang sering mengalami kontak dengan bahan-bahan korosif, dan timbal juga digunakan sebagai pelapis kabel listrik yang akan digunakan di dalam tanah atau di bawah permukaan air.

2.2.2.5.3 Sumber Polusi Timbal

Konsentrasi timbal di udara di daerah perkotaan kemungkinan mencapai 5 sampai 50 kali daripada di daerah-daerah pedesaan. Semakin jauh dari daerah perkotaan, semakin rendah konsentrasi Pb di udara. Timbal yang mencemari udara terdapat dalam dua bentuk, yaitu berbentuk gas dan partikel-partikel. Gas timbal terutama berasal dari pembakaran bahan aditif bensin dari kendaraan bermotor yang terdiri dari tetraetil Pb dan tetrametil Pb. Partikel-partikel Pb di udara berasal dari sumber-sumber lain seperti pabrik-pabrik alkil Pb dan Pb oksida, pembakaran arang, dan sebagainya. Polusi Pb yang terbesar berasal dari pembakaran bensin, di mana dihasilkan berbagai komponen Pb, terutama $PbBrCl$ dan $PbBrCl \cdot 2PbO$ (Srikandi Fardiaz, 1992).

2.2.2.5.4 Keracunan Pb

Bentuk kimia Pb merupakan faktor penting yang mempengaruhi sifat-sifat Pb di dalam tubuh. Komponen Pb organik, misalnya tetraetil Pb, segera dapat terabsorpsi oleh tubuh melalui kulit atau membran mukosa. Hal ini merupakan masalah bagi pekerja-pekerja yang bekerja di pabrik-pabrik yang memproduksi komponen tersebut. Komponen Pb di dalam bensin, meskipun berbentuk

komponen organik, tidak merupakan bahaya polusi dalam bentuk organik karena selama pembakaran akan diubah menjadi bentuk anorganik. Komponen ini dilepaskan di udara dan sifatnya kurang berbahaya dibandingkan dengan Pb organik. Pb anorganik diabsorpsi terutama melalui saluran pencernaan dan pernafasan, dan merupakan sumber Pb utama di dalam tubuh.

Tidak semua Pb yang terisap atau tertelan ke dalam tubuh akan tertinggal di dalam tubuh. Kira-kira 5 sampai 10% dari jumlah yang tertelan akan diabsorpsi melalui saluran pencernaan, dan sekitar 30% dari jumlah yang terisap melalui hidung akan diabsorpsi melalui saluran pernafasan akan tertinggal di dalam tubuh karena dipengaruhi oleh ukuran partikel-partikelnya.

2.3 Minyak Bumi

Minyak bumi adalah zat unit yang terdapat dalam kerak bumi yang sebetulnya serba padat di samping air, keunikan minyak bumi adalah sebagai berikut (Supriani, 2003) :

1. Sifatnya yang cair membedakannya dengan zat lain di sekitarnya, kecuali air.
2. Sifatnya yang cair menyebabkan geologi sejarah minyak bumi berlainan dengan kerak bumi.
3. Minyak bumi dibentuk di tempat tertentu, tetapi karena sifatnya yang cair dapat berpisah dan berkumpul di tempat lain.
4. Susunan kimi minyak bumi berbeda dengan kerak bumi.
5. Secara kimia minyak bumi mempunyai hubungan erat dengan zat organik sehingga batuan sedimen merupakan habitat minyak dalam kerak bumi.

2.3.1 Karakteristik Minyak Bumi

Yang dimaksud dengan karakteristik minyak bumi adalah besarnya komponen hidrokarbon dan non hidrokarbon yang terkandung dalam minyak bumi yang akan berpengaruh terhadap sifat fisika dan sifat kimia suatu minyak bumi dalam sifat produk-produk yang dihasilkan (Anonim, 2003) karakteristik minyak bumi meliputi :

- a. Berat jenis (*Specific Gravity*) adalah perbandingan massa sejumlah volume zat pada temperatur tertentu massa air murni dengan volume yang sama pada temperatur yang sama atau temperatur berbeda. Umumnya temperatur acuan meliputi 60/60°F, 20/20°C atau 20/4°C.
- b. Kerapatan (*density*) adalah massa zat cair persatuan volume pada 15°C dan 101,325 kpa dengan satuan standar pengukuran dalam kilogram per meter kubik.
- c. Viskositas dinamik (*dynamic viscosity*) adalah perbandingan antara tegangan geser yang diberikan dengan kecepatan geser suatu cairan. Viskositas dinamik kadang-kadang disebut koefisien dinamik atau lebih sederhana disebut viskositas (kemudahan menguap). Suatu minyak dan produknya mempunyai viskositas tinggi berarti minyak tersebut mengandung hidrokarbon besar (berat molekulnya besar) sebaliknya viskositas rendah berarti banyak mengandung fraksi ringan.
- d. Tegangan permukaan adalah ukuran gaya pada sebuah batas antara dua fasa, yaitu antara cairan dan cairan, cairan dengan padatan atau antara cairan yang saling melarut disebut tegangan antarmuka (*interfacial tension*) tegangan

permukaan dipengaruhi oleh temperatur dan berat molekul, makin besar molekulnya maka makin besar pula tegangan permukaan, makin tinggi temperaturnya maka makin menurun tegangan permukaannya.

- e. Titik tuang (*pour point*) adalah temperatur rendah pada saat minyak dapat dituang atau mengalir dalam kondisi seperti diisyaratkan bila minyak bumi didinginkan tanpa gangguan dalam metode uji tertentu.
- f. Titik nyala (*flash point*) adalah temperatur pada saat produk minyak bumi dipanaskan berubah bentuk dari cair menjadi uap untuk membentuk sebuah campuran uap dengan udara yang dapat menyala oleh api khusus dalam kondisi yang diisyaratkan dalam metode uji tertentu.
- g. Titik api (*fire point*) adalah temperatur pada saat produk minyak bumi dipanaskan berubah bentuk dari cair menjadi uap untuk membentuk sebuah campuran uap dengan udara yang dapat terbakar terus menerus (berlanjut) oleh api khusus dalam kondisi seperti diisyaratkan dalam metode uji tertentu.

2.3.2 Pengertian Sludge

Dalam industri perminyakan sangat dikenal limbah berupa *sludge* yang merupakan kotoran minyak yang terkumpul dan terbentuk dari proses pengumpulan dan pengendapan kontaminan minyak , baik yang terdiri atas kontaminan yang memang sudah ada di dalam minyak maupun kontaminan yang terkumpul dan terbentuk dalam penanganan atas pemrosesan tersebut. Kontaminan ini dapat berbentuk padat, antara lain pasir atau lumpur maupun cair antara lain bahan kimia atau cairan lain. (Suryani dikutip dari Mustakim, 1994)

Sludge merupakan kotoran minyak yang tersusun dari campuran air, minyak dan padatan yang berbentuk cairan kental (*viscous*) dan padatan lunak yang sifat sangat stabil, sukar dipecah menjadi unsur-unsurnya.

Sludge secara fisik dapat berbentuk padat, lumpur cair (kental) maupun bentuk-bentuk diantaranya dan dalam keadaan tercampur dengan minyak yang sulit dipisahkan dengan cara-cara pemurnian minyak yang lazim digunakan, sedangkan secara kimianya *sludge* merupakan campuran kotoran minyak yang sifat dan jenisnya tidak tertentu, sehingga tidak ditentukan spesifiknya.

Berdasarkan pengertian-pengetian tersebut di atas dapat diambil kesimpulan bahwa *sludge* adalah kotoran minyak yang tidak mempunyai nilai teknis maupun ekonomis sebagai minyak, sehingga keberadaannya sangat tidak diharapkan dalam kegiatan migas dan termasuk dalam limbah industri (Anonim, 1992).

Penanggulangan *sludge* dalam kegiatan migas dan panas bumi, meliputi :

1. Inventarisasi mengenai *sludge* mencakup :

- a. Kualitas, ambil contoh (sampel) lalu dilakukan pemeriksaan sebagai berikut :

- Kadar minyak (*oil content*)

Minyak yang terkandung dalam *sludge* agar diperiksa juga spesifik gravity, viscositas, pour pint dan flash point.

- Kadar lumpur atau pasir (*sedimen content*)
- Kadar air (*water content*)
- Kadar logam-logam berat berbahaya

b. Pengolahan pendahuluan (*Pre-treatment*)

Sludge yang mengandung minyak perlu diadakan proses pemisahan minyaknya terlebih dahulu, minyak yang terpisah dari *sludge* tersebut dikumpulkan ke dalam tangki penampungan yang selanjutnya dapat diproses kembali atau dicampur dengan minyak mentah atau minyak slop atau keperluan lain, proses ini disebut *deolling*. Proses *deolling* ini dapat dilakukan dengan jalan antara lain : (Anonim, 1992)

a. Proses pemanasan

Sludge minyak yang beku dipanaskan dengan uap air (*steam*) pada suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ di atas *pour point*nya agar minyak beku tersebut dapat terpisahkan *sludge* minyak bila dalam proses itu terjadi emulsi atau minyak tidak terpisahkan dengan air maka ditambahkan bahan kimia.

b. *Pressurized filtration*, yaitu proses pemisahan minyak dari *sludge* dengan menggunakan filtrasi bertekanan, seperti *belt filter pressure*, *recessed chamber pressure filter* dan *rotary vacuum filter*. Minyak yang terpisah dikumpulkan dan ditampung untuk selanjutnya dapat diproses kembali atau kegunaan lain.

c. *Solvent extraction*, yaitu proses *deolling* dengan menggunakan *solvent* (zat pelarut)

d. *Centrifugation*, yaitu proses pemisahan minyak dengan menggunakan gaya-gaya sentrifugal, antara lain *scroll centrifugal* dan *dish centrifugal*.

Setelah *sludge* dipisahkan dari minyak, maka perlakuan terhadap *sludge* adalah :

- a. Bila *sludge* tidak mengandung logam-logam berat yang berbahaya dapat dilakukan penanganan sebagai berikut :

1. *Land treatment*

Land treatment, yaitu *sludge* dicampur dengan tanah (*clay*) atau kapur dan dicampur dengan humus (*top soil*) kemudian ditebarkan dengan ketebalan tertentu. Penebaran ini dimaksudkan untuk proses terjadinya dekomposisi *sludge* oleh bakteri, fungi, dan *yeast* yang dengan bantuan udara dan pengaruh sinar matahari, proses ini menghasilkan gas CO₂ dan uap air. Selanjutnya campuran *sludge* yang sudah cukup aman ini dipergunakan untuk keperluan pertanian atau untuk pembuatan jalan.

2. *Incenerator*

Sludge dapat dimusnahkan dengan proses *incenerator*, baik *scrubber* maupun tanpa *scrubber*.

Hal yang perlu diperhatikan :

- Proses *incenerator* tanpa *scrubber* perlu dimonitor dan dikendalikan adanya emisi gas CO, CO₂, Sox, Nox, partikulat lain dan abunya.
- Proses *incenerator* dengan *scrubber* perlu dimonitor dan dikendalikan adanya emisi gas CO dan CO₂ dalam *effluent water* yang kemungkinan logam bersifat asam dan mengandung logam berat.
- Bila *sludge* mengandung logam-logam berat yang berbahaya, maka perlu dilakukan atau dikenakan solidifikasi atau *chemical fixation* dengan menggunakan resin atau semen dengan menggunakan cara ini tingkat bahaya dari *sludge* dapat dikurangi bahkan dihilangkan.

2.4 Limbah Katalis

Katalis adalah suatu bahan yang dipergunakan untuk mempercepat reaksi pada saat proses perengkahan (*cracking*).

Limbah katalis yang digunakan pada penelitian kali ini merupakan hasil proses dari RCC (*Residue Catalic Crakker*). Adapun rumus yang menyusun limbah katalis adalah $\text{NaAlSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis zeolit kristalin dengan struktur reguler, yang mengandung unsur-unsur oksida silika dan alumina. Selain itu di dalamnya juga mengandung unsur-unsur kecil lainnya, seperti : sodium, kalsium, magnesium, dan *rare earth family* (*lathanium, cerium*). Sebagian besar unsur-unsur penyusun dari zeolit kristalin merupakan sebagai bahan dasar bangunan (semen) seperti : Alumina, silika, kalsium.

Limbah katalis ini digunakan pada suatu kilang minyak yang dilengkapi dengan RCC sebagai bahan bantu untuk mengarahkan dan mempercepat laju reaksi produk utama yang diinginkan seperti : LPG (Elpiji), *Propylene*, *Polygasoline*, Naptha, LCD (bahan dasar diesel) dan *Decant oil* (bahan dasar *fuel oil*).

Dengan penambahan limbah katalis ini akan mengakibatkan bertambahnya jumlah kandungan alumina dalam semen, menurut *Murdock* dan *Brook* dalam buku *Bahan dan Praktek Beton* bilamana di dalam semen terdapat senyawa alumina berkadar tinggi dan silika pada kadar rendah maka semen akan mengikat dengan cepat dan kekuatan tinggi. Sedangkan sifat-sifat pada limbah katalis jenis zeolit kristalin adalah mempunyai kapasitas adsorpsi yang tinggi.

Di bawah ini adalah kandungan dari *spent catalyst* dan beberapa logam berat yang dikategorikan *toxic* yang terkandung di dalam limbah padat.

Tabel 2.2 Hasil Pengukuran Komposisi Kimia *Spent* dan *Fresh Catalysts*

Param eter	Satuan	Limit	1996	1997		2000	
			<i>Spent Catalyst</i>	<i>Fresh Catalyst</i>	<i>Spent Catalyst</i>	<i>Fresh Catalyst</i>	<i>Spent Catalyst</i>
		deteksi					
SiO ₂	%		62.7 ± 5.01	59,11	67,09	37,31	47,13
Al ₂ O ₃	%		32.45 ± 5.32	24,42	29,38	40,49	45,34
Cr	mg/kg	0.05	68 ± 4.01	68,42	68,42	17,1	165,5
Cu	mg/kg	0.02	167.5 ± 11.12	100	200	4	21
Pb	mg/kg	0.1	tt	800	900	53	67,5
Zn	mg/kg	0.005	28 ± 2.21	200	500	76	105
Ni	mg/kg	0.04	8638 ± 46.33	400	11.000	48	14.760

(Sumber : PERTAMINA - Lembaga Penelitian, UNPAD)

2.5 Gypsum (*Gypsum*)

Gypsum (*Gypsum*) merupakan material yang sering kita jumpai sebagai hiasan interior, list profil pada tembok bangunan, papan dinding (*wall board*), bahan dasar pembuat semen, bahan dasar pembuat cetakan kerajinan keramik, pengisi (*filler*), cat, bahan pembuat pupuk (*fertilizer*), dan berbagai macam

keperluan lainnya. Dalam ilmu kimia gypsum disebut kalsium sulfat Hidrat yaitu suatu mineral yang termasuk ke dalam kelas mineral sulfat.

2.5.1 Asal Usul Gypsum

Gypsum mempunyai kelompok yang terdiri dari gypsum batuan, gypsum alabaster, satin spar, dan selenit. Gypsum umumnya berwarna putih, namun terdapat variasi warna lain, seperti warna kuning, abu-abu, merah jingga, dan hitam, hal ini tergantung mineral pengotor yang berasosiasi dengan gypsum. Gypsum umumnya mempunyai sifat lunak, pejal, kekerasan 1,5-2 (skala mohs), berat jenis 2,31 – 2,35, kelarutan dalam air 1,8 gr/l pada 0°C yang meningkat menjadi 2,1 gr/l pada 40°C, tapi menurun lagi ketika suhu semakin tinggi.

Gypsum terbentuk dalam kondisi berbagai kemurnian dan ketebalan yang bervariasi. Gypsum merupakan garam yang pertama kali mengendap akibat proses evaporasi air laut diikuti oleh anhidrit dan halit, ketika salinitas makin bertambah. Sebagai mineral evaporit, endapan gypsum berbentuk lapisan diantara batuan-batuan sedimen batu gamping, serpih merah, batu pasir, lempung, dan garam batu, serta sering pula berbentuk endapan lensa-lensa dalam satuan-satuan batuan sedimen. Gypsum dapat diklasifikasikan berdasarkan tempat terjadinya, yaitu : endapan danau garam, berasosiasi dengan belerang, terbentuk sekitar fumarol vulkanik, *effloresnce* pada tanah atau goa-goa kapur, tudung kubah garam. Penudung oksida besi (gossan) pada endapan pirit di daerah batugamping.

2.5.2 Papan gypsum (Gypsum Board)

Papan gypsum (*Gypsum board*) adalah merupakan suatu bentuk papan tiruan atau buatan dengan perekat/pengikat gypsum dan kapur sebagai pengganti

semen yang biasa digunakan untuk papan penyekat dan ditambah dengan serat asbestos sebagai bahan penguat.

Pada saat ini lembaran papan penyekat untuk perumahan telah banyak dibuat. Pada umumnya dipakai bahan baku campuran semen portland dan serat asbes. Semen portland terdiri dari komponen/senyawa *tricalcium aluminat*, *dicalcium aluminat*, *tricalcium silikat* dan *teracalcium aluminat*. Pada penambahan air terhadap campuran ini akan terjadi proses hidrasi, pelarutan (parsial) dari komponen penyusun semen, rekristalisasi dan terakhir pengendapan koloid silika sehingga terjadi proses setting/cetak dari semen. Pada proses setting ini menghasilkan struktur padat yang kuat.

Gypsum di alam dapat dijumpai dalam berbagai bentuk senyawa kimia yaitu normal anhidrid (CaSO_4), dihidrid ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan dalam bentuk hemihidrid ($\text{CaSO}_4^{1/2} \text{H}_2\text{O}$). Jika mineral gipsum ditambah air, maka hanya bentuk hemihidrid saja yang mengalami proses hidrasi dan akhirnya proses setting/cetak sehingga diperoleh struktur padat yang kuat) .(IR.P.Sumardi,SU)

Gypsum dihidrid, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ mempunyai struktur kristal monoklin dan serupa dengan senyawa hidroksida-hidroksida lainnya, yaitu memiliki suatu lapisan kisi-kisi (layer lattice). Tiap-tiap lapisan terdiri dari radikal sulfat (SO_4^-) yang melingkari ion kalsium. .(IR.P.Sumardi,SU)

Gypsum hemihidrid $\text{CaSO}_4^{1/2} \text{H}_2\text{O}$, memiliki struktur kristal antara akin dengan struktur zeolite, di dalam struktur ini molekul air, H_2O , dapat dikeluarkan tanpa merusak kisi-kisi kristalnya. Pada pemanasan sampai 300°C , kalsium hemihidrid akan membentuk kalsium anhidrid yang larut, CaSO_4 .

Gypsum, sebagai hasil samping dari industri asam fosfat, pupuk amonium fosfat. Pada umumnya berbentuk normal dihidrid ataupun anhidrid. Untuk merubah bentuk anhidrid menjadi bentuk dihidrid dapat dilakukan dengan menambah larutan Na_2SO_4 5% ke mineral-mineral tersebut dan selanjutnya dikalsinasi pada suhu $160-175^\circ\text{C}$. (Ir.P.Sumardi, SU dikutip dari Netuka, 1957). Kalsinasi gypsum dihidrid dilakukan di dalam ketel yang terbuat dari besi pada suhu tersebut di atas sampai terjadinya pelepasan gas yang pertama dari ketel tersebut. (Grimshaw, 1960).

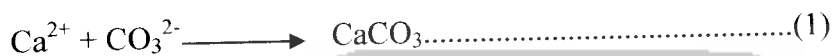
Mekanisme setting/cetak dari gypsum hemi hidrid sama dengan proses setting/cetak pada semen Portland. Mineral hemihidrid jika ditambah air akan terjadi pelarutan dan kemudian pengendapan dari kristal dihidrid ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yang berbentuk seperti jarum yang saling mengunci satu dengan yang lain sehingga diperoleh struktur padat yang kuat.

Untuk pembuatan papan penyekat yang memiliki kekuatan bahan yang besar, berat jenis yang ringan dan ketahanan terhadap perubahan suhu yang besar, dapat dipakai bahan tambahan asbestos, serat-serat organik dan bahan polimer. Sedangkan untuk menambah kekuatan bahan dapat dipakai semen portland sebagai campuran pada gypsum hemihidrid. Sedangkan untuk memperoleh daya penyerapan air yang relatif rendah, perlu diatur jumlah air yang ditambahkan ke dalam campuran gypsum – asbestos – semen.

Pada penelitian ini, dipelajari pengaruh perbandingan antara serat asbestos, kapur dengan gypsum, perbandingan terhadap sifat fisis ataupun mekanis dari papan gypsum (*gypsum board*) yang dihasilkan.

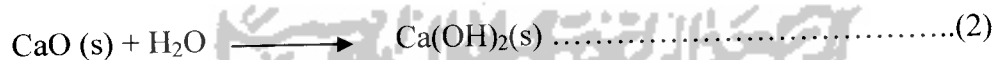
2.6 Senyawa kapur (CaO)

Kalsium (Ca) adalah logam putih perak, yang agak lunak. Kalsium membentuk kalsium (II), dalam larutan-larutan air. Garam-garamnya biasanya berubah bubuk putih dan membentuk larutan yang tak berwarna, kecuali bila anionnya berwarna (petrucci, 1999). Kalsium karbonat terjadi karena reaksi :



Batu kapur adalah senyawa unsur golongan alkali tanah yang sangat penting. Kapur (kalsium oksida) adalah zat kimia industri yang menempati peringkat keenam yang diproduksi di Amerika pada tahun 1987. pembakaran batu kapur untuk menghasilkan kapur, mungkin adalah reaksi kimia pertama yang dimanfaatkan oleh manusia. (Achmad Hiskia, 1992).

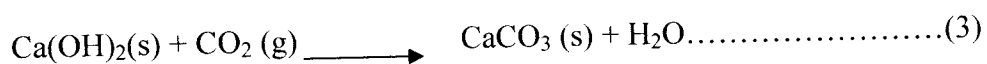
Adonan kapur telah digunakan oleh orang Yunani untuk membangun kuilnya, orang Romawi membangun jalan raya dan orang Cina membangun tembok di negaranya. Adonan terdiri dari satu bagian kapur dan tiga bagian pasir yang dicampurkan dengan air dan dicampur dengan batu dan bata, dapat melekatkan batu-batu untuk membangun jalan dan tembok. Pada tahap awal terjadi reaksi:



Kapur

kalsium hidroksida

Kemudian kalsium hidroksida menyerap CO_2 dari udara membentuk kalsium karbonat. Persamaan reaksi yang terjadi :



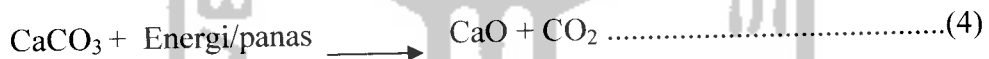
Pada dewasa ini, untuk membuat beton digunakan semen, bukan lagi adonan kapur. Semen dibuat dengan memanaskan campuran kapur, pasir, gips pada suhu 1500°C membentuk kalsium aluminosilikat.

CaO merupakan isodormorf kalsit organik. Kalsium karbonat atau batu kapur, berdasarkan sifat-sifat periodik unsur maka Ca^{2+} merupakan logam ringan (Golongan IIA) yang dibuat dengan cara elektrolisis lelehan gram dan bersifat reaktif (Achmad, Hiskia, 1992).

Kapur dapat ditemui dalam bentuk:

1. Kapur oksida

Bahan kapur oksida yang diperdagangkan disebut kapur sirih atau quick lime (CaO) karena merupakan batu kapur yang dibakar sehingga terbentuk CaO adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:

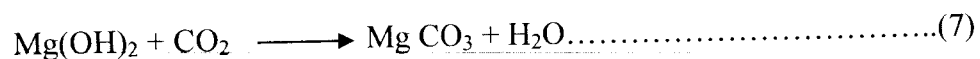
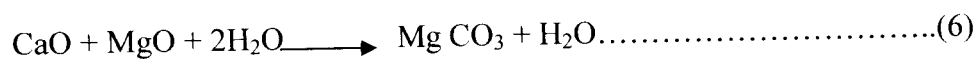


Kemurnian kapur jenis ini sekitar ±85 -95% dan biasanya kotoran yang lazim dijumpai dalam kapur oksida berupa senyawa besi.

2. Kapur hidroksida

Bahan ini dapat diperoleh dengan menambahkan air pada batu kapur yang sudah dibakar, biasanya dikenal sebagai kapur tembok atau slaked lime.

(Ca(OH)₂) dengan reaksi pembentukan sebagai berikut :



Kemurnian kapur ini sekitar 95 – 96% dengan endapannya berupa komponen senyawa kapur seperti oksida, hidroksida dan karbonat.

3. Kapur karbonat

Kapur ini diperoleh dengan menggiling batu kapur (CaCO_3) atau dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) hingga kehalusan tertentu. Reaksi kapur ini relative agak lambat, oleh karena itu dapat bermanfaat dalam waktu yang relatif lama.

Kemurnian kapur ini berkisar antara 75 – 98%.

2.7 Asbestos

Dari sekian banyak jenis bahan bangunan yang beredar di pasaran, ada jenis bahan bangunan yang disebut asbes (asbestos). Asbes (asbestos) merupakan bahan alami yang berupa serat-serat. Sebagai bahan bangunan, asbes tampil dalam bentuk papan asbes yang umumnya dipakai sebagai plafon atau langit-langit rumah (*ceiling boards*), dinding penyekat atau pemisah ruangan (*partition boards*), dan pelapis dinding (*wall boards*). Asbes juga banyak digunakan sebagai atap rumah atau bangunan, terutama untuk kelas rumah sederhana dan rumah sangat sederhana (RS/RSS). (Kardiyono Tjokromuljo, , 1992)

Bahan asbes telah dikenal sejak abad ke-2 SM. Beberapa abad kemudian, Marco Polo memanfaatkannya sebagai bahan untuk membuat pakaian. Secara umum, asbes merupakan jenis bahan yang cukup ringan, tahan api, serta kedap air sehingga sering juga dipakai sebagai bahan insulasi panas pada industri. Karena sifatnya yang tidak dapat terbakar dan tidak menghantarkan panas, asbes telah digunakan secara luas untuk pembuatan produk-produk tahan api seperti baju

untuk petugas pemadam kebakaran. Dalam bidang industri, asbes dalam bentuk kembaran (kertas asbes) dan benang asbes dipakai sebagai penyekat panas (bahan insulasi) untuk pembalut pipa api, pipa uap, cerobong dan sebagainya.

Asbes juga tampil dalam berbagai bentuk bahan bangunan dan produk jadi berupa rumah rakit (*pre-fab*). Sebagai bahan bangunan, asbes dibuat dengan cara mencampurkan asbestos dengan komposisi 15 % dan semen dengan komposisi 85%. Bahan ini dapat pula disemprotkan atau sebagai bahan plester pada permukaan dinding maupun langit-langit (*acoustical plaster*). Asbes berperan sebagai bahan bangunan yang sangat berguna dan diminati banyak orang sehingga bahan itu hadir di berbagai tempat seperti rumah tinggal, sekolahan, bangunan perkantoran, serta bangunan-bangunan lainnya.

Dilihat dari sudut pandang ilmu kimia, asbes adalah suatu zat yang terdiri dari Magnesium Kalsium Silikat berbangun serat dengan sifat fisik yang sangat kuat. Bahan galian penghasilnya adalah mineral jenis aktinolit dan krisatil yang berserabut. Krisatil menempati sekitar 95% persediaan asbes dunia. Tiga perempatnya ditambang di Provinsi Quebec, Kanada. Deposit besar lainnya berada di Afrika Selatan dan negara-negara bekas Uni Soviet. Asbes dapat diperoleh dengan berbagai metode penambangan bawah tanah, namun yang paling umum adalah melalui penambangan terbuka (*open-pit-mining*)

2.8 Kuat Lentur

Lentur murni adalah suatu lenturan yang berhubungan dengan sebuah balok di bawah suatu momen lentur (bending moment) konstan, yang berarti bahwa suatu momen gaya lintangnya sama dengan nol.

Balok didefinisikan sebagai suatu batang struktural menjadi subyek dari momen lentur. Balok sederhana hanya mendapatkan pembebanan transversal dan pembebanan momen. Lentur adalah keadaan gaya kompleks yang berkaitan dengan melenturnya elemen (balok) akibat gaya transversal, menyebabkan seragam-serat pada muka elemen memanjang, mengalami tarik dan muka lainnya mengalami tekan. Tarik dan tekan terjadi pada penampang yang sama dan bekerja dalam arah tegak lurus permukaan penampang. Kekuatan elemen yang mengalami lentur tergantung pada distribusi material pada penampang dari jenis material.

$$\sigma_{lt} = \frac{3 PL}{2.b.(h)^2}$$

Keterangan :

σ_{lt} = Kuat lentur (kg/cm²)

P = Beban patah (kg)

L = Jarak tumpuan (cm)

b = Lebar benda coba (cm)

h = Tebal benda coba (cm)

2.9 Lindi (*Leachate*)

Lindi/*leachate* adalah cairan yang keluar dari suatu cairan yang terkontaminasi oleh zat-zat pencemar yang ditimbulkan dari limbah yang mengalami proses pembusukan. Menurut EPA *Leachate* adalah suatu cairan yang mencakup semua komponen di dalamnya yang terkandung di dalam cairan tersebut sehingga cairan tersebut tersaring dari limbah yang berbahaya.

Leachate telah dihasilkan sejak manusia pertama kali melakukan penggalian timbunan limbah untuk menyelesaikan persampahan. Tentu saja pada tahap ini jumlah *leachate* yang dihasilkan sangat kecil dan bercampur dalam suatu tanah liat. Resiko yang didapat jika tidak adanya suatu drainase yang baik dan pengolahan limbah cair dapat menyebabkan suatu dampak yaitu penyakit bagi manusia akibat timbulnya *leachate* tersebut.

Pelindian merupakan parameter yang sangat menentukan terhadap kualitas hasil solidifikasi yang berkaitan dengan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu untuk menentukan kualitas lindi adalah dengan *Toxicology Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) adalah salah satu evaluasi toksisitas limbah untuk bahan-bahan yang dianggap berbahaya dan beracun dengan penekanan pada nilai *leachate*. Pada umumnya uji ini ditujukan terutama untuk melihat potensi toksisitas *leaching* dari logam-logam berat pada penelitian ini yaitu logam-logam berat dari limbah *spent catalyst* RCC UP VI Pertamina Balongan.

TCLP digunakan pada tanggal 7 November tahun 1986, oleh U.S. EPA dibawah Amandemen Limbah Padat dan Berbahaya pada tahun 1984. Test ini, suatu pengatur, dipakai sebagai pengganti untuk *EP Toxicity Test* untuk

menjelaskan pengolahan partikel limbah dengan menggunakan standar pengolahan aplikasi dasar teknologi menjadi *land disposed*. TCLP juga secara luas digunakan untuk mengevaluasi efektivitas stabilisasi. Dalam metode ini, material yang distabilkan dihancurkan untuk suatu partikel butir dengan ukuran <9,5 millimeter. Material yang dihancurkan bercampur dengan *acetid acid extraction liquid*, dan diaduk dalam *rotary extractor* selama 18 jam pada 30 RPM dan 22°C. setelah 18 jam, sampel disaring melalui 0,6-0,8 *micrometer glass fiber filter* dan air saringan sebagai *TCLP extract*. *TCLP extract* dianalisa untuk mengetahui kontaminan pencemar yang mencakup *volatile* dan *semi-volatile organics, metals*, dan *pesticides*.

2.10 Hipotesa

1. Penambahan konsentrasi limbah katalis akan dapat menambah nilai dari kuat lentur papan gipsum
2. Pemanfaatan limbah katalis sebagai papan gipsum akan dapat mengimobilisasai logam berat dalam katalis.