

Identifikasi dan Karakterisasi Katalis TA-4 Bekas secara Kimia-Fisika dan Biologi Beserta Pemanfaatannya sebagai Limbah Non B3

Oleh:

Edi Gunawan dan M. Udiharto

I. PENDAHULUAN

Katalis sebagai bahan yang mempengaruhi, menimbulkan, atau mengubah kecepatan reaksi kimia tanpa mengalami perubahan sendiri (Anonimous, 2003), merupakan salahsatu bahan yang tidak terpisahkan dari kegiatan suatu kilang minyak. Bahan tersebut berperan dalam mendukung proses pengolahan minyak mentah menjadi berbagai produk. Banyak macam katalis diperlukan untuk mendukung kegiatan proses pengolahan di kilang minyak. Salah satu katalis yang banyak digunakan adalah TA-4. Katalis ini berfungsi untuk mendukung proses pengolahan tolena *top product* keluaran unit sulfolane, dan mengolah C₉ aromatis *top product* kolom *heavy* aromatis keluaran unit *xilena*.

Kinerja suatu katalis mempunyai keterbatasan. Selama pemanfaatan berlangsung, secara bertahap akan terjadi penurunan kemampuan kerja katalis. Katalis akan diganti dengan yang baru bila kinerja katalis tidak efektif lagi. Katalis bekas tidak dapat diaktifkan kembali, selanjutnya bahan tersebut berubah fungsi menjadi limbah. Limbah yang berasal dari katalis TA-4 bekas berupa butiran-butiran kecil yang keras dan berwarna hitam. Selama kegiatan kilang berlangsung, secara periodik limbah katalis akan selalu dihasilkan. Dari kegiatan suatu kilang di Pertamina, produksi limbah yang berasal dari katalis TA-4 dapat mencapai 12 ton per tahun.

Sebagai limbah hasil kegiatan suatu industri migas, katalis TA-4 bekas tidak boleh langsung dibuang atau dimanfaatkan. Penanganan limbah tersebut, harus mengikuti ketentuan seperti yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 85 Tahun 1999 (PPRI 85/1999). Penanganan diawali dengan identifikasi limbah, yaitu untuk mengetahui apakah limbah eks katalis TA-4 terdaftar dalam kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

atau tidak. Kemudian kajian dilanjutkan ke arah karakteristik limbah. Dalam hal ini pengujian limbah secara kimia-fisika diikuti dengan uji biologi. Apabila hasil analisis tidak memenuhi kriteria sebagai limbah B3, maka terhadap limbah katalis tersebut dapat dilakukan penanganan lebih lanjut. Limbah dapat dibuang di suatu lokasi yang terkontrol atau dapat pula dimanfaatkan menjadi produk lain.

Dalam kegiatan ini, limbah katalis yang telah memenuhi kriteria untuk dibuang diusahakan untuk tidak langsung dibuang tetapi dikaji pemanfaatannya. Selama masih dapat dimanfaatkan, limbah tersebut perlu dimanfaatkan menjadi produk yang berdaya guna. Sehubungan dengan pendayagunaan limbah bekas katalis TA-4, dicoba mengkaji pemanfaatan limbah tersebut sebagai bahan campuran pembuatan *paving block*.

II. TATA KERJA PENANGANAN LIMBAH

Limbah merupakan bahan buangan hasil dari suatu kegiatan. Dalam operasi suatu industri pengolahan minyak, katalis TA-4 bekas merupakan salah satu limbah hasil kegiatannya. Sebagai salah satu limbah hasil dari kegiatan suatu kilang minyak, katalis TA-4 bekas tidak boleh langsung dibuang, limbah tersebut harus ditangani dengan baik sesuai ketentuan. Penanganan limbah tersebut mencakup identifikasi dan karakterisasi limbah. Setelah limbah yang dikaji memenuhi kriteria sesuai dengan ketentuan, kemudian kajian dapat dilanjutkan ke arah pemanfaatannya.

A. Identifikasi Limbah

Penanganan katalis TA-4 bekas, diawali dengan melakukan identifikasi limbah. Kegiatan tersebut dimaksudkan untuk menentukan apakah katalis bekas tersebut termasuk dalam kategori limbah B3 atau tidak. Hal ini dilakukan dengan mencocokkan, apakah

limbah katalis tersebut tercantum dalam daftar jenis limbah B3 seperti tertuang dalam PPRI 85/1999. Selanjutnya dilakukan pengujian karakterisasi limbah, yaitu untuk memastikan apakah katalis TA-4 bekas tersebut termasuk sebagai limbah B3 atau tidak. Karakterisasi limbah menggunakan dua macam cara, pertama pengujian secara kimia-fisika dan berikutnya secara biologi.

B. Pengujian secara Kimia-Fisika

Karakteristik suatu limbah termasuk sebagai limbah B3 atau tidak, diawali dengan pengujian secara kimia-fisika. Kegiatan tersebut dilakukan dengan memeriksa apakah limbah yang diidentifikasi memenuhi salah satu atau lebih karakter sebagai limbah B3. Pada garis besarnya karakteristik limbah B3 mempunyai sifat mudah meledak, mudah terbakar, beracun, reaktif, penyebab infeksi, dan korosif. Khusus identifikasi kandungan senyawa/unsur dalam limbah yang bersifat racun, ditentukan berdasarkan pengujian *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP: Anonimous, 2001).

C. Pengujian secara Biologi

Setelah melalui pengujian secara kimia-fisika, selanjutnya karakterisasi limbah eks katalis TA-4 diyakinkan dengan pengujian toksikologi. Penentuan sifat toksik akut limbah dilakukan dengan uji hayati. Pengujian dilakukan dengan mengukur nilai *Lethal Dose Fifty* (LD_{50}) dari limbah yang diidentifikasi, yaitu dosis limbah yang menghasilkan 50% *respons* kematian pada populasi hewan uji. Nilai tersebut diperoleh dari analisis data secara grafis dan atau statistik terhadap hasil uji hayati. (Bayer, 1968 dan Cassaret, 1980). Apabila nilai LD_{50} limbah di atas 50 mg/kg berat hewan uji, maka perlu dilanjutkan dengan evaluasi sifat kronis terhadap limbah tersebut. (Anonimous, 2001). Evaluasi sifat kronis limbah didasarkan atas kandungan zat pencemar yang terkandung dalam limbah. Sifat kronis limbah (toksik, mutagenik, karsinogenik, teratogenik, dan lain-lain) ditentukan dengan cara mencocokkan kandungan zat pencemar di dalam limbah, dengan bahan pencemar yang tercantum dalam daftar lampiran PPRI 85/1999.

Dari tahapan kegiatan seperti diuraikan dalam butir-butir di atas, akan diperoleh data yang terkait dengan identitas limbah yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat diketahui apakah limbah katalis TA-4 yang diidentifikasi termasuk dalam kategori sebagai limbah B3 atau tidak.

D. Pemanfaatan Limbah

Penanganan lebih lanjut katalis TA-4 bekas pada dasarnya setelah melalui identifikasi dan karakterisasi limbah, yaitu setelah hasil identifikasi dan karakterisasi memenuhi ketentuan. Pengelolaannya dilakukan berdasarkan ketentuan yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) setelah berkoordinasi dengan instansi teknis terkait. Dalam hal ini limbah eks-katalis TA-4 akan dikaji untuk dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam pembuatan *paving block*.

III. HASIL DAN DISKUSI

Dalam rangka pengelolaan katalis TA-4 bekas, telah dilakukan kajian identifikasi dan karakterisasi terhadap katalis bekas tersebut. Ada tiga tahap pengujian yang dilakukan terhadap limbah eks-katalis TA-4, yaitu identifikasi status limbah, karakterisasi secara kimia-fisika dan secara biologi. Dari data hasil ketiga pengujian dapat ditentukan status limbah tersebut. Dengan diketahuinya status limbah eks-katalis TA-4, selanjutnya dapat dilakukan kajian pemanfaatan katalis TA-4 bekas sebagai komponen pembuat *paving block*.

A. Identifikasi Status Limbah

Dari hasil kajian visual tahap awal terlihat bahwa katalis bekas terdaftar dalam Lampiran I PPRI 85/1999. Katalis tersebut termasuk dalam daftar limbah B3 dari sumber yang spesifik dengan kode limbah D221. Dalam daftar tersebut dijelaskan, bahwa katalis bekas hasil kegiatan kilang minyak dan gas bumi termasuk dalam kategori limbah B3. Apakah betul katalis TA-4 bekas juga termasuk limbah B3, hal ini perlu diyakinkan melalui kajian lebih lanjut

C. Karakterisasi secara Kimia-Fisika.

Kriteria limbah B3 secara umum didasarkan atas beberapa karakteristik yang dimilikinya. Pada garis besarnya karakter limbah B3 di antaranya mudah meledak, mudah terbakar, bersifat reaktif, bersifat korosif, penyebab infeksi, dan beracun. Untuk meyakinkan katalis TA-4 bekas termasuk limbah B3 atau tidak, perlu dilakukan karakterisasi limbah katalis tersebut melalui pengujian secara kimia-fisika. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Pengujian limbah yang terkait dengan kriteria beracun, dilakukan berdasarkan analisis TCLP. Prinsip pengujian metode ini adalah mendeteksi apakah ada kandungan bahan dalam limbah yang

Tabel 1
Pengujian karakteristik limbah B3 terhadap katalis TA-4 bekas

No.	Parameter	Hasil Pengujian
1	Mudah meledak	Tidak mudah meledak
2	Mudah terbakar	Tidak mudah terbakar
3	Bersifat reaktif	Tidak bersifat reaktif
4	Penyebab infeksi	Tidak penyebab Infeksi
5	Bersifat korosif	Tidak bersifat korosif
6	Beracun	Tidak beracun

sedang dikaji dapat terlarut dalam asam asetat (Connor, 1990). Pada pengujian tersebut telah dianalisis kurang lebih 53 macam unsur/senyawa sebagai parameter (Anonymous, 2001). Hasil analisis TCLP terhadap limbah katalis TA-4 dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil analisis TCLP seperti yang tercantum pada Tabel 2, terlihat bahwa semua parameter yang diuji hasilnya di bawah ambang. Hal ini menunjukkan bahwa unsur-unsur yang terkandung dalam limbah katalis TA-4 cukup stabil, tidak mudah terkuras oleh asam asetat. Hasil tersebut memberikan indikasi bahwa katalis TA-4 bekas tidak termasuk bahan yang beracun.

Dari data di atas terlihat bahwa tidak satu parameter pun dari hasil pengujian terhadap limbah tersebut menunjukkan karakter limbah B3. Dengan demikian hasil pengujian seperti tersebut di atas memberikan indikasi bahwa limbah eks-katalis TA-4 tersebut tidak termasuk dalam kategori limbah B3.

C. Karakteristik Secara Biologi

Setelah pengujian secara kimia fisika menunjukkan hasil bahwa katalis TA-4 bekas tidak mempunyai karakter sebagai limbah B3, maka hasil tersebut perlu diyakinkan dengan uji secara biologi. Pada kegiatan ini dilakukan pengujian toksikologi terhadap limbah eks-katalis TA-4. Dalam hal ini dilakukan *Acute Toxicology Test LD₅₀*. Sebagai hewan uji, digunakan tikus (*Mus musculus*) berumur sekitar 1 -1,5 bulan sebanyak 10 ekor per kotak pengujian. Waktu pengujian dilakukan selama 10 hari pada suhu 24 – 28°C, kelembapan 60,0 – 85,0%, dan kebisingan 60,0 – 70,0 dB.

Dalam pengujian toksikologi, penentuan apakah suatu zat bersifat toksik akut atau tidak didasarkan atas nilai LD₅₀ (*Lethal Dose Fifty*). Apabila hasil pengujian menunjukkan nilai LD₅₀ secara oral lebih besar dari 50 mg/kg berat badan hewan uji, maka zat tersebut termasuk toksik. Dari hasil pengujian ternyata nilai LD₅₀ sebesar 23.280,91 mg/kg berat badan hewan uji. Hal ini menunjukkan LD₅₀ hasil uji masih di bawah ambang batas yang ditentukan. Dengan demikian limbah katalis TA-4 tidak termasuk toksik. Setelah diketahui bahwa limbah tersebut tidak mempunyai sifat toksik akut, maka sesuai ketentuan dalam kegiatan lebih lanjut evaluasi sifat kronisnya tidak perlu dilakukan.

Identifikasi dan karakterisasi terhadap katalis TA-4 bekas, telah dilakukan sesuai ketentuan seperti terlihat dalam uraian di atas. Data pengujian yang diperoleh menunjukkan bahwa katalis TA-4 bekas hasil kegiatan kilang minyak dan gas bumi tidak termasuk dalam kategori limbah B3. Berdasarkan hasil tersebut, selanjutnya dilakukan kajian pemanfaatan limbah eks-katalis TA-4.

D. Kajian Pembuatan Produk dari Limbah

Dalam rangka penerapan teknologi bersih, maka salah satu usaha yang perlu dilakukan dan dikembangkan adalah melakukan minimisasi limbah. Kegiatan tersebut dapat dilakukan dengan berbagai cara, di antaranya dengan melakukan kegiatan pengurangan limbah (*reduce*), daur ulang (*recycling*), penggunaan kembali (*reuse*), dan perolehan kembali (*recovery*). Dengan demikian melalui penerapan metode/teknologi tersebut, jumlah limbah dapat diturunkan sampai sekecil mungkin, dan di samping itu limbah sebagai bahan buangan dapat diusahakan untuk dimanfaatkan kembali menjadi produk yang mempunyai nilai tambah.

Dalam usaha pemanfaatan limbah katalis TA-4, sebelum dilakukan kegiatan lebih lanjut perlu diketahui komponen penyusun limbah. Sehubungan dengan hal tersebut limbah katalis itu sebelum digunakan, perlu dilakukan analisis kandungannya. Analisis tersebut terutama yang berkaitan dengan produk yang akan dibuat. Komponen dalam katalis TA-4 bekas yang perlu dianalisis di antaranya SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃. Pengujian didasarkan atas metode ASTM.

Tabel 2
 Analisis TCLP katalis TA-4 bekas

No.	Parameter	Ambang batas (mg/L)	Jumlah kandungan (mg/L)
1	Aldrin + Dieldrin	0,07	Trace
2	Arsen	5,0	< 0,01
3	Barium	100,0	0,2
4	Benzene	0,5	Nil
5	Boron	500,0	Nil
6	Cadmium	1,0	0,21
7	Carbon tetrachloride	0,5	Nil
8	Chlordane	0,03	Nil
9	Chlorobenzene	100,0	Nil
10	Chloroform	6,0	Nil
11	Chromium	5,0	Nil
12	Copper	10,0	Nil
13	o-Cresol	200,0	< 2,33
14	m-Cresol	200,0	< 2,33
15	p-Cresol	200,0	< 2,33
16	Total Cresol	200,0	< 2,33
17	Cyanide (Free)	20,0	0,002
18	2,4-D	10,0	Nil
19	1,4-Dichlorobenzene	7,5	Nil
20	1,2-Dichloroethane	0,5	Nil
21	1,1Dichloroethylene	0,7	Nil
22	2,4-Dinitrotoluene	0,13	Nil
23	Endrin	0,02	Trace
24	Fluorides	150,0	Nil
25	Heptachlor+Heptachlor Epoxide	0,008	Trace
26	Hexachlorobenzene	0,13	Trace
27	Hexachlorobutadiene	0,5	Trace
28	Hexachloroethane	3,0	Trace
29	Lead	5,0	0,1
30	Lindane	0,4	Nil
31	Mercury	0,2	< 0,01
32	Methoxychlor	10,0	Trace
33	Methyl ethyl ketone	200,0	Nil
34	Methyl Parathion	0,7	Nil
35	Nitrate + Nitrite	1,000,0	0,63
36	Nitrite	100,0	0,33
37	Nitrobenzene	2,0	
38	Nitrilotriacetic acid	5,0	0,15
39	Pentachlorophenol	100,0	12,33
40	Pyridine	5,0	Trace
41	Parathio	3,5	Trace
42	PCBs	0,3	Nil
43	Selenium	1,0	< 0,01
44	Silver	5,0	Nil
45	Tetrachloroethylene (PCE)	0,7	Nil
46	Toxaphene	0,5	Nil
47	Trichloroethylene (TCE)	0,5	Nil
48	Trihalomethanes	35,0	Nil
49	2,4,5-Trichlorophenol	400,0	< 1,33
50	2,4,6-Trichlorophenol	2,0	< 1,33
51	2,4,5-TP (Silvex)	1,0	Nil
52	Vynil chloride	0,2	Nil
53	Zinc	50,0	0,06

Hasil analisis beberapa senyawa yang terkandung dalam katalis TA-4 bekas, dipaparkan dalam Tabel 3. Terlihat kandungan SiO_2 dan Al_2O_3 merupakan komponen yang mendominasi limbah tersebut. Kandungan SiO_2 mencapai sebesar 52% dan Al_2O_3 37,5%. Dari data tersebut terlihat bahwa kandungan limbah eks-katalis TA-4 didominasi oleh komponen pasir. Dengan demikian limbah ini berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai produk yang memerlukan bahan dasar dari pasir. Dalam hal ini, limbah katalis di antaranya dapat dimanfaatkan sebagai salah satu komponen pada pembuatan suatu produk. Limbah eks-katalis TA-4 dapat dimanfaatkan sebagai campuran dalam pembuatan seperti *paving block*, batako, aspal *hot-mix*, atau bagian dari *trickling filter* dalam bioproses. Pada kajian saat ini, katalis TA-4 bekas akan dikaji menjadi bahan campuran untuk pembuatan *paving block*.

Kajian pembuatan *paving block* dari katalis TA-4 bekas disesuaikan dengan pembuatan secara konvensional. *Paving block* pada dasarnya dibuat dari campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1:5. Untuk kegiatan ini katalis TA-4 bekas akan berperan sebagai pasir, yaitu berfungsi menggantikan peran pasir sebagian atau secara total. Sehubungan dengan fungsi limbah katalis sebagai pasir, maka akan dibuat perlakuan campuran pasir. Berdasarkan campuran tersebut, maka

Tabel 3
 Analisis beberapa senyawa yang terkandung dalam katalis TA-4 bekas

Jenis Limbah	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)
KatalisTA-4 bekas	52,00	37,51	0,11

Tabel 4
 Variasi campuran semen-pasir-katalis bekas untuk pembuatan *paving block*

Perlakuan	Semen	Pasir	Katalis TA-4 bekas
P-1.	1	0	5
P-2.	1	3,75	1,25
P-3.	1	2,5	2,5
P-4.	1	1,25	3,75
P-5.	1	5	0

Tabel 5
 Pengujian kuat tekan beton *paving block* luas 203,8 cm² dan tebal 6 cm

Perlakuan	Berat (gram)	Beban (ton)	Tegangan (kg/cm ²)
P-1	1646	24,50	120,26
P-2	1669	16,25	79,74
P-3	1854	20,50	100,59
P-4	1965	22,50	110,40
P-5	2379	39,00	191,36

Tabel 6
 Pengujian penyerapan air *paving block* luas 203,8 cm² dan tebal 6 cm

Perlakuan	Berat kering	Berat SSD	Berat dalam air	Absorpsi
	(A) gram	(B) Gram	(C) gram	%=[(B-A)/A]x100 ASTM C127
P-1	1629	2053	1060,5	26,02
P-2	1646	2047	1044,5	24,36
P-3	1669	2065	866	23,96
P-4	1054	2172	870	17,15
P-5	1965	2263	990	15,16

pada kajian pembuatan *paving block* dari limbah katalis TA-4 dibuat menjadi lima variasi. Bahan yang divariasikan adalah pasir dan katalis bekas. Dalam hal ini perbandingan semen yang digunakan tetap satu bagian, sedangkan komponen lain yang lima bagian divariasikan berdasarkan perbandingan antara pasir dengan katalis bekas. Variasi perbandingan antara semen, pasir, dan katalis bekas secara rinci dapat dilihat seperti pada Tabel 4.

Dengan variasi campuran seperti tersebut di atas, selanjutnya dicetak menjadi berbagai bentuk *paving block*. Pembuatan dilakukan secara manual dengan pengerasan secara alami kurang lebih selama 28 hari. Setelah melalui pengerasan yang cukup, dilakukan pengujian kekuatan menahan beban dan penyerapan air terhadap setiap *paving block*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Setelah 28 hari pengerasan, selanjutnya dilakukan pengetesan kuat tekan terhadap masing-masing *paving block*. Pada perlakuan P-5 di mana sebagai campuran semen hanya pasir, tegangan hasil pengetesan mencapai 191,36 kg/cm². Bila peran pasir diganti dengan katalis TA-4 bekas (P-1), maka tegangan menjadi 120,26 Kg/cm². Tegangan akan lebih menurun lagi bila sebagai penambah semen adalah campuran pasir dan katalis TA-4 bekas. Dari data ini menunjukkan bahwa peran pasir dapat digantikan dengan katalis TA-4 bekas, namun *paving block* yang dihasilkan tidak sekuat bila dengan pasir.

Pada pengujian *paving block* terhadap penyerapan air terjadi yang sebaliknya. Untuk perlakuan di mana campuran semen hanya pasir (P-5), absorpsi air sebesar 15,16%. Dengan adanya penambahan katalis TA-4 bekas, absorpsi air oleh *paving block* yang diuji meningkat. Makin tinggi katalis bekas ditambahkan makin tinggi absorpsinya. Bila semua komponen pasir diganti dengan katalis TA-4 bekas, maka absorpsi air oleh *paving block* mencapai 26,02%.

Dari kedua macam pengetesan di atas diperoleh gambaran kekuatan *paving block* yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengetesan tekanan maupun penyerapan air terhadap *paving block*, katalis TA-4 bekas dapat berperan sebagai pengganti pasir. Namun kekuatannya lebih rendah dari *paving block* yang menggunakan pasir saja. Dengan demikian *paving block* hasil dari katalis TA-4 hanya mampu menerima beban yang lebih rendah, dalam hal ini dapat digunakan di antaranya untuk jalan pedestrian (pejalan kaki).

IV. KESIMPULAN

Dari hasil kajian identifikasi, karakterisasi, dan pemanfaatan katalis TA-4 bekas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Katalis TA-4 bekas sebagai limbah hasil kegiatan industri migas tidak termasuk dalam kategori limbah B3;
- Katalis TA-4 bekas dapat dimanfaatkan sebagai pengganti pasir dalam pembuatan *paving block* untuk peruntukan beban ringan seperti pedestrian.

KEPUSTAKAAN

1. Anonimous. 1990, "ASTM Designation".
2. Anonimous, 2001, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 85 Tahun 1999", BAPEDAL
3. Anonimous, 2003, "Kamus Minyak dan Gas Bumi", Ed. 5, PPPTMGB "LEMIGAS", Jakarta.
4. Beyer, William H. 1968, "CRC Handbook of Tables for Probability and Statistics", 2nd Ed., CRC Press.Inc., Boca Raton, Florida.
5. Cassaret and Douls. 1980, "Toxicology: The Basic Science of Poisons", 3rd Ed, Publishing Co, New York.
6. Connor, R.J. 1990, "Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Waste", McGraw-Hill Inc., United States. •