

GRANULASI $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ DENGAN PEREKAT POLIVINIL ASETAT UNTUK KATALIS PIROLISIS

Iqbal Tahir, Triyono, Valeria Sonata

^{1,2,3}Laboratorium Kimia Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA UGM, Yogyakarta

INTISARI

Proses granulasi campuran $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ dengan perekat polivinil asetat (PVAc) telah dilakukan pada preparasi pembuatan katalis oksida bentuk pelet untuk reaksi pirolisis kumen. PVAc yang digunakan adalah bahan teknis dan dianalisis berat molekul polimer rata-rata dengan metoda viskosimetri. Karakter thermal PVAc asal dan PVAc dalam campuran $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ditentukan dengan TGA dan DTA untuk mengetahui pola proses penghilangan kembali polimer dari campuran. Proses granulasi dilakukan dengan penambahan PVAc ke dalam campuran $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ (1:1) dalam persen volum yang bervariasi : 1 %, 3 %, 5 %, 10 %, 20 % (berat pasta/volume) dan blanko. Proses granulasi dibuat dengan pengepresan manual sehingga diperoleh dimensi $\phi = 3$ mm, $t = 6$ mm dan dikeringkan pada oven (100°C , 24 jam). Pelet kering dipanaskan untuk proses penghilangan PVAc dan kalsinasi alumina pada suhu $550-600^\circ\text{C}$ selama 4 jam berdasarkan pola pengamatan TGA dan DTA. Uji aktivitas katalis dilakukan untuk pirolisis kumen menggunakan reaktor tubular pada berbagai suhu reaktor (100°C , 150°C dan 200°C) dan analisis hasil dengan kromatografi gas. Karakter katalis berupa warna dan keasaman padatan menunjukkan tidak ada perbedaan antara katalis hasil percobaan dengan blanko. Data porositas dan luas permukaan padatan untuk perlakuan dengan PVAc 20 % menunjukkan bahwa PVAc berperan pada proses pembentukan granular tetapi kemudian dapat dihilangkan kembali setelah proses kalsinasi. Katalis tetap memiliki aktivitas untuk pirolisis kumen pada berbagai suhu rendah.

GRANULATION of $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ by USING PVAc as BINDING AGENT on PREPARATION of PYROLYSIS CATALYST

ABSTRACT

Granulation of $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ by using PVAc as binding agent on preparation of pyrolysis catalyst was done. Thermal analysis was used to determine the thermal character of PVAc it self and the mixing of PVAc- $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$. Processing is done by adding PVAc in various concentration of 1 %, 3 %, 5 %, 10 %, 20 % and 0 %, then mixing with $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (1:1). Dimension of pellet is $\phi = 3$ mm and $h = 6$ mm, was made by drying in oven (100°C , 24 hours) and heated at $550-600^\circ\text{C}$ (as the result of TA) for 4 hours to aim removing PVAc and calcination of alumina. The catalyst has no difference of their characters in colour and surface acidity parameters. It is also seen by porosity and specific surface area of sampel by treating with PVAc 20 %. Pellet by PVAc treatment still has activity as pyrolysis catalyst at various low temperature conditions (100 , 150 and 200°C).

PENDAHULUAN

Pemakaian praktis dari berbagai jenis katalis di lapangan industri membutuhkan beberapa persyaratan tertentu, antara lain adalah bentuk katalis yang mendukung kemudahan pemakaian, mudah untuk diregenerasi kembali dan tidak memberikan efek pengurangan tekanan untuk pemakaian pada fase gas. Katalis-katalis komersial dijumpai dalam bentuk pelet atau granular, baik dalam bentuk produk pencetakan atau sudah merupakan bentuk olahan biasa. Jarang sekali katalis komersial dijumpai dalam bentuk serbuk yang memiliki ukuran partikel halus.

Bentuk fisik padatan merupakan faktor penting dalam hal produksi dan pembuatan katalis. Proses

lebih mudah dilakukan dalam bentuk serbuk, akan tetapi pemakaian relatif lebih disukai dalam bentuk granular. Pada padatan, permukaan padatan ditentukan dari bentuk dan keadaan zat padat tersebut yang secara rinci ditemukan oleh kontribusi dari celah, kerataan, pori dan permukaan lain. Permukaan tersebut selalu menghasilkan luas permukaan sesungguhnya yang selalu lebih besar dari luas permukaan geometriknnya (Lowell & Shields, 1984). Bentuk serbuk dengan ukuran butiran mikrometrik akan memiliki luas permukaan lebih besar daripada bentuk granular. Perubahan bentuk dan ukuran akan berpengaruh terhadap luas permukaan dan mempengaruhi aktivitas katalis. Stanley-Wood et al (1988) melaporkan hubungan korelasi antara ukuran, bentuk dan sifat laju aliran dari bentuk serbuk secara mendalam. Pada publikasi tersebut dijelaskan bahwa

ukuran serbuk semakin kecil maka akan diperoleh interaksi antar partikel yang semakin besar, sehingga aktivitas katalisis yang sangat dipengaruhi kontak antar partikel dipengaruhi juga oleh ukuran serbuk. Rijneten (1986) telah menyelidiki tentang pengaruh ukuran pori dan luas permukaan terhadap aktivitas katalis hidrotreating.

Beranjak dari hal tersebut maka diperlukan suatu usaha pembuatan katalis dengan pengolahan masih dalam bentuk serbuk dan kemudian diolah menjadi produk akhir yang berbentuk granular. Proses pengolahan bentuk serbuk menjadi granular bisa dilakukan secara fisik ataupun dengan bahan perekat tambahan. Untuk beberapa bahan padat tertentu seperti CaO dan senyawa silika (Sleight, 1992), struktur kimia bahan memungkinkan proses granulasi menghasilkan bentuk granular yang kuat dan tidak mudah pecah kembali. Dengan pemberian tekanan tertentu dan dipanaskan pada suhu tinggi akan diperoleh produk katalis granular yang baik. Akan tetapi untuk berbagai bahan katalis oksida lain seperti alumina (Al_2O_3) dan logam-logam oksida (M_2O_3) yang lain, tidak memiliki sifat yang mendukung terbentuknya pelet yang kuat. Sleight (1992) juga memdiskusikan bahwa pada katalis-katalis komersial yang menggunakan campuran logam oksida, mengandung 50 % senyawa silika yang lebih berfungsi sebagai bahan perekat dibandingkan berfungsi sebagai bahan aktif katalis. Sebagai bahan perekat alternatif, dimungkinkan untuk penggunaan perekat organik berupa polimer turunan polivinil seperti polivinil asetat (PVAc) dan polivinil alkohol (PVA) yang merupakan perekat termoplastik.

Pada tulisan ini akan disajikan proses pembuatan katalis granular CaO- Al_2O_3 dengan perekat PVAc dengan aktivitas katalis untuk pirolisis senyawa hidrokarbon kumen berdasarkan keasaman padatan yang terdapat pada alumina. Selain itu tulisan ini membahas juga proses penelitian untuk menemukan kondisi proses yang menghasilkan produk katalis pelet dengan aktivitas menyerupai katalis yang dibuat proses biasa.

METODOLOGI

Bahan. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah CaO (Emerck), Al_2O_3 (Emerck), polivinil asetat (lokal), kumen (Emerck) dan senyawa standar hidrokarbon (benzena, sikloheksana, dan n-heksana) untuk spiking GC serta Gas hidrogen (lokal produksi PT Aneka Gas).

Alat. Peralatan utama yang digunakan untuk pembuatan katalis meliputi oven furnace, pelletizer dan reaktor tubular, sedangkan peralatan untuk karakterisasi dan analisis hasil terdiri dari *thermal gravimetry analyzer* dan *differential thermal*

analyzer, viskosimeter Ostwald dan *surface area analyzer* NOVA data.

Penentuan berat molekul PVAc. Berat molekul polimer PVAc dilakukan dengan metoda viskosimetri dan digunakan untuk mengetahui range berat molekul polimer yang digunakan pada penelitian.

Analisis thermal PVAc dan campuran PVAc-CaO- Al_2O_3 . Disiapkan sampel PVAc murni dan dibuat campuran PVAc-CaO- Al_2O_3 homogen dengan komposisi 1:1:1. Untuk tiap sampel dilakukan analisis thermal gravimetri dan DTA dengan pemanasan dilakukan sampai 800 °C dan laju kenaikan temperatur sebesar 20 °C. Hasil analisis TGA dan DTA digunakan untuk mengetahui pola pemanasan pada saat kalsinasi katalis.

Pembuatan katalis. Katalis kalsium aluminat dibuat dengan mencampur berat yang sama CaO dan alumina. Campuran ditambah pasta polivinil asetat dengan variasi 1 %, 3 %, 5 %, 10 % dan 20 % (b/v), kemudian dihomogenisasi. Campuran dibuat granular dengan dimensi $\phi = 11$ mm dan $t = 5$ mm, dan kemudian dikeringkan di oven pada 100 °C selama 24 jam. Proses selanjutnya adalah kalsinasi pada reaktor dengan kondisi suhu yang ditentukan dari hasil analisis TGA dan DTA selama 2 jam. Dalam proses kalsinasi, pelet akan mengalami dehidrasi dan pecah terbakar.

Sebagai blanko maka dilakukan perulangan dengan cara yang sama untuk campuran alumina dan CaO tanpa PVAc. Proses perlakuan mekanik dan kalsinasi dilakukan pada kondisi yang sama.

Karakterisasi. Untuk sampel dengan perlakuan PVAc 20 %, terhadap sampel sebelum dikalsinasi dan sesudah dikalsinasi dilakukan pengukuran porositas dan luas permukaan spesifik dengan alat *surface area analyzer* dan dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan PVAc.

Untuk tiap sampel katalis hasil penambahan PVAc pada tahap preparasi dilakukan pengamatan warna sampel dan pecahtannya serta dilakukan uji keasaman. Penentuan keasaman dilakukan dengan menggunakan metoda adsorpsi amoniak secara gravimetri. Data warna dan keasaman permukaan digunakan untuk mengetahui karakter katalis dengan dan tanpa penambahan PVAc. Pengolahan data dilakukan dengan analisis statistik untuk mengetahui perbedaan data sampel akibat perlakuan dengan PVAc.

Uji aktivitas katalis. Katalis diuji aktivitasnya dengan menggunakan kumen sebagai umpan di dalam reaktor tabung (*tubular reactor*). Katalis diisi ke dalam reaktor dan ke dalamnya dialiri gas hidrogen.

Kumen dididihkan dan uapnya dialirkan ke dalam reaktor yang diset pada kondisi temperatur tertentu. Variasi suhu ruang reaktor pirolisis dilakukan pada suhu lebih rendah dibandingkan suhu reaksi pirolisis biasa, yaitu 100, 150 dan 200 °C. Hasil reaksi ditampung pada wadah dan disimpan pada ruang pendingin untuk dianalisis lebih lanjut.

Hasil uji aktivitas katalis terhadap pirolisis kumen dilakukan dengan gas kromatografi terhadap keluaran cairan yang tertampung. Untuk mengetahui jenis produk turunan kumen yang diperoleh dengan menggunakan teknik spiking dengan senyawa standar.

Tabel 1. Perubahan struktur PVAc selama analisis thermal

Langkah	Kisaran suhu (°C)	Proses
I	85 - 115	Dehidrasi, pelepasan air bebas (puncak endotermis)
II	130-150	Pembentukan monomer vinil asetat, pelepasan molekul H ₂ O dan pelepasan (puncak endotermis)
III	310-355	Pelepasan gas CO ₂ dari vinil asetat (puncak eksotermis)
IV	420-520	Pembakaran residu hidrokarbon

Tabel 2. Perubahan struktur pada campuran PVAc:CaO/Al₂O₃ selama analisis thermal

Langkah	Kisaran suhu (°C)	Proses
I	85 - 110	Dehidrasi (puncak endotermis)
II	110-160	Pembentukan monomer vinil asetat (puncak endotermis)
III	160-380	Perlu dideteksi lebih lanjut

Tabel 3 Data porositatis sampel katalis dan blanko

Porositas			
α Pelet CaO/Al ₂ O ₃ blanko			
Jari-jari /Å	Luas pori / m ² A ⁻¹ g ⁻¹ · 10 ³	Volume pori / m ³ A ⁻¹ g ⁻¹ · 10 ³	
405.680	388.474	7.879	Total volume pori = 53,957 · 10 ⁻⁴ mL/gr Jari-jari pori rerata = 29,667 Å
159.958	1332.856	10.660	
106.297	3177.470	16.887	
80.509	5777.108	23.255	
64.983	9463.672	30.749	
54.892	14457.286	39.680	
46.673	26314.316	61.409	
40.091	30054.104	60.245	
35.751	36788.896	65.763	
32.211	36964.838	59.535	
29.372	39802.135	58.586	
26.817	59714.580	80.070	
24.512	56049.221	69.797	
22.696	58704.236	66.617	
21.080	61494.184	64.817	
19.661	65205.301	64.101	
18.335	66296.105	60.778	
17.064	70134.128	59.841	
15.986	146915.131	117.431	
15.010	77115.326	57.875	

b. Pelet CaO/Al ₂ O ₃ PVAc 20 % sebelum kalsinasi			
457.658	0.284	0.006	
160.236	4.011	0.32	
107.324	33.223	0.178	Total volume
81.119	48.169	0.195	pori
64.535	76.903	0.248	= 45,153 · 10 ⁻⁴
53.853	173.017	0.465	mL/gram
45.928	223.833	0.513	Jari-jari pori
40.353	297.484	0.600	rerata
35.969	382.305	0.687	= 23,428 · A ²
32.414	455.326	0.737	
29.285	517.989	0.758	
26.697	590.277	0.787	
24.570	669.446	0.822	
22.687	777.816	0.882	
21.099	997.450	1.051	
19.673	1299.210	0.277	
18.364	1046.484	0.962	
17.164	1169.163	1.003	
16.053	1305.368	1.047	
15.033	1445.690	1.086	
c. Pelet CaO/Al ₂ O ₃ PVAc 20 % setelah kalsinasi			
523.531	81.067	2.122	
181.914	616.248	5.605	Total volume
114.740	1568.793	9.000	pori
84.352	3229.160	13.619	= 52,093 · 10 ⁻⁴
66.692	5869.698	19.573	mL/gram
55.228	9872.795	27.263	Jari-jari pori
46.803	14533.551	34.011	rerata
40.597	20082.384	40.764	= 33,1989 · A ²
35.990	25714.575	46.285	
32.296	44153.653	71.301	
29.482	35794.746	52.766	
26.809	50532.948	67.767	
24.394	54388.722	66.338	
22.581	59425.285	67.095	
20.968	64321.295	67.435	
19.554	71448.765	69.856	
18.279	76059.710	69.515	
17.071	78625.499	67.112	
15.976	81823.388	65.861	
14.978	83869.589	62.810	

PEMBAHASAN

Data percobaan menunjukkan bahwa PVAc ($[C_4H_6O_2]_n$) yang digunakan pada percobaan ini memiliki berat molekul sekitar 20.802,46 sma. Apabila berat molekul 1 monomer vinil acetat ($C_4H_6O_2$) sebesar 86,09 sma, maka polimer tersebut memiliki n sekitar 247 buah. Jenis PVAc yang digunakan adalah polimer dari bahan teknis di

pasaran dan sudah dikemas dalam bentuk pasta, oleh karena itu tingkat polimerisasi PVAc sudah relatif tinggi.

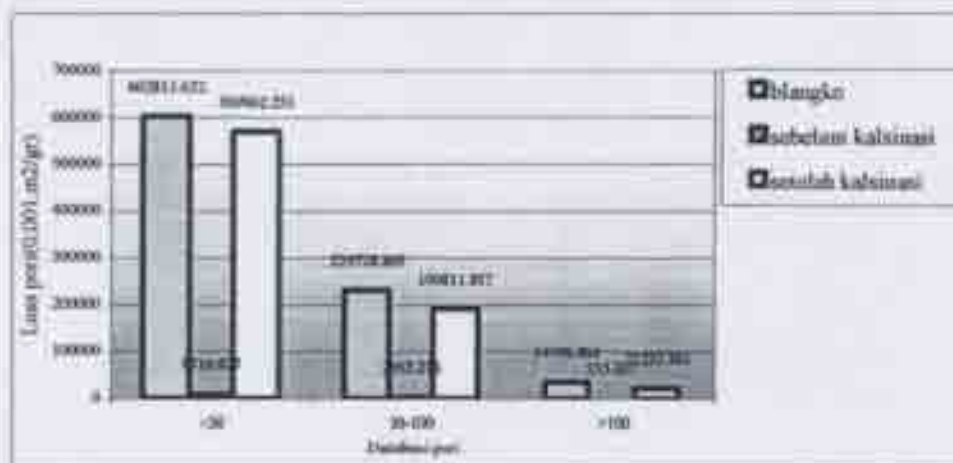
Data analisis thermal menunjukkan bahwa terjadi langkah-langkah perubahan struktur fisik dan kimiawi pada kisaran suhu tertentu. Dari analisis thermal, dibuat ringkasan hasil yang disajikan pada tabel 1. Demikian juga untuk analisis thermal terhadap campuran PVAc-CaO-Al₂O₃ disajikan pada

tabel 3. Pada data tersebut dilaporkan tentang proses-proses yang terjadi pada pemanasan PVAc dan campuran PVAc-CaO-Al₂O₃. Hasil penting dari analisis thermal tersebut digunakan untuk menestakan temperatur penghilangan PVAc dari katalis pada proses kalsinasi. Dari hasil diketahui PVAc berubah menjadi monomer vinil asetat pada suhu 130-150 °C dan hilang dari katalis di atas suhu 520 °C, sehingga suhu kalsinasi bisa dilakukan di atas suhu 520 °C. Untuk proses kalsinasi katalis sendiri, umumnya biasa dilakukan pada suhu sekitar 600-700 °C. Dengan demikian proses ini relatif tidak merubah kondisi proses kalsinasi.

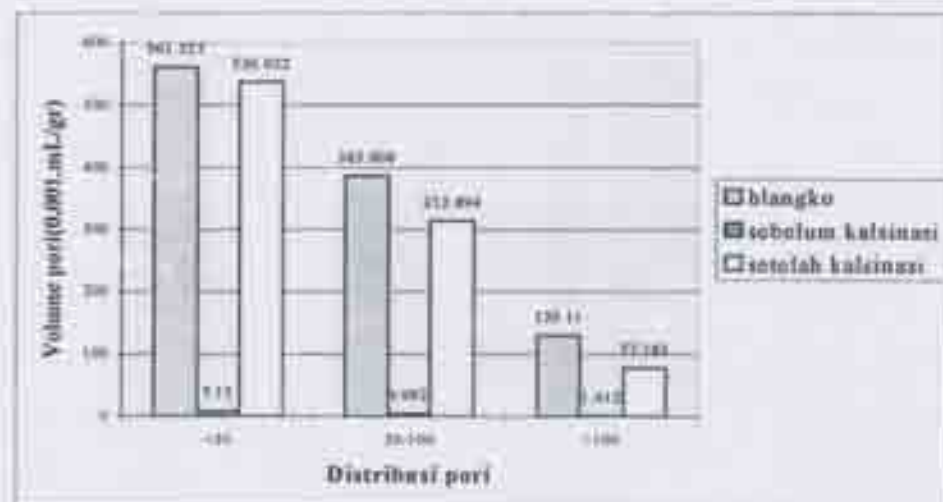
Proses yang terjadi akibat adanya perlakuan PVAc ini juga diamati dengan analisis porositas terhadap sampel dengan konsentrasi PVAc 20 % dan data disajikan pada tabel 3. Bagian (a) merupakan

data rekapitulasi porositas untuk blanko berupa campuran CaO-alumina tanpa PVAc, (b) untuk sampel dengan perlakuan sebelum dikalsinasi dan (c) setelah dikalsinasi. Data menunjukkan bahwa PVAc akan menutup pori sampel dan setelah kalsinasi dilakukan pori akan terbuka kembali.

Data porositas menunjukkan bahwa pada ketiga pengelompokan ukuran pori (pori < 30 Å, 30-100 Å dan > 100 Å), perlakuan PVAc mengakibatkan pengurangan luas dan volume pori (lihat diagram gambar 1 dan gambar 2). Akan tetapi setelah proses kalsinasi maka akan kembali memiliki luas dan volume pori seperti semula. Hal ini sangat menarik untuk dikaji dan diduga penurunan akibat PVAc tersebut karena sifat PVAc yang homogen pada fase setting sehingga akan menutup rongga alumina.



Gambar 1. Luas pori spesifik berdasarkan distribusi pori untuk sampel dengan perlakuan PVAc 20 %.



Gambar 2. Volume pori berdasarkan distribusi pori untuk sampel katalis dengan perlakuan PVAc 20 %.

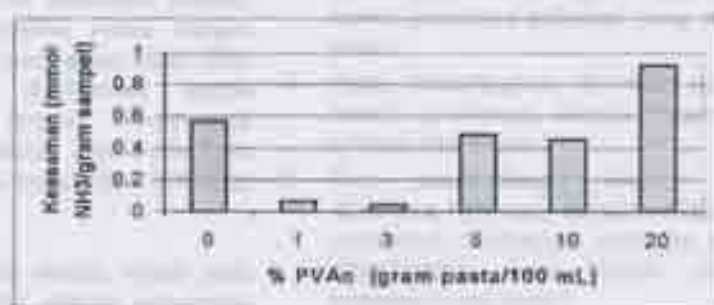
Tabel 4 Data Luas permukaan spesifik sampel katalis dan blangko

Sampel	Luas permukaan spesifik / m ² .gram ⁻¹
Pelet CaO/Al ₂ O ₃ (Blangko)	36,3752
Pelet CaO/Al ₂ O ₃ PVAc 20 %	31,3829
Pelet CaO/Al ₂ O ₃ PVAc 20 % setelah dikalsinasi	38,5456

Data luas permukaan spesifik membuktikan bahwa PVAc akan mengurangi luas permukaan spesifik pada saat proses granulasi, yaitu terlihat apabila dibandingkan dengan luas permukaan spesifik blangko tanpa PVAc sebesar 36,3752 m².gram⁻¹ menjadi 31,3829 m².gram⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa pori pada alumina sebelumnya akan tertutup PVAc tetapi kemudian akan terbuka kembali dengan proses pemanasan yaitu dengan tercapainya luas permukaan spesifik sebesar 38,5456 m².gram⁻¹. Dengan demikian proses kalsinasi juga dapat meningkatkan luas permukaan sampel yang ditunjukkan dengan luas permukaan hasil akhir lebih tinggi daripada keadaan awal. Jadi proses pemanasan yang dilakukan akan mengakibatkan terjadinya dua proses sekaligus yaitu penghilangan PVAc kembali

dan proses kalsinasi itu sendiri. Untuk keperluan praktis maka hal ini tidak akan menambah biaya produksi pembuatan katalis.

Penampakan fisik katalis pelet hasil perlakuan PVAc menunjukkan bahwa warna pelet putih cerah dan tidak terlihat adanya warna hitam, baik pada permukaan luar maupun pada bagian dalam setelah dipecah. Hal ini menunjukkan bahwa sudah tidak ada sisa pembakaran tak sempurna dari polimer PVAc yang biasanya ditandai dengan warna hitam. Data karakterisasi keasaman disajikan pada tabel 5, serta disajikan secara grafis ditunjukkan pada gambar 3, dimana terlihat tidak ada kecenderungan khusus akibat pengaruh penggunaan PVAc dalam proses granulasi katalis terhadap harga keasaman padatan. Hal ini juga diperkuat dengan analisis statistik dengan uji pasangan t yang menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan untuk keseluruhan data pada tingkat kepastian P < 0,05. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa karakter katalis secara fisik tidak menunjukkan perbedaan yang berarti akibat penambahan PVAc. Hal ini disebabkan oleh proses kalsinasi dilakukan pada suhu di atas penghilangan polimer PVAc.



Gambar 3 Diagram batang dan data keasaman katalis pelet hasil granulasi dengan PVAc pada berbagai variasi.

Tabel 5 Data keasaman katalis akibat perlakuan PVAc pada berbagai variasi

% PVAc	Keasaman (mmol NH ₃ terserap/gram sampel)
0	0.5705
1	0.0676
3	0.0441
5	0.4882
10	0.4529
20	0.9235

Uji aktivitas katalis pelet hasil penelitian dilakukan terhadap reaksi pirolisis kumen pada suhu rendah dan produk dianalisis dengan kromatografi gas. Pada tabel 6 berikut disajikan hasil konversi

pirolisis kumen dengan menggunakan katalis pelet CaO/Al₂O₃ yang dibuat dengan penggunaan PVAc 20 % pada proses granulasi dan kemudian dihilangkan kembali pada proses kalsinasi sama. Kromatogram sampel yang diinjeksi dengan benzena tetap memberikan dua peak dengan waktu retensi yang sama seperti kromatogram tanpa penambahan benzena.

Produk pirolisis yang terdeteksi diduga hanyalah benzena, sedangkan produk turunan lainnya masih belum bisa terdeteksi. Puncak pada kromatogram dengan waktu retensi sekitar 7,5 menit adalah puncak dari benzena, yang dibuktikan dengan teknik spiking untuk sampel produk reaksi yang sama.

Tabel 6 Hasil konversi reaksi pirolisis kumen dengan katalis $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$

Suhu Reaksi ($^{\circ}\text{C}$)	Kumen terkonversi (%)
100	2.3424
150	5.0054
200	0.8577

Produk turunan pirolisis kumen selain benzena tidak bisa terdeteksi karena diduga secara teoritis memiliki titik didih sangat rendah (misal propana yang memiliki titik didih -42°C).

Mekanisme pirolisis kumen dengan katalis telah dipelajari oleh berbagai peneliti. Pirolisis kumen dapat diakibatkan oleh katalis logam atau adanya keasaman pada permukaan padatan seperti yang terdapat pada katalis oksida alumina. Mekanisme reaksi pirolisis kumen pada permukaan alumina serupa dengan reaksi serupa pada permukaan zeolit. Forney (1987) memuliskan bahwa peristiwa perengkahan kumen dapat dikatalisis oleh zeolit terdekationasi, dengan mekanisme seperti reaksi pada gambar 4. Reaksi langkah pertama merupakan substitusi elektrofilik dari proton menjadi gugus alkil. Mekanisme serupa juga bisa terjadi pada permukaan alumina yang memiliki keasaman permukaan cukup tinggi. Sifat keasaman tersebut disebabkan terjadinya intermediat reaksi dengan struktur ion karbonium dan suatu pusat asam. Sifat keasaman tersebut dapat diakibatkan karena kekuatan asam pada gugus tertentu, kerapatannya (jumlah pusat asam per satuan luas permukaan padatan), dan jenis keasaman seperti tipe Brønsted dan tipe Lewis.

Reaksi biasanya lebih mudah terjadi pada temperatur tinggi dibandingkan dengan temperatur rendah, demikian juga untuk reaksi pirolisis. Dengan masih berfungsinya aktivitas katalis pada suhu rendah maka dapat diterima anggapan tidak ada pengaruh perlakuan PVAc terhadap aktivitas katalis.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa (i) PVAc dapat digunakan sebagai perekat, (ii) karakter katalis tidak berubah dan (iii) aktivitas katalis tidak berubah. Penggunaan PVAc dapat digunakan pada proses pembuatan pelet katalis dan dapat dihilangkan kembali setelah proses kalsinasi. Dari hasil analisis thermal sudah bisa menunjukkan hilangnya PVAc setelah pemanasan untuk proses kalsinasi yang dilakukan pada suhu $550 - 600^{\circ}\text{C}$. Penggunaan analisis thermal untuk analisis kuantitatif pembakaran karbon pada sampel padatan sudah cukup akurat. Hal ini terbukti dengan tidak terlihatnya warna hitam yang biasanya menunjukkan sisa karbon tertinggal pada residu. Karakter katalis relatif tidak mengalami perubahan fisik dan kimiawi yang cukup berarti dilihat dari parameter warna dan

keasaman padatan. Karakter ini merupakan karakter fisik secara makroskopik, untuk karakter yang lebih akurat bisa dibuktikan dengan melakukan penelitian lebih lanjut dengan melihat pada struktur pori dan kristalinitas katalis dan dibandingkan dengan perlakuan blanko. Secara teknis katalis hasil granulasi dengan PVAc ini juga masih memiliki aktivitas sebagai katalis untuk reaksi pirolisis kumen.

Pengembangan riset granulasi dengan menggunakan suatu perekat masih perlu dikaji lebih lanjut, khususnya efek terhadap produk katalis untuk berbagai jenis aktifitas.

KESIMPULAN

PVAc dapat digunakan sebagai perekat untuk membantu proses granulasi $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ tanpa merubah karakter katalis itu sendiri secara berarti, serta tetap menghasilkan produk katalis yang memiliki aktivitas untuk reaksi pirolisis kumen.

PERTANYAAN :

1. Istilah granulasi itu apa ? apa sudah betul, karena prosesnya peletisasi yang menghasilkan pelet !
2. Perlu dibandingkan aktivitas pellet dengan bentuk powdernya, karena berpengaruh pada aplikasi dilapangan !
3. Cara perbandingan kiranya tidak bisa dilakukan, karena uji aktivitas dilakukan setelah perekatnya dihilangkan sehingga sampel yang dibandingkan sama bentuk pelet dengan komposisi yang sama !
4. Peranan CaO dalam penelitian anda tersebut dibutuhkan dalam proses granulasi atau pada katalisannya ?
5. Mengapa dalam penelitian anda pada proses kalsinasinya terjadi pelepasan H_2O . Apakah H_2O yang dilepaskan tidak merusak/ mendestruksi Al seperti pada aluminosilikat ?
6. APAKAH KUMEN ?
7. Reaktor tubular, apa artinya dan keunggulannya ?
8. Pertanyaan sekaligus saran : Hasil percobaan katalis dengan blanko, bagaimana nama, keasaman padatan dan densitas ?
9. Bagaimana penentuan keasaman padatan ?

- granulasi bersifat lebih umum, termasuk untuk prosedur pelletisasi
2. Aktivitas katalis dalam bentuk serbuk sudah dilakukan peneliti lain dan pada penelitian ini hanya di uji bahwa katalis pelet dalam bentuk pelet juga masih memiliki aktivitas pada reaksi pirolisis kumen.
 3. Pengujian aktivitas dilakukan pada produk akhir yaitu katalis bentuk pelet yang sudah dipanaskan (setelah melewati proses kalsinasi dan penghilangan PVAC). Apabila pengujian dilakukan pada saat belum dihilangkan PVAC maka aktivitas katalis juga masih diragukan, mengingat sampel belum dikalsinasi.
 4. CaO tidak berperan pada proses granulasi, tetapi lebih pada proses katalisasi, karena bisa berfungsi meningkatkan keasaman alumina dan juga sebagai binder. CaO dan Al₂O₃ pada suhu tinggi (diatas 1600°C) bisa sebagai perekat (contoh pada semen) yaitu membentuk monokalium oksida-aluminat, tetapi pada penelitian ini dilakukan pada suhu 500°C.
 5. Pelepasan air terjadi pada saat termoseting dan dehidrasi pada suhu sekitar 100°C, dengan demikian hasil ini tidak mengganggu proses pembentukan katalis.
 6. Kumen adalah turunan benzena dengan nama IUPAC isopropil benzena (C₉H₁₂), kumen terdapat pada salah satu fraksi berat minyak bumi dan batu bara cair.
 7. Reaktor tubular berupa reaktor silindris dengan katalis bisa menempati ruangan reaktor dan umpun bisa diadirkan secara kontinu. Keunggulannya : - suhu bisa keseluruhan bagian secara merata, suhu bisa divariasikan dengan mudah.
 8. Pemanfaatan warna secara fisik antara blanko dan sampel tidak berbeda yaitu menunjukkan

makalah

9. Parameter keasaman menyatakan jumlah situs asam (Bronsted dan Lewis) pada permukaan padatan dan dinyatakan sebagai kapasitas amoniak terserap (dalam mmol/gram sampel)

Cara penemuan :

Sampel ditimbang (1 gr) kemudian dimasukkan dalam desikator. Desikator divakumkan terlebih dahulu kemudian dialiri uap jenuh amoniak dan dibiarkan selama 24 jam. Setelah itu sampel dikeringkan selama 3 jama pada suhu kamar dan ditimbang beratnya. Kemudian dihitung dengan rumus

$$\frac{W_b - W_a}{BM \text{ NH}_3} \times 1$$

DAFTAR PUSTAKA

1. Forny, L., 1987, *Surface Acidity of Solid Catalysts*, John Wiley & Sons, New York.
2. Lowell, S., Shields J.E., 1984, *Powder Surface Area and Porosity*, edisi 2, Chapman and Hall, London.
3. Rijneten, H.Th., 1986, *Pore Size Distribution of Hydrotreating Catalysts*, Kojen Catalyst Symposium 1986, Amsterdam.
4. Sierght, A.W., 1992, *Introduction to Heterogeneous Catalysts*, pada Cheetan & Day (1992)