

**PEMANFAATAN PADATAN *SLUDGE* MINYAK
SEBAGAI BAHAN PENCAMPUR
PEMBUATAN BATA MERAH**



Tesis

**Suwarno
L4K001115**

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2002**

TESIS

**PEMANFAATAN PADATAN SLUDGE MINYAK
SEBAGAI BAHAN PENCAMPUR PEMBUATAN BATA MERAH**

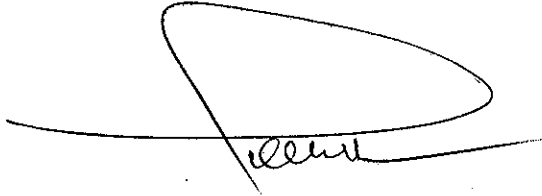
disusun oleh

Suwarno
L4K001115

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 1 Juli 2003
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

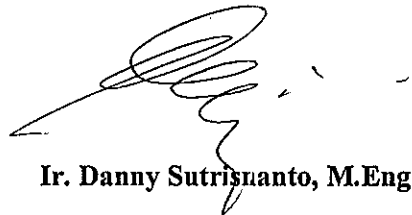
Menyetujui,
Komisi Pembimbing

PEMBIMBING I



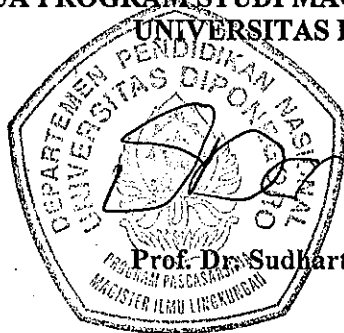
Dr. Ir. Purwanto, DEA

PEMBIMBING II



Ir. Danny Sutrisnanto, M.Eng

**KETUA PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO**



Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES

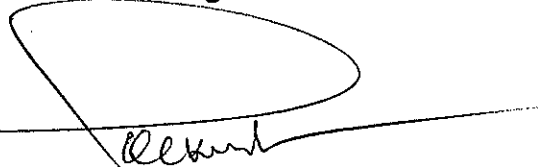
UPT-PUSTAK-UNDIP
No. Daft: 2236/IT/mil/14
Tgl. : 15 Dec 03

Judul Tesis : Pemanfaatan Padatan *Sludge* Minyak Sebagai Bahan
Pencampur Pembuatan Bata Merah.
Nama Mahasiswa : Suwarno
Nomor Mahasiswa : L4K001115
Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan
Konsentrasi : Rekayasa Lingkungan

telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 1 Juli 2003
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui.

Pembimbing I



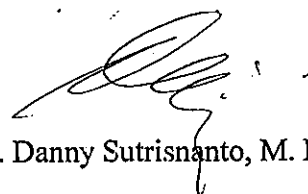
Dr. Ir. H. Purwanto, DEA

Penguji



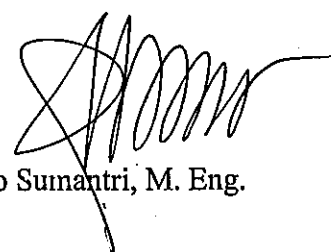
Ir. Nasrullah, MS

Pembimbing II



Ir. Danny Sutrisnanto, M. Eng.

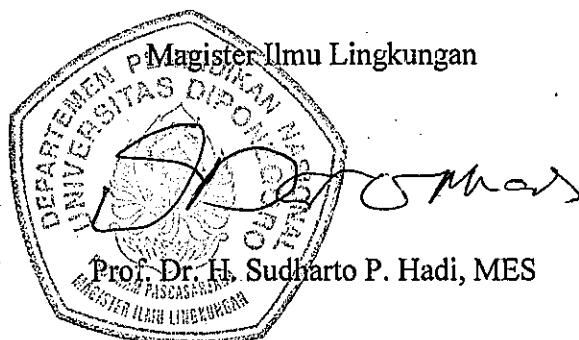
Penguji



Ir. Indro Sunantri, M. Eng.

Ketua Program Studi

Magister Ilmu Lingkungan

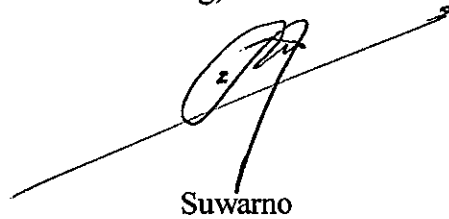


Prof. Dr. H. Sudharto P. Hadi, MES

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini adalah pekerjaan saya sendiri dan didalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan di dalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, Juni 2003

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'S' followed by a vertical line and a horizontal stroke at the top, all enclosed within a circular loop.

Suwarno

RIWAYAT HIDUP



SUWARNO, Lahir 19 Juni 1956 di desa Triyagan, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo, Surakarta putera dari Joyosentono (Alm.). menamatkan sekolah : SD Negeri II Jaten, Karanganyar pada tahun 1969; SMP Negeri Bekonang-Sukoharjo pada tahun 1972; SMA Negeri I Surakarta pada tahun 1975; Fakultas Biologi UGM Jogjakarta Sarjana Muda pada tahun 1980; Fakultas Biologi UGM Jogjakarta Sarjana pada 1981. Mulai bekerja di PPTMGB Lemigas Jakarta pada tahun 1982; mutasi ke PPTMGB Lemigas Cepu tahun 1982; Staf Pusdiklat Migas Cepu hingga sekarang. Kursus AMDAL A di IKIP Semarang tahun 1989; Kursus AMDAL B di UGM tahun 1990; Kursus Penegakan Hukum Lingkungan di Diklat Propinsi Jawa Tengah tahun 1993; Kursus Pengawasan dan Penerapan Teknologi Lindungan Lingkungan Kegiatan Migas di Dirjen Migas tahun 1999; Kursus ISO 14001 Kerjasama PPT MIGAS dengan Surveyor Indonesia tahun 2000 dan kursus Auditor Internal Sistem Manajemen Lingkungan tahun 2003; Kursus Asesor Laboratorium Penguji tahun 2002.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga tesis ini dapat disusun untuk memenuhi syarat menempuh sebagian syarat mencapai derajat Sarjana S-2 pada Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Dalam penyusunan tesis ini penulis mengambil judul “Kajian Teknis Pemanfaatan Padatan Sludge Minyak Sebagai Bahan Pencampur Pembuatan Bata Merah”, latar belakang dari judul tersebut yaitu untuk dapat memanfaatkan limbah *sludge* minyak sebagai salah satu bahan bangunan.

Limbah *sludge* minyak di industri migas di beberapa tempat kurang ditangani dengan baik dan belum mengikuti ketentuan yang berlaku, bahkan di beberapa tempat limbah *sludge* minyak langsung ditimbun tanpa melalui proses pengolahan dan pengujian laboratorium terlebih dahulu, pengelolaan semacam ini sangat dimungkinkan terjadinya dampak negatif terhadap lingkungan.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan tesis ini, antara lain kepada;

1. Rektor UNDIP Semarang.
2. Direktur Program Pascasarjana UNDIP Semarang.
3. Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan UNDIP Semarang.
4. Kepala Pusdiklat Migas.
5. Dosen pembimbing Tesis.
6. Staf Pimpinan Pusdiklat Migas dan rekan-rekan staf Laboratorium.
7. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan UNDIP Semarang.

Penulis mengharapkan tulisan ini dapat berguna bagi para pembaca umumnya dan khususnya bagi penulis serta mohon maaf atas segala kekurangan tulisan ini.

Semarang, Mei 2003

Penulis

Suwarno

DAFTAR ISI

	Hal
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN	iv
RIWAYAT HIDUP	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Sludge Minyak	4
2.1.1. Pengertian Sludge Minyak	4
2.1.2. Sumber Terjadinya Sludge Minyak	4
2.1.3. Komposisi Sludge Minyak	4
2.1.4. Pengaruh Sludge Minyak Terhadap Lingkungan	7
2.1.5. Pengelolaan Sludge Minyak	9
2.1.6. Pengelolaan Sludge Minyak Menurut Ketentuan Yang Berlaku.....	15
2.1.7. Pengelolaan Sludge Minyak Saat ini.....	18
2.2. Keramik dan Bata Merah	25
2.2.1. Teori Dasar Keramik dan Bata Merah	25
2.2.2. Jenis Lempung Yang Digunakan Untuk Pembuatan Bata Merah	25
2.2.3. Syarat-syarat Lempung Untuk Pembuatan Bata Merah	27
2.2.4. Persyaratan Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)	28

BAB III. METODA PENELITIAN	
3.1. Jenis Penelitian	30
3.2. Bahan dan Peralat	30
3.3. Tahapan Penelitian	31
3.3.1. Pengelolaan Sludge Minyak	31
3.3.2. Pembuatan Bata Merah	31
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1. Pengelolaan Sludge Minyak.....	39
4.1.1. Pengelolaan Sludge Minyak Menurut Ketentuan	39
4.1.2. Pengelolaan Sludge Minyak Yang Dilakukan Saat ini	41
4.2. Pembuatan Bata Merah dengan Bahan Campuran Padatan Sludge.....	43
4.2.1. Hasil Uji Fisik-Kimia Sludge Minyak Sebelum Deoiling	43
4.2.2. Hasil Uji Fisik-Kimia Sludge Minyak Sesudah Deoiling	44
4.2.3. Uji Kimia Bahan Bata Merah.....	46
4.2.4. Produk Bata Merah	47
4.2.5. Uji TCLP Terhadap Produk Bata Merah	63
BAB V. SIMPULAN dan SARAN.....	65
RINGKASAN	67
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	87

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1.1. Produksi Minyak dan Sludge di Beberapa Lokasi di Indonesia	2
2.1. Hasil Distilasi-Pirolisis Sludge Minyak (Data Skunder)	5
2.2. Hasil Analisa Fisik Sludge Minyak UP IV Cilacap (Data Skunder)	6
2.3. Hasil Analisa Logam Berat Sludge Minyak (Data Skunder)	7
2.4. Ukuran dan Toleransi Bata Merah Pasangan Dinding	29
2.5. Kuat Tekan dan Koefisien Variasi Bata Merah Pasangan Dinding	29
3.1. Uji Fisik-Kimia Sludge Minyak Sebelum Deoiling	31
3.2. Uji Fisik-Kimia Padatan Hasil Proses Deoiling	33
3.3. Uji Fisik-Kimia Minyak Hasil Proses Deoiling	34
3.4. Uji TCLP Bata Merah	37
4.1. Hasil Uji Fisik-Kimia Sludge Minyak Sebelum Deoiling	43
4.2. Hasil Uji Fisik-Kimia Padatan Sludge Minyak Sesudah Deoiling	45
4.3. Hasil Uji Fisik-Kimia Minyak Hasil Deoiling.....	46
4.4. Hasil Uji Kimia Bahan Bata Merah.....	46
4.5. Pengaruh Lama Waktu Pembakaran Terhadap Kualitas Bata Merah	48
4.6. Pengaruh Komposisi Padatan Sludge Terhadap Kualitas Bata Merah	50
4.7. Pengaruh Kadar Al_2O_3 dan SiO_2 Terhadap Kuat Tekan Bata Merah	54
4.8. Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Kualitas Bata Merah	55
4.9. Kondisi Optimasi Operasi Pembakaran	59
4.10. Hasil Optimasi Operasi Pembakaran	59
4.11. Produk Hasil Optimasi Dibanding Persyaratan SNI 15-2094-2000	61
4.12. Uji TCLP Terhadap Produk Bata Merah	63

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
2.1. Skema Proses Teknologi Centrifugal Separation Plus Bioremediasi.....	13
2.2. Teknologi Proses Pengelolaan Limbah B 3	17
2.3. Bagan Alir Produksi Minyak Bumi Pertamina DOH Jabati	20
2.4. Diagram Alir Penanganan Limbah Cair Kilang Minyak Pusdiklat Migas.....	22
2.5. Skema Proses di <i>Crude Distillation Unit</i> Kilang Pusdiklat Migas.....	24
3.1. Proses Deoiling Sludge Minyak Dengan Filter Press.....	32
3.2. Spektrofotometer Infra Red.....	33
3.3. Peralatan Ekstraksi Untuk Uji TCLP.....	36
3.4. Peralatan AAS Untuk Uji Logam.....	36
3.5. Diagram Proses Deoiling dan Pembuatan Bata Merah	38
4.1. Uji Kuat Tekan Produk Bata Merah	47
4.2. Grafik Pengaruh Waktu Pembakaran Terhadap Uji Kuat Tekan	49
4.3. Grafik Pengaruh Komposisi Padatan Sludge Terhadap Uji Kuat Tekan	52
4.4. Fisik Sifat Tampak Pengaruh Komposisi Padatan Sludge.....	53
4.5. Grafik Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Uji Kuat Tekan	57
4.6. Fisik Sifat Tampak Pengaruh Suhu Pembakaran	58
4.7. Fisik Sifat Tampak Hasil dari Optimasi	60
4.8. Pemantauan Kualitas Udara Udara Emisi Parameter SO ₂	62
4.9. Pemantauan Kualitas Udara Udara Emisi Parameter NO ₂	62

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Baku Mutu TCLP PP No. 85 Tahun 1999	87
2. Bahan dan Peralatan Penunjang	88
3. Kelengkapan Data Pengaruh Lama Waktu Pembakaran.....	95
4. Kelengkapan Data Pengaruh Komposisi Padatan Sludge.....	99
5. Kelengkapan Data Statistik	103
6. Kelengkapan Data Pengaruh Suhu Pembakaran.....	107
7. Kelengkapan Data Hasil Optimasi Operasi Pembakaran.....	111
8. Kelengkapan Data Laboratorium	115

INTISARI

Permasalahan *sludge* minyak terhadap lingkungan adalah cukup kritis, yaitu dengan menumpuknya material tersebut di industri perminyakan. Keadaan saat ini pengolahan *sludge* minyak pada proses *deoiling* umumnya menggunakan proses alam yaitu memanfaatkan energi sinar matahari. Minyak hasil dari *deoiling* selanjutnya dilakukan proses ulang atau digunakan untuk keperluan industri kecil dan menengah. Sedangkan padatannya masih menumpuk di *sludge pond*. Pada musim penghujan padatan *sludge* dapat terbawa aliran air hujan, dan mencemari lingkungan sekitarnya. Beberapa tempat padatan *sludge* tersebut langsung ditimbun dan tidak mengacu pada peraturan yang berlaku. Dalam beberapa kasus pengolahan padatan *sludge* menggunakan bioremediasi walaupun kadar logam beratnya cukup tinggi.

Tujuan dari penelitian ini untuk mencari metoda alternatif pengolahan limbah padat dari *sludge* minyak. Salah satu alternatifnya yaitu padatan *sludge* minyak tersebut digunakan sebagai campuran pembuatan bata merah.

Proses pengolahan *sludge* minyak diawali dengan proses *deoiling* terhadap limbah *sludge* minyak. Minyak dipisahkan dari material padatan dengan cara dipanaskan pada suhu 80 °C, kemudian dimasukkan kedalam kantong kain filter (200 mesh) dan dipres dengan kekuatan 50 kg/cm². Zat padat hasil *deoiling* dimanfaatkan sebagai bahan campuran pembuatan bata merah.

Limbah padat yang digunakan pembuatan bata merah memenuhi syarat terutama kandungan : Al₂O₃, SiO₂ dan Fe₂O₃ relatif tinggi dan total garam (MgSO₄, Na₂SO₄, K₂SO₄) sangat rendah. Kandungan SiO₂ yang tinggi akan menghasilkan bentuk (rangka bodi) yang baik dan membentuk warna cerah pada bata merah. Kandungan Al₂O₃ yang tinggi memberikan kekuatan pada bata merah, kandungan Fe₂O₃ berfungsi membentuk warna merah dan kadar garam (MgSO₄, Na₂SO₄, K₂SO₄) < 1,0 % bata merah tidak mudah rusak/terkorosi.

Variabel yang diteliti adalah : lama waktu pembakaran, komposisi padatan *sludge* dan suhu pembakaran. Secara relatif kondisi optimum yang dihasilkan yaitu: lama waktu pembakaran 4 jam, komposisi padatan *sludge* 22,5 % dan suhu pembakaran 1.050⁰C menghasilkan kuat tekan = 115,38 kg/cm². Pada kondisi ini memenuhi semua persyaratan SNI 15-2094-2000 ; dan tidak mencemari lingkungan yaitu hasil uji TCLP dibawah nilai ambang batas baku mutu TCLP menurut PP No.85 Th.1999. Udara emisi (SO₂; NO₂) dibawah nilai ambang batas Kep-13/MENLH/3/1995.

ABSTACT

The problem of oil sludge to the environment is very critical due to the accumulation of this materials in the petroleum industry. At the present, treatment of oil sludge mainly based on the deoiling process by means of natural solar energy. The oil from oil sludge is then reprocessed or used directly in the small medium industries. Meanwhile, the solid matter still piles up in the sludge pond. In the rainy season this solid can float and pollute the environment. Some sludge pond are just piled up directly without following the existing environmental regulation. In some case, bioremediation is usually used to the treatment although the heavy metal content is still high.

The purpose of study is to find an alternative method of treatment of solid waste oil sludge. One of this alternative is by using oil sludge as component of mixture of product bricks.

The oil sludge process started from the deoiling of oil sludge waste. The oil was separated from the solid matter by heating the solid sludge at a temperature of 80 °C, then put into a filter cloth (200 mesh) and pressed with a pressure of 50 kg/cm². The solid from this process was then used as one of the components in a mixture to produce brick.

The solid waste used for preparing brick fulfills the requirement especially in term of Al₂O₃, SiO₂ and Fe₂O₃ contents which relatively high and total salt contents (MgSO₄, Na₂SO₄, K₂SO₄) which are very low. The high SiO₂ content contributes to the good shape and bright colour of the bricks. The high Al₂O₃ content contributes the strength of brick, the Fe₂O₃ content generate red colour and the salt content (MgSO₄, Na₂SO₄, K₂SO₄) which is less than 1.0 % makes it possible for the bricks not corrode easily.

The variables investigated were the time of burning, the composition of solid waste of oil sludge, and the temperature of combustion. The relatively optimum condition result is the time of burning 4 hours, the composition of the solid sludge of 22.5 % and the combustion temperature of 1,050°C gave the pressure strength of 115.38 kg/cm². This type of bricks conforms all requirements of SNI 15-2094-2000; and does not pollute the environments due to the fact that the TCLP result is below the TLV (Threshold Limit Value) based on the Government Regulation No. 85 Year 1999. The air emission (SO₂ and NO₂) is still below TLV.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kegiatan industri migas yang paling berpotensi menghasilkan *sludge* minyak adalah tangki timbun minyak mentah (*crude oil*) dan / atau produk bahan bakar minyak (BBM) baik didarat maupun dilaut (*tanker, floating storage*), instalasi pengolahan air limbah (IPAL); dan lainnya.

Kegiatan pembersihan tangki timbun (*tank cleaning*) frekwensinya berbeda-beda tergantung dari jenis minyak yang ditimbunnya; pembersihan tangki timbun minyak mentah dilakukan \pm 2-4 tahun sekali pembersihan tangki timbun residu minyak dilakukan \pm 3-5 tahun sekali, sedangkan pembersihan tangki timbun produk BBM dilakukan \pm 5-7 tahun sekali. *Sludge* minyak dari pembersihan tangki timbun dan dari sumber lain di beberapa industri migas di Indonesia saat ini banyak menumpuk dilapangan dan diperkirakan lebih dari 100.000 m³, data produksi minyak dan *sludge* di beberapa lokasi tersebut tertera pada Tabel 1.1.

Pada industri migas agar *sludge* minyak tidak mengganggu operasional tangki timbun (*drain water*, pompa distribusi), maka dilakukan *tank cleaning* yang kadang-kadang dilakukan bersamaan dengan habis masa berlakunya kalibrasi tangki timbun dan di kilang minyak *tank cleaning* ada yang dilakukan bersamaan dengan kegiatan "Turn Aruond (TA). (operasional kilang minyak Pusdiklat Migas).

Sludge minyak hasil *tank cleaning* tersebut diatas dibebberapa tempat kurang dikelola secara baik dan benar serta kurang mengikuti ketentuan yang berlaku, bahkan di beberapa tempat *sludge* minyak tersebut langsung ditimbun kedalam tanah tanpa melalui proses pengujian laboratorim dan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu sesuai ketentuan yang berlaku.. Pengelolaan *sludge* minyak yang tidak mengikuti ketentuan yang berlaku sangat dimungkinkan menimbulkan dampak negatip terhadap lingkungan, yaitu terhadap air tanah, air permukaan , tanah dan kehidupan yang terkait dengan ketiga media tersebut.

Tabel 1.1. Produksi Minyak dan *Sludge* Minyak di Beberapa Lokasi di Indonesia

No.	Lokasi Kegiatan	Jumlah Produksi Minyak (barrel/hari)	Jumlah Produksi Sludge Minyak	Keterangan
1.	PT. Caltex Pasific Indonesia	800.000	650 m ³ /hari	
2.	Duri	400.000	500 m ³ /hari	
3.	Unocal	52.000 *)	2.439 m ³ /hari	
4.	PT. Santa Fe Irian Jaya	6.000 *)	20.000 m ³	Total timbunan
5.	PT. Vico Kaltim	27.000 *)	12.000 m ³	Total timbunan
6.	PT. Total Indonesia	22.000 *)	24 m ³ /hari	
7.	Pertamina Cilacap	320.000 x)	15.000 m ³	Total timbunan
8.	Pertamina Balikpapan	260.000 x)	15.000 m ³	Total timbunan
9.	Pertamina Balongan	125.000 x)	400 m ³	Total timbunan
10.	Pertamina Plaju	135.000	500 m ³	Total timbunan
11.	PertaminaDOH Sumbagut	3.392	2.300 m ³ +)	Total timbunan
12.	Pertamina DOH Sumbagteng	2.823	8.364 m ³ +)	Total timbunan
13.	Pertamina DOH Sumbagsel	13.403	15.176 m ³ +)	Total timbunan
14.	Pertamina DOH JBB	13.903	3.284 m ³ +)	Total timbunan
15.	Pertamina DOH Jabati	2.171	450 m ³ +)	Total timbunan
16.	Pertamina DOH Kalimantan	4.204	2.442 m ³ +)	Total timbunan

Sumber data : Ozon, Agustus 2001.

*) : Petro Pages News, 2000

x) : Instansi yang bersangkutan, 2003.

+): Pertamina LL DOH, Februari 2003

1.2. Rumusan Masalah

- a. *Sludge* minyak hasil *tank cleaning* tangki timbun kurang dikelola secara baik dan benar serta kurang mengikuti ketentuan yang berlaku sehingga sangat dimungkinkan menyebabkan dampak negatif / pencemaran terhadap : tanah, air tanah, air permukaan dan kehidupan yang terkait dengan ketiga media tersebut.
- b. *Sludge* minyak masih mempunyai nilai ekonomi, tetapi belum dimanfaatkan dengan baik.

1.3. Tujuan Penelitian

- a. Mengelola *sludge* minyak dengan baik sehingga tidak mencemari lingkungan.
- b. Memanfaatkan padatan *sludge* minyak sebagai bahan pencampur pembuatan bata merah yang memenuhi SNI 15-2094-2000 baku mutu TCLP.

1.4. Manfaat Penelitian

- a. Mengetahui pengelolaan *sludge* minyak yang baik dan tidak mencemari lingkungan.
- b. Mengetahui apakah produk bata merah tersebut memenuhi SNI 15-2094-2000 baku mutu TCLP.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Sludge* Minyak

2.1.1. Pengertian *Sludge* Minyak

Sludge minyak adalah kotoran minyak yang terbentuk dari proses pengumpulan dan pengendapan kontaminan minyak, yang terdiri atas kontaminan yang memang sudah ada di dalam minyak, maupun kontaminan yang terkumpul dan terbentuk dalam penanganan suatu proses, tidak dapat digunakan atau diproses kembali dalam proses produksi (Keputusan Direksi Pertamina No.Kpts-074/C00000/2001-SO).

2.1.2. Sumber Terjadinya *Sludge* Minyak

Sludge minyak dalam kegiatan industri minyak dan gas bumi dapat terjadi dalam peralatan : *Crude oil tank bottom*, *Fuel oil tank bottom*., *Bunker fuel tank bottom*, *Oil separator bottom*, *Jet fuel tank bottom*, *Avigas tank bottom*, *Unleaded gasoline tank bottom*, *Diesel tank bottom*, *Leaded gasoline tank bottom*, dan peralatan lainnya (Keputusan Direksi Pertamina No. KPTS 70/C0000/91-B1).

2.1.3. Komposisi *Sludge* Minyak Dari *Crude Oil Tank Bottom*

Komposisi *sludge* minyak yang berasal dari *crude oil tank bottom* menurut Peter T. Budzik and Associates Incorporated adalah sebagai berikut :

Komponen Fisika :

Berat jenis : 0,93 – 1,05; berwarna coklat tua atau hitam ; berbau hidrokarbon; kelarutan dalam air sangat rendah.

Komponen Kimia :

Air 13 – 50 % , rata-ratanya 19 %.Minyak : 10 – 100 % , rata-ratanya 43 %.
Padatan : 12 – 90 % , rata-ratanya 38 %.

Komponen Toksik

Kelompok Logam I :

Arsen 0,003 – 53 mg/kg ; Cobalt : 3,8 – 37 mg/kg ; Timbal 0,1 – 358 mg/kg ;
Molybdenum 0,3 – 95 mg/kg ; Silver 0,03 – 1,3 mg/kg.

Kelompok Logam II :

Cadmium 0 – 16 mg/kg ; Tembaga 0,7 – 500 mg/kg ; Mangan 11 – 1610 mg/kg ;
Nickel 0,46 – 125 mg/kg ; Vanadium 0,5 – 223 mg/kg.

Kelompok Logam III :

Khrom 0,1 – 126 mg/kg ; Besi 1270 – 34.000 mg/kg ; Merkuri 0 – 26 mg/kg ;
Selenium 0 – 53 mg/kg ; Seng 0,1 – 825 mg/kg.

Komposisi *sludge* minyak yang berasal dari *crude oil tank bottom* tersebut diatas sangat tergantung dari sumber crude oil ; misalnya crude oil dari Alberta banyak mengandung besi, mangan dan seng.

Qurotunn A'yuni dkk(2002) mengolah *sludge* minyak dengan cara distilasi-pirolisis dari penelitiannya diperoleh hasil seperti Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Hasil Distilasi-Pirolisis *Sludge* Minyak

No.	Suhu, °C	Air, % berat	Minyak, % berat	Gas, % berat	Residu, % berat	Total %
1.	350	24,0860	16,4398	1,0330	58,4412	100
2.	450	23,1331	26,8499	10,8270	39,1899	100
3.	550	24,1675	29,0035	11,8268	35,0022	100

Tim Penyusun Kajian Pemanfaatan Oil Sludge Pertamina oleh Fakultas Teknik UNDIP(2002), telah menganalisa fisika *sludge* minyak UP IV Cilacap seperti tertera dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Hasil Analisa Fisika *Sludge* Minyak UP IV Cilacap

No.	Parameter	Satuan	Sampel A	Sampel B
1	<i>Oil Content</i>	% berat	30,45	55,77
2	<i>Sediment</i>	% berat	51,26	6,04
3	<i>Water Content</i>	% vol.	16,85	28,93
4	<i>Calorivic Value</i>	Btu/lb	7126,7	9885,4
5	<i>Ash Content</i>	% berat	40,13	6,20
6	<i>Conradson Carbon Residu</i>	% berat	39,98	10,52
7	<i>Flash Point</i>	$^{\circ}\text{C}$	80	90
8	<i>Loss of Ignition, 750$^{\circ}\text{C}$</i>	% berat	63,85	93,02
9	<i>Loss of Ignition, 900$^{\circ}\text{C}$</i>	% berat	65,52	95,92
10	<i>Sulfur Content</i>	% berat	1,791	1,75
11	<i>Saybolt Univ. Visc. 100$^{\circ}\text{C}$</i>	Second	-	215,2
12	<i>Spesific Gravity 60/60$^{\circ}\text{F}$</i>	-	-	0,9843

Dari data Tabel 2.2 bahwa dalam *sludge* minyak tersebut mengandung :

- Padatan : sample A = 51,26 % dan sample B = 6,04 % .
- Minyak : sample A = 30,45 % dan sample B = 55,77 % .

Tim Penyusun Kajian Pemanfaatan *Sludge* Minyak Pertamina oleh Fakultas Teknik UNDIP(2002), logam berat *sludge* minyak tertera dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Hasil Analisis Logam Berat *Sludge* Minyak

No.	Parameter	Satuan	UP IV Cilacap	UPPDN Balongan
1	Arsen, As	ppm	17,935	7,084
2	Cadmium, Cd	ppm	0,079	0,035
3	Chromium, Cr	ppm	1,538	0,656
4	Copper, Cu	ppm	7,949	1,14
5	Lead, Pb	ppm	0,281	0,226
6	Mercury, Hg	ppm	10,758	0,569
7	Silver, Ag	ppm	0,046	0,032
8	Zinc, Zn	ppm	31,411	38,809

2.1.4. Pengaruh *Sludge* Minyak Terhadap Lingkungan

Sludge minyak mengandung komponen-komponen residu atau kotoran yang ada pada minyak mentah, titik didihnya tinggi, sebagian besar kandungan minyaknya adalah minyak fraksi berat dan jenis hidrokarbon aromatik serta mengandung beberapa jenis logam berat (PPPTMGB "LEMIGAS", 1999).

Hidrokarbon aromatik termasuk benzene, toluene dan xylene umumnya ditemukan dalam minyak mentah; benzene adalah penyebab kanker pada manusia (BP Indonesia Upstream, 2001).

Material Safety Data Sheet (MSDS) beberapa logam berat yang dimuat dalam Lembar Data Keselamatan Bahan (Soemanto Imamkhasani, 1999) antara lain :

1/. Timbal / Timah Hitam (Pb)

Masuknya bahan kedalam tubuh lewat pernapasan (*inhalasi*) dapat menyebabkan hilangnya nafsu makan, anemia, tidak dapat tidur, pusing, otot dan persendian sakit, halusinasi dan gangguan liver. Organ yang banyak terganggu adalah system syaraf, darah dan ginjal; diduga bersifat karsinogenik . Keracunan berat dapat menyebabkan mandul, keguguran atau gangguan kandungan. Nilai Ambang Batas : $0,15 \text{ mg/m}^3$.

2/. Mercury (Hg)

Keterpaan air raksa mengganggu kesehatan berupa lemah badan, hilang nafsu makan, gangguan syaraf, gangguan mental atau kerusakan jaringan otak. Dapat masuk tubuh lewat kulit, berbahaya adalah lewat paru-paru, Nilai Ambang Batas : $0,05 \text{ mg/m}^3$.

3/. Arsen (As)

Keterpaan terhadap Arsen dapat berakibat kanker paru-paru, kulit dan hati. Senyawa Arsen juga bersifat iritan terhadap kulit, membrane mukosa dan mata; efek kronik lainnya adalah sakit tenggorokan, keluar air mata, dermatitis dan kerusakan sumsum; Nilai Ambang Batas : $0,2 \text{ mg/m}^3$; Toksisitas : 5 – 50 mg/kg.

4/. Cadmium (Cd)

Efek kronis dapat berupa kanker, kerusakan paru-paru dan ginjal, tertelan logam Cd berbahaya dan fatal. Penyakit itai-itai byo (kelainan tulang) di Jepang disebabkan keracunan Cd; pada percobaan terhadap binatang dapat menyebabkan karsinogenik, teratogenik dan mutagenik ; Nilai Ambang Batas : $0,01 \text{ mg/m}^3$.

5/. Copper (Cu)

Keracunan tembaga dapat menyebabkan anemia; Fume tembaga dapat menyebabkan batuk, kelainan pencernaan dan demam. Debu tembaga dapat menimbulkan borok pada hidung dan pendarahan; keterpaan pada mata dapat menimbulkan pembengkakan dan gangguan kornea; penghirupan debu tembaga dapat merusak paru-paru; Nilai Ambang Batas : debu = 1 mg/m^3 , fume = $0,2 \text{ mg/m}^3$.

6/. Chromium (Cr)

Nilai ambang batas sebagai : logam Cr = $0,5 \text{ mg/m}^3$, $\text{Cr}^{+2} = 0,5 \text{ mg/m}^3$, $\text{Cr}^{+3} = 0,5 \text{ mg/m}^3$, $\text{Cr}^{+6} = 0,05 \text{ mg/m}^3$. Chromium bervalensi 6 sangat beracun, orang dapat gagal ginjal keracunan Cr^{+6} melalui penyerapan lewat kulit. Pemaparan pada kulit, mata dan membran mukosa dapat menyebabkan iritasi yang kuat, dapat juga menyebabkan dermatitis pada kulit. Penghirupan dalam bentuk uap/debu dapat menyebabkan asma, pemaparan dalam jangka panjang dapat menyebabkan kanker.

7/. Zinc (Zn)

Pemaparan debu Zn melalui paru-paru menyebabkan batuk-batuk, uap Zn menyebabkan kerusakan membrane mukosa, kerongkomgan kering, lemas badan dan mau muntah. Konsentrasi Zn dalam uap $45 - 870 \text{ mg/m}^3$ menyebabkan iritasi baik pada kulit maupun mata. Nilai ambang batas : Zn dalam uap = 5 mg/m^3 ; Zn dalam debu = 10 mg/m^3 . Toksisitas Zn = 124 mg/m^3 dalam 50 menit menyebabkan gangguan paru-paru dan pernafasan.

2.1.5. Pengelolaan *Sludge* Minyak

Menurut Peter T. Budzik, 1986 pengelolaan limbah (*sludge* minyak) menggunakan 4 (empat) prinsip 4 R yaitu :

- *Reduction*, adalah mengurangi terbentuknya *sludge* minyak.
- *Recovery*, adalah perolehan kembali kandungan minyaknya.
- *Reuse*, adalah penggunaan kembali *sludge* minyak.
- *Recycle*, adalah daur ulang *sludge* minyak.

2.1.5.1. Mengurangi Terbentuknya *Sludge* Minyak (*Reduction*)

Menurut Peter t. Budzik, 1986, untuk mengurangi terbentuknya *sludge* minyak di dalam tangki timbun minyak mentah , yaitu di dalam tangki timbun tersebut dipasang alat pengaduk dengan tujuan mengurangi terjadinya endapan *sludge* minyak, endapan yang masih terjadi dipisahkan pada saat dilakukan pembersihan tangki timbun dengan cara pengadukan.

Untuk mengurangi terbentuknya *sludge* minyak di Kilang Minyak Pusdklat Migas Cepu pada tangki timbun minyak mentah dengan cara pemanasan menggunakan *steam coil* dipasang dibagian bawah tangki (*bottom tank*) dengan ketinggian 20 cm dari dasar tangki; sehingga terjadi pemisahan antara minyak, air dan padatan, air yang terpisah dilakukan *drain* dan disalurkan ke *oil catcher*. Sedangkan padatan yang terbentuk pada saat pembersihan tangki timbun dipisahkan dengan minyaknya dengan cara pemanasan dan penyemprotan air dengan tujuan agar minyak yang terikat dalam padatan/ lumpur dapat keluar / terpisah kemudian minyak dan airnya dialirkan ke unit *oil catcher* sedangkan padatannya (masih mengandung air dan minyak) setelah lolos TCLP ditimbun kedalam tanah.

2.1.5.2. Perolehan Kembali Kandungan Minyak dalam *Sludge* (*Recovery*)

Pada industri perminyakan istilah *recovery* minyak pada *sludge* minyak lebih dikenal dengan istilah *deoilng*, proses ini ada beberapa cara yaitu : pemanasan, filtrasi bertekanan, ekstraksi dengan pelarut, *centrifugation*, adsorpsi.

1/. Proses Pemanasan.

Sludge minyak yang beku dipanaskan dengan steam (uap air) pada suhu kurang lebih 60 °C diatas pour point, agar minyak beku tersebut dapat terpisah dari *sludge*. Apabila dalam proses tersebut terjadi emulsi dapat ditambahkan bahan kimia *deemulsifier*, bermacam-macam *deemulsifier* antara lain;

a. ALKEN R 860.

Proses pemanasan emulsi antara minyak dan air tidak direkomendasikan terhadap minyak fraksi ringan misalnya; *gasoline*, *jet fuel*, *kerosene* karena dapat terjadi bahaya kebakaran, untuk kasus ini lebih cocok menggunakan *deemulsifier* ALKEN R 860. *Deemulsifier* ini juga direkomendasikan untuk memecah emulsi: pembersihan *oil spill*, *tank cleaning* dan emulsi minyak-air yang sulit dipisahkan.

b. AQUANOX *Deemulsifier*.

Deemulsifier ini adalah keluaran dari BAKER, sangat efektif memecah emulsi minyak disebabkan oleh beberapa kondisi seperti; rasio minyak- air, tegangan muka, viskositas, suhu (Baker Oil Treating Ltd.).

c. Teknologi Dari UniPure Ohsol.

Teknologi UniPure Ohsol (sumber UNIPURE *Emulsion Breaking*) adalah teknologi pengolahan *sludge* minyak dengan menggunakan prinsip pemecahan emulsi pada *sludge* minyak,teknologi ini berhasil menangani limbah *sludge* minyak di kegiatan produksi dan kilang. Dalam teknologi ini menggunakan bantuan bahan kimia dan pemanasan (*thermal flash*) untuk memecah emulsi *sludge* minyak dan menapis ulang (*recovery*) minyak untuk dimanfaatkan kembali.

2/. Proses Filtrasi Bertekanan.

Proses pemisahan minyak dengan menggunakan filtrasi bertekanan antara lain yaitu: *Belt Filter Pressure*, *Recessed Chamber Pressure Filter* dan *Rotary Vacuum Filter*. Minyak yang terpisah dari proses ini dikumpulkan selanjutnya diproses kembali atau untuk kegunaan lainnya .

3/. Proses Ekstraksi dengan Pelarut (*Solvent*).

Proses pemisahan minyak dengan cara ini menggunakan bahan pelarut,hal ini dilakukan apabila dengan cara lain sulit dilaksanakan.Proses pemisahan minyak dengan cara ini antara lain dapat menggunakan KIRASOL, yaitu bahan kimia pelarut minyak yang diproduksi oleh NatSteel Chemical ltd.

4/. Proses Pusingan Mesin (*Centrifugation*).

a. Petro Waste Services-Sludge Treatment System (PWS-STS).

Teknologi PWS-STS adalah dari CEVA International Inc., dengan menggunakan prinsip pengolahan *sludge* dengan pusingan mesin (*Centrifugation*). Dengan teknologi ini *sludge* minyak dipisahkan menjadi 3(tiga) fase yaitu: minyak, air dan padatan.

b. Hellenic Petroleum.

Hellenic Petroleum adalah dari British Company, mengolah *sludge* minyak di Thessaloniki Yunani pada bulan Maret 2000 dengan prinsip menggunakan pemisah sentrifugal 3(tiga) fase; *sludge* dipisahkan kedalam tiga fase dasar : air, minyak dan residu padat.

c. Centrifugal Separation Plus Bioremediation

PT. Sugico Graha telah mencoba teknologi *Centrifugal Separation Plus Bioremediation* untuk menyempurnakan teknologi *Centrifugal Separation* yang terdahulu. Hasil pemisahan hanya dengan teknologi *Centrifugal*, limbah padatnya

masih mengandung minyak dan lama kelamaan akan menumpuk, sangat beresiko mencemari tanah, air tanah dan air permukaan; untuk mengatasi permasalahan ini perlu dilanjutkan bioremediasi. Teknologi *Centrifugal Separation Plus Bioremediation*. Teknologi ini tahap awal (*Centrifugal Separation*) menghasilkan zat padat yang kandungan minyaknya < 2 %, selanjutnya limbah padat ini dilakukan proses bioremediasi.

Cara kerja teknologi *Centrifugal Separation Plus Bioremediation* di Lapangan Lawe-Lawe (Unocal) yaitu: limbah *sludge* minyak yang ada dalam *burn-pit* dipompakan ke strainer (tempat penyaringan), setelah disaring dimasukkan ke dalam tangki pemanas (*2-stage heating*), mulai suhu 30 °C (tangki I) kemudian dipanaskan suhu 95 °C (tangki II) dengan tujuan adalah mencairkan *sludge* yang kental / beku sebelum dipompakan ke dalam *mixing tank*. Setelah melalui *mixing tank*

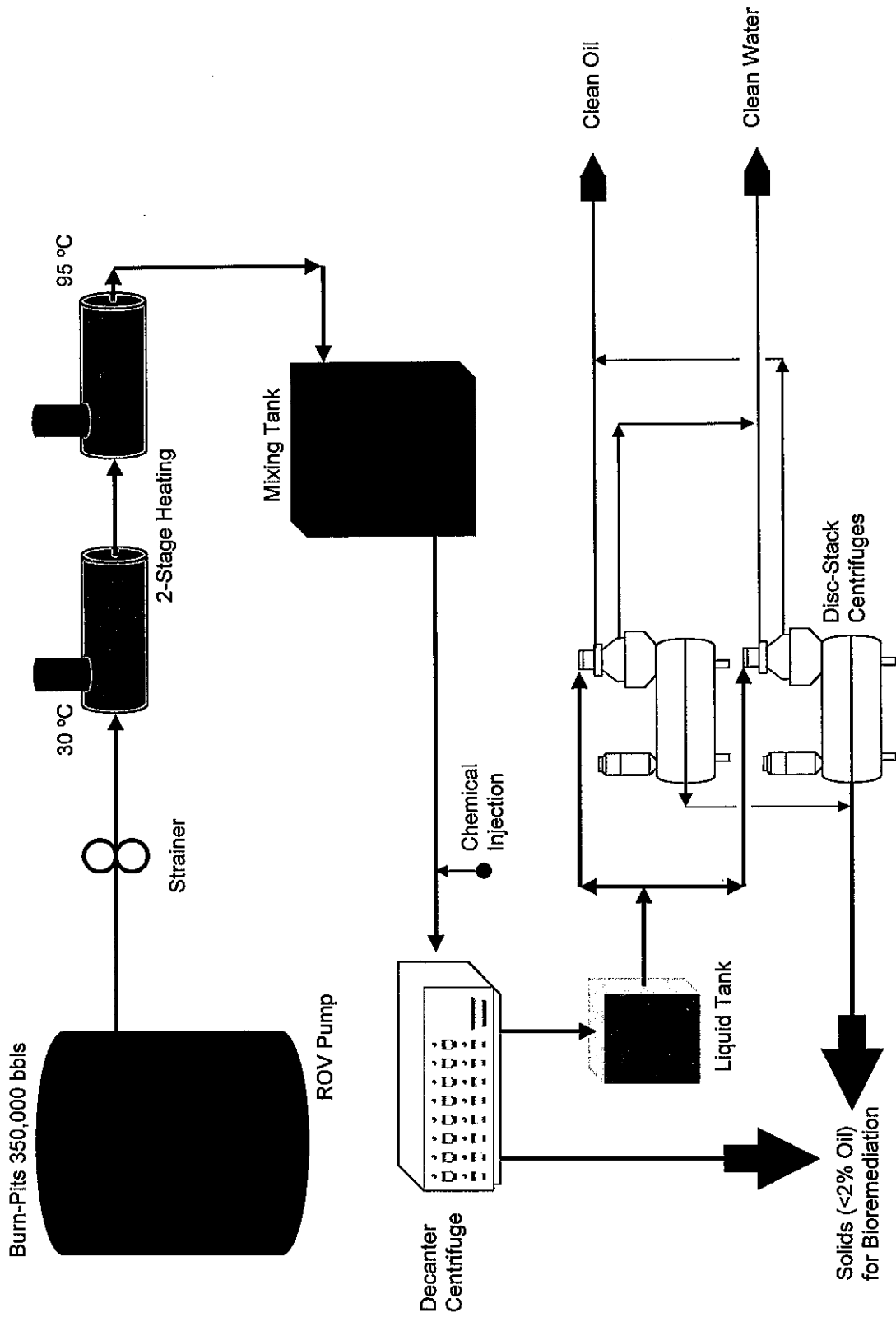
ditambahkan bahan kimia pelarut, agar semua *sludge* larut / mencair dan terbawa pada waktu dipompa. *Sludge* yang telah mencair dimasukkan ke dalam *decanter centrifuge* (DC) tempat untuk pemisahan antara cairan dan padatan. Padatan dilakukan pemisahan dalam *disk stack centrifuge* (DSC) pada tempat ini dipisahkan / diambil minyak dan air yang cukup bersih. Sedangkan padatannya dilanjutkan proses bioremediasi dengan bantuan bakteri, sehingga tidak ada lagi kandungan B3 dan hasil bioremediasi dapat langsung digunakan untuk pupuk, skema proses teknologi *Centrifugal Separation Plus Bioremediation* tertera pada Gambar 2.1.

5/. Proses Adsorpsi.

Proses adsorpsi merupakan proses pelepasan minyak dari emulsi *sludge* dengan menggunakan bahan menyerap / pengikat minyak, minyak terikat dan menempel pada bahan tersebut.

Salah satu dari proses ini adalah Sphagnum AS, prinsipnya yaitu tanaman Sphagnum kering (1 %) ditambahkan kedalam *sludge* (99 %) kemudian dilakukan proses pengeringan dengan "*rotary dryer*" sehingga minyak terikat pada Sphagnum AS tersebut. *Sludge* kering yang dihasilkan mempunyai nilai panas 21,4 kW/kg (mirip batu bara) sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar (*Sphagnum Oily Sludge, Sludge Treatment*).

Simplified Lawe-Lawe System Concept



Gambar 2. 1. Skema Proses Teknologi Centrifugal Separation Plus

2.1.5.3. Penggunaan Kembali *Sludge* Minyak (*Reuse*)

Sludge minyak jarang dapat langsung digunakan kembali (*Reuse*) tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu, kecuali *sludge* minyak yang terjadi di dalam *oil collector* dari unit *oil catcher*, *sludge* minyak disini dapat digunakan untuk minyak bakar (pembakaran kapur).

2.1.5.4. Daur Ulang *Sludge* Minyak (*Recycle*)

Limbah padat dari hasil proses deoiling (*oil recovery*) dapat dilakukan daur ulang (*Recycle*) antara lain yaitu :

- 1/. Proses bioremediasi menghasilkan pupuk, telah dicoba oleh PT. Sugico Graha dengan teknologi *Centrifugal Separation Plus Bioremediation* seperti yang telah diuraikan tersebut diatas.
- 2/. Proses solidifikasi menghasilkan batako dan keramik, hasil penelitian Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UNDIP adalah sebagai berikut :

Pembuatan Batako :

- Campuran pasir, semen, kapur dan padatan sisa pembakaran *sludge*, menghasilkan batako dengan kuat tekan 97,21 kg/cm² sampai 104,94 kg/cm².
- Campuran kapur dan padatan *sludge* minyak menghasilkan batako dengan kuat tekan 33,97 kg/cm² sampai 41,20 kg/cm².
- Campuran pasir, semen, kapur dan padatan *sludge* minyak menghasilkan batako dengan kuat tekan 79,93 kg/cm² sampai 86,29 kg/cm².

Standar SNI kuat tekan untuk dinding partisi 50 - 125 kg/cm²

Pembuatan Keramik ;

Dilakukan dengan cara mencampur padatan *sludge* minyak dan tanah liat dengan perbandingan 1 : 8 , dilakukan homogenisasi dan dicetak pada tekanan 10 ton, dikeringkan selama 2 minggu kemudian dibakar dengan suhu 750 °C ditahan selama satu jam. Keramik yang dihasilkan cukup baik ditandai dengan warna genteng dan uji TCLP dibawah nilai ambang batas Baku Mutu TCLP.

3/. Proses solidifikasi menghasilkan mortar, hasil penelitian Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UGM.

Hasil proses kombinasi distilasi dan pirolisis pada suhu operasi 350 °C , 450 °C dan 550°C menghasilkan residu padatan dan dibakar pada suhu 900 °C , residu padatan tersebut dapat dimanfaatkan untuk bahan pengisi mortar. Hasil uji kuat tekan 28 hari dengan variasi residu padatan 5-15% memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan mortar biasa.

2.1.6. Pengelolaan *Sludge* Menurut Ketentuan Yang Berlaku.

Menurut PP No. 18 Tahun 1999 dan PP No. 85 Tahun 1999, bahwa *sludge* minyak adalah termasuk limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). *Sludge* minyak di industri perminyakan termasuk limbah B3 dengan kode limbah D 220 adalah dari kegiatan eksplorasi dan produksi migas, sedangkan kode limbah D 221 adalah dari kegiatan kilang migas. Sedangkan karakteristik yang termasuk limbah B3 adalah : mudah meledak, mudah terbakar, bersifat reaktif, beracun, menyebabkan infeksi, bersifat korosif.

Kode limbah D220 dan kode limbah D221 dapat dinyatakan limbah B3 setelah dilakukan uji karakteristik dan atau uji toksikologi. Apabila limbah mengandung salah satu zat pencemar yang terdapat dalam Baku Mutu TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) dengan konsentrasi sama atau lebih besar dari nilai ambang batas tercantum dalam Baku Mutu TCLP (tertera pada Lampiran 1) maka limbah tersebut adalah limbah B3.

Apabila *sludge* minyak setelah dilakukan uji TCLP dan atau uji toksikologi dinyatakan limbah B3, maka pengelolaan *sludge* minyak tersebut harus mengikuti peraturan perundang-undangan yang berlaku antara lain yaitu :

1/. Penyimpanan Limbah B3.

- a. Penghasil limbah B3 dapat menyimpan limbah B3 yang dihasilkannya paling lama 90 hari sebelum diserahkan kepada pengumpul atau pemanfaat atau pengolah atau penimbun limbah B3.
- b. Bila limbah B3 yang dihasilkan kurang dari 50 kg per hari, penghasil limbah B3 dapat menyimpan limbahnya lebih dari 90 hari dengan persetujuan Kepala BAPEDAL.

2/ Pengumpul Limbah B3.

- a. Pengumpul Limbah B3 dapat menyimpan limbah B3 paling lama 90 hari sebelum diserahkan kepada pemanfaat, pengolah, penimbun limbah B3.
- b. Pengumpul limbah B3 bertanggung jawab terhadap limbah B3 yang dikumpulkannya.

3/ Pengangkut Limbah B3.

- a. Pengangkut limbah B3 dilakukan oleh badan usaha kegiatan pengangkutan limbah B3 atau oleh penghasil limbah B3 memenuhi ketentuan berlaku.
- b. Setiap pengangkut limbah B3 wajib disertai dokumen limbah B3.

4/ Pemanfaat Limbah B3.

Pemanfaat limbah B3 meliputi perolehan kembali (*recovery*), penggunaan kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*).

5/ Pengolahan Limbah B3.

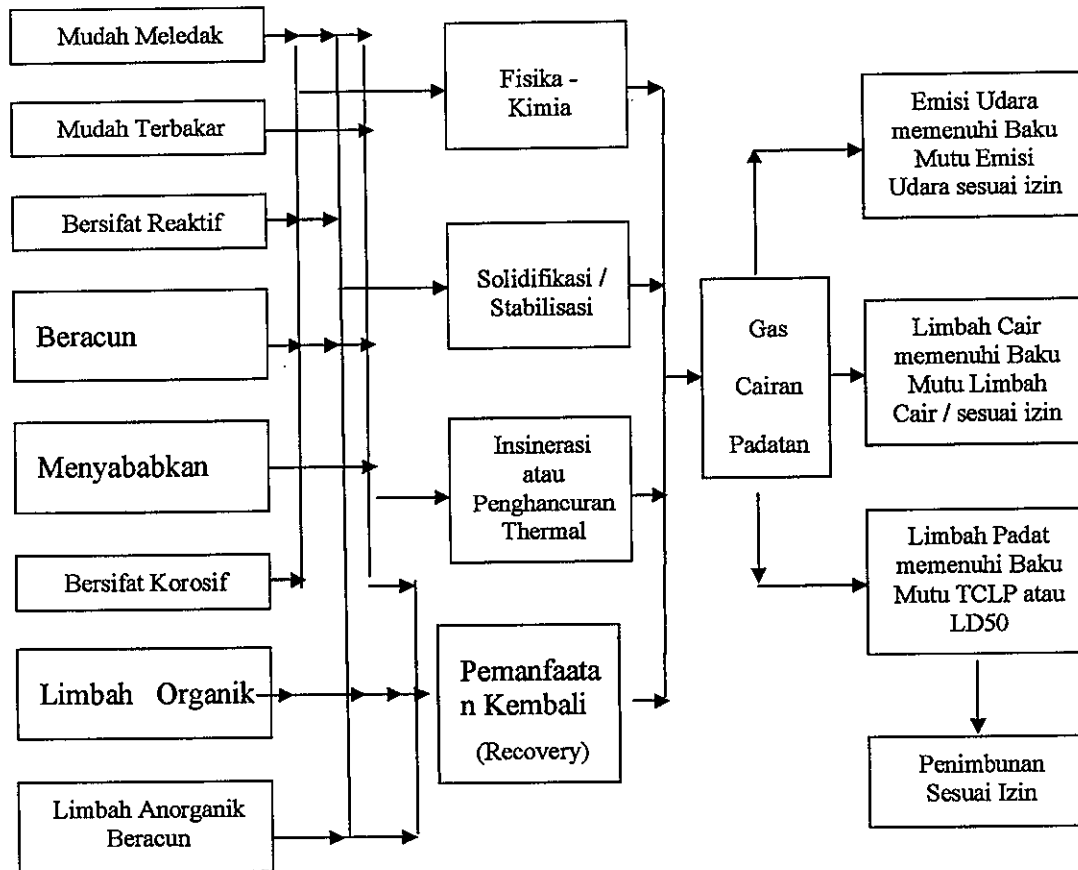
- a. Pengolahan limbah B3 dapat dilakukan dengan cara *thermal*, Stabilisasi dan solidifikasi, fisika, kimia, biologi, cara lainnya sesuai perkembangan teknologi.
- b. Pemilihan lokasi untuk pengolahan limbah B3 harus memenuhi ketentuan; bebas banjir, tidak rawan bencana dan bukan kawasan lindung, berdasarkan rencana tata ruang merupakan lokasi yang ditetapkan sebagai kawasan industri
- c. Pengolahan limbah B3 dengan cara stabilisasi dan solidifikasi wajib memenuhi syarat uji TCLP, melakukan penimbunan hasil pengolahannya sesuai dengan ketentuan penimbunan limbah B3 (*landfill*).
- d. Pengolahan limbah B3 secara fisik dan atau kimia yang menghasilkan limbah cair wajib memenuhi syarat baku mutu limbah cair; hasil limbah padat wajib memenuhi ketentuan pengelolaan limbah B3.
- e. Pengolahan limbah B3 dengan cara *thermal* dengan mengoperasikan insenerator wajib memenuhi ketentuan yang berlaku.

Alternatif teknologi proses pengolahan limbah B3 mengacu pada Keputusan Kepala Bapedal No.: Kep- 03/Bapedal/1995, tertera dalam Gambar 2.2.

Jenis dan Karakteristik

Proses Pengolahan

Timbunan



Gambar 2.2. Teknologi Proses Pengolahan Limbah B3

6/. Penimbunan Limbah B3.

- a. Lokasi penimbunan limbah B3 wajib memenuhi syarat :
 - Bebas dari banjir; permeabilitas tanah maksimum 10 pangkat negatif 7 centimeter per detik; merupakan lokasi yang ditetapkan sebagai lokasi limbah B3; secara geologis dinyatakan aman, stabil tidak rawan bencana dan diluar kawasan lindung; tidak merupakan daerah resapan air tanah.
- b. Penimbunan limbah B3 wajib menggunakan sistim pelapis yang dilengkapi dengan saluran untuk pengaturan aliran air permukaan, pengumpulan air lindi dan pengolahannya, sumur pantau dan lapisan penutup akhir.
- c. Terhadap lokasi penimbunan limbah B3 yang telah dihentikan wajib memenuhi ketentuan :
 - o Menutup bagian paling atas tempat penimbunan dengan tanah setebal minimum 0,60 meter.
 - o Melakukan pemagaran & diberi tanda tempat penimbunan limbah B3.
 - o Melakukan pemantauan kualitas air tanah, menanggulangi dampak negatif yang mungkin timbul selama 30 tahun.
 - o Penutupan lokasi penimbunan yang telah dihentikan tidak dapat dijadikan pemukiman atau fasilitas umum lainnya.

2.1.7. Pengelolaan *Sludge* Minyak Saat Ini di Beberapa Industri Migas

1). Kilang Minyak Balongan

Kilang minyak Balongan menghasilkan *sludge* minyak 100 ton per hari sebelum tahun 1998 *sludge* tersebut diolah di PPLI dengan biaya cukup mahal, setelah *sludge* tidak diolah di PPLI, *sludge* ditampung dalam drum hingga mencapai 5.000 drum. Yang menjadi masalah drum-drum tersebut sering dicuri orang dan *sludge* yang ada didalam drum ditumpahkan begitu saja dan akhirnya mencemari lingkungan sekitarnya.

Perkembangan lebih lanjut Pertamina Balongan kerjasama dengan PPSDAL-UNPAD dan P.U Jawa Barat, melakukan penelitian pemanfaatan *sludge* minyak sebagai bahan bangunan, namun studi tersebut masih perlu diklarifikasi tentang kandungan logam beratnya (Pertamina UP IV, 2001).

2). Kilang Minyak Cilacap

Sludge minyak ditampung dalam *sludge pond* secara alami dengan bantuan sinar matahari terjadi pemisahan minyak dipermukaan, dahulu dilakukan kerjasama antara Pertamina Cilacap dengan Koperasi Kopasus ; *sludge* minyak yang pada waktu siang hari terjadi pemanasan alami minyak yang ada di permukaan dipompakan ke truk tangki dan dijual kemasyarakat digunakan untuk bahan bakar (antara lain pada pembakaran gamping), dan padatannya dibiarkan di *sludge pond* sehingga lama kelamaan menumpuk banyak; kerjasama tersebut sekarang berakhir.

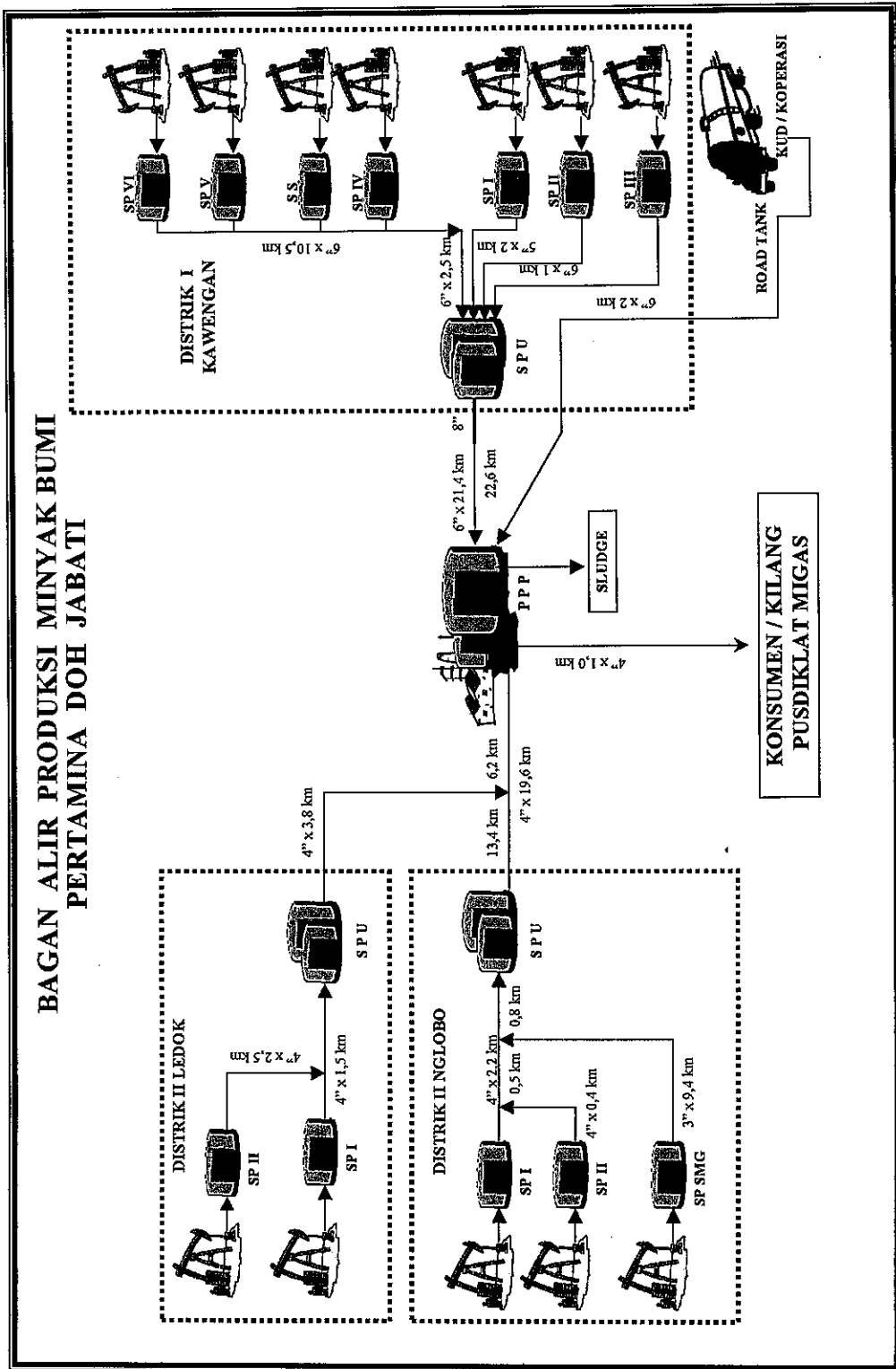
Perkembangan selanjutnya oleh Pertamina Cilacap *sludge* minyak dilakukan *recovery* minyak dengan menggunakan mesin pemanas, minyaknya dapat dipisahkan dengan padatan, minyaknya dipompakan ke tangki timbun minyak mentah untuk diolah kembali, sedangkan padatannya dikembalikan ke *sludge pond*, sebagian dicoba ditambahkan kapur dengan perbandingan tertentu dan ditempatkan pada lahan kosong / untuk urugan tanah (Pertamina UP IV, 2003).

3). PT. Unocal

Padatan *sludge* dilakukan pengolahan dengan cara bioremediasi dengan teknologi *Certrifugal Separation Plus Bioremediation* (PT .Sugico Graha) dan hasilnya dapat digunakan sebagai pupuk tanaman. Namun oleh Jaringan Advokasi Tambang mengawatirkan mengingat lokasinya dekat dengan pantai Tanjung Santan dapat tercemar oleh aktivitas tersebut (Ozon, 2002).

4). Pertamina DOH Jawa Bagian Timur (Pertamina Produksi Cepu)

Pengelolaan *sludge* minyak di Pertamina Eksplorasi-Produksi Lapangan Cepu yaitu *sludge* minyak hasil dari pembersihan tangki dimasukkan kekolam padatan, secara alami dengan energi matahari minyak terpisah dipermukaan. Minyak tersebut dipompakan ke *sludge pond*, padataan yang terikut mengendap dibagian bawah *sludge pond* dan minyaknya dipompakan kembali ketangki timbun; sisa yang dominan padatan ditimbun kedalam tanah. Minyak mentah yang ditimbun dalam tangki timbun berasal dari : Distrik I Kawengan, Distrik II Ledok, Distrik II Nglobo , Truk tangki KUD / Koperasi Wonocolo. Bagan alir Produksi Minyak Bumi Pertamina Daerah Operasi Hulu Jawa Bagian Timur tertera dalam Gambar 2.3 (Pertamina DOH Jabati, 2002).



Gambar 2.3. Bagan Alir Produksi Minyak Bumi DOH Jabati

5). Pertamina Depot Cepu

Sludge minyak dari pembersihan tangki timbun ditampung dalam drum-drum yang dimanfaatkan untuk pelatihan pemandam kebakaran (Pertamina Depot Cepu, 2002).

6). Pada depot BBM Pematang Siantar

Sludge yang tidak termasuk limbah B3 dikelola dengan cara dekomposisi / bioremediasi, yaitu *sludge* minyak dicampur dengan humus dan dibiarkan beberapa waktu, setelah terjadi kompos dapat digunakan untuk pupuk tanaman.

7). Pada Caltex-operasi Minas

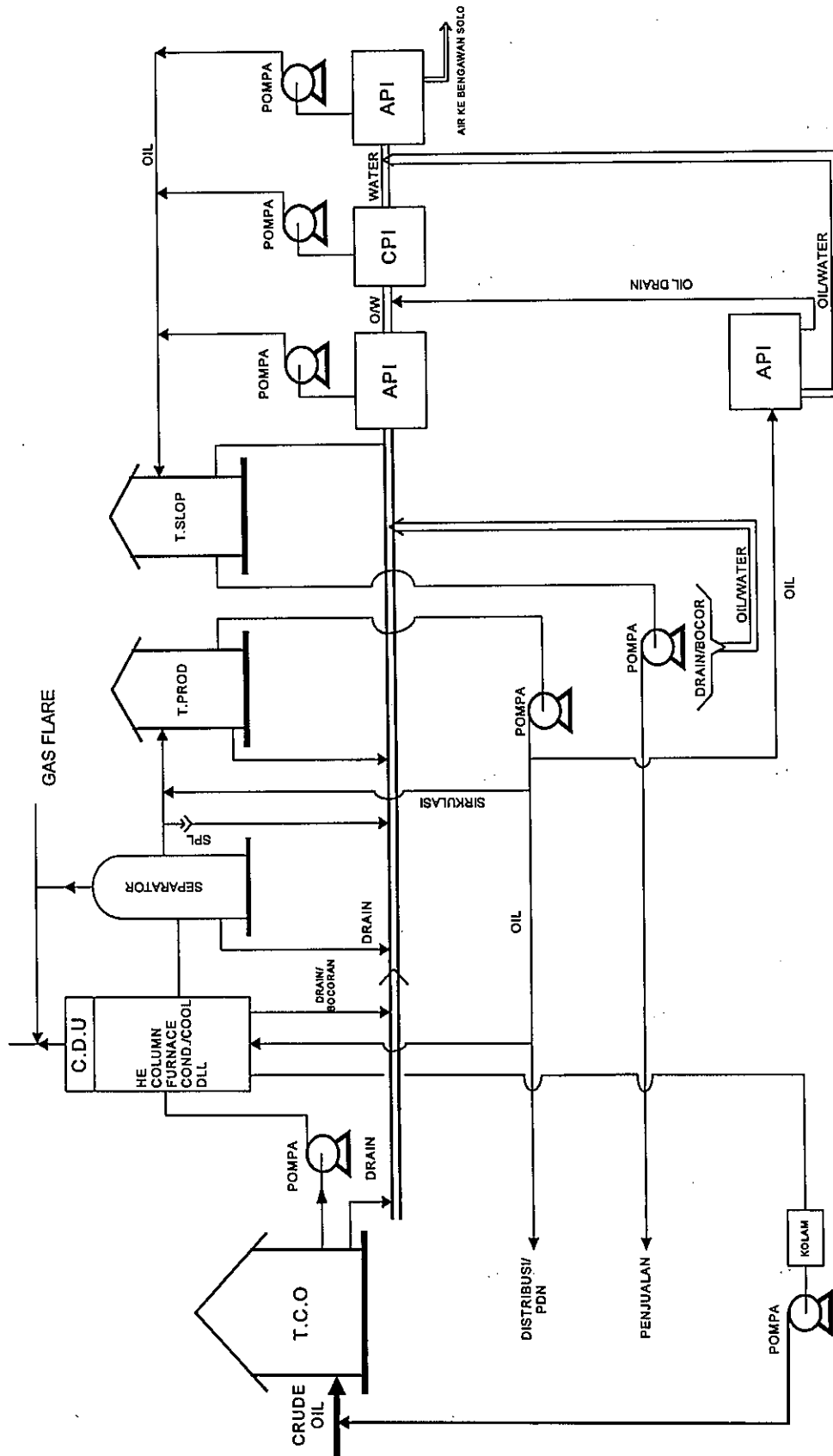
Telah melakukan percobaan bioremediasi yang dikenal dengan istilah *Soil Bioremediation Facilities* (SBF) dengan lahan seluas 5,4 Ha. Dengan fasilitas tersebut 84.000 ton tanah yang tercemar dapat diolah di unit pengolahan bioremediasi dan hasilnya dapat digunakan pupuk (Ozon, 2002).

8). PT. Santa Fe di Irian Jaya

Padatan *shudge* dilakukan pengolahan dengan cara bioremediasi dan pada lahan bioremediasi ditanami buah-buahan, namun setelah dilakukan penelitian buah-buahan tersebut mengandung kadar logam berat tinggi (Ozon, 2002).

9). Kilang Minyak Pusdiklat Migas Cepu

Untuk mengurangi terbentuknya *sludge* minyak pada tangki timbun minyak mentah, di Kilang Minyak Pusdiklat Migas Cepu dengan cara pemanasan menggunakan *steam coil* dipasang dibagian bawah tangki (*bottom tank*) dengan ketinggian 20 cm dari dasar tangki; sehingga terjadi pemisahan antara minyak, air dan padatan, air yang sedikit terikut minyak (limbah cair) dilakukan drain dan disalurkan ke *oil catcher*. digram alir penanganan limbah cair Kilang Minyak Pusdiklat Migas Cepu tertera pada Gambar 2.4.



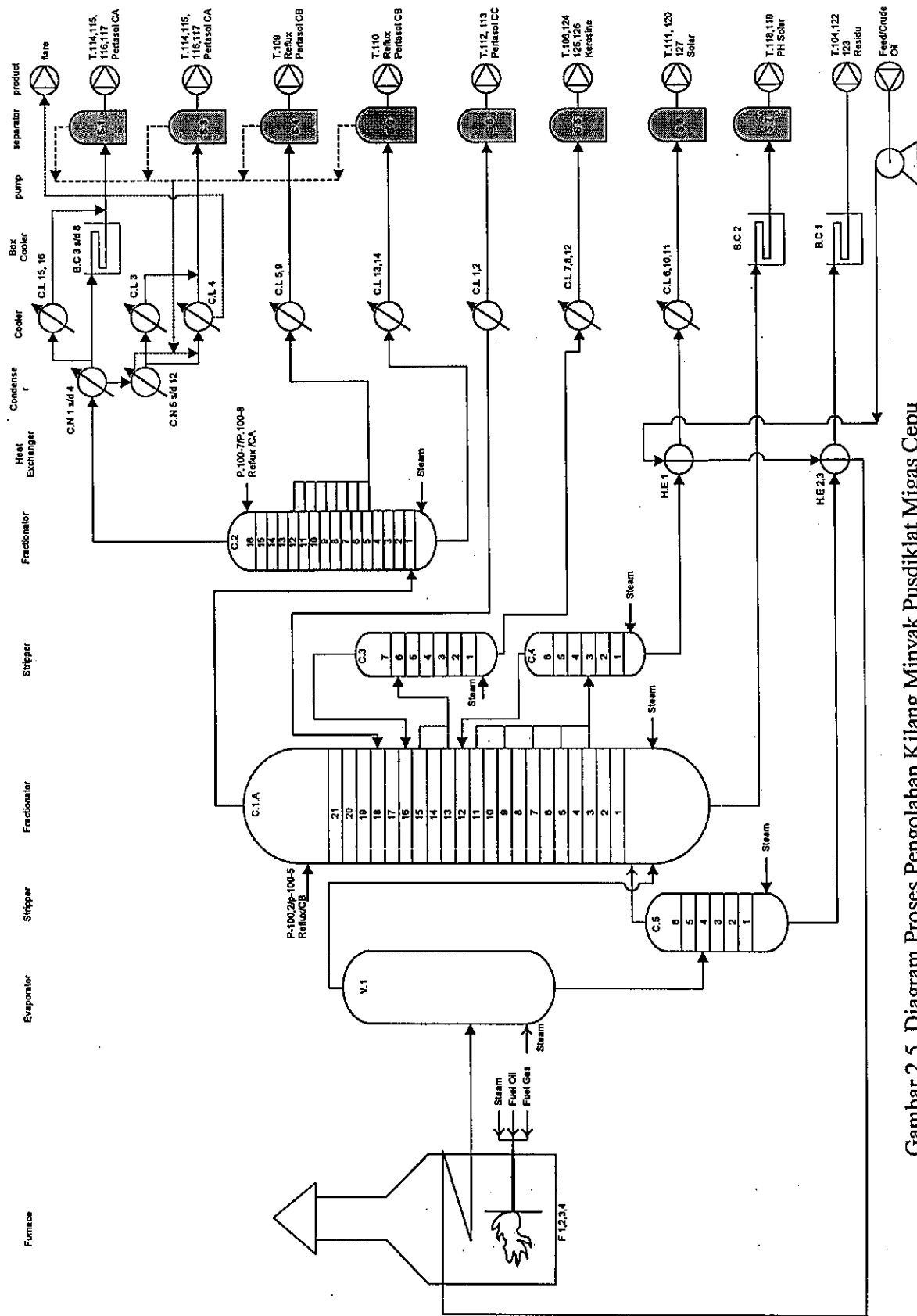
Gambar 2.4. Diagram Alir Penanganan Limbah Cair Kilang Minyak Pusdiklat Migas Cepu

Minyak yang terkandung dalam limbah cair sebagian besar akan terpisah di unit *oil catcher* API I (*American Petroleum Institute*), minyak yang terpisah dipompakan ke *tank slope* dan minyak yang lolos masuk ke *oil catcher* CPI (*Corrugated Plate Interceptor*) minyak yang terpisah dipompakan ke *tank slope* dan minyak yang lolos masuk ke *oil catcher* API II minyak yang terpisah dipompakan ke *tank slope* ; minyak dari *tank slope* selanjutnya dijual kemasyarakat.

Sedangkan padatan yang terbentuk pada saat pembersihan tangki timbun dipisahkan dengan minyaknya dengan cara pemanasan dan penyemprotan air dengan tujuan agar minyak yang terikat dalam padatan/ lumpur dapat keluar / terpisah kemudian minyak dan airnya dialirkan ke unit *oil catcher* dalam unit ini proses pemisahan minyak secara berturutan seperti tersebut diatas. Sedangkan padatannya (masih mengandung air dan minyak) setelah lolos TCLP ditimbun kedalam tanah (Kilang Minyak Pusdiklat Migas, 2002). Proses pengolahan di Kilang Minyak Pusdiklat Migas tertera pada Gambar 2.5.

10). Kilang Minyak Balikpapan

Sludge minyak ditampung dalam *sludge pond* , *sludge* yang kandungsn minyaknya > 20 mg/l dilakukan *Sludge Oil Recovery* (SOR) atau dijual/dihibahkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Limbah padat yang dihasilkan dari proses SOR tersebut dilakukan penimbunan pada lahan yang telah ditetapkan (Pertamina UP V, 2003).



Gambar 2.5. Diagram Proses Pengolahan Kilang Minyak Pusdiklat Migas Cepu

2.2. Keramik dan Bata Merah

2.2.1. Teori Dasar Keramik dan Bata Merah

Keramik adalah jenis seni yang meliputi tembikar atau pecah belah, porselin, gelas keramik, barang-barang refractory, barang yang terbuat dari material magnetik non-metal dan produk sejenis lainnya. Keramik terbuat dari material padat dengan komposisi komponen utamanya adalah material non-metal anorganik (W.D. Kingery, 1975).

Pasir Galunggung mengandung komponen SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 cukup tinggi yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan barang keramik (Subari, M. Sagala dan Edwin F., 1977). Menurut Subari (2002) apabila kadar $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5 - 9 \%$ dan $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10 - 22 \%$ akan menghasilkan warna merah dan pada kondisi reduksi warna menjadi cokelat mendekati hitam. Kandungan SiO_2 berfungsi membentuk rangka bodi dan kecerahan warna, pada proses Vitrifikasi akan membentuk Mullite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$). Sedangkan kandungan CaO dan MgO berfungsi untuk membantu peleburan pada saat terjadi proses vitrifikasi.

Bata merah dibuat dengan bahan dasar lempung dan bahan tambahan, lempung atau tanah liat adalah hasil pelapukan dari batuan keras seperti basalt, andesit, granit dan sebagainya. Pada umumnya batuan keras basalt/andesit memberikan warna merah pada lempung sedangkan granit akan memberikan warna putih pada lempung, komposisi mineral lempung merupakan campuran mineral-mineral tanah dan mineral lain terutama silica dan besi (Gesang Sinugroho dan Hartono JMV, 1979).

2.2.2. Jenis Lempung Yang Digunakan Untuk Pembuatan Bata Merah

Menurut Gesang Sinugroho dan Hartono JMV (1979), bahwa lempung merupakan batuan sedimen karena pada umumnya setelah terbentuk dari pelapukan batuan keras, lempung terbawa oleh air dan angin dan terendapkan pada tempat yang lebih rendah. Berdasarkan atas tempat pengendapan dan jarak pengangkutannya dari tempat asal, lempung dapat dibagi beberapa jenis :

1/. Lempung Residual

Adalah lempung yang terdapat pada tempat terjadinya, yaitu lempung yang belum berpindah tempat sejak terbentuknya. Lempung ini mempunyai sifat-sifat: berbutir kasar dan bercampur dengan batuan asal yang belum lapuk; tidak plastis;

makin kebawah (dalam) fraksi kasar semakin banyak dan pada kedalaman tertentu akan dijumpai batuan asal.

2/. Lempung Illuvial

Adalah lempung yang telah terangkut dan mengendap pada suatu tempat yang tidak jauh dari tempat asal terbentuknya misalnya di kaki-kaki bukit. Lempung illuvial sifat-sifatnya mirip dengan lempung residual.

3/. Lempung Alluvial

Adalah lempung yang mengendap disekitar/disepanjang sungai, pada waktu banjir air sungai akan meluap sehingga lempung dan pasir yang terbawa akan mengendap disekitar/sepanjang sungai.

Lempung alluvial mempunyai sifat-sifat : susunan lempung baik secara vertikal dan horisontal selang-seling antara pasir dan lempung, bentuk endapan menyerupai lensa, endapan alluvial muda lapisan pasirnya masih segar, endapan alluvial tua lapisan pasirnya telah melapuk.

4/. Lempung Marin

Lempung yang terbawa air sungai dan diendapkan dilaut, lempung ini sangat halus biasanya bercampur dengan cangkang-cangkang foraminifera(kapur).

5/. Lempung Rawa

Adalah lempung yang diendapkan di rawa-rawa, lempung ini dengan ciri warnanya hitam dan apabila dekat laut mengandung garam.

6/. Lempung danau

Adalah lempung lempung yang diendapkan didanau, lempung ini mempunyai sifat seperti lempung rawa air tawar.

Di Indonesia dalam pembuatan bata merah pada umumnya menggunakan lempung alluvial, pada sawah-sawah sebagian besar terdapat endapan lempung alluvial terutama di Pulau Jawa .

2.2.3. Syarat-Syarat Lempung Untuk Pembuatan Bata Merah

2.2.3.1. Persyaratan Umum

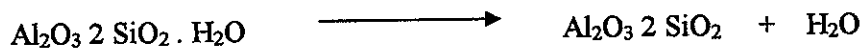
Menurut Gesang Sinugroho dan Hartono JMV (1979) , syarat-syarat lempung yang dapat dipergunakan pembuatan bata merah yaitu :

- 1/. Lempung yang baik adalah lempung alluvial.
- 2/. Pada pembakaran ± 1.000 °C lempung telah padat sehingga memenuhi persyaratan mekanis/fisis yang dikehendaki oleh standar.
- 3/. Adanya senyawa besi yang memberikan warna merah pada waktu dibakar.
- 4/. Adanya mineral-mineral yang dapat membentuk bahan gelas pada waktu dibakar , seperti muscovite, hornblende.
- 5/. Fraksi butiran kerakal dan kerikil tidak boleh ada, karena akan timbul retak atau pecah-pecah waktu pengeringan/pembakaran; ukuran fraksi butiran : kerakal diameter > 1 cm, kerikil diameter 1,410 – 10 mm, pasir kasar diameter 0,210 – 1,410 mm, pasir sedang diameter 0,105 – 0,210 mm, pasir halus diameter 0,062 – 0,105 mm, lempung dan lanau ukuran butiran dengan diameter $< 0,062$ mm.
- 6/. Sifat lempung sedikit plastis, cara mengukur sifat keplastisan lempung yaitu lempung ditambah air sehingga mencapai kadar optimum (tapak tangan tercetak di lempung dan lempung tidak menempel ditangan) adonan lempung tersebut digulung-gulung sampai dibentuk silinder dengan $\emptyset \pm 2$ cm dan silinder dibuat lingkaran, tingkat keplastisannya adalah :
 - Plastis apabila silinder dapat dibuat lingkaran penuh tanpa retak.
 - Agak plastis apabila silinder hanya dibuat 3/4 lingkaran sudah retak .
 - Sedikit plastis apabila silinder hanya dibuat 1/2 lingkaran sudah retak .
 - Tidak plastis apabila silinder hanya dibuat $< 1/2$ lingkaran sudah retak .
- 7/. Kekuatan Kering, pada umumnya makin plastis suatu lempung makin tinggi kekuatan keringnya.
- 8/. Pembakaran pada suhu tinggi lempung akan mengalami perubahan yaitu :
 - Suhu $\pm 120^{\circ}\text{C}$ semua air yang ditambahkan pada saat pembuatan bata merah menguap, merupakan tahap penguapan/pengeringan.
 - Suhu $400^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$ air yang terikat secara kimia dan zat-zat lain di dalam lempung menguap, merupakan tahap pembakaran pendahuluan.

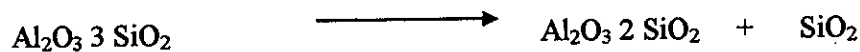
- Suhu 650°C - 800°C terjadi pembakaran karbon yang terdapat dalam lempung, merupakan tahap oksidasi.
- Tahap pembakaran penuh, pada tahap ini bata merah telah masak (terjadi vitrifikasi hingga menjadi padat, temperatur masak bata merah bervariasi antara 920°C - 1.020°C tergantung pada sifat-sifat lempung yang dipakai.

Subari (2002) proses pembakaran bata merah akan terjadi perubahan mineral lempung sebagai berikut :

- Suhu pembakaran : 30°C - 150°C : terjadi penguapan air yang terikat secara fisika.
- Suhu pembakaran : 500°C - 600°C : terjadi penguapan air kimia/air kristal.



- Suhu pembakaran : 850°C - 1.050°C : reaksi eksotermal dan membentuk Mullite.



Jumal Jusuf dan Subijanto (1968) menyatakan daerah Jatirogo secara fisiografis termasuk dalam Zone Rembang dikenal memiliki cadangan bahan galian lempung, secara geologi lempung daerah ini berasal dari alluvial sungai Kening dan sungai Pacel, lempung tersebut oleh masyarakat setempat dimanfaatkan untuk pembuatan bata merah dan genting.

2.2.4. Persyaratan Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)

Persyaratan mutu bata merah untuk pasangan dinding telah diatur dalam SNI 15-2094-2000 meliputi :

1/. Sifat Tampak

Harus berbentuk prisma segi empat panjang, mempunyai rusuk-rusuk yang siku, bidang-bidang datar yang rata dan tidak menunjukkan retak-retak.

2/. Ukuran dan Toleransi

Ukuran dan toleransi bata merah pasangan dinding sesuai Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Ukuran dan Toleransi Bata Merah Pasangan Dinding

Modul	Tinggi (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M- 5a	65 ± 2	90 ± 3	190 ± 4
M 5b	65 ± 2	100 ± 3	190 ± 4
M – 6a	52 ± 3	110 ± 4	230 ± 5
M - 6b	55 ± 3	110 ± 6	230 ± 5
M – 6c	70 ± 3	110 ± 6	230 ± 5
M – 6d	80 ± 3	110 ± 6	230 ± 5

3/. Kuat Tekan

Besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diizinkan untuk bata merah untuk pasangan dinding sesuai Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Kuat Tekan dan Koefisien Variasi Bata Merah Pasangan Dinding

Kelas	Kuat Tekan Kg/cm ² (MPa)	Koefisien Variasi (%)
50	50 (5)	22
100	100 (10)	15
150	150 (15)	15

4/. Garam Yang Membahayakan

Garam yang mudah larut dan membahayakan : Magnesium Sulfat (MgSO₄), Natrium Sulfat (Na₂SO₄), Kalium Sulfat (K₂SO₄), kadar garam maksimum 1,0 %.

5/. Kerapatan Semu

Kerapatan semu minimum bata merah pasangan dinding 1,2 gram/cm².

6/. Penyerapan Air

Penyerapan air maksimum bata merah pasangan dinding adalah 20 %.

BAB III

METODA PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah kajian pustaka pengelolaan *sludge* yang baik dan eksperimental dengan skala laboratorium pemanfaatan padatan *sludge* minyak sebagai bahan campuran pembuatan bata merah.

Limbah *sludge* minyak diambil dari *tank cleaning* tangki timbun Pertamina DOH Jabati (Cepu) *sludge* minyak dilakukan deoiling menghasilkan padatan *sludge* yang dimanfaatkan sebagai bahan pencampur pembuatan bata merah. Padatan *sludge* hasil deoiling dicampur *clay* (lempung) dengan perbandingan tertentu; tanah lempung diambil dari Jatirogo, Tuban, Jawa Timur.

3.2 Bahan dan Peralatan

1. Bahan padatan *sludge* minyak diperoleh dari *tank cleaning* tangki timbun *crude oil* Pertamina Eksplorasi-Produksi Lapangan Cepu.
2. Alat pemanas *sludge* minyak yang telah mengering.
3. Kain filter (*clay treatment*) untuk menangkap lempung dan pasir.
4. Mesin tekan untuk mengepres padatan *sludge* minyak yang mencair.
5. Lempung (*clay*) sebagai bahan dasar diambil dari Jatirogo, Tuban, Jawa Timur.
6. Pembakaran bata merah menggunakan peralatan *furnace*.
7. Bahan dan peralatan untuk uji fisik-kimia ; labu ekstraktor, *analytical balance*, *spectrophotometer-IR*, CCl_4 ; AAS dan sebagainya,
8. Bahan dan peralatan uji TCLP: reaktor TCLP ; bahan kimia uji TCLP (asam-asam organik lemah), AAS dan sebagainya.
9. Bahan dan peralatan pembuatan bata merah; cetakan bata merah, *clay*, padatan *sludge*, cangkul, air, ember dan bahan/peralatan penunjang.
10. Bahan dan peralatan uji kuat tekan; bata merah, mesin tekan, mikrometer.
11. Mesin penghancur material padat.

Kelengkapan bahan dan peralatan penunjang tertera pada Lampiran 2.

3.3. Tahapan Penelitian

3.3.1. Pengelolaan *Sludge* Minyak

Melakukan kajian pustaka dan pengamatan di lapangan tentang pengelolaan *sludge* yang baik dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

3.3.2. Pembuatan Bata Merah dengan Bahan Campuran Padatan *Sludge*

3.3.2.1. Uji Fisik-Kimia *Sludge* Minyak Sebelum Proses *Deoiling*.

Sludge minyak diambil dari hasil pembersihan tangki timbun minyak mentah (*crude oil*) Pertamina Lapangan Cepu, karena saat itu musim kemarau panjang *sludge* tersebut dalam bentuk padat. Minyak mentah yang ditimbun dalam tangki timbun berasal dari : Distrik I Kawengan, Distrik II Ledok, Distrik II Nglobo , Truk tangki KUD / Koperasi Wonocolo. Bagan alir Produksi Minyak Bumi Pertamina Daerah Operasi Hulu Jawa Bagian Timur(Pertamina DOH Jabati) tertera dalam Gambar 2.3.

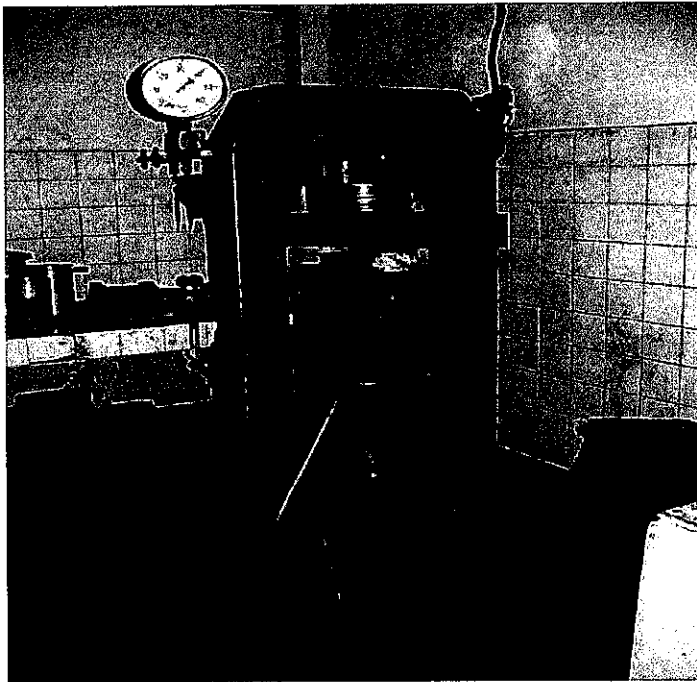
Sludge tersebut sebelum dilakukan proses *deoiling* terlebih dahulu dilakukan uji fisik-kimia laboratorium , meliputi parameter tertera pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Uji Fisik-Kimia *Sludge* Minyak Sebelum Proses *Deoiling*.

No.	Jenis Parameter	Metoda
1.	<i>Oil Content</i>	Spectrophotometer-IR
2.	<i>Water Content</i>	Gravimetri
3.	Zat Padat	Gravimetri

3.3.2.2. Proses *Deoiling Sludge* Minyak

Proses *deoiling sludge* minyak menggunakan kain filter yang pernah digunakan untuk memperbaiki warna *wax* dengan menggunakan *clay*, kain filter ini ukuran diameter pori-porinya adalah 200 mesh dibuat kantong dan diisi *sludge* minyak yang telah dipanaskan dengan suhu $\pm 80^{\circ} \text{C}$ agar *sludge* minyak yang beku mencair; kemudian dipres dengan mesin tekan dengan kekuatan 50 kg/cm^2 . Tekanan ini dipilih dengan kekuatan tersebut kantong filter tidak bocor, karena diatas kekuatan tersebut kantong filter yang digunakan mudah bocor (rusak jahitannya); proses *deoiling* tertera pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Proses *Deoiling Sludge* Minyak Dengan *Filter Press*.

Proses *deoiling* tersebut diatas menghasilkan padatan dan minyak, dimana padatan hasil *deoiling* akan digunakan sebagai bahan pencampur bata merah dan minyak hasil *deoiling* dimasukkan kedalam *oil collector* unit pengolahan limbah cair Kilang Minyak Pusdiklat Migas kemudian dipompakan ke tangki timbun *slop*, bagan alir penanganan limbah cair kilang minyak Pusdiklat Migas tertera pada Gambar 2.4.

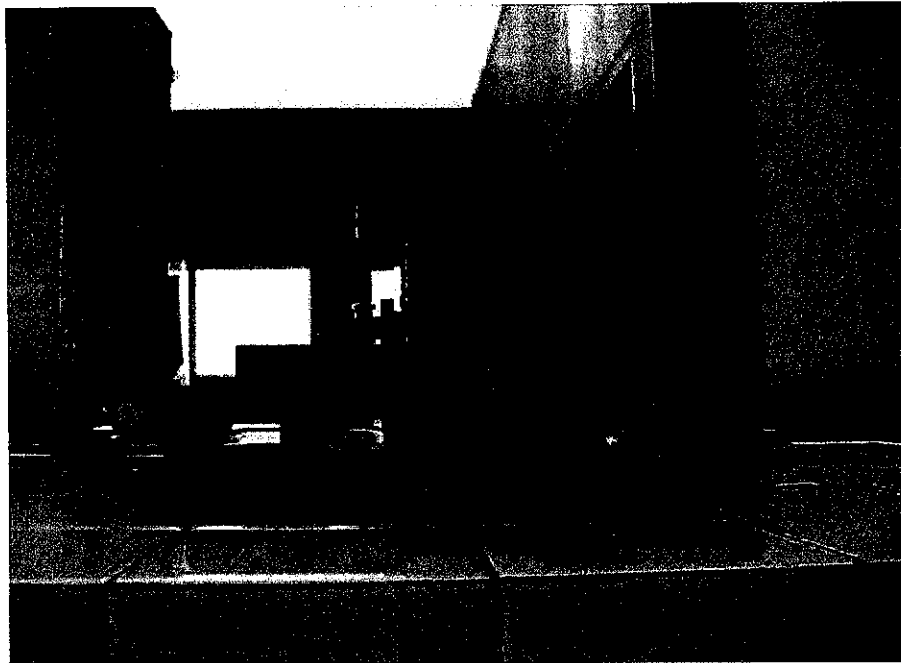
3.3.2.3. Uji Fisik-Kimia *Sludge* Minyak Sesudah Proses *Deoiling*.

1). Padatan

Tabel 3.2. Uji Fisik-Kimia Padatan Hasil Proses *Deoiling*.

No.	Jenis Parameter	Metoda
1.	<i>Oil Content</i>	Spectrophotometer-IR
2.	<i>Water Content</i>	Gravimetri
3.	Zat Padat	Gravimetri
4.	Logam berat (As,Cr,Cu,Zn,Cd,Pb,Hg)	AAS

Peralatan untuk pengujian kadar minyak menggunakan spektrofotometer *infra red* seperti tertera pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Spektrofotometer Infra Red

2). Minyak

Tabel 3.3. Uji Fisik-Kimia Minyak Hasil Proses *Deoiling*.

No.	Jenis Parameter	Satuan	Metoda
1.	<i>Spesific Gravity 60/60 °F</i>		ASTM D-1298
2.	<i>Viscosity Redwood I/100°F</i>	Secs	ASTM D-445
3.	<i>Calorific Value Gross</i>	BTU/lb	ASTM D-240
4.	<i>Sulphur Content</i>	% wt	ASTM D-1551
5.	<i>Water Content</i>	% vol	ASTM D-95
6.	<i>Sediment</i>	% wt	ASTM D-473
7.	<i>Flash Point P.M.cc</i>	° F	ASTM D-93

3.3.2.4. Uji Kimia Bahan Campuran Bata Merah.

Bahan campuran yaitu padatan sludge minyak hasil proses pengepresan dan clay masing- masing diuji kadar : Fe_2O_3 , CaO , Al_2O_3 , SiO_2 , MgO .

3.3.2.5. Pembuatan Bata Merah

Pembuatan bata merah menggunakan variabel ;

- Prosentase padatan sludge minyak dicampur clay , komposisi padatan sludge dengan variasi : 25 %, 35 %, 45 %, 65 %, 75 %.
- Suhu pembakaran dengan variasi : 700 ° C, 800 ° C, 900 ° C, 1.000 ° C, 1.100 ° C.
- Lama waktu pembakaran dengan variasi : 1 jam, 2jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam.

Tiga variabel tersebut diatas dengan menggunakan metoda klasik dilakukan 4 (empat) tahapan sebagai berikut :

1). Tahapan Pengaruh Lama Waktu Pembakaran

Kondisi operasi pembakaran ditetapkan : suhu 900 ° C, komposisi padatan *sludge* 25 % variasi waktu pembakaran 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam.

2). Tahapan Pengaruh Komposisi Padatan *Sludge*

Kondisi operasi pembakaran ditetapkan : suhu 900 ° C, lama waktu pembakaran diambil hasil terbaik dari pengaruh waktu tersebut butir (1), variasi komposisi padatan sludge 25 %, 35 %, 45 %, 65 % dan 75 %.

3). Tahapan Pengaruh Suhu Pembakaran

Kondisi operasi pembakaran ditetapkan : lama waktu diambil hasil terbaik dari pengaruh waktu tersebut butir (1), komposisi padatan sludge diambil hasil terbaik dari pengaruh komposisi tersebut butir (2) dan variasi suhu pembakaran : 700 °C, 800 °C, 900 °C, 1.000 °C dan 1.100 °C.

4). Tahapan Optimasi Produk Bata Merah

Dari tahapan perlakuan pengaruh waktu, suhu dan komposisi tersebut diatas dilakukan optimasi hasil produk bata merah .

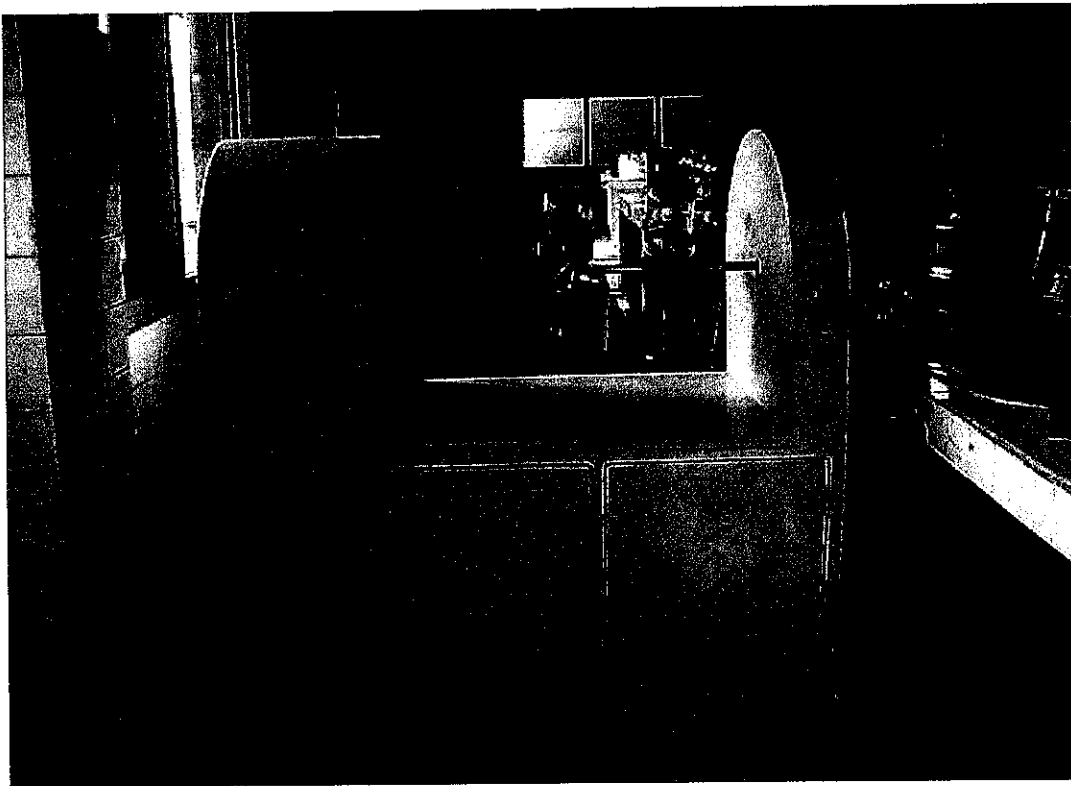
Produk bata merah terbaik dari hasil optimasi ini kualitasnya dibandingkan dengan persyaratan mengacu pada SNI 15-2094-2000.

3 3.2.6. Uji TCLP

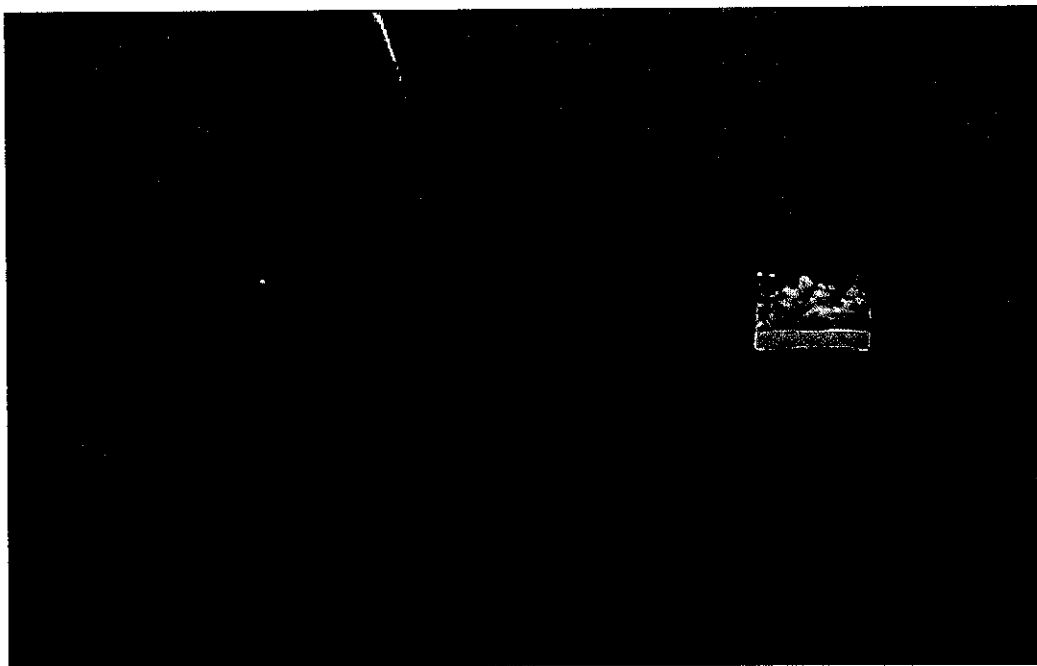
Untuk menjamin penggunaan produk bata merah tersebut diatas tidak mencemari lingkungan dilakukan uji TCLP dan yang dilakukan uji TCLP hanya dilakukan untuk logam yang dominan dan jenis percampuran padatan sludge dengan clay yang paling baik (memenuhi uji kuat tekan menurut SNI 15-2094-2000.), hasil uji TCLP dibandingkan dengan Baku Mutu TCLP tertera pada Tabel 3.4.

Uji TCLP dirancang untuk menentukan mobilitas dari zat-zat pencemar baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam dalam cairan, padatan atau diantara keduanya (limbah B3), uji ini pada dasarnya merupakan simulasi perlintian limbah yang dibuang ke lingkungan.

Contoh dilakukan ekstraksi dalam larutan asam organik (asam asetat glacial) , ekstraksi dilakukan dengan mesin *rotary agitator* diputar kecepatannya \pm 30 rpm, lama ekstraksi 18 jam, peralatan ekstraksi tertera pada Gambar 3.3 dan peralatan untuk pengujian logam tertera pada Gambar 3.4.



Gambar 3.3. Peralatan Ekstraksi Untuk Uji TCLP



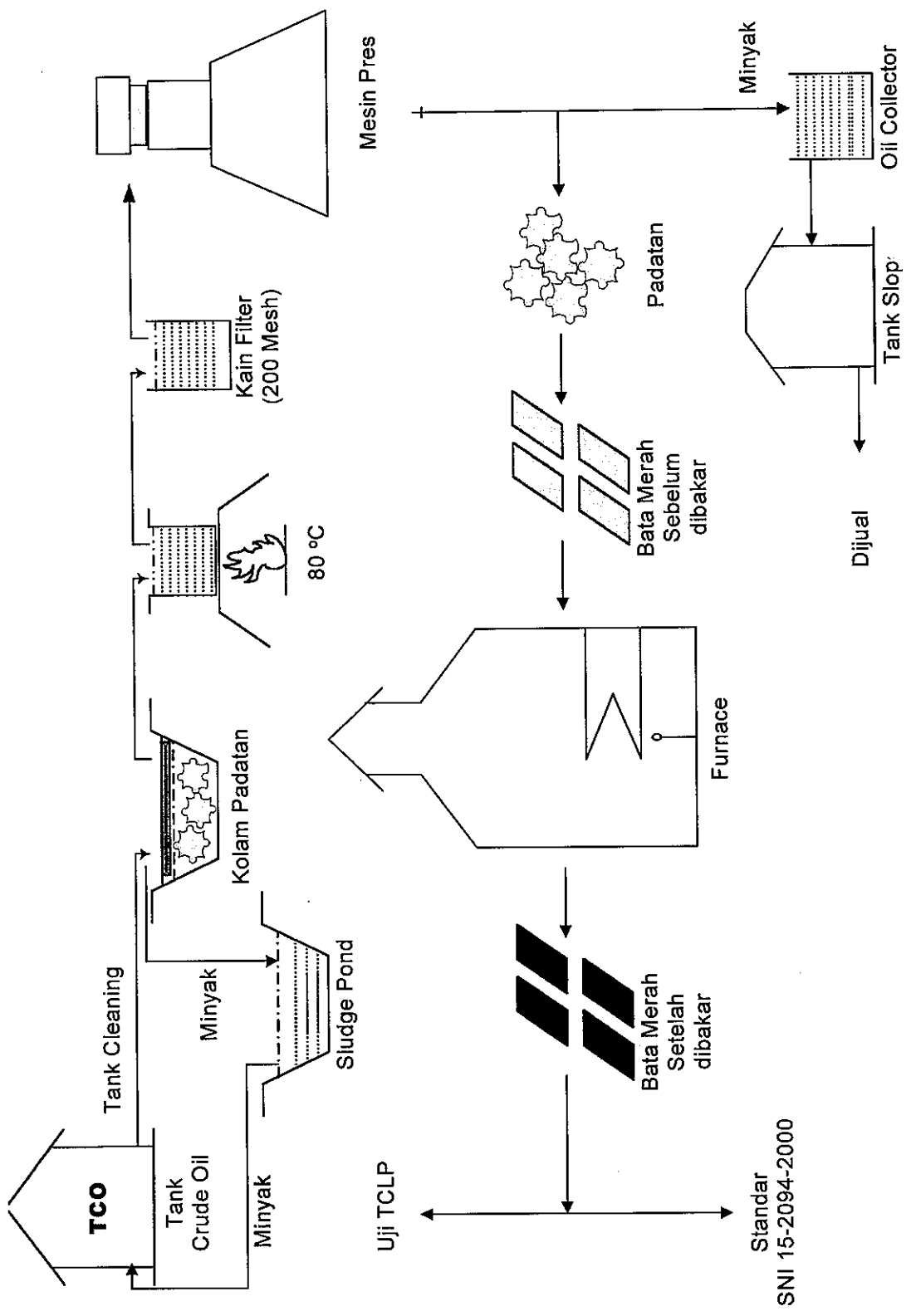
Gambar 3.4. Peralatan AAS Untuk Pengujian Logam Hasil Ekstraksi

Tabel 3.4. Uji TCLP Terhadap Bata Merah.

No.	Jenis Parameter	Baku Mutu TCLP (mg/l) PP No. 85 Tahun 1999
1.	Arsen (As).	5,0
2.	Chromium (Cr).	5,0
3.	Copper (Cu).	10,0
4.	Zinc (Zn).	50
5.	Cadmium (Cd).	1,0
6.	Lead (Pb).	5,0
7.	Mercury (Hg).	0,2

Parameter uji TCLP tersebut diatas dilakukan hanya terhadap parameter yang konsentrasinya \geq Baku Mutu TCLP (hasil uji *sludge* minyak setelah proses *deoilng*); atau dipilih parameter yang dominan apabila semua parameter tersebut $<$ Baku Mutu TCLP.

Diagram proses *deoilng* limbah *sludge* minyak , padatan yang dihasilkan, produk bata merah sampai dengan pengujian TCLP dan kesesuaiannya dengan standar SNI 15-2094-2000 , tertera pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Diagram Proses Deoiling dan Pembuatan Bata Merah

Standar
SNI 15-2094-2000

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengelolaan *Sludge* Minyak

4.1.1. Pengelolaan *Sludge* Minyak Menurut Ketentuan Yang Berlaku

Menurut PP No. 18 Tahun 1999 dan PP No. 85 Tahun 1999, bahwa *sludge* minyak adalah termasuk limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan kode limbah D 220 adalah dari kegiatan eksplorasi dan produksi migas, sedangkan kode limbah D 221 adalah dari kegiatan kilang migas.

Kode limbah D220 dan kode limbah D221 dapat dinyatakan limbah B3 setelah dilakukan uji karakteristik dan atau uji toksikologi, apabila limbah mengandung salah satu zat pencemar yang terdapat dalam Baku Mutu TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) dengan konsentrasi \geq nilai ambang batas Baku Mutu TCLP (tertera pada Lampiran 1) maka limbah tersebut adalah limbah B3. Sedangkan karakteristik yang termasuk limbah B3: mudah meledak, mudah terbakar, bersifat reaktif, beracun, menyebabkan infeksi, bersifat korosif.

Apabila *sludge* minyak setelah dilakukan uji TCLP dan atau uji toksikologi dinyatakan limbah B3, maka pengelolaan *sludge* minyak tersebut harus mengikuti peraturan perundang-undangan yang berlaku antara lain yaitu :

1. PP No. 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
2. PP No. 85 Tahun 1999 tentang Perubahan Atas PP No. 18 Tahun 1999.
3. Keputusan Ka.BAPEDAL No. : Kep-01/BAPEDAL/09/1995 tentang Tata cara dan Persyaratan Teknis Penyimpanan dan Pengumpulan Limbah B 3.
4. Keputusan Ka.BAPEDAL No. : Kep-02/BAPEDAL/09/1995 tentang Dokumen Limbah B 3.
5. Keputusan Ka.BAPEDAL No. : Kep-03/BAPEDAL/09/1995 tentang Persyaratan teknis Pengelolaan Limbah B 3.
6. Keputusan Ka.BAPEDAL No. : Kep-04/BAPEDAL/09/1995 tentang Tata cara dan Persyaratan Teknis Penimbunan Hasil Pengolahan, Persyaratan Lokasi Bekas Pengolahan dan Lokasi Bekas Penimbunan Limbah B 3.

7. Keputusan Ka.BAPEDAL No. : Kep-05/BAPEDAL/09/1995 tentang Simbol dan Label Limbah B3.
8. Surat Keputusan Direksi Utama Pertamina No.Kpts-074/C00000/2001-SO Pedoman Pengelolaan Limbah *Sludge* Minyak Pada Kegiatan Operasi Pertamina.

Dalam peraturan tersebut diatas telah mengatur pengelolaan *sludge* minyak mulai dari persiapan (inventarisasi dan perencanaan pengelolaan), kepemilikan hibah , pengelolaan (reduksi limbah, pengemasan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan , penimbunan limbah).

Pengelolaan limbah *sludge* minyak dengan mengikuti prinsip 4 R (*Reduction, Recovery, Reuse dan Recycle*) yang telah dijelaskan dalam bab 3 serta mengacu pada peraturan-peraturan tersebut diatas, merupakan pengelolaan limbah *sludge* minyak yang baik dan benar dan tidak mencemari lingkungan; bahkan apabila perencanaan pengelolaan limbah *sludge* minyak menggunakan prinsip *waste to product* akan diperoleh keuntungan ganda yaitu limbah yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan dan dapat menghasilkan uang.

Limbah *sludge* minyak dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan barang yang berguna misalnya padatannya dapat digunakan untuk : bata merah, batako, gerabah dan jenis produk keramik yang lain, pupuk tanaman dan sebagainya. Sedangkan minyak hasil dari proses *deoiling (recovery)* dapat dimanfaatkan antara lain untuk : minyak bakar pada unit distilasi di kilang minyak, minyak baker pada boiler, minyak bakar pada pembakaran kapur / bata merah / genteng , menghasilkan wax (malam batik) untuk jenis minyak parafinic, pengawet karung goni, bahan anti karat dan lain sebagainya.

Disamping keuntungan yang diperoleh dari pemanfaatan *sludge* tersebut diatas, pengelolaan *sludge* yang baik dan benar dapat mengatasi menumpuknya timbunan *sludge* di lapangan yang selama ini menjadikan problema dilingkungan industri perminyakan dan tidak mencemari lingkungan; bahkan secara moril dapat menenangkan pikiran manajemen suatu industri perminyakan, karena pengelolaan *sludge* yang tidak baik akan selalu menghantui pikiran manajemen akan terjadinya pencemaran lingkungan / demonstrasi dan tuntutan-tuntutan dari masyarakat yang terkena pencemaran, dan akan sangat risi apabila permasalahan pencemaran tersebut selalu dimuat dalam media cetak dan elektronik.

4.1.2. Pengelolaan *Sludge* Minyak Yang Dilakukan Saat ini

Pengelolaan limbah *sludge* minyak di beberapa tempat ada yang sudah dilakukan dengan baik dan benar, yaitu telah mengikuti prinsip 4 R (*Reduction, Recovery, Reuse dan Recycle*) dan mentaati ketentuan yang berlaku.

Limbah *sludge* minyak yang dihasilkan terlebih dahulu dilakukan *recovery* minyak (*deoiling*) umumnya menggunakan cara pemanasan dengan memanfaatkan energi matahari, cara ini membutuhkan waktu cukup lama dan tidak menguntungkan apabila musim penghujan; karena *sludge* akan bercampur air hujan. Bahkan di beberapa tempat tidak jarang *sludge* minyak terbawa aliran air hujan, sehingga mencemari lingkungan sekitarnya. Pemisahan minyak ada yang sudah mencoba dengan menggunakan alat pemanas, dengan cara ini waktu yang dibutuhkan pemisahan minyak lebih cepat. Minyak yang dihasilkan dari proses *deoiling* umumnya dikembalikan ke unit proses untuk diolah kembali dan ada yang dijual ke masyarakat digunakan sebagai minyak bakar untuk boiler, pembakaran gamping dan sebagainya.

Sedangkan padatan hasil dari proses *deoiling* yang sudah diaplikasikan adalah dilakukan bioremediasi / komposisasi yang dapat dimanfaatkan untuk pupuk, cara ini dapat digunakan bagi padatan *sludge* yang kadar logam beratnya dibawah ambang batas Baku Mutu TCLP menurut PP No. 85 Tahun 1999, aman untuk dilakukan bioremediasi karena apabila kompos yang dihasilkan digunakan untuk pupuk tanaman tidak mencemari / mengganggu kesehatan kehidupan yang mengkonsumsinya.

Apabila padatan *sludge* mengandung logam berat dengan kadar melebihi nilai ambang batas Baku Mutu TCLP menurut PP No. 85 Tahun 1999 tidak direkomendasikan untuk proses bioremediasi, karena pada proses bioremediasi yang akan didegradasi oleh bakteri hanyalah kandungan minyak dan senyawa organik lainnya, sedangkan logam beratnya tidak dapat didegradasi oleh bakteri sehingga masih tetap berada dalam kompos yang dihasilkan. Apabila kompos tersebut digunakan untuk pupuk tanaman, kehidupan yang mengkonsumsi akan tercemar logam berat yang terkandung dalam *sludge*, sehingga kehidupan tersebut akan terganggu kesehatannya. Apabila kompos tersebut digunakan untuk pupuk tanaman yang tidak dikonsumsi kehidupan (misalnya tanaman hias), tetap berbahaya karena

tanaman tersebut akan membawa kandungan logam berat dan dalam siklus biogeokimia logam berat tersebut akan terbawa, sehingga tetap akan mencemari lingkungan. Hal ini telah terbukti yang dilakukan oleh PT. Santa Fe di Irian Jaya, bahwa setelah dilakukan penelitian pada lahan hasil bioremediasi yang ditanami buah-buahan kadar logam berat dalam buah-buahan tersebut cukup tinggi.

Memperhatikan permasalahan proses bioremediasi tersebut di atas, maka pengolahan sludge dengan menggunakan teknologi *centrifugal plus bioremediation* dari PT. Sugico Graha, untuk proses bioremediasi harus tetap memperhatikan kandungan logam berat yang ada di padatan *sludge*, sehingga pernyataan proses bioremediasi dari teknologi tersebut bahwa padatan *sludge* yang mengandung limbah B 3 setelah diproses dengan bioremediasi tidak berbahaya apabila disebar diatas permukaan tanah (untuk pupuk), pernyataan tersebut perlu dikaji lebih lanjut.

Sedangkan di beberapa tempat industri migas tersebut butir 2.1.7; umumnya sudah dilakukan *recovery* minyak (*deoiling*) terhadap *sludge* minyak yang dihasilkan, namun langkah selanjutnya tidak dilakukan pengelolaan yang baik yaitu padatan hasil dari proses *deoiling* langsung ditimbun ke dalam tanah, tanpa dilakukan pengujian laboratorium sesuai ketentuan yang berlaku dan tidak mengajukan ijin kepada pihak yang berwenang; apalagi jika proses *deoiling* kurang sempurna maka kadar minyak yang terkandung masih cukup tinggi dan sangat berpotensi mencemari lingkungan, bahkan jika *sludge* yang ditimbun mengandung logam berat tanpa dilakukan proses solidifikasi juga sangat berpotensi mencemari lingkungan dan limbah *sludge* minyak tersebut belum dimanfaatkan dengan baik.

Memperhatikan permasalahan pengelolaan limbah *sludge* minyak tersebut di atas, beberapa tempat belum dilakukan dengan baik dan belum mengikuti ketentuan yang berlaku serta belum dimanfaatkan untuk menghasilkan barang yang berguna, maka perlu diluruskan / dicari pengelolaan *sludge* yang baik dan mengikuti ketentuan yang berlaku salah satu alternatif pengelolaan padatan *sludge* minyak yang mengandung logam berat cukup tinggi adalah dengan cara solidifikasi, dalam kajian ini padatan *sludge* dimanfaatkan sebagai bahan pencampur pembuatan bata merah.

4.2. Pembuatan Bata Merah dengan Bahan Campuran Padatan *Sludge*

4.2.1. Hasil Uji Fisik-Kimia *Sludge* Minyak Sebelum Proses *Deoiling*

Sludge minyak yang digunakan untuk bahan campuran pembuatan bata merah diperoleh dari Pertamina Produksi Cepu (Daerah Operasi Hulu Jawa Bagian Timur / DOH Jabati), *sludge* minyak tersebut adalah berasal dari pembersihan tangki timbun minyak mentah (*crude oil*), *sludge* diambil dari kolam padatan waktu dilakukan pengambilan *sludge* minyak saat itu adalah musim kemarau panjang, dimana *sludge* dalam bentuk padat dan kering. Sebelum proses *deoiling* dilakukan pengujian fisik-kimia terlebih dahulu, hasil uji fisik-kimia tertera pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 . Hasil Uji Fisik-Kimia *Sludge* Minyak Sebelum Proses *Deoiling*

No.	Jenis Parameter	Satuan	Hasil Uji
1.	Minyak	%	70,05
2.	Air	%	2,04
3.	Padatan	%	27,91

Seperti yang tertera dalam Tabel 4.1 bahwa data hasil pengujian laboratorium terhadap *sludge* minyak dari pembersihan tangki timbun minyak mentah (*crude oil*) Pertamina Produksi Lapangan Cepu, ternyata kandungan minyaknya masih cukup tinggi yaitu 70,05 %, maka *sludge* tersebut seharusnya tidak langsung ditimbun kedalam tanah yang sangat berpotensi mencemari air tanah dan akhirnya akan mengganggu kesehatan manusia yang mengkonsumsinya. Kandungan minyak yang cukup tinggi di dalam *sludge* tersebut agar tidak mencemari lingkungan, perlu dilakukan pemisahan / minimisasi kadar minyaknya yang lebih dikenal dengan istilah *deoiling*.

Data uji laboratorium yang tertera pada Tabel 4.1 , bahwa kandungan zat padatnya adalah 27,91 %, dalam zat padat ini sangat berpotensi mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3). Untuk tidak mencemari lingkungan maka zat padat tersebut dikelola mengacu pada ketentuan yang berlaku, yaitu PP No.18 Tahun 1999 dan PP No. 85 Tahun 1999.

4.2.2. Hasil Uji Fisik-Kimia *Sludge* Minyak Sesudah Proses *Deoiling*

Proses *deoiling sludge* minyak menggunakan kain filter yang pernah digunakan untuk memperbaiki warna wax dengan menggunakan *clay*, kain filter ini ukuran diameter pori-porinya adalah 200 mesh dibuat kantong dan diisi *sludge* minyak yang telah dipanaskan dengan suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$ agar *sludge* minyak yang beku mencair; kemudian dipres dengan mesin tekan dengan kekuatan 50 kg/cm^2 . Tekanan ini dipilih dengan kekuatan tersebut kantong filter tidak bocor, karena diatas kekuatan tersebut kantong filter mudah bocor (rusak jahitannya). Proses *deoiling sludge* minyak dengan menggunakan *filter clay* tersebut diatas, padatannya dilakukan uji fisik-kimia diperoleh hasil uji seperti tertera pada Tabel 4.2.

1). Padatan

Hasil uji laboratorium yang tertera pada Tabel 4.2 bahwa zat padat mengandung komposisi : minyak 17,80 % ; air 2,02 % ; padatan 80,18 % dan kandungan logam berat yang melebihi nilai ambang batas (NAB) Baku Mutu TCLP PP No. 85 Th. 1999 : Chromium (Cr) = 3.293,3 mg/l (NAB = 5,0 mg/l) Copper (Cu) = 5.704,1 mg/l (NAB = 10,0 mg/l) dan Zinc (Zn) = 64,2 mg/l (NAB = 50,0 mg/l).

Kandungan logam Cr dan Cu tersebut diatas adalah cukup tinggi dan Zn agak tinggi dibandingkan dengan nilai ambang batas Baku Mutu TCLP, untuk tidak mencemari lingkungan padatan tersebut harus dilakukan pengelolaan dengan mengacu pada PP No. 18 Tahun 1999 dan PP No.85 Tahun 1999. Dalam kajian ini pengelolaan zat padat tersebut dengan menggunakan teknik solidifikasi dengan cara padatan *sludge* minyak hasil *deoiling* (25 %, 35 %, 45 %, 65 % , 75 %) dicampur dengan bahan utama bata merah (tanah lempung/*clay*) dan dibuat bata merah. Teknik solidifikasi ini diharapkan dapat menstabilkan kandungan logam berat yang ada dalam zat padat tersebut dan diharapkan tidak mencemari lingkungan.

Tabel 4.2. Hasil Uji Fisik-Kimia Padatan *Sludge* Minyak Sesudah Proses *Deoiling*

No.	Jenis Parameter	Satuan	Hasil Uji
1.	Minyak	%	17,80
2.	Air	%	2,02
3.	Padatan	%	80,18
4.	Logam Berat		
a.	Arsen (As).	mg/kg	< 0,3
b.	Chromium (Cr).	mg/kg	3.293,3
c.	Copper (Cu).	mg/kg	5.704,1
d.	Zinc (Zn)	mg/kg	64,2
e.	Cadmium (Cd)	mg/kg	0,002
f.	Lead (Pb)	mg/kg	0,01
g.	Mercury (Hg)	mg/kg	Nil

2). Minyak

Hasil uji laboratorium yang tertera pada Tabel 4.3 , bahwa spesifikasi minyak hasil proses deoiling memenuhi persyaratan minyak bakar spesifikasi 1 dan spesifikasi 2 sesuai Peraturan Dirjen Migas No.: 03/DM/MIGAS/1986, kecuali untuk parameter Viscosity Rewood $I/100^0 F = 358$ secs.(batasan minimum = 400) ; agar persyaratan ini dapat terpenuhi dapat dilakukan blending dengan Kerosin ataupun PH Solar dan hasilnya dapat dimanfaatkan untuk minyak bakar di unit Kilang Minyak (*Crude Distillation Unit*), atau dijual ke masyarakat untuk bahan bakar unit boiler atau bahan bakar pada pembakaran gamping, skema proses di *Crude Distillation Unit* Kilang Minyak Pusdiklat Migas Cepu tertera pada Gambar 2.5.

Tabel 4.3. Hasil Uji Fisik-Kimia Minyak. Hasil Proses *Deoiling*.

No.	Jenis Parameter	Satuan	Batas Spec. 1		Batas Spec.2		Hasil Uji
			Min.	Max.	Min.	Max.	
1.	<i>Spesific Gravity 60/60 °F</i>			0,990		0,990	0,9291
2.	<i>Visc. Redwood I/100 °F</i>	Secs	400	1.250	400	1.500	358
3.	<i>Calorific Value Gross</i>	BTU/lb	18.000		18.000		19.057
4.	<i>Sulphur Content</i>	% wt		3,5		3,5	1,18
5.	<i>Water Content</i>	% vol		0,75		0,75	0,41
6.	<i>Sediment</i>	% wt		0,15		0,15	0,099
7.	<i>Flash Point P.M.c.c.</i>	° F	150		150		275

Keterangan : Spesifikasi minyak bakar Peraturan Dirjen Migas No.: 03/P/DM/MIGAS/1986.

Dari data Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat diperhitungkan dalam 1 ton limbah sludge minyak setelah dilakukan deoiling akan diperoleh hasil :

- Minyak = $(70,05 - 17,80) \% = 52,25 \% \times 1.000 \text{ kg} = 522,5 \text{ kg}$

= $522,5 : 0,9291 = 562,37 \text{ liter} = 562 \text{ liter (pembulatan)}$,

dengan nilai jual = $562 \text{ liter} \times \text{Rp. } 1.580,- = \text{Rp. } 887.960,-$

- Padatan = $1.000 \text{ kg} - 522,5 \text{ kg} = 477,5 \text{ kg}$.

4.2.3. Uji Kimia Bahan Bata Merah

Hasil uji laboratorium yang tertera pada tabel 4.4 , bahwa baik padatan sludge minyak hasil proses deoiling maupun bahan utama tanah (*clay*) mengandung unsur-unsur kimia yang memenuhi persyaratan untuk pembuatan bata merah.

Tabel 4.4 . Hasil Uji Kimia Bahan Bata Merah

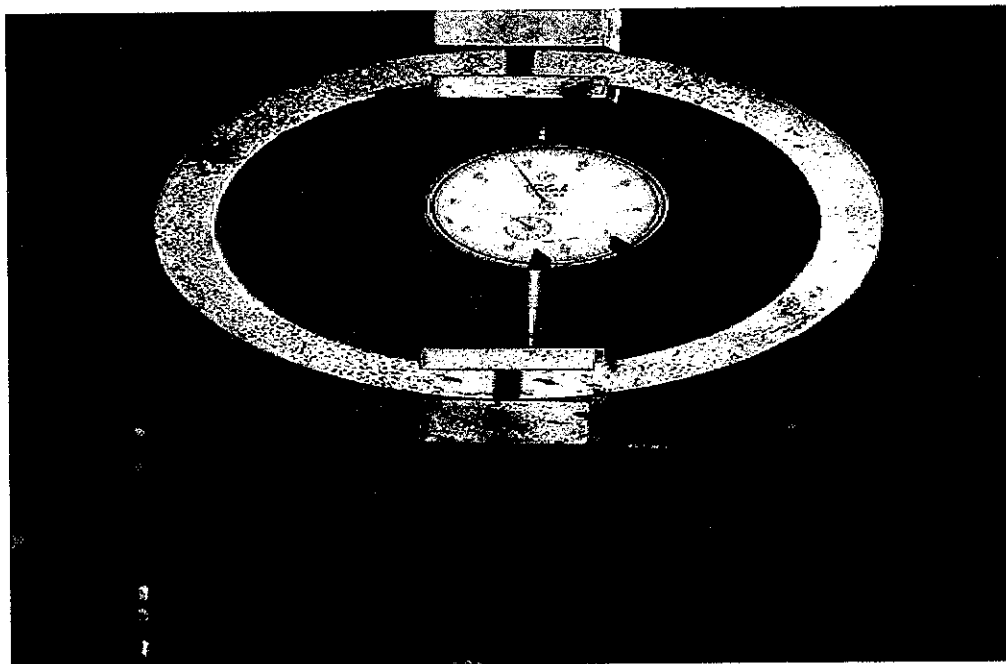
No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	
			Padatan Sludge	Clay
1	Fe ₂ O ₃	mg/kg	64.544,2	51.073,1
2	CaO	mg/kg	81.089,5	2.923,8
3	Al ₂ O ₃	mg/kg	5.637,3	102.117,2
4	SiO ₂	mg/kg	248.588,9	716.534,1
5	MgO	mg/kg	7.903,9	2.452,5

Menurut Subari (2002) apabila kadar $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5 - 9 \%$ dan $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10 - 22 \%$ akan menghasilkan warna merah dan pada kondisi reduksi warna menjadi cokelat mendekati hitam. Kandungan SiO_2 berfungsi membentuk rangka bodi dan kecerahan warna, pada proses Vitrifikasi akan membentuk Mullite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$). Sedangkan kandungan CaO dan MgO berfungsi untuk membantu peleburan pada saat terjadi proses vitrifikasi.

4.2.4. Produk Bata Merah

1). Pengaruh Lama Waktu Pembakaran

Kondisi operasi pembakaran ditetapkan : suhu 900°C , komposisi padatan sludge 25 % dengan variasi waktu pembakaran 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam. Setelah dilakukan pembakaran dengan kondisi operasi tersebut dilakukan uji kuat tekan dan pengamatan sifat tampak, uji kuat tekan tertera pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Uji Kuat Tekan Terhadap Produk Bata Merah.

Dari data Tabel 4.5 dapat dibuat grafik pengaruh waktu pembakaran terhadap uji kuat tekan produk bata merah seperti tertera pada Gambar 4.2, sedangkan hasil selengkapnya tertera pada Lampiran 3.

Tabel 4.5 . Pengaruh Waktu Terhadap Kualitas Produk Bata Merah

No.	Lama Waktu Pembakaran (jam)	Hasil Uji	
		Kuat Tekan (kg/cm ²)	Sifat Tampak
1	1	57,61	Luar merah,dalam hitam
2	2	61,48	Luar merah,dalam hitam
3	3	62,69	Luar merah, dalam merah pucat
4	4	65,75	Luar dan dalam merah
5	5	65,56	Luar dan dalam merah

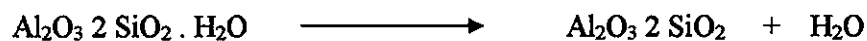
Pada proses pembakaran bata merah akan terjadi perubahan mineral lempung sebagai berikut :

- Suhu pembakaran : 30⁰C – 150⁰C :

Terjadi penguapan air yang terikat secara fisika.

- Suhu pembakaran : 500⁰C – 600⁰C :

Terjadi penguapan air mineral/air kimia/air kristal dari mineral lempung.



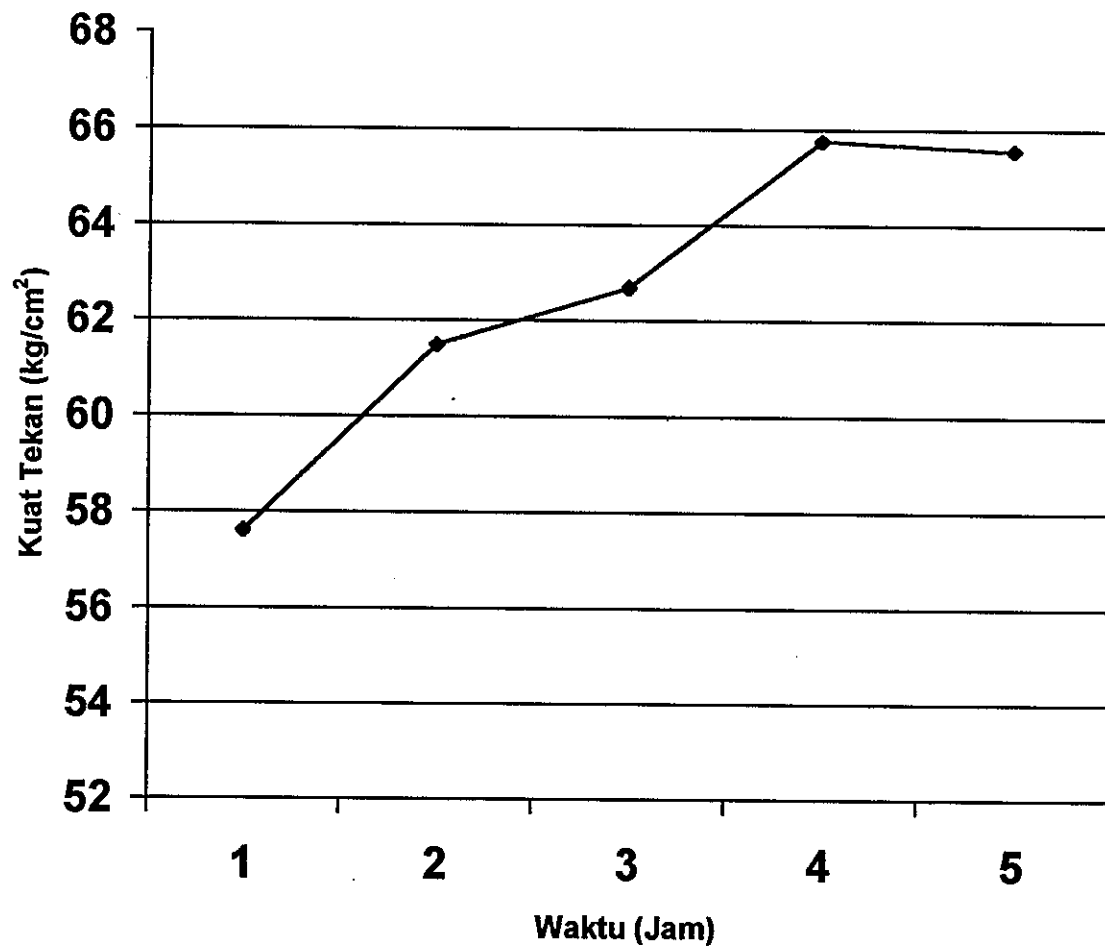
- Suhu pembakaran : 850⁰C – 1.050⁰C :

Terjadi reaksi eksotermal dan membentuk Mullite.



Kondisi operasi pembakaran ditetapkan : suhu 900⁰ C, komposisi padatan sludge 25 % dengan variasi waktu pembakaran 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam. Pada tahap ini hasil penelitian seperti tertera dalam tabel 4.5 dan gambar 4.2, lama waktu pembakaran 4 jam tercapai titik optimum yaitu kuat tekan 65,75 kg/cm² dengan sifat tampak bagian luar dan bagian dalam berwarna merah, semua sisi tidak ada yang retak; hasil ini memenuhi sebagian syarat SNI 15-2094-2000. Lama waktu pembakaran 4 jam disini digunakan untuk langkah tahapan berikutnya yaitu untuk melihat pengaruh komposisi padatan *sludge*, pengaruh suhu pembakaran dan tahapan optimasi.

GRAFIK PENGARUH WAKTU PEMBAKARAN



Gambar 4.2. Grafik Pengaruh Waktu Pembakaran Terhadap Uji Kuat Tekan

2). Pengaruh Komposisi Padatan *Sludge*

Kondisi operasi pembakaran ditetapkan : suhu 900°C , lama waktu diambil hasil terbaik dari pengaruh waktu tersebut butir (1) yaitu 4 jam, variasi komposisi padatan *sludge* 25 %, 35 %, 45 %, 65 % dan 75 %.

Hasil uji kuat tekan dan sifat tampak dengan kondisi operasi pengaruh variabel komposisi padatan *sludge*, seperti tertera pada tabel 4.6. Komposisi padatan *sludge* 25 % merupakan hasil terbaik dengan kuat tekan = $67,08\text{ kg/cm}^2$, persyaratan SNI 15-2094-2000 kelas terendah adalah 50 kg/cm^2 dan pada komposisi tersebut sifat tampaknya bagian luar dan bagian dalam berwarna merah serta semua sisinya tidak ada yang retak. Dari data tersebut diatas bahwa semakin tinggi komposisi padatan *sludge* hasil kuat tekannya semakin menurun, pada komposisi 65 % sebagian sisinya mulai retak dan bahkan pada komposisi 75 % semua sisinya retak. Hal ini disebabkan kandungan Al_2O_3 dan SiO_2 dari clay lebih tinggi dibandingkan yang terdapat dalam padatan *sludge*, semakin tinggi komposisi padatan *sludge* maka semakin rendah kandungan Al_2O_3 dan SiO_2 . Fungsi Al_2O_3 adalah memberi kekuatan pada bodi bata merah sedangkan fungsi SiO_2 untuk pembentukan rangka bodi bata merah; mengingat fungsi dari kedua materi kimia tersebut maka semakin tinggi kandungan komposisi *sludge* semakin rendah kuat tekannya dan semakin rapuh produk bata merah tersebut.

Tabel 4.6 . Pengaruh Komposisi Terhadap Kualitas Produk Bata Merah

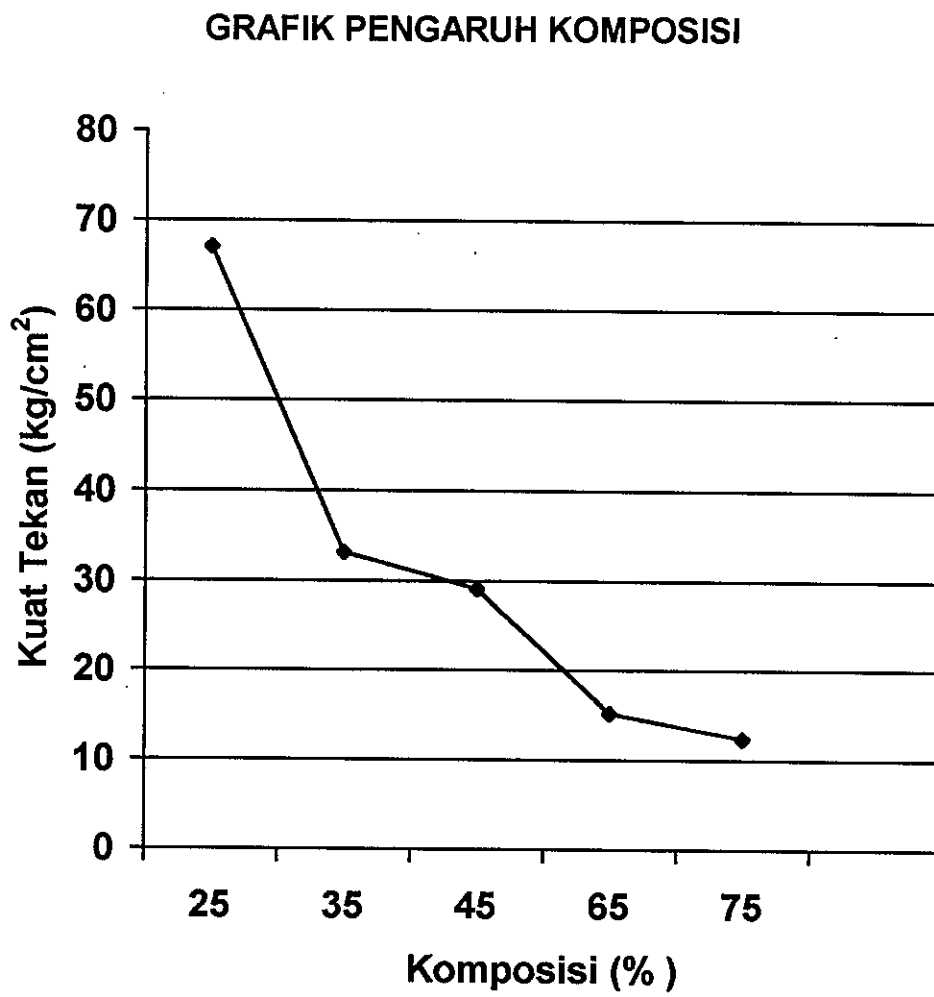
No.	Komposisi Padatan Sludge	Hasil Uji	
		Kuat Tekan (kg/cm^2)	Sifat Tampak
1	25 %	67,08	Luar dan dalam merah, semua sisi tak retak.
2	35 %	33,19	Luar dan dalam merah, semua sisi tak retak.
3	45 %	29,14	Luar dan dalam merah, semua sisi tak retak.
4	65 %	15,17	Luar dan dalam merah tua, ada sisi agak retak.
5	75 %	12,40	Luar dan dalam merah tua, semua sisi retak.

Sebaliknya dapat dilihat pada data sifat tampak bahwa semakin tinggi kandungan komposisi padatan *sludge*, akan semakin berwarna merah tua. Hal ini disebabkan bahwa uji kimia bahan pada padatan *sludge* kandungannya Fe_2O_3 lebih tinggi bila dibandingkan dengan yang terdapat pada *clay*, fungsi Fe_2O_3 adalah memberikan warna merah pada bata merah; sehingga semakin tinggi komposisi padatan *sludge* akan bata merah akan semakin berwarna merah tua.

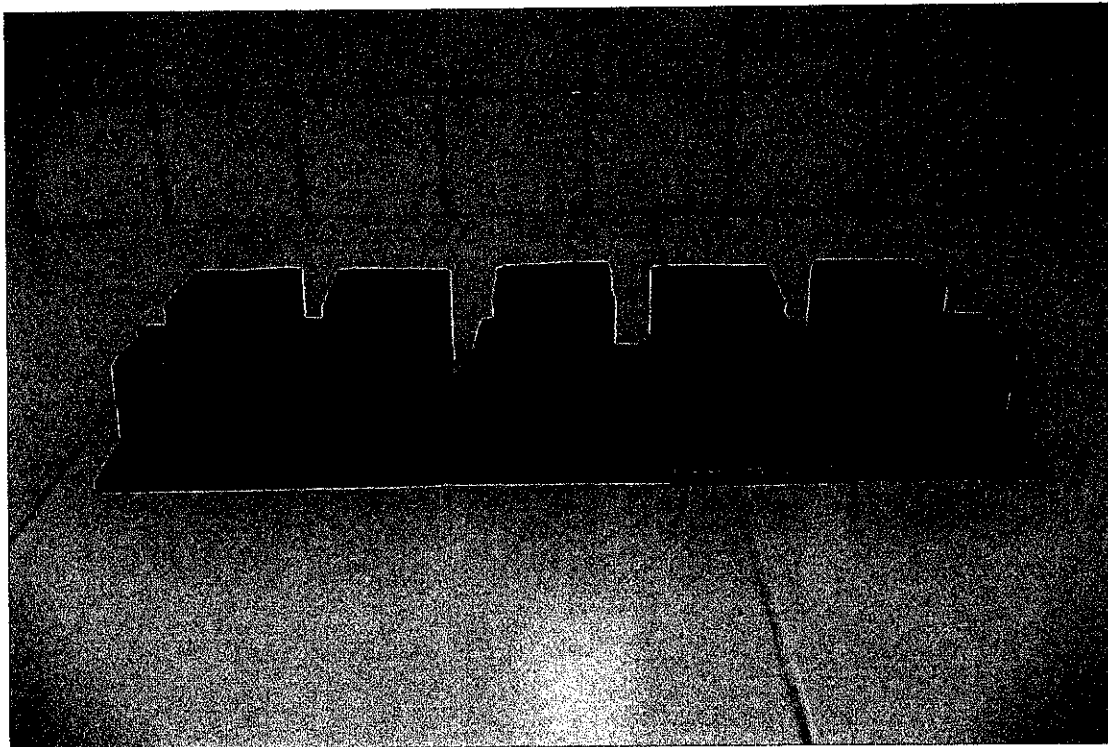
Dari data Tabel 4.6 dapat dibuat grafik pengaruh komposisi padatan *sludge* terhadap uji kuat tekan produk bata merah tertera pada Gambar 4.3, data hasil uji kuat tekan selengkapnya tertera pada Lampiran 4, dan fisik sifat tampak pengaruh komposisi padatan *sludge* setelah dibakar tertera pada Gambar 4.4.

Kondisi operasi pembakaran ditetapkan : suhu 900°C , lama waktu diambil hasil terbaik dari pengaruh waktu tersebut butir (1) yaitu 4 jam, variasi komposisi padatan *sludge* 25 %, 35 %, 45 %, 65 % dan 75 %. Pada tahapan ini hasil penelitian seperti tertera pada tabel 4.6 dan gambar 4.4 , bahwa komposisi padatan *sludge* 25 % merupakan hasil terbaik yaitu dengan kuat tekan $67,08\text{ kg/cm}^2$ dan sifat tampak bagian luar dan bagian dalam berwarna merah serta semua sisi tidak ada yang retak, hasil ini memenuhi sebagian persyaratan SNI 15-2094-2000.

Sedangkan variasi komposisi yang lain, semakin meningkatnya prosentase padatan *sludge* mulai dari 35 %, 45 %, 65 %, 75 %, hasil kuat tekannya semakin menurun. Hal ini disebabkan semakin meningkatnya prosentase padatan *sludge* akan semakin menurun kadar Al_2O_3 (kadar awal 10,2 %) dan kadar SiO_2 (kadar awal 71,6 %) yang terkandung dalam tanah lempung (*clay*), dengan menurunnya kadar materi tersebut bodi bata merah akan semakin rapuh sehingga kuat tekannya semakin menurun.



Gambar 4.3. Grafik Pengaruh Komposisi Padatan *Sludge* Terhadap Uji Kuat Tekan



Gambar 4.4. Fisik Sifat Tampak Pengaruh Komposisi Padatan *Sludge*

Keterangan :

1. Komposisi padatan sludge 25 % : warna merah semua sisi tidak retak.
2. Komposisi padatan sludge 35 %.: warna merah semua sisi tidak retak
3. Komposisi padatan sludge 45 %.: warna merah semua sisi tidak retak
4. Komposisi padatan sludge 65 %.: warna merah tua satu sisi retak
5. Komposisi padatan sludge 75 %.: warna merah tua semua sisi retak

Data Tabel 4.4 dan Tabel 4.6 dapat diperhitungkan kadar Al_2O_3 dan SiO_2 serta pengaruhnya terhadap kuat tekan tertera pada Tabel 4.7; perhitungan dan analisa selengkapnya tertera pada Lampiran 5.

Tabel 4.7. Pengaruh Kadar Al_2O_3 dan SiO_2 Terhadap Kuat Tekan Bata Merah

No.	Komposisi Padatan Sludge	Al_2O_3		SiO_2		Kuat Tekan	
		ppm	ln ppm (X1)	ppm	ln ppm (X2)	(kg/cm ²)	ln(kg/cm ²) (Y)
1	25 %	77.997	11,26	599.548	13,30	67,08	4,21
2	35 %	68.349	11,13	552.753	13,22	33,19	3,50
3	45 %	58.701	10,98	505.959	13,13	29,14	3,37
4	65 %	39.405	10,58	412.370	12,93	15,17	2,72
5	75 %	29.757	10,30	365.575	12,81	12,40	2,52

Dari data Tabel 4.7 dapat dibuat model regresi seperti tertera pada Lampiran 5, bahwa kuat tekan produk bata merah sangat dipengaruhi oleh kadar Al_2O_3 dan kadar SiO_2 dengan persamaan :

$$Y = -5,010 X1 + 13,001 X2 - 112,409$$

Dimana ;

Y : Kuat tekan produk bata merah (ln kg/cm²).

X1 : Al_2O_3 (ln ppm).

X2 : SiO_2 (ln ppm).

Dari model regresi diperoleh nilai R square 0,965 berarti kuat tekan produk bata merah 96,5 % dipengaruhi kadar Al_2O_3 dan SiO_2 , sedangkan 3,5 % dipengaruhi oleh faktor lainnya.

Dari uji ANOVA atau F test diperoleh F hitung yang mempunyai signifikansi 0,035 lebih kecil dari 0,05 maka model yang diperoleh dapat digunakan untuk memprediksi kuat tekan produk bata merah.

3). Pengaruh Suhu Pembakaran

Kondisi operasi pembakaran ditetapkan : lama waktu diambil hasil terbaik dari pengaruh waktu tersebut butir (1) yaitu 4 jam, komposisi padatan *sludge* diambil hasil terbaik dari pengaruh komposisi tersebut butir (2) yaitu 25 % dan suhu pembakaran divariasikan : 700 °C, 800 °C, 900 °C, 1.000 °C dan 1.100 °C. Hasil penelitian pada tahap ini seperti tertera pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.5, bahwa suhu pembakaran 1.000 °C hasilnya merupakan terbaik dengan kuat tekan 82,02 kg/cm² dan sifat tampaknya bagian luar dan bagian dalam merah dan sisinya tak retak; hasil ini memenuhi sebagian persyaratan SNI 15-2094-2000.

Sedangkan pada suhu pembakaran 1.100 °C kuat tekannya 86,44 kg/cm² tetapi sifat tampaknya tidak memenuhi persyaratan SNI 15-2094-2000, yaitu bagian bawah terjadi *swelling* dan sisinya pecah. Hal ini disebabkan pada saat terjadi proses vitrifikasi terjadi penyusutan bodi lempung, bagian luar menerima panas lebih dahulu dan mengalami perapatan pori-porinya lebih besar dari bagian dalam; senyawa pelebur (Ca, Mg, K dan lainnya) yang tersebar dipermukaan akan mengalami menggelaskan awal. Apabila kondisi temperatur dinaikkan terus (diatas toleransi bahan) lapisan gelas akan melebur dan menyusut drastis sehingga bodi bata merah akan mengalami deformasi (tidak memenuhi persyaratan SNI 15-2094-2000).

Tabel 4.8 . Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Kualitas Produk Bata Merah

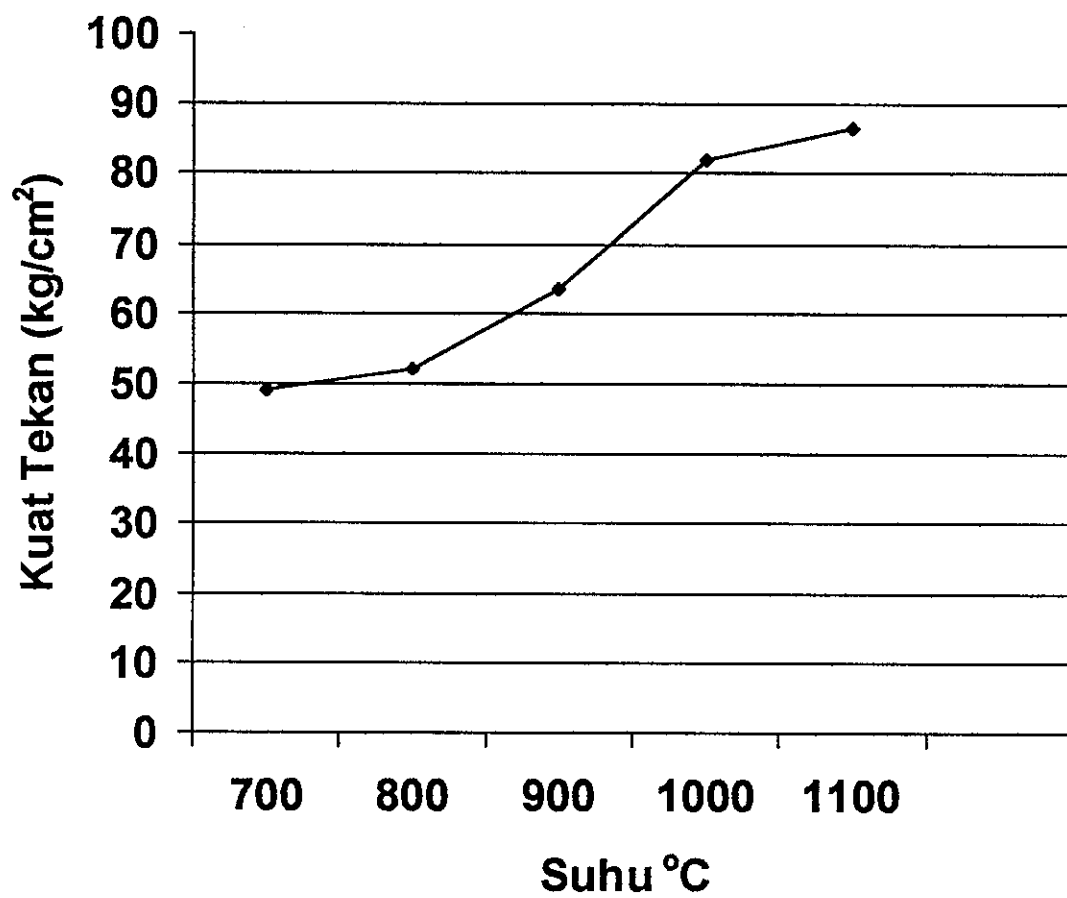
No.	Suhu Pembakaran (° C)	Hasil Uji	
		Kuat Tekan (kg/cm ²)	Sifat Tampak
1	700	49,24	Luar merah pucat dalam hitam, semua sisi tak retak
2	800	52,05	Luar dan dalam merah pucat , semua sisi tak retak
3	900	63,51	Luar dan dalam merah, semua sisi tak retak.
4	1.000	82,02	Luar dan dalam merah, semua sisi tak retak
5	1.100	86,44	Luar dan dalam merah kecoklatan, retak/pecah .

Sedangkan pada suhu dibawah 1.000°C , bahwa semakin turunnya suhu pembakaran hasil kuat tekannya semakin menurun; hal ini disebabkan pada suhu dibawah 1.000°C proses vitrifikasi belum berjalan secara sempurna. Bahkan pada suhu 700°C bagian dalam bata merah masih berwarna hitam (mentah), hal ini disebabkan pada suhu tersebut masih terjadi penguapan air kristal dan belum terjadi proses vitrifikasi, sehingga kuat tekannya masih rendah.

Dari data Tabel 4.8 dapat dibuat grafik pengaruh suhu pembakaran terhadap uji kuat tekan produk bata merah tertera pada Gambar 4.5, hasil uji kuat tekan selengkapnya tertera pada Lampiran 6, sedangkan kondisi fisik sifat tampak pengaruh suhu pembakaran tertera pada Gambar 4.6.

Dari Gambar 4.6 bahwa perlakuan variasi suhu pembakaran : 700°C , 800°C , 900°C , 1.000°C dan 1.100°C menghasilkan kondisi fisik bata merah sebagai berikut :

1. Suhu pembakaran 700°C : semua sisi tidak retak, luar merah,dalam hitam.
2. Suhu pembakaran 800°C : semua sisi tidak retak,luar merah dalam pucat.
3. Suhu pembakaran 900°C : semua sisi tidak retak, luar/dalam merah.
4. Suhu pembakaran 1000°C : semua sisi tidak retak, luar/dalam merah tua.
5. Suhu pembakaran 1100°C :mengalami deformasi/pecah,luar/dalam merah coklat.

GRAFIK PENGARUH SUHU PEMBAKARAN

Gambar 4.5. Grafik Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Uji Kuat Tekan



Gambar 4.6. Fisik Sifat Tampak Pengaruh Suhu Pembakaran

Keterangan :

1. Suhu pembakaran 700°C : semua sisi tidak retak, luar merah,dalam hitam.
2. Suhu pembakaran 800°C : semua sisi tidak retak,luar merah dalam pucat.
3. Suhu pembakaran 900°C : semua sisi tidak retak, luar/dalam merah.
4. Suhu pembakaran 1000°C : semua sisi tidak retak, luar/dalam merah tua.
- 5.Suhu pembakaran 1100°C :mengalami deformasi/pecah,luar/dalam merah coklat

4). Optimasi

Dari hasil tahap perlakuan pengaruh waktu pembakaran, suhu pembakaran dan komposisi padatan sludge tersebut diatas diperoleh satu titik acuan (komposisi padatan *sludge* 25 %, suhu pembakaran 1.000°C dan lama waktu pembakaran 4 jam) digunakan sebagai acuan tahap optimasi; kondisi operasi pada tahap optimasi adalah :

- Waktu pembakaran : 4 jam.
- Komposisi padatan *sludge* :
 - Daerah atas (+) yaitu 10 % diatas komposisi 25 % = 27,5 %.
 - Daerah bawah (-) yaitu 10 % dibawah komposisi 25 % = 22,5 %
- Suhu pembakaran :
 - Daerah atas (+) yaitu 50 ° C diatas suhu 1.000 ° C = 1.050 ° C
 - Daerah bawah (-) yaitu 50 ° C dibawah suhu 1.000 ° C = 950 ° C

Tabel 4.9. Kondisi Optimasi Operasi Pembakaran

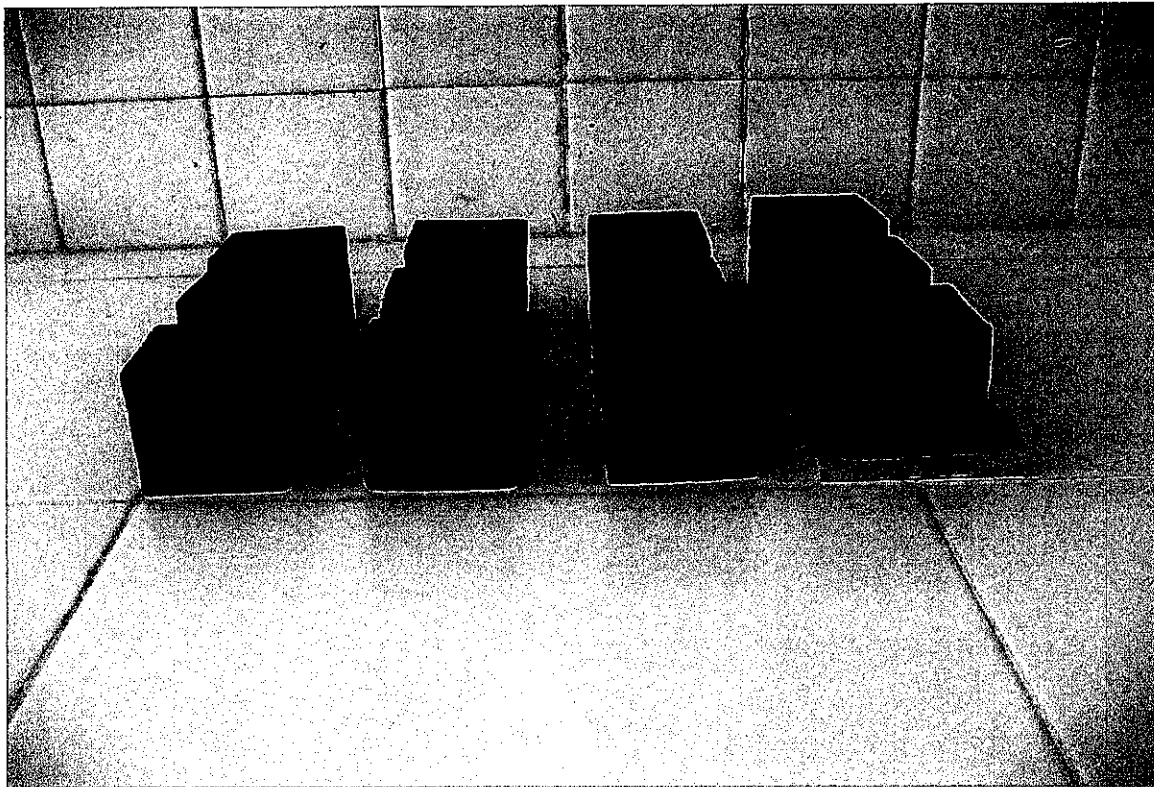
No	Komposisi	Suhu
1.	+	+
2.	+	-
3.	-	+
4.	-	-

Dari kondisi optimasi tersebut diatas diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.10. Hasil Optimasi Operasi Pembakaran

No.	Komposisi (%)	Suhu Pembakaran (° C)	Hasil Uji	
			Kuat Tekan (kg/cm ²)	Sifat Tampak
1.	27,5	1.050	105,66	Luar dan dalam merah tua,tak retak
2.	27,5	950	56,69	Luar dan dalam merah ,tak retak
3.	22,5	1.050	115,38	Luar dan dalam merah tua,tak retak
4.	22,5	950	75,15	Luar dan dalam merah ,tak retak

Data hasil optimasi operasi pembakaran selengkapnya tertera pada Lampiran 7, fisik sifat tampak dari hasil optimasi tersebut tertera pada Gambar 4.7. Produk bata merah terbaik dari hasil optimasi tersebut diatas adalah : komposisi padatan *sludge* 22,5 % , suhu pembakaran 1.050⁰ C, kuat tekannya 115,38 kg/cm². Produk bata merah terbaik tersebut persyaratan kualitasnya secara lengkap mengacu pada SNI 15-2094-2000,persyaratannya adalah tertera pada Tabel 4.11 .



Gambar 4.7 . Fisik Sifat Tampak Hasil Optimasi

Keterangan :

1. Komposisi 22,5 %,suhu 950⁰C : tak retak,luar dalam merah.
2. Komposisi 27,5 %,suhu 950⁰C : tak retak,luar dalam merah.
3. Komposisi 22,5 %,suhu 1050⁰C : tak retak,luar dalam merah kecoklatan.
4. Komposisi 27,5 %,suhu 1050⁰C : tak retak,luar dalam merah kecoklatan.

Tabel 4.11. Produk Hasil Optimasi Dibandingkan Persyaratan SNI 15-2094-2000

No.	Jenis Persyaratan	Persyaratan	Hasil Uji
1.	Sifat tampak	Segi empat siku-siku, datar dan tidak retak	Segi empat siku-siku, datar dan tidak retak
2.	Ukuran dan toleransi	Modul M-5a dan 5b Modul M-6a-6b-6c-6d	Modul -6b
3.	Kuat tekan	Kelas 50 = 50 Kg/cm ² Kelas 100 = 100 Kg/cm ² Kelas 150 = 150 Kg/cm ²	115,38 Kg/cm ²
4.	Garam MgSO ₄ , Na ₂ SO ₄ ,K ₂ SO ₄	Maksimum 1,0 %	0,0007 %
5.	Kerapatan semu	Minimum 1,2 %	1,5 %
6.	Penyerapan air	Maksimum 20 %	13,9 %

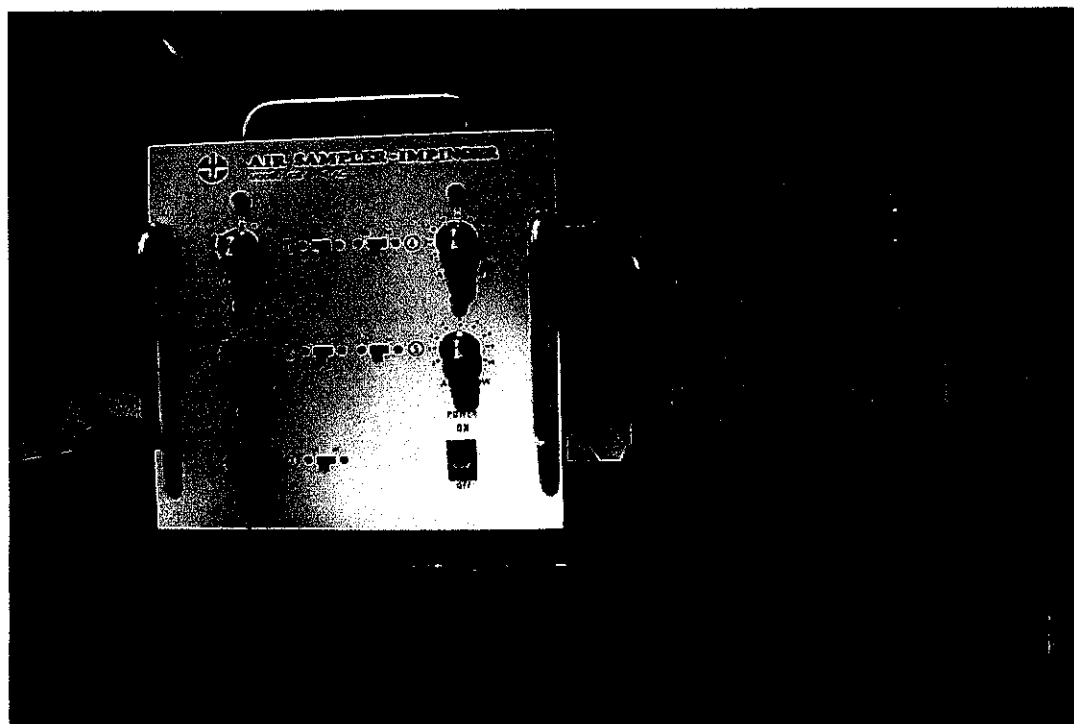
Pelaksanaan tahap optimasi seperti tertera pada Tabel 4.9 dan hasilnya tertera pada tabel 4.10, bahwa hasil optimum dicapai pada kondisi operasi : komposisi padatan *sludge* 22,5 %, suhu pembakaran 1.050 °C lama waktu pembakaran 4 jam dengan hasil kuat tekan = 115,38 kg/cm² dan sifat tampaknya bagian luar dan bagian dalam berwarna merah kecoklatan serta semua sisinya tidak ada yang retak; hasil ini memenuhi sebagian persyaratan SNI 15-2094-2000.

Kondisi operasi dari hasil yang optimum tersebut diatas dilakukan uji terhadap persyaratan lengkap SNI 15-2094-2000, hasil secara keseluruhan tertera pada Tabel 4.11 , semua data hasil uji memenuhi persyaratan SNI 15-2094-2000.

Pada kondisi operasi dari hasil yang optimum tersebut diatas juga dipantau kualitas udara emisinya yaitu untuk parameter SO₂ dan NO₂ menggunakan metoda dari JIS 1998. Hasil pemantauan udara emisi parameter SO₂ = 0,945 mg/m³ (NAB = 800 mg/m³) dan parameter NO₂ = 0,020 mg/m³ (NAB = 1.000 mg/m³). Kedua parameter tersebut masih dibawah nilai ambang batas Baku Mutu Udara Emisi menurut Kep-13/MENLH/3/1995. pelaksanaan pemantauan udara emisi tertera pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9; data lengkap semua pengujian laboratorium tertera pada Lampiran 8.



Gambar 4.8. Pemantauan Kualitas Udara Emisi Parameter SO_2



Gambar 4.9. Pemantauan Kualitas Udara Emisi Parameter NO_2

4.2.5. Uji TCLP Terhadap Produk Bata Merah

Tabel 4.12. Hasil Uji TCLP Terhadap Produk Bata Merah

No.	Jenis Parameter	Satuan	Baku Mutu ^{*)}	Hasil Uji
1.	Chromium (Cr)	mg/l	5,0	< 0,0520
2.	Copper (Cu)	mg/l	10,0	< 0,0094
3.	Zinc (Zn)	mg/l	50,0	0,1950

Keterangan : Pengujian TCLP diambil logam yang \geq Baku Mutu TCLP.

^{*)} : Baku Mutu TCLP menurut PP NO. 85 Tahun 1999.

Pada Tabel 4.2 data hasil uji laboratorium terhadap padatan *sludge* sesudah proses *deoiling* (sebagai bahan campuran pembuatan bata merah), kandungan logam berat yang melebihi nilai ambang batas Baku Mutu TCLP adalah logam Cr = 3.293,3 mg/l dan Cu = 5.704,1 mg/l ; Zn = 64,2 mg/l ; maka uji TCLP nya hanya dilakukan terhadap ketiga logam tersebut.

Hasil uji TCLP yang tertera pada Tabel 4.12 , ketiga logam tersebut masih dibawah nilai ambang batas Baku Mutu TCLP menurut PP No. 85 Thun 1999; hasil uji TCLP untuk logam Cr < 0,052 mg/l (NAB=5,0 mg/l) , logam Cu < 0,0094 mg/l (NAB = 10,0 mg/l) dan logam Zn = 0,1950 mg/l (NAB = 50,0 mg/l).

Hasil uji TCLP terhadap logam Cr dan Cu tersebut di atas kadarnya sangat kecil (dbawah NAB) padahal di dalam *sludge* minyak kadar logam tersebut cukup tinggi; hal ini dapat terjadi karena pada waktu dilakukan pembakaran bata merah , logam tersebut membentuk *alloys* (logam campuran) dengan logam-logam yang terkandung dalam bata merah : Si, Al, Fe (Grolier, 1995).

Dari data yang tertera pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 , bahwa hasil solidifikasi padatan *sludge* sesudah proses *deoilng* dengan cara dicampur dengan tanah lempung dengan komposisi 22,5 % padatan *sludge* minyak dan 77,5 % tanah lempung, suhu pembakaran 1.050 °C dan lama waktu pembakaran 4 jam ; pada kondisi operasi pembakaran tersebut secara lengkap diperoleh hasil sebagai berikut :

- Produk bata merah memenuhi semua persyaratan SNI 15-2094-200 meliputi persyaratan : sifat tampak, ukuran dan toleransi, kuat tekan, garam yang membahayakan, kerapian semu dan penyerapan air.
- Pemantauan kualitas udara emisi pada saat proses pembakaran bata merah untuk parameter SO₂ dan NO₂ dibawah nilai ambang batas Baku Mutu udara emisi menurut Kep-13/MENLH/3/1995.
- Uji TCLP dari solidifikasi padatan *sludge* minyak (produk bata merah) untuk logam Cr, logam Cu dan logam Zn dibawah nilai ambang batas Baku Mutu TCLP menurut PP No. 85 Tahun 1999.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian pemanfaatan padatan *sludge* minyak dari pembersihan tangki (*tank cleaning*) tangki timbun minyak mentah (*crude oil*) Pertamina Produksi Lapangan Cepu , sebagai bahan pencampur pembuatan bata merah (bahan dasar tanah lempung Jatirogo) dapat diperoleh simpulan dan saran sebagai berikut :

5.1. SIMPULAN

- 1.a). Pengelolaan *sludge* minyak di beberapa tempat industri migas kurang dikelola dan dimanfaatkan dengan baik sesuai ketentuan yang berlaku :
 - Padatan *sludge* yang kadar minyaknya cukup tinggi dan tanpa dilakukan uji TCLP langsung ditimbun kedalam tanah.
 - Padatan *sludge* yang mengandung logam berat cukup tinggi dilakukan bioremediasi dan digunakan sebagai pupuk tanaman, tanaman tersebut tercemar logam berat, misalnya kasus di Irian Jaya.
 - Padatan *sludge* masih dibiarkan menumpuk di *sludge pond* dan dilahan terbuka, hal ini dapat mencemari lingkungan sekitarnya; menurut ketentuan batas waktu penyimpanan sementara untuk limbah B 3 adalah 90.
 - Padatan *sludge* belum dimanfaatkan sesuai dengan karakteristiknya, misalnya untuk : anti karat, keramik, pengisi mortar, bata merah dan lain sebagainya.
- b). Padatan *sludge* hasil dari proses deoiling yang dimanfaatkan sebagai bahan campuran bata merah (solidifikasi) merupakan salah satu alternatif yang diharapkan dapat mengatasi menumpuknya padatan *sludge* yang selama ini masih menjadi problema di industri perminyakan, teknologi ini cocok untuk mengatasi padatan *sludge* minyak yang kadar logam beratnya tinggi.
- 2.a). Kondisi operasi pembakaran bata merah : komposisi bahan 22,5 % padatan *sludge* minyak dan 77,5 % tanah lempung, suhu pembakaran 1.050 °C dan lama waktu pembakaran 4 jam adalah merupakan hasil yang optimum ; produk bata merah tersebut memenuhi semua persyaratan SNI 15-2094-2000.

- b). Pada kondisi operasi tersebut diatas tidak mencemari lingkungan, dilihat dari :
- Kualitas udara emisi parameter $\text{SO}_2 = 0,945 \text{ mg/m}^3$ dan $\text{NO}_2 = 0,02 \text{ mg/m}^3$, kualitas udara emisi tersebut dibawah nilai ambang batas Baku Mutu emisi udara menurut Kep-13/MENLH/3/1995.
 - Uji TCLP pada produk bata merah untuk logam Cr $< 0,0520 \text{ mg/l}$; logam Cu $< 0,0094 \text{ mg/l}$ dan logam Zn $= 0,1950$; ketiga logam tersebut dibawah nilai ambang batas Baku Mutu TCLP PP No. 85 Tahun 1999.
- c). Minyak hasil dari proses *deoiling* memenuhi sebagian besar spesifikasi minyak bakar menurut Peraturan Dirjen Migas No.: 03/P/DM/MIGAS/1986, sehingga dapat dimanfaatkan :
- Sebagai minyak bakar untuk kilang minyak pada *Crude Distillation Unit* .
 - Sebagai minyak bakar yang dijual ke masyarakat, untuk bahan bakar boiler, pembakaran kapur dan lain sebagainya.

5.2. SARAN

1. Agar lingkungan tidak tercemar oleh limbah *sludge* minyak, maka dalam pengelolaan *sludge* minyak harus disesuaikan dengan karakteristiknya dan mengacu pada ketentuan yang berlaku.
2. Untuk *sludge* Minyak yang mengandung logam berat cukup tinggi seharusnya tidak dilakukan pengolahan secara bioremediasi, dan lebih cocok pengolahannya dengan cara solidifikasi.
3. Untuk *sludge* minyak dari sumber yang lain dalam penerapan padatan *sludge* sebagai bahan pencampur pembuatan bata merah, perlu dilakukan kajian teknis terlebih dahulu, karena *sludge* minyak dari sumber yang berbeda mungkin karakteristiknya berbeda pula.
4. Pengelolaan limbah *sludge* minyak dengan cara teknologi ini agar berjalan dengan baik, perlu dilakukan kerja sama dengan masyarakat pengusaha bata merah.

RINGKASAN

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sludge minyak hasil *tank cleaning* di beberapa tempat kurang dikelola secara baik dan benar serta kurang mengikuti ketentuan yang berlaku, bahkan di beberapa tempat *sludge* minyak tersebut langsung ditimbun ke dalam tanah tanpa melalui proses pengujian laboratorium dan tanpa dilakukan pengolahan dahulu.

1.2. Rumusan Masalah

- a. *Sludge* minyak hasil *tank cleaning* tangki timbun kurang dikelola secara baik dan benar serta kurang mengikuti ketentuan yang berlaku sehingga sangat dimungkinkan menyebabkan pencemaran lingkungan.
- b. *Sludge* minyak masih mempunyai nilai ekonomi, tetapi belum dimanfaatkan.

1.3. Tujuan Penelitian

- a. Mengelola *sludge* minyak dengan baik sehingga tidak mencemari lingkungan.
- b. Memanfaatkan padatan *sludge* minyak sebagai bahan pencampur pembuatan bata merah yang memenuhi SNI 15-2094-2000 baku mutu TCLP.

1.4. Manfaat Penelitian

- a. Mengetahui pengelolaan *sludge* yang baik dan tidak mencemari lingkungan.
- b. Mengetahui bata merah tersebut memenuhi SNI 15-2094-2000 baku mutu TCLP.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Sludge* Minyak

2.1.1. Pengertian *Sludge* Minyak

Sludge minyak adalah kotoran minyak yang terbentuk dari proses pengumpulan dan pengendapan kontaminan minyak, yang terdiri atas kontaminan yang memang sudah ada di dalam minyak, maupun kontaminan yang terkumpul dan terbentuk dalam penanganan suatu proses, tidak dapat digunakan atau diproses kembali dalam proses produksi (Keputusan Direksi Pertamina No.Kpts-074/C00000/2001-SO).

2.1.2. Sumber Terjadinya *Sludge* Minyak

Sludge minyak dalam kegiatan industri minyak dan gas bumi dapat terjadi dalam peralatan : *Crude oil tank bottom*, *Fuel oil tank bottom*., *Bunker fuel tank bottom*, *Oil separator bottom*, *Jet fuel tank bottom*, *Avigas tank bottom*, *Unleaded gasoline tank bottom*, *Diesel tank bottom*, *Leaded gasoline tank bottom*, dan peralatan lainnya (Keputusan Direksi Pertamina No. KPTS 70/C0000/91-B1).

2.1.3. Komposisi *Sludge* Minyak Dari *Crude Oil Tank Bottom*

Komposisi *sludge* minyak yang berasal dari *crude oil tank bottom* menurut Peter T. Budzik and *Associates Incorporated* adalah sebagai berikut :

Komponen fisika : Berat jenis : 0,93 – 1,05; berwarna coklat tua atau hitam ; berbau hidrokarbon; kelarutan dalam air sangat rendah. Komponen kimia : air 13 – 50 % , minyak : 10 – 100 % , padatan : 12 – 90 %. Komponen toksik antara lain : Arsen 0,003 – 53 mg/kg ; Cobalt : 3,8 – 37 mg/kg ; Timbal 0,1 – 358 mg/kg; Molybdenum 0,3 – 95 mg/kg ; Silver 0,03 – 1,3 mg/kg dan sebagainya.

Komposisi *sludge* minyak yang berasal dari *crude oil tank bottom* tersebut diatas sangat tergantung dari sumber *crude oil* ; misalnya *crude oil* dari Alberta banyak mengandung besi, mangan dan seng.

Tim penyusun kajian pemanfaatan *Sludge* minyak Pertamina oleh Fakultas Teknik UNDIP(2002), telah menganalisa fisika *sludge* minyak UP IV Cilacap kandungan minyak cukup tinggi yaitu antara 30,45 % – 55,77 % dan *ash content* = 40,13 %; dan meneliti kandungan logam berat *sludge* minyak UP IV Cilacap dan UPPDN Balongan, logam berat yang cukup tinggi yaitu Arsen (As) antara 7,084 ppm – 17,935 ppm dan mercury (Hg) antara 0,569 ppm – 10,758 ppm.

2.1.4. Pengaruh *Sludge* Minyak Terhadap Lingkungan

Sludge minyak mengandung komponen-komponen residu atau kotoran yang ada pada minyak mentah, titik didihnya tinggi, sebagian besar kandungan minyaknya adalah minyak fraksi berat dan jenis hidrokarbon aromatik serta mengandung beberapa jenis logam berat (PPPTMGB “LEMIGAS”, 1999).

Hidrokarbon aromatik termasuk benzene, toluene dan xylene umumnya ditemukan dalam minyak mentah; benzene adalah penyebab kanker pada manusia (BP Indonesia Upstream, 2001).

2.1.5. Pengelolaan *Sludge* Minyak

Menurut Peter T. Budzik, 1986 pengelolaan limbah (*sludge* minyak) menggunakan 4 (empat) prinsip 4 R yaitu : *Reduction, Recovery, Reuse, Recycle*.

2.1.5.1. Mengurangi Terbentuknya *Sludge* Minyak (*Reduction*)

Menurut Peter t. Budzik, 1986, untuk mengurangi terbentuknya *sludge* minyak di dalam tangki timbun minyak mentah , yaitu di dalam tangki timbun tersebut dipasang alat pengaduk dengan tujuan mengurangi terjadinya endapan *sludge* minyak, endapan yang masih terjadi dipisahkan pada saat dilakukan pembersihan tangki timbun dengan cara pengadukan.

2.1.5.2. Perolehan Kembali Kandungan Minyak dalam *Sludge* (*Recovery*)

Pada industri perminyakan istilah *recovery* minyak pada *sludge* minyak lebih dikenal dengan istilah *deoiling*, proses ini ada beberapa cara yaitu : pemanasan, filtrasi bertekanan, ekstraksi dengan pelarut, *centrifugation*, adsorpsi.

2.1.5.3. Penggunaan Kembali *Sludge* Minyak (*Reuse*)

Sludge minyak jarang dapat langsung digunakan kembali (*Reuse*) tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu, kecuali *sludge* minyak yang terjadi di dalam *oil collector* dari unit *oil catcher*, *sludge* minyak disini dapat digunakan untuk minyak bakar (pembakaran kapur).

2.1.5.4. Daur Ulang *Sludge* Minyak (*Recycle*)

Limbah padat dari hasil proses *deoiling (oil recovery)* dapat dilakukan daur ulang (*Recycle*) antara lain yaitu :

- 1/. Proses bioremediasi menghasilkan pupuk, telah dicoba oleh PT. Sugico Graha dengan teknologi *Centrifugal Separation Plus Bioremediation* seperti yang telah diuraikan tersebut diatas.

2/. Proses solidifikasi menghasilkan batako dan keramik, hasil penelitian Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UNDIP adalah sebagai berikut :

Pembuatan Batako : semua jenis campuran yang diteliti memenuhi standar SNI kuat tekan untuk dinding partisi 50 - 125 kg/cm², kecuali untuk campuran kapur dan padatan sludge minyak menghasilkan batako dengan kuat tekan 33,97 kg/cm² sampai 41,20 kg/cm².

Pembuatan Keramik; dilakukan dengan cara mencampur padatan sludge minyak dan tanah liat dengan perbandingan 1 : 8 , keramik yang dihasilkan cukup baik ditandai dengan warna genteng dan uji TCLP dibawah nilai ambang batas Baku Mutu TCLP.

3/. Proses solidifikasi menghasilkan mortar, hasil penelitian Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UGM.

Hasil proses kombinasi distilasi dan pirolisis pada suhu operasi 350 °C , 450 °C dan 550°C menghasilkan residu padatan dan dibakar pada suhu 900 °C , residu padatan tersebut dapat dimanfaatkan untuk bahan pengisi mortar. Hasil uji kuat tekan 28 hari dengan variasi residu padatan 5-15% memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan mortar biasa.

2.1.6. Pengelolaan *Sludge* Menurut Ketentuan Yang Berlaku.

Menurut PP No. 18 Tahun 1999 dan PP No. 85 Tahun 1999, bahwa *sludge* minyak adalah termasuk limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan kode limbah D220 dan kode limbah D221 dapat dinyatakan limbah B3 setelah dilakukan uji karakteristik dan atau uji toksikologi. Apabila limbah mengandung salah satu zat pencemar yang terdapat dalam Baku Mutu TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) dengan konsentrasi sama atau lebih besar dari nilai ambang batas tercantum dalam Baku Mutu TCLP maka limbah tersebut adalah limbah B3; cara pengelolaannya yaitu :

1/. Penyimpanan Limbah B3.

Penghasil limbah B3 dapat menyimpan limbah B3 yang dihasilkannya paling lama 90 hari ,limbah B3 < 50 kg per hari dapat menyimpan limbahnya lebih dari 90 hari dengan persetujuan Kepala BAPEDAL.

2/ Pengumpul Limbah B3.

.Pengumpul Limbah B3 dapat menyimpan limbah B3 paling lama 90 hari dan bertanggung jawab terhadap limbah B3 yang dikumpulkannya.

3/ Pengangkut Limbah B3.

Pengangkut limbah B3 dilakukan oleh badan usaha kegiatan pengangkutan limbah B3 atau oleh penghasil limbah B3 memenuhi ketentuan berlaku, setiap pengangkut limbah B3 wajib disertai dokumen limbah B3.

4/ Pemanfaat Limbah B3.

Pemanfaat limbah B3 meliputi perolehan kembali (*recovery*), penggunaan kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*).

5/ Pengolahan Limbah B3.

- a. Pengolahan limbah B3 dapat dilakukan dengan cara *thermal*, Stabilisasi dan solidifikasi, fisika, kimia, biologi, cara lainnya sesuai perkembangan teknologi.
- b. Pemilihan lokasi untuk pengolahan limbah B3 harus memenuhi ketentuan; bebas banjir, tidak rawan bencana dan bukan kawasan lindung, berdasarkan rencana tata ruang merupakan lokasi yang ditetapkan sebagai kawasan industri
- c. Pengolahan limbah B3 dengan cara stabilisasi dan solidifikasi wajib memenuhi syarat uji TCLP, melakukan penimbunan hasil pengolahannya sesuai dengan ketentuan penimbunan limbah B3 (*landfill*).
- d. Pengolahan limbah B3 secara fisik dan atau kimia yang menghasilkan limbah cair wajib memenuhi syarat baku mutu limbah cair; hasil limbah padat wajib memenuhi ketentuan pengelolaan limbah B3.
- e. Pengolahan limbah B3 dengan cara *thermal* dengan mengoperasikan insenerator wajib memenuhi ketentuan yang berlaku.

6/. Penimbunan Limbah B3.

- a. Lokasi penimbunan limbah B3 wajib memenuhi syarat :
Bebas dari banjir; permeabilitas tanah maksimum 10 pangkat negatif 7 centimeter per detik; merupakan lokasi yang ditetapkan sebagai lokasi limbah B3; secara geologis dinyatakan aman, stabil tidak rawan bencana dan diluar kawasan lindung; tidak merupakan daerah resapan air tanah.

- b. Penimbunan limbah B3 wajib menggunakan sistim pelapis yang dilengkapi dengan saluran untuk pengaturan aliran air permukaan, pengumpulan air lindi dan pengolahannya, sumur pantau dan lapisan penutup akhir.
- c. Terhadap lokasi penimbunan limbah B3 yang telah dihentikan wajib memenuhi ketentuan :
- Menutup bagian paling atas tempat penimbunan dengan tanah setebal minimum 0,60 meter.
 - Melakukan pemagaran & diberi tanda tempat penimbunan limbah B3.
 - Melakukan pemantauan kualitas air tanah, menanggulangi dampak negatif yang mungkin timbul selama 30 tahun.
 - Penutupan lokasi penimbunan yang telah dihentikan tidak dapat dijadikan pemukiman atau fasilitas umum lainnya.

2.1.7. Pengelolaan *Sludge* Minyak Saat Ini di Beberapa Industri Migas

1). Kilang Minyak Balongan

Kilang minyak Balongan menghasilkan *sludge* minyak 100 ton per hari sebelum tahun 1998 *sludge* tersebut diolah di PPLI dengan biaya cukup mahal, setelah *sludge* tidak diolah di PPLI, *sludge* ditampung dalam drum hingga mencapai 5.000 drum. Yang menjadi masalah drum-drum tersebut sering dicuri orang dan *sludge* yang ada didalam drum ditumpahkan begitu saja dan akhirnya mencemari lingkungan sekitarnya.

Perkembangan lebih lanjut Pertamina Balongan kerjasama dengan PPSDAL-UNPAD dan P.U Jawa Barat, melakukan penelitian pemanfaatan *sludge* minyak sebagai bahan bangunan, namun studi tersebut masih perlu diklarifikasi tentang kandungan logam beratnya.

2). Kilang Minyak Cilacap

Perkembangan terbaru di Pertamina Cilacap, *sludge* minyak dilakukan *recovery* minyak dengan menggunakan mesin pemanas dengan cara tersebut minyaknya dapat dipisahkan dengan padatan, minyaknya dipompakan ke tangki timbun minyak mentah untuk diolah kembali, sedangkan padatannya dikembalikan ke *sludge pond*; sebagian padatan ditambahkan kapur dengan perbandingan tertentu kemudian ditempatkan pada lahan kosong / untuk urugan tanah.

3). Kilang Minyak Balikpapan

Sludge minyak ditampung dalam *sludge pond*, secara alami dengan bantuan sinarmatahari terjadi pemisahan minyak, minyak yang ada dipermukaan dipompakan ke tangki timbun *slop* padatannya ditampung di *sludge pond*.

4). Pertamina DOH Jawa Bagian Timur (Pertamina Produksi Cepu)

Pengelolaan *sludge* minyak di Pertamina Eksplorasi-Produksi Lapangan Cepu yaitu *sludge* minyak hasil dari pembersihan tangki timbun dimasukkan kekolam padatan, secara alami dengan energi matahari minyak terpisah dipermukaan. Minyak tersebut dipompakan ke *sludge pond*, padatan yang terikut mengendap dibagian bawah *sludge pond* dan minyaknya dipompakan kembali ketangki timbun; sisa yang dominan padatan ditimbun kedalam tanah.

5). Pertamina Depot Cepu

Sludge minyak dari pembersihan tangki timbun ditampung dalam drum-drum yang dimanfaatkan untuk pelatihan pemandam kebakaran.

6). Pada depot BBM Pematang Siantar

Sludge yang tidak termasuk limbah B3 dikelola dengan cara dekomposisi / bioremediasi, yaitu *sludge* minyak dicampur dengan humus dan didiamkan beberapa waktu, setelah terjadi kompos dapat digunakan untuk pupuk tanaman.

7). Pada Caltex-operasi Minas

Telah melakukan percobaan bioremediasi terhadap *sludge* minyak yang dikenal dengan istilah *Soil Bioremediation Facilities* (SBF) dengan lahan seluas 5,4 Ha. Dengan fasilitas tersebut 84.000 ton tanah yang tercemar dapat diolah di unit pengolahan bioremediasi dan hasilnya dapat digunakan pupuk.

8). Kilang Minyak Pusdiklat Migas Cepu

Untuk mengurangi terbentuknya *sludge* minyak di Kilang Minyak Pusdiklat Migas Cepu pada tangki timbun minyak mentah dengan cara pemanasan menggunakan *steam coil* dipasang dibagian bawah tangki (*bottom tank*) dengan ketinggian 20 cm dari dasar tangki; sehingga terjadi pemisahan antara minyak, air dan padatan, air yang terpisah dilakukan drain dan disalurkan ke *oil catcher*. Sedangkan padatan yang terbentuk pada saat pembersihan tangki timbun dipisahkan

dengan minyaknya dengan cara pemanasan dan penyemprotan air dengan tujuan agar minyak yang terikat dalam padatan terpisah kemudian minyak dan airnya dialirkan ke unit *oil catcher* sedangkan padatannya (masih mengandung air dan minyak) setelah lolos TCLP ditimbun kedalam tanah.

2.1.8. Produksi Minyak dan *Sludge* Minyak di Indonesia

Data produksi minyak di Indonesia \pm 1.253.000 barrel/hari (Petropages News, Desember 2000) menghasilkan timbunan *sludge* minyak \pm 98.529 m³.

2.2. Keramik dan Bata Merah

2.2.1. Teori Dasar Keramik dan Bata Merah

Pasir Galunggung mengandung komponen SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃ cukup tinggi yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan barang keramik (Subari, M. Sagala dan Edwin F.,1977).

2.2.2. Jenis Lempung Yang Digunakan Untuk Pembuatan Bata Merah

Menurut Gesang Sinugroho dan Hartono JMV (1979), bahwa lempung merupakan batuan sedimen karena pada umumnya setelah terbentuk dari pelapukan batuan keras, lempung terbawa oleh air dan angin dan terendapkan pada tempat yang lebih rendah. Di Indonesia dalam pembuatan bata merah pada umumnya menggunakan lempung alluvial, pada sawah-sawah sebagian besar terdapat endapan lempung alluvial terutama di Pulau Jawa .

2.2.3. Syarat-Syarat Lempung Untuk Pembuatan Bata Merah

2.2.3.1. Persyaratan Umum

Menurut Gesang Sinugroho dan Hartono JMV (1979) , syarat-syarat lempung yang dapat dipergunakan pembuatan bata merah yaitu: lempung yang baik adalah lempung alluvial, pembakaran \pm 1.000 °C lempung telah padat, adanya senyawa besi yang memberikan warna merah pada waktu dibakar, adanya mineral-mineral yang dapat membentuk bahan gelas pada waktu dibakar, fraksi butiran kerakal dan kerikil tidak boleh ada, karena akan timbul retak atau pecah-pecah waktu pengeringan/pembakaran, lempung sedikit plastis, silinder hanya dibuat 1/2 lingkaran sudah retak, makin plastis suatu lempung makin tinggi kekuatan keringnya, pembakaran pada suhu tinggi lempung akan mengalami perubahan yaitu :

- Suhu $\pm 120^{\circ}\text{C}$ semua air yang ditambahkan pada saat pembuatan bata merah menguap, merupakan tahap penguapan/pengeringan.
- Suhu $400^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$ air yang terikat secara kimia dan zat-zat lain di dalam lempung menguap, merupakan tahap pembakaran pendahuluan.
- Suhu $650^{\circ}\text{C} - 800^{\circ}\text{C}$ terjadi pembakaran karbon yang terdapat dalam lempung, merupakan tahap oksidasi.
- Tahap pembakaran penuh, pada tahap ini bata merah telah masak (terjadi vitrifikasi hingga menjadi padat, temperatur masak bata merah bervariasi antara $920^{\circ}\text{C} - 1.020^{\circ}\text{C}$ tergantung pada sifat-sifat lempung yang dipakai.

Jumal Jusuf dan Subijanto (1968) menyatakan daerah Jatirogo secara geologi lempung daerah ini berasal dari alluvial sungai Kening dan sungai Pacel, oleh masyarakat setempat dimanfaatkan untuk pembuatan bata merah dan genteng.

2.2.4. Persyaratan Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)

Persyaratan mutu bata merah untuk pasangan dinding telah diatur dalam SNI 15-2094-2000 meliputi :

1/. Sifat Tampak

Harus berbentuk prisma segi empat panjang, mempunyai rusuk-rusuk yang siku, bidang-bidang datar yang rata dan tidak menunjukkan retak-retak.

2/. Ukuran dan Toleransi

Ukuran dan toleransi bata merah pasangan dinding sesuai Tabel 2.4.

3/. Kuat Tekan

Besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diizinkan untuk bata merah untuk pasangan dinding sesuai Tabel 2.5.

4/. Garam Yang Membahayakan

Garam yang mudah larut dan membahayakan : Magnesium Sulfat (MgSO_4), Natrium Sulfat (Na_2SO_4), Kalium Sulfat (K_2SO_4), kadar garam maksimum 1,0 %.

5/. Kerapatan Semu

Kerapatan semu minimum bata merah pasangan dinding 1,2 gram/cm².

6/. Penyerapan Air

Penyerapan air maksimum bata merah pasangan dinding adalah 20 %.

BAB III. METODA PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah kajian pustaka pengelolaan *sludge* yang baik dan eksperimental dengan skala laboratorium pemanfaatan padatan *sludge* minyak sebagai bahan campuran pembuatan bata merah, padatan *sludge* minyak dicampur tanah lempung dengan perbandingan tertentu.

3.2 Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan terdiri atas : limbah *sludge* minyak, tanah lempung (clay), mesin pres, alat pemanas, alat cetakan bata merah, alat furnace, kelengkapan bahan dan peralatan penunjang lainnya.

3.3. Tahapan Penelitian

3.3.1. Pengelolaan *Sludge* Minyak

Melakukan kajian pustaka tentang pengelolaan *sludge* minyak yang baik dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku PP No. 18 Th. 1999; PP No. 85 Th. 1999; Keputusan Direksi Pertamina No. Kpts. 074/C00000/2001-SO dan lain sebagainya.

3.3.2. Pembuatan Bata Merah dengan Bahan Campuran Padatan *Sludge*

3.3.2.1. Uji Fisik-Kimia *Sludge* Minyak Sebelum Proses *Deoiling*.

Sludge minyak diambil dari hasil pembersihan tangki timbun minyak mentah (*crude oil*) Pertamina Lapangan Cepu, karena saat itu musim kemarau panjang *sludge* tersebut dalam bentuk padat.

Sludge tersebut sebelum dilakukan proses *deoiling* terlebih dahulu dilakukan uji fisik-kimia laboratorium, meliputi parameter minyak air dan padatan.

3.3.2.2. Proses *Deoiling Sludge* Minyak

Proses *deoiling sludge* minyak menggunakan kain filter yang pernah digunakan untuk memperbaiki warna *wax* dengan menggunakan *clay*, kain filter (200 mesh) dibuat kantong dan diisi *sludge* minyak yang telah dipanaskan dengan suhu $\pm 80^{\circ} \text{C}$ agar *sludge* minyak yang beku mencair; kemudian dipres dengan mesin tekan dengan kekuatan 50 kg/cm^2 . Tekanan ini dipilih dengan kekuatan tersebut kantong filter tidak bocor, karena diatas kekuatan tersebut kantong filter yang digunakan mudah bocor (rusak jahitannya).

Proses *deoilng* tersebut diatas menghasilkan padatan dan minyak, dimana padatan hasil *deoilng* akan digunakan sebagai bahan pencampur bata merah dan minyak hasil *deoilng* dimasukkan kedalam *oil collector* unit pengolahan limbah cair Kilang Minyak Pusdiklat Migas.

3.3.2.3. Uji Fisik-Kimia *Sludge* Minyak Sesudah Proses *Deoilng*.

1). Padatan

Uji fisik – kimia padatan *sludge* hasil proses *deoilng* meliputi ; *oil content*, *water content*, zat padat dan logam ; As, Cr, Cu, Zn, Cd, Pb dan Hg.

2). Minyak

Uji fisik – kimia minyak hasil proses *deoilng* meliputi parameter sesuai Peraturan Dirjen Migas No.: 03/P/DM/MIGAS/1986.

3.3.2.4. Uji Kimia Bahan Campuran Bata Merah.

Bahan campuran yaitu padatan *sludge* minyak hasil proses pengepresan dan clay masing- masing diuji kadar : Fe_2O_3 , CaO, Al_2O_3 , SiO_2 , MgO .

3.3.2.5. Pembuatan Bata Merah

Pembuatan bata merah menggunakan variabel ; dengan menggunakan metoda klasik dilakukan 4 (empat) tahapan sebagai berikut :

- Prosentase padatan *sludge* minyak dicampur clay , komposisi padatan *sludge* dengan variasi : 25 %, 35 %, 45 %, 65 %, 75 %.
- Suhu pembakaran dengan variasi : 700 °C, 800 °C, 900 °C, 1.000 °C, 1.100 °C.
- Lama waktu pembakaran dengan variasi : 1 jam, 2jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam.
- Dari tahapan perlakuan pengaruh waktu, suhu dan komposisi tersebut diatas dilakukan optimasi hasil produk bata merah .

3 3.2.6. Uji TCLP

Produk bata merah hasil yang paling optimum tersebut diatas dilakukan uji TCLP (untuk logam yang dominan) hasil uji TCLP dibandingkan Baku Mutu TCLP menurut PP No. 85 Tahun 1999, dan persyaratan SNI 15-2094- 2000.

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengelolaan Sludge Minyak

4.1.1. Pengelolaan Sludge Minyak Menurut Ketentuan Yang Berlaku

Apabila *sludge* minyak setelah dilakukan uji TCLP dan atau uji toksikologi dinyatakan limbah B3, maka pengelolaan *sludge* minyak harus mengikuti peraturan perundang-undangan yang berlaku seperti tersebut dalam bab 3.

Pengelolaan limbah *sludge* minyak dengan mengikuti prinsip 4 R (*Reduction, Recovery, Reuse dan Recycle*) yang telah dijelaskan dalam bab 3 serta mengacu pada peraturan-peraturan tersebut diatas, merupakan pengelolaan limbah *sludge* minyak yang baik dan benar dan tidak mencemari lingkungan; bahkan apabila perencanaan pengelolaan limbah *sludge* minyak menggunakan prinsip *waste to product* akan diperoleh keuntungan ganda yaitu limbah yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan dan dapat menghasilkan uang.

4.2. Pembuatan Bata Merah

4.2.1. Hasil Uji Fisik-Kimia *Sludge* Minyak Sebelum Proses *Deoiling*

Hasil uji fisik-kimia *sludge* minyak sebelum proses *deoiling* meliputi: minyak = 70,05 %, air = 2,04 % dan padatan = 27,91 %. Seperti yang tertera dalam, *sludge* minyak dari pembersihan tangki timbun minyak mentah kandungan minyaknya 70,05 %, maka *sludge* tersebut seharusnya tidak langsung ditimbun kedalam tanah, karena sangat berpotensi mencemari air tanah dan akhirnya akan mengganggu kesehatan manusia yang mengkonsumsinya. Kandungan minyak yang cukup tinggi di dalam *sludge* tersebut agar tidak mencemari lingkungan, perlu dilakukan pemisahan/minimisasi kadar minyaknya.

Data uji laboratorium kandungan zat padatnya adalah 27,91 %, dalam zat padat ini sangat berpotensi mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3). Untuk tidak mencemari lingkungan maka zat padat tersebut dikelola mengacu pada ketentuan yang berlaku, yaitu PP No.18 Tahun 1999 dan PP No. 85 Tahun 1999.

4.2.2. Hasil Uji Fisik-Kimia *Sludge* Minyak Sesudah Proses *Deoiling*

1). Padatan

Uji fisik-kimia padatan *sludge* minyak hasil proses *deoiling* zat padat mengandung komposisi : minyak 17,80 % ; air 2,02 % ; padatan 80,18 % dan kandungan logam berat yang melebihi nilai ambang batas (NAB) Baku Mutu TCLP

PP No. 85 Tahun 1999 yaitu Chromium (Cr) = 3.293,3 mg/l (NAB = 5,0 mg/l) , Copper (Cu) = 5.704,1 mg/l (NAB = 10,0 mg/l) dan Zinc (Zn) = 64,2 mg/l (NAB = 50,0 mg/l).

Kandungan logam Chromium (Cr) dan Copper (Cu) tersebut diatas adalah cukup tinggi dan Zinc (Zn) agak tinggi dibandingkan dengan nilai ambang batas Baku Mutu TCLP, untuk tidak mencemari lingkungan padatan tersebut harus dilakukan pengelolaan mengacu PP No. 18 Tahun 1999 dan PP No.85 Tahun 1999.

Dalam kajian ini pengelolaan zat padat tersebut dengan menggunakan teknik solidifikasi dengan cara padatan *sludge* minyak hasil *deoiling* (komposisi padatan *sludge* : 25 %, 35 %, 45 %, 65 %, 75 %) dicampur dengan bahan utama bata merah (tanah lempung) dan dibuat bata merah.

2). Minyak

Uji fisik-kimia minyak hasil proses *deoiling* kadar kalorinya cukup tinggi yaitu 19.057 BTU/lb, flash point = 275 °F, sulphur content = 1,18 % , bahwa spesifikasi minyak hasil proses *deoiling* memenuhi persyaratan minyak bakar sesuai Peraturan Dirjen Migas No.: 03/DM/MIGAS/1986, kecuali untuk parameter Viscosity Rewood I/100° F = 358 secs.(batasan minimum = 400) ; agar persyaratan ini dapat terpenuhi dapat dilakukan blending dengan Kerosin ataupun PH Solar dan hasilnya dapat dimanfaatkan untuk minyak bakar di unit kilang minyak atau dijual ke masyarakat untuk bahan bakar boiler plant, pembakaran kapur.

4.2.3. Uji Kimia Bahan Bata Merah

Hasil uji kimia bahan bata merah kandungan SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃ cukup tinggi yaitu : padatan *sludge* SiO₂ = 248.588,9 mg/l, *clay* SiO₂ = 716.534,1 mg/l, padatan *sludge* Al₂O₃ = 5.637,3, *clay* Al₂O₃ = 102.117,2 mg/l , padatan *sludge* Fe₂O₃ = 64.544,2 mg/l, *clay* Fe₂O₃ = 51.073,1 mg/l.

Hasil uji laboratorium baik padatan *sludge* minyak hasil proses *deoiling* maupun bahan utama tanah (*clay*) mengandung unsur-unsur kimia yang memenuhi persyaratan untuk pembuatan bata merah.

Menurut Subari (2002) apabila kadar Fe₂O₃ = 5 – 9 % dan Al₂O₃ = 10 - 22 % akan menghasilkan warna merah dan pada kondisi reduksi warna menjadi coklat mendekati hitam. Kandungan SiO₂ berfungsi membentuk rangka bodi dan kecerahan warna , pada proses Vitrifikasi akan membentuk Mullite (Al₂O₃ 2 SiO₂).

4.2.4. Produk Bata Merah

1). Pengaruh Lama Waktu Pembakaran

Kondisi operasi pembakaran ditetapkan : suhu 900°C , komposisi padatan *sludge* 25 % dengan variasi waktu pembakarann 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam. Setelah dilakukan pembakaran dengan kondisi operasi tersebut dilakukan uji kuat tekan dan pengamatan sifat tampak, hasil terbaik adalah lama waktu pembakaran 4 jam kuat tekannya = $65,75\text{ kg/cm}^2$, sifat tampak bagian luar dan dalam berwarna merah dan tidak retak., memenuhi sebagian syarat SNI 15-2094-2000.

2). Pengaruh Komposisi Padatan *Sludge*

Kondisi operasi pembakaran ditetapkan : suhu 900°C , lama waktu diambil hasil terbaik dari pengaruh waktu tersebut butir (1) yaitu 4 jam, variasi komposisi padatan *sludge* 25 %, 35 %, 45 %, 65 % dan 75 %, hasil terbaik adalah komposisi padatan *sludge* 25 % kuat tekannya = $67,08\text{ kg/cm}^2$ dengan sifat tampak bagian luar dan dalam berwarna merah dan semua sisi tidak retak, hasil ini memenuhi sebagian syarat SNI 15-2094-2000.

Sedangkan variasi komposisi yang lain, semakin meningkatnya prosentase padatan *sludge* mulai dai 35 %, 45 %, 65 %, 75 %, hasil kuat tekannya semakin menurun. Hal ini disebabkan semakin meningkatnya prosentase padatan *sludge* akan semakin menurun kadar Al_2O_3 (kadar awal 10,2 %) dan kadar SiO_2 (kadar awal 71,6 %) yang terkandung dalam tanah lempung , dengan menurunnya kadar kedua materi tersebut bodi bata merah akan semakin rapuh sehingga kuat tekannya semakin menurun.

3). Pengaruh Suhu Pembakaran

Kondisi operasi pembakaran ditetapkan : lama waktu diambil hasil terbaik dari pengaruh waktu tersebut butir (1) yaitu 4 jam, komposisi padatan *sludge* diambil hasil terbaik dari pengaruh komposisi tersebut butir (2) yaitu 25 % dan suhu pembakaran divariasi : 700°C , 800°C , 900°C , 1.000°C dan 1.100°C , hasil terbaik pada suhu pembakaran 1.000°C kuat tekannya = $82,02\text{ kg/cm}^2$ dengan sifat tampak bagian luar dan dalam merah dan semua sisi tidak retak, hasil ini memenuhi sebagian syarat SNI 15-2094-2000.

4). Optimasi

Hasil terbaik adalah komposisi padatan *sludge* 22,5 % dan suhu pembakaran 1.050 °C kuat tekannya = 115,38 kg/cm² dengan sifat tampak bagian luar dan dalam merah tua dan semua sisi tidak retak, kondisi ini memenuhi semua persyaratan SNI 15-2094-2000.

Pada kondisi operasi dari hasil yang optimum tersebut diatas juga dipantau kualitas udara emisinya yaitu untuk parameter SO₂ dan NO₂. Hasil pemantauan kualitas udara emisi parameter SO₂ = 0,945 mg/m³ (NAB = 800 mg/m³) dan parameter NO₂ = 0,020 mg/m³ (NAB = 1.000 mg/m³). Kedua parameter tersebut masih dibawah nilai ambang batas Baku Mutu Udara Emisi menurut Kep-13/MENLH/3/1995.

4.2.5. Uji TCLP Terhadap Produk Bata Merah

Data hasil uji laboratorium terhadap padatan *sludge* sesudah proses *deoiling* (sebagai bahan campuran pembuatan bata merah), kandungan logam berat yang melebihi nilai ambang batas Baku Mutu TCLP adalah logam Cr = 3.293,3 mg/l dan Cu = 5.704,1 mg/l ; Zn = 64,2 mg/l ; maka uji TCLP nya hanya dilakukan terhadap ketiga logam tersebut. Hasil uji TCLP produk bata merah : logam Cr < 0,052 mg/l (NAB=5,0 mg/l) , logam Cu < 0,0094 mg/l (NAB = 10,0 mg/l) dan logam Zn = 0,1950 mg/l (NAB = 50,0 mg/l); ketiga logam tersebut dibawah nilai ambang batas Baku Mutu TCLP PP No. 85 Tahun 1999.

BAB V. SIMPULAN dan SARAN

5.1. Simpulan

- 1.a). Pengelolaan sludge minyak di beberapa tempat industri migas kurang dikelola dan dimanfaatkan dengan baik sesuai ketentuan yang berlaku :
 - Padatan sludge yang kadar minyaknya cukup tinggi dan tanpa dilakukan uji TCLP langsung ditimbun ke dalam tanah.
 - Padatan sludge yang mengandung logam berat cukup tinggi dilakukan bioremediasi dan digunakan sebagai pupuk tanaman, tanaman tersebut tercemar logam berat, misalnya kasus di Irian Jaya.
 - Padatan sludge masih dibiarkan menumpuk di *sludge pond* dan dilahan terbuka, hal ini dapat mencemari lingkungan sekitarnya; menurut ketentuan batas waktu penyimpanan sementara untuk limbah B 3 adalah 90 hari dan cara penyimpanannya harus sesuai dengan ketentuan .
 - Padatan sludge belum dimanfaatkan dengan baik sesuai dengan karakteristiknya, misalnya untuk : bahan anti karat, bahan keramik, bahan pengisi mortar, bahan campuran bata merah dan lain sebagainya.
- b). Padatan sludge hasil dari proses deoiling yang dimanfaatkan sebagai bahan campuran bata merah (solidifikasi) merupakan salah satu alternatif yang diharapkan dapat mengatasi penumpukannya padatan sludge yang selama ini masih menjadi problema di industri perminyakan, bahkan teknologi ini cocok untuk mengatasi padatan sludge minyak yang kadar logam beratnya tinggi.
- 2.a). Kondisi operasi pembakaran bata merah : komposisi bahan 22,5 % padatan sludge minyak dan 77,5 % tanah lempung, suhu pembakaran 1.050 °C dan lama waktu pembakaran 4 jam adalah merupakan hasil yang optimum ; produk bata merah tersebut memenuhi semua persyaratan SNI 15-2094-2000.
- b). Pada kondisi operasi tersebut diatas tidak mencemari lingkungan, dilihat dari :
 - Kualitas udara emisi parameter $SO_2 = 0,945 \text{ mg/m}^3$ dan $NO_2 = 0,02 \text{ mg/m}^3$, kualitas udara emisi tersebut dibawah nilai ambang batas Baku Mutu emisi udara menurut Kep-13/MENLH/3/1995.
 - Uji TCLP pada produk bata merah untuk logam Cr < 0,0520 mg/l ; logam Cu < 0,0094 mg/l dan logam Zn = 0,1950 ;

- c). Minyak hasil dari proses deoiling memenuhi sebagian besar spesifikasi minyak bakar menurut Peraturan Dirjen Migas No.: 03/P/DM/MIGAS/1986, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai minyak bakar.

5.2. Saran

1. Agar lingkungan tidak tercemar oleh limbah sludge minyak, maka dalam pengelolaan sludge minyak harus disesuaikan dengan karakteristiknya dan mengacu pada ketentuan yang berlaku.
2. Sludge Minyak yang mengandung logam berat cukup tinggi seharusnya tidak dilakukan pengolahan secara bioremediasi, dan lebih cocok pengolahannya dengan cara solidifikasi.
3. Untuk sludge minyak dari sumber yang lain dalam penerapan padatan sludge sebagai bahan pencampur pembuatan bata merah, perlu dilakukan kajian teknis terlebih dahulu, karena sludge minyak dari sumber yang berbeda mungkin karakteristiknya berbeda pula.
4. Pengelolaan limbah sludge minyak dengan cara teknologi ini agar berjalan dengan baik, perlu dilakukan kerja sama dengan masyarakat pengusaha bata merah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwar et al, *Crude Oils Of Indonesia Properties And Characteristics*, Research And Development Centre For Oil And Gas Technology, 1995.
- ALKEN Murray Corp. Oil Waste Control With ALKENR860 Deemulsifier & ALKEN CLEAR-FLO R7026. Website: <http://www.alken-murray.com/860-1.htm> 24/03/2002.
- Baker Oil Treating (India) Ltd.; Deemulsifier AQUANOX.
Website:<http://www.bakeroilindia.com/products.html>24/03/2002.
- CEVA International Inc.; PWS-STTS.
Website :<http://www.cevaonline.com/mbs.htm>. 18/03/2002.
- Gesang sinugroho dan Hartono, *JMV, Teknologi Bahan Bangunan Bata & Genteng*, Balai Penelitian Keramik Bandung , 1979.
- Grolier, *Electronic Publishing Incorporation*, Mindscape Incorporation, Novato, California. , 1995.
- Hartono Y.M.V, *Bahan Mentah Untuk Pembuatan Keramik*, Balai Besar Penelitian Pengembangan Industri Keramik, Bandung,1987.
- Hellenic Petroleum Activities; Oil Sludge Treatment Plant in Thessalaniki
Website ; <http://www.hellenic-petroleum.gr/english/activities/main/a-10-3.htm>. 18/03/2002.
- Heryadi N, *Proses Pembuatan Bata, Genteng dan Pipa Keramik*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Keramik, Bandung,1982.
- Jusmal Jusuf dan Subujanto, *Stratigrafi Daerah Jatirogo dan Bancar Sheet 51/xxxix – B*, Pusdiklap Migas Cepu, 1968.
- Kelompok Peneliti Lingkungan Industri Migas, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS", 1999.
- Keputusan Kepala BAPEDAL Nomor ; KEP-01 s/d 05 /BAPEDAL/09/1995
Teknis Pengelolaan Limbah B3.
- Keputusan Direksi Pertamina No Kpts-074/C00000/2001-SO *Tentang Pedoman Pengelolaan Limbah Sludge Minyak Pada Kegiatan Operasi Pertamina*.
- Kingery, W.D, *Introduction to Ceramics*, A Willey-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York,1975.

- Parlin Sihotang dan Yus Ade, *Centrifugal Separation Plus Bioremediation*, Ozon Vol. 3, No. 9 Juni 2002.
- Peraturan Pemerintah RI No. 18 tahun 1999 *tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*.
- Peraturan Pemerintah RI No.85 Tahun 1999 *tentang Perubahan Atas PP No.18 Tahun 1999 Pengelolaan Limbah B3*.
- Pertamina, Energy Policy, Petropages News No.: 20/Year-2/Nov.2000.
- Pertamina, Energy Policy, Petropages News No.: 21/Year-2/Dec.2000
- Peter T.Budzik and Associates Incorporated, *Waste Management Guidelines For Petroleum Refineries and Upgraders*, Pace Report No. 86-2, Prepared for Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment, Ottawa, Ontario,1986.
- Purwanto, *Pemanfaatan Limbah Lumpur Minyak Sebagai Produk Yang berguna*, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UNDIP, Seminar Nasional Rekayasa Kimia & Proses , Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UNDIP , 2002.
- Qurotun A'yuni dkk, *Fraksi Minyak dan Bahan Pengisi Semen Mortar dari Limbah Lumpur Industri Minyak Bumi*, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UGM, Seminar Nasional Rekayasa Kimia & Proses 2002, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UNDIP , 2002.
- Rigo Rubianto, *Teknologi Menyelaraskan Industri dan Lingkungan*, Ozon Vol. 4, November 2002.
- Sphagnum Oily Sludge, Sludge Treatment.Website :<http://home.online.no/-sphagnum/sphagnumsludge.htm>.
- Subari,M. Sagala dan F. Edwin, *Pembuatan Keramik Basalt Stoneware dari Bahan Baku Pasir Galunggung, Bahan Galian Industri, Vol. I,1997*.
- Subari, et al, *Teknologi Proses Produksi Bata Genteng*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Keramik, Bandung , 2000.
- Subari, *Perubahan Fisika-Kimia dan Mineral Pada Pembakaran Pembakaran Lempung*, Balai Besar Keramik, Bandung, 2002.
- Sumanto Imamkhasani, *Lembar Data Keselamatan Bahan (Material Safety Data Sheet) Vol.I*, Puslitbang Kimia Terapan, LIPI, Bandung ,1998.

_____, *Lembar Data Keselamatan Bahan (Material Safety Data Sheet) Vol.II*, Puslitbang Kimia Terapan, LIPI, Bandung, , 1999.

_____, *Lembar Data Keselamatan Bahan (Material Safety Data Sheet) Vol.III*, Puslitbang Kimia Terapan, LIPI, Bandung, 2001.

Sumardi K, *Penggunaan Bata, Genteng, Kapur DAN Pozolan Sebagai Bahan Bangunan*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Keramik, Bandung, 1982.

Standar Nasional Indonesia SNI 15-0449-1989, *Cara Uji Kimia Untuk Lempung dan Pelspar Metode Basah*, Dewan Standardisasi Nasional-DSN.

Standar Nasional Indonesia SNI 15-2094-2000, *Bata Merah Pejal Untuk Pasangan Dinding*, Badan Standardisasi Nasional-BSN.

Tim Penyusun Kajian *Final Report Kajian Pemanfaatan Oil Sludge Pertamina* Kerjasama Pertamina dengan Fakultas Teknik, UNDIP, 2001.

Tiqsons, *Sludge Treatment Process Crude Oil Sludge*. Website : <http://www.tiqsons.com./tiqsons/recycle/sludge/.18/03/2002>.

UNIPURE, *Emulsion Breaking* Website; <http://www.unipurecorp.com/emulsion.html>. 24/02/2002.