

**PEMBUATAN PROTOTIP SMAC  
(SURFACTANT MODIFIED ACTIVATED CARBON)  
METODA BATCH SEBAGAI  
ADSORBAN HEXAVALENT CHROMIUM (CR.VI)  
LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT**

**Eko Tri Sumarnadi A.<sup>1</sup>, Happy Sembiring<sup>1</sup> Mutia Dewi Yuniati<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI  
Jl. Sangkuriang, Bandung 40135  
Email: ekotri@geotek.lipi.go.id

**Sari**

Limbah cair industri penyamakan kulit di Desa Sukaregang, Kabupaten Garut pada umumnya masih mengandung unsur logam berat (kromium) yang dibuang ke badan sungai baik dengan maupun tanpa pengolahan terlebih dahulu. Kromium yang diketemukan pada badan sungai bisa berupa kromium (Cr.III) dan kromium (Cr.VI). Kromium (Cr.VI) memiliki toksisitas lebih tinggi dibandingkan kromium (Cr.III), karena kromium (Cr.III) terserap ke dalam partikulat, sedangkan kromium (Cr.VI) tetap berada dalam bentuk larutan. Badan sungai yang mengandung kromium melebihi nilai baku mutu (0,05 mg/liter) dapat membahayakan bagi kesehatan manusia. Solusi alternatif dapat dilakukan dengan mengadsorpsi kromium (Cr.VI) dengan adsorban dalam IPAL, sebelum limbah cair tersebut dibuang ke sungai. Walaupun karbon aktif termasuk adsorban yang telah terbukti mampu menyerap unsur logam berat dalam cairan, namun masih kurang efektif terhadap kromium. Oleh karena itu, modifikasi karbon aktif dengan surfaktan berbentuk monomolekul menjadi penting untuk dilakukan penelitian. Penelitian bertujuan untuk memperoleh prototip SMAC (*Surfactant Modified Activated Carbon*), yakni adsorban dengan selektivitas daya serap tinggi terhadap kromium (Cr.VI). Eksperimen dilakukan di Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI melalui intrudusir surfaktan (*ethylenediamine*, EDA) ke dalam karbon aktif dengan metoda *batch*. Hasil eksperimen diperoleh: konsentrasi EDA: 50 mL/liter, pH 7, temperatur 25 °C, rasio: berat Karbon Aktif / volume Surfaktan 1 gram/ 200 mL dan waktu kontak selama 8 jam, digunakan sebagai parameter dasar pembentukan prototip SMAC. Hasil uji menunjukkan kapasitas daya serap prototip SMAC terhadap ion Cr (348,43 mg/L), Cu (1,74 mg/L dan Fe (2,77 mg/L) limbah cair industri penyamakan kulit pada kondisi rasio: solid/liquid 5 gram/liter dalam waktu kontak selama 8 jam, belum memperlihatkan hasil optimal. Namun demikian, berdasarkan grafik interpolasi :  $Y = 0,024 X^3 - 1,601 X^2 + 25,22 X + 230,7$  untuk mereduksi kandungan ion logam berat tersebut per liter diperlukan sekitar 110 gram SMAC.

**Kata kunci:** prototip SMAC, adsorban, kromium, limbah cair, industri penyamakan kulit.

**Abstract**

*Waste water of leather tanning industry in Sukaregang village, Garut regency commonly still contain heavy metals (Chromium/Cr) that discharged into river body with or without pretreatment. Chromium in river body detectable as Cr(III) and Cr(VI). Chromium (VI) has higher toxicity than Cr (III) because Cr(III) adsorbed into particulate, whereas Cr(VI) still remain in the solution. River body that contain Cr over the quality standard (0.05 mg/L) can be harmful for human health. Alternative solution can be done by using adsorban in waste water treatment plant (WWTF) to adsorb Cr before discharged into river body. One of the proven adsorban able to adsorb heavy metals is activated carbon, but it was not effective enough to adsorb Cr. Therefore this research was needed to modified activated carbon by using*

*monomolecule surfactant to obtain SMAC (Surfactant Modified Activated Carbon) prototype with high Cr adsorption selectivity. Experiment carried out by introducing surfactant (ethylenediamine/EDA) into activated carbon by using batch method. Basic parameter that used for SMAC prototype formation are: EDA concentration: 50 mL/liter, pH: 7, temperature: 25°C, ratio of activated carbon to surfactant volume: 1 g/200 mL, and contact time: 8 hours. SMAC prototype resulted with those parameters was not optimum yet because with 5 gram SMAC/L waste water ratio only can adsorb 348.43 mg/L Cr, 1.74 mg/L Cu and 2.77 mg/L Fe in 8 hours contact time. Base on interpolation curve of  $Y = 0.024X^3 - 1.601X^2 + 25.22X + 230.7$ , 110 gram SMAC was needed to reduce heavy metals in 1 liter waste water of leather tanning industry.*

**Keyword:** SMAC prototype, adsorban, chromium, waste water, leather tanning industry.

## PENDAHULUAN

Sejak tahun 1920 Industri Penyamakan Kulit di Desa Sukaregang, Kabupaten Garut tumbuh dan berkembang dengan pesat, hingga kini terdapat lebih dari 300 pengusaha/ pengrajin (Nyoman, dkk., 2008). Disatu sisi keberadaan industri tersebut memberikan manfaat ekonomi yang signifikan bagi masyarakat, yakni terlihat dari menjamurnya industri sepatu, jaket dan asesoris lainnya berbahan baku kulit di Kota Garut, namun disisi lain masyarakat masih kurang memperhatikan aspek perlindungan lingkungan karena dampaknya tidak langsung dapat dilihat.

Dalam industri penyamakan kulit, *chromium* merupakan bahan abrasif yang berfungsi sebagai media pemisah antara bulu dari kulit sapi, domba dan / atau kambing, namun sebagian *chromium* yang telah digunakan akan terbuang bersama air sebagai limbah cair yang sangat berbahaya bagi kehidupan manusia. Limbah cair industri penyamakan kulit tersebut pada umumnya mengandung logam berat, dibuang langsung ke badan sungai dengan / atau tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. Meskipun telah terdapat beberapa instalasi pengolahan air limbah (IPAL), namun pada kenyataannya IPAL tersebut tidak difungsikan dengan baik dan benar (Rusydi, 2008). Salah satu upaya dalam mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan mereduksi dan/atau menghilangkan *hexavalent chromium* (Cr.VI) dalam limbah cair tersebut melalui proses penyerapan (adsorpsi) dengan menggunakan bahan adsorban.

Bahan adsorban yang selama ini digunakan untuk menyerap unsur-unsur logam berat adalah karbon aktif yang dapat diperoleh dari proses karbonisasi dan aktivasi batubara (Solikin, 2006). Walaupun karbon aktif telah terbukti dapat digunakan dengan baik sebagai bahan penyerap untuk logam-logam (Pb, Hg, Cu), tetapi masih kurang efektif (belum optimal) untuk unsur *hexavalent chromium* Cr.VI (Choi Hd, 2009). Guna meningkatkan selektivitas daya serap terhadap unsur *hexavalent chromium* (Cr<sup>+6</sup>) tersebut, akan diatasi dengan cara karbon aktif diintrodukir dengan menggunakan surfaktan kelompok kationik seperti *Ethylenediamine* (EDA), *Monoethanolamine* (MEA), dan *Heavy Polyamine* (HPA) X (Hui, 1996).

Penelitian yang dilakukan melalui eksperimen di laboratorium dengan metoda *batch*, bertujuan untuk memperoleh prototip SMAC, yakni : adsorban yang mempunyai selektivitas daya serap yang tinggi terhadap *hexavalent chromium* (Cr.VI). Permasalahan yang dihadapi dalam mencapai tujuan tersebut adalah bagaimana cara memperoleh parameter dasar pembentukan prototip SMAC melalui perlakuan-perlakuan kimia & fisika yang tepat ketika surfaktan (EDA) diintrodukir ke dalam karbon aktif sehingga mencapai titik kesetimbangan ? Parameter dasar yang dimaksud adalah : konsentrasi surfaktan (EDA), pH proses, temperatur dan tekanan proses. Disamping parameter dasar tersebut, parameter lainnya dalam bentuk pertanyaan : berapa besar rasio: berat Karbon aktif / volume Surfaktan (EDA) dan lama waktu kontak yang diperlukan dalam memperoleh parameter dasar pembentukan prototip SMAC ? Demikian pula berapa besar rasio: berat solid/volume liquid dan lama waktu kontak untuk memperoleh selektivitas dan kapasitas daya serap optimal dalam uji coba terhadap limbah cair industri penyamakan kulit ?

Penelitian ini menjadi penting (*urgent*) untuk dilakukan, mengingat prototip SMAC selanjutnya akan diterapkan dalam optimalisasi pembuatan model IPAL industri penyamakan kulit.

## TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi secara nyata dalam mengurangi terjadinya degradasi lingkungan akibat aktivitas industri penyamakan kulit di Indonesia pada umumnya dan khususnya di Desa Sukaregang, Kabupaten Garut.

## METODOLOGI

### 1. Kerangka Pemikiran

Peningkatan selektivitas daya serap karbon aktif dapat dilakukan dengan cara mengintrudisir surfaktan kelompok kationik (*ethylenediamine*, EDA) ke dalam karbon aktif. Karena adanya perbedaan tegangan permukaan dan sifat *hydrophobic* dari karbon aktif, memungkinkan surfaktan menempel pada permukaan karbon aktif itu sendiri. Surfaktan yang menempel di permukaan partikel karbon aktif, akan mengubah sifat karbon aktif tersebut dari *hydrophobic* menjadi *hydrophilic*.

Secara teoritis, permukaan padatan yang kontak dengan suatu larutan cenderung untuk menghimpun lapisan dari molekul-molekul zat terlarut pada permukaannya sebagai akibat ketidaksetimbangan gaya-gaya pada permukaan. Adsorpsi fisika diakibatkan kondensasi molekuler dalam kapiler-kapiler dari padatan (Zhenhua *et al*, 2008). Karbon aktif bersurfaktan dapat mengadsorpsi ion logam chromium hexavalent (Cr.VI), sementara karbon aktif cenderung tukar ion dan kurang efektif mengadsorpsi terhadap ion logam Cr.VI (Rios, 2003).

### 2. Hipotesis

Melalui pemilihan jenis karbon aktif (Iodine Number >500), konsentrasi surfaktan kationik (*ethylenediamine*, EDA) dan perlakuan kimia-fisika secara tepat, serta pengukuran tingkat penyerapan karbon aktif terhadap EDA dengan menggunakan indikator COD, FTIR dan UVS dapat diperoleh parameter dasar pembentukan prototipe SMAC. Prototip SMAC yang diperoleh selanjutnya di uji coba terhadap limbah cair industri penyamakan kulit Desa Sukaregang, Kabupaten Garut diharapkan mempunyai kapasitas dan selektivitas daya serap tinggi terhadap ion logam kromium (Cr<sup>+6</sup>).

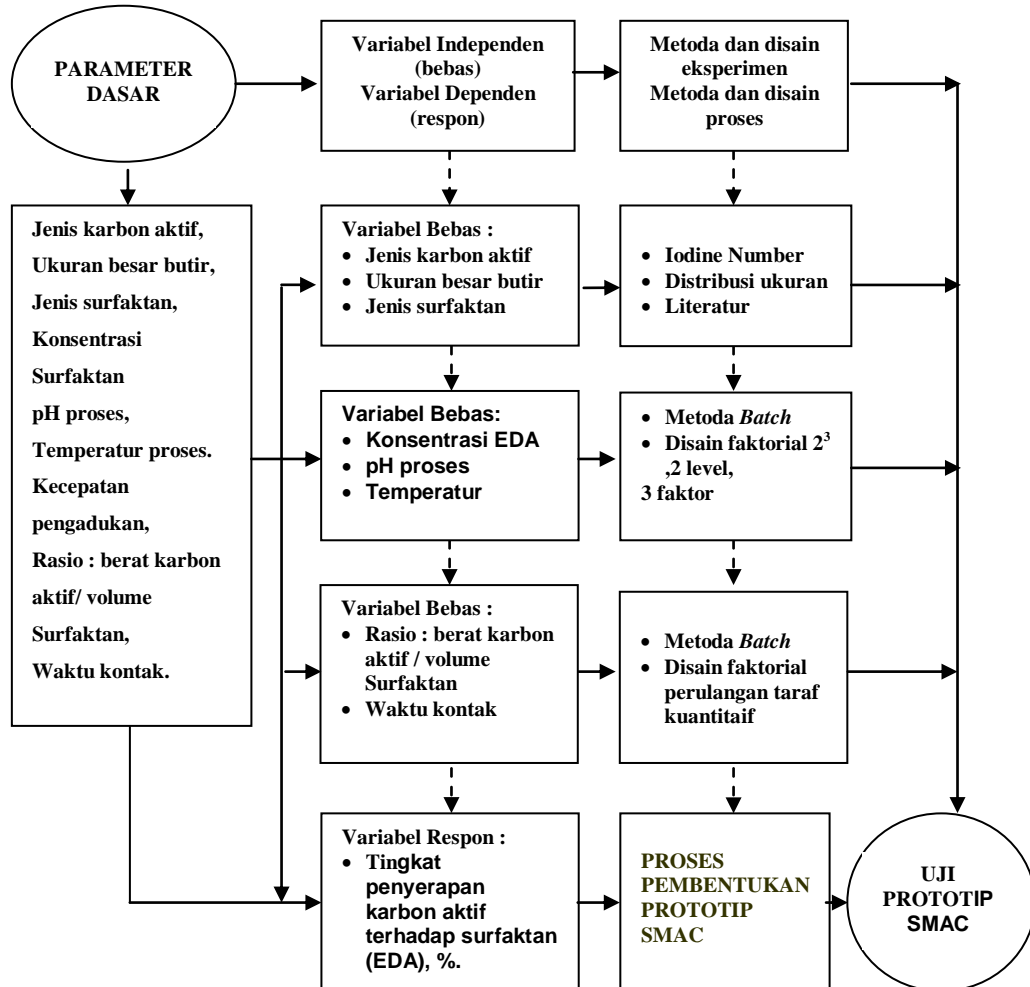
### 3. Tahapan Kegiatan

Penyiapan bahan eksperimen :

Bahan eksperimen terdiri dari bahan baku berupa karbon aktif hasil karbonisasi batubara yang diperoleh dari *tekMIRA*, surfaktan berupa : *ethylenediamine* (EDA), serta bahan kimia lainnya. Karakterisasi karbon aktif dilakukan melalui analisis ukuran besar butir dengan menggunakan mesin saringan getar untuk mengetahui distribusi ukuran besar butir, dilanjutkan dengan analisis Iodium Number guna mengetahui kapasitas pori untuk masing-masing fraksi ukuran besar butir.

Metoda eksperimen :

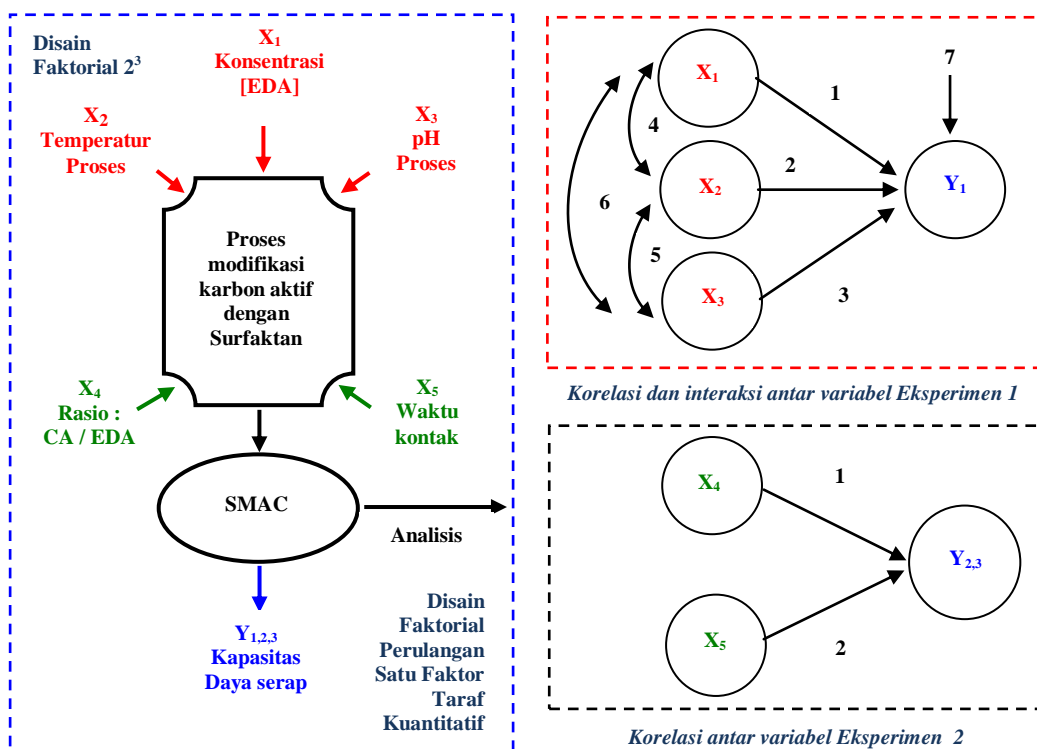
Metoda eksperimen yang diterapkan adalah modifikasi karbon aktif dengan surfaktan (EDA) melalui metoda *batch*. Karbon aktif direndam di dalam surfaktan (EDA) yang berbentuk monomolekuler. Penentuan parameter dasar yang berperan dalam proses pembentukan prototip SMAC dilakukan dengan tahapan kegiatan seperti diperlihatkan pada bagan alir Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir tahapan eksperimen hingga proses pembentukan prototip SMAC

Disain eksperimen :

Eksperimen dilakukan dengan menggunakan parameter kimia dan fisika bertujuan untuk memperoleh parameter dasar yang berperan dalam proses pembentukan SMAC. Parameter fisika yang dimaksud adalah : ukuran besar butir, temperatur, kecepatan pengadukan, pH, rasio: solid/liquid, dan waktu kontak, sedangkan parameter kimia adalah konsentrasi surfaktan, yakni berupa *ethylenediamine (EDA)*. Penentuan parameter dasar tersebut dilakukan melalui eksperimen metoda *batch* dengan mengacu disain eksperimen (Sudjana, 1980). Eksperimen dilakukan dalam 2 (dua) tahap, yaitu : disain faktorial  $2^3$ , yakni : 2 (dua) level dari 3 (tiga) faktor yang artinya: level rendah dan level tinggi dari tiga faktor yaitu : konsentrasi EDA, pH dan temperatur proses. Parameter dasar lainnya ditetapkan sebagai kondisi tetap. Tahap kedua, adalah disain faktorial perulangan satu faktor taraf kuantitatif dari faktor-faktor lainnya, yakni : rasio berat Karbon aktif/volume Surfaktan (EDA) dan lama waktu kontak. Masing-masing eksperimen dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali replikasi untuk memperoleh validitas data. Pola disain eksperimen disajikan pada Gambar 2, yang memperlihatkan jalinan (korelasi dan/atau interaksi) antara variabel bebas dengan variabel respon.



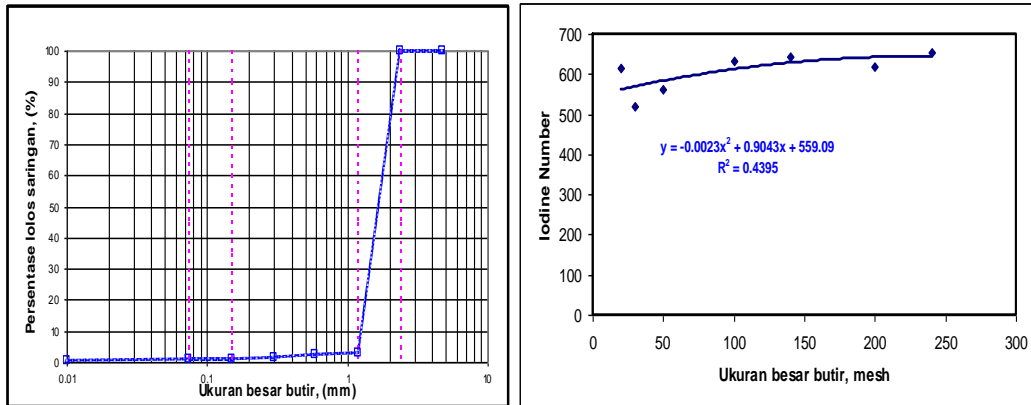
Gambar 2. Pola disain eksperimen yang mencerminkan jalinan antar variabel

## HASIL DAN DISKUSI

### 1. Karakter Bahan Baku

Bahan baku eksperimen berupa karbon aktif dari hasil karbonisasi batubara berkadar rendah yang diperoleh dari *tekMira*. Gambaran tentang hasil analisis distribusi fraksi ukuran besar butir karbon aktif dan korelasinya dengan hasil analisis *Iodine Number* disajikan pada gambar 3. Berdasarkan kedua grafik tersebut, nampak bahwa distribusi ukuran besar butir sebagian besar (97%) terdistribusi pada ukuran besar butir (-10+20 mesh), sedangkan nilai *Iodine Number* tersebut berkisar antara (518,22 - 652,88). Berdasarkan indikator nilai *Iodine Number* > 500 dan mengingat bahwa eksperimen masih dalam skala laboratorium, maka dipilih ukuran besar butir (-200 mesh) yang mempunyai nilai *Iodine Number* terbesar, yaitu sekitar (652,88), dengan konsekuensi mereduksi ukuran besar butir hingga pada ukuran butir tersebut.

Meskipun terdapat berbagai jenis surfaktan yang dapat digunakan sebagai media aktivasi, namun pada umumnya digunakan jenis surfaktan yang bersifat kationik (Hui, 1996), diantaranya adalah *Ethylenediamine (EDA)*, *Monoethanolamine (MEA)*, dan *Heavy Polyamine (HPA)* X. Dari ketiga jenis surfaktan tersebut, *Ethylenediamine (EDA)* dipilih dalam eksperimen ini dengan mempertimbangkan bahwa harga relatif murah dan disamping mudah diperoleh di pasar bahkan juga mudah untuk dibuat sendiri. Beberapa peneliti terdahulu telah melakukan penelitian sejenis dengan berbagai tujuan, walaupun tidak menyebutkan berapa besarnya konsentrasi surfaktan yang digunakan dalam penelitiannya, tetapi pada umumnya menggunakan surfaktan dengan konsentrasi rendah (Zhenhua Li *et al*, 2008, dan Rios *et al*, 2003).



Gambar 3. Grafik distribusi fraksi ukuran besar butir dan nilai Iodine Number karbon aktif

## 2. Parameter Dasar Pembentukan Prototip SMAC

Hasil eksperimen (1) dengan metoda disain faktorial  $2^3$ , yang mencerminkan 8 (delapan) kombinasi perlakuan dengan menggunakan indikator analisis filtrat metoda COD (*Chemical Oxygen Demand*) diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil eksperimen (1) disain faktorial  $2^3$  dengan indikator hasil analisis COD<sup>\*)</sup>

Hasil eksperimen disain faktorial $2^3$	Tingkat penyerapan karbon aktif terhadap EDA (konsentrasi %)			
	Temperatur proses, °C			
	Temperatur kamar (25°C)		Temperatur 110°C	
	pH proses			
	pH 7	pH 12	pH 7	pH 12
Konsentrasi (EDA) 1 mL / 200 mL (4.500 ppm)	13,82	11,82	2,27	20,45
	22,77	15,90	28,02	20,45
	22,43	14,38	22,72	17,42
<b>Jumlah</b>	<b>59,02</b>	<b>42,10</b>	<b>53,01</b>	<b>58,32</b>
Konsentrasi (EDA) 10 mL / 200 mL (45.000 ppm)	8,6	2,35	2,35	7,19
	2,35	6,23	15,77	1,43
	14,84	7,19	2,35	20,25
<b>Jumlah</b>	<b>25,79</b>	<b>15,77</b>	<b>20,47</b>	<b>28,87</b>

<sup>\*)</sup>Laboratorium Kualitas Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB

Untuk mengetahui sampai sejauhmana korelasi dan interaksi antar faktor perlakuan (konsentrasi [EDA], temperatur dan pH proses) dengan tingkat penyerapan karbon aktif terhadap surfaktan (EDA), disusun sebuah hipotesis riset yakni: bahwa faktor perlakuan (konsentrasi [EDA], temperatur dan pH) berpengaruh (berkorelasi dan / atau berinteraksi) dengan tingkat penyerapan karbon aktif terhadap surfaktan (EDA). Selanjutnya hipotesis riset tersebut diubah menjadi hipotesis statistika, dengan menggunakan 2 (dua) level dari 3 (tiga) parameter tersebut sehingga dapat diperoleh 7 hipotesis statistika ( $H_0$ ) dan ( $H_1$ ), salah satu contoh seperti hipotesis berikut :

**H<sub>0,1</sub>**: Tidak terdapat korelasi antara konsentrasi [EDA] dengan tingkat penyerapan karbon aktif terhadap surfaktan.

**H<sub>1,1</sub>**: Terdapat korelasi antara konsentrasi [EDA] dengan tingkat penyerapan karbon aktif terhadap surfaktan.

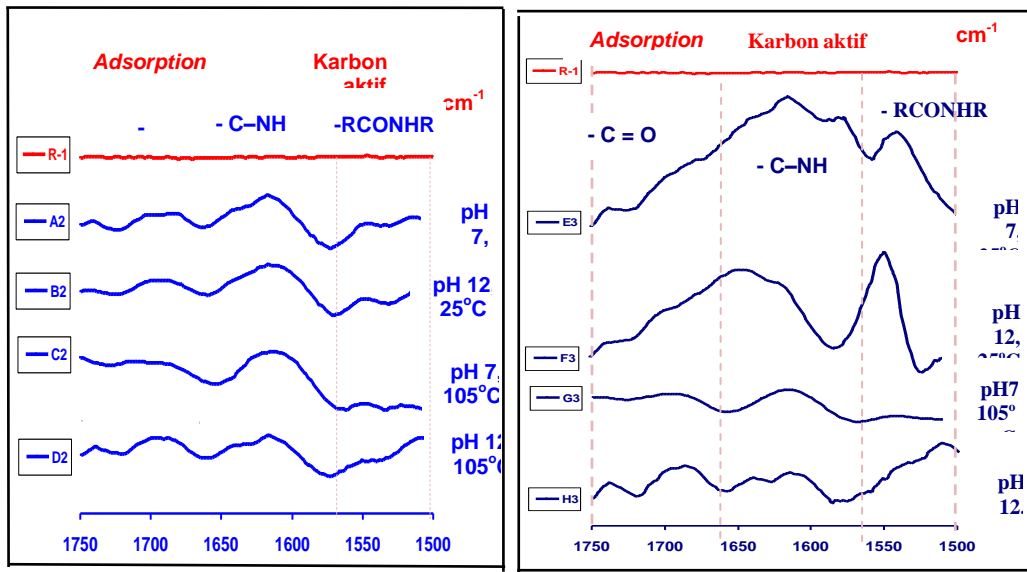
Sedangkan sebagai kriteria uji : jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak, jika  $F_{hitung} < F_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima, dan / atau jika nilai  $sign < (\alpha = 5\%)$  maka  $H_0$  ditolak, jika nilai  $sign > (\alpha = 5\%)$  maka  $H_0$  diterima. Guna mengetahui sejauhmana hubungan (korelasi dan / atau interaksi) antara kombinasi perlakuan dengan pengaruh atau efek yang membentuk kontras dan derajat kebebasan (dk), jumlah kwadrat (JK), jumlah kwadrat-kwadrat (RJK) untuk setiap kombinasi perlakuan eksperimen disain faktorial  $2^3$  dihitung dengan menggunakan metoda *Yates* (Sudjana, 1980). Melalui penghitungan kontras dan analisis varian dua arah, maka baik korelasi maupun interaksi setiap kombinasi perlakuan dalam proses eksperimen dapat diperoleh nilai signifikansi seperti disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil analisis varian dua arah untuk eksperimen (1), disain faktorial ( $2^3$ )<sup>\*)</sup>**

Sumber variansi	dk	JK	RJK	F <sub>hitung</sub>	Nilai sign	F <sub>tabel</sub>
<b>Rata-rata Perlakuan</b>	1	3.834,2	3.834,2	-	-	
<b>A</b>	1	615,60	615,60	11,82	0,0013	F <sub>tabel</sub>  ( $\alpha = 0,05$ )  = 3,01
<b>B</b>	1	13,49	13,49	0,26	0,5788	
<b>AB</b>	1	0,25	0,25	0,005	30,1	
<b>C</b>	1	7,29	7,29	0,14	1,075	
<b>AC</b>	1	4,16	4,16	0,08	1,88	
<b>BC</b>	1	68,85	68,85	1,32	0,114	
<b>ABC</b>	1	0,60	0,60	0,002	75,25	
<b>Kekeliruan</b>	16	833,03	52,06	-	-	
<b>Jumlah</b>	<b>24</b>	<b>5.377,5</b>	-	-	-	-

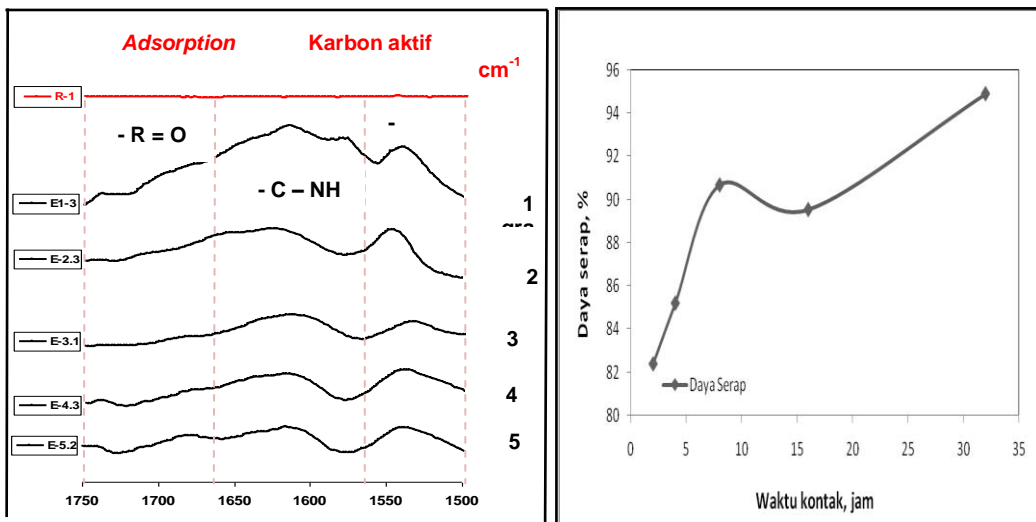
<sup>\*)</sup> Modifikasi dari Sudjana, 1980

Berdasarkan hasil analisis statistika dengan kriteria uji tersebut, dapat diambil keputusan bahwa konsentrasi (EDA), dengan nilai  $sign (0,0013) < (\alpha = 5\%)$  maka  $H_0$  ditolak, artinya terdapat korelasi antara konsentrasi (EDA) dengan tingkat penyerapan karbon aktif terhadap surfaktan, sementara parameter lainnya baik korelasi maupun interaksi tidak cukup signifikan karena nilai  $sign > (\alpha = 5\%)$ . Dengan demikian, diambil keputusan bahwa diantara ketiga parameter dasar tersebut, konsentrasi (EDA) merupakan parameter dasar yang paling berpengaruh secara signifikan dan kombinasi 5 (lima) dipilih sebagai parameter dalam proses pembentukan SMAC. Guna mendukung pilihan diantara kedua konsentrasi EDA tersebut, maka dilakukan analisis residu dengan metoda FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) di Laboratorium Teknik Kimia, ITB. Hasil analisis eksperimen (1) dengan indikator tersebut diperlihatkan pada Gambar 4, menunjukkan adanya perbedaan intensitas spektra FTIR yang cukup signifikan yang mencerminkan tingkat penyerapan dari 8 kombinasi perlakuan eksperimen setelah diperbandingkan dengan karbon aktif sebagai kondisi awal, yaitu : adsorption (R-1). Intensitas spektra paling tinggi terdapat pada kombinasi perlakuan nomor 5, yakni: konsentrasi EDA (50 ml/L), pH 7 dan temperatur kamar (T. 25°C) yang pada akhirnya dipilih sebagai kondisi tetap dalam eksperimen (2) pada tahap berikutnya.



Gambar 4. Spektra FTIR pada konsentrasi EDA level rendah dan level tinggi

Pengolahan data hasil eksperimen (2.1) berdasarkan indikator spektra analisis FTIR (Gambar 5.a), memperlihatkan bahwa semakin besar rasio: berat karbon aktif (CA) /volume Surfaktan (EDA) cenderung semakin kecil intensitas adsorption terhadap komponen EDA. Kondisi tersebut semakin nampak jelas, ketika dilakukan analisis secara semi kuantitatif yang memperlihatkan tingkat validitas data cukup signifikan yang ditunjukkan oleh nilai  $R^2$  mendekati atau =1(satu). Dengan demikian, besaran rasio: berat CA/volume Surfaktan (EDA) = 1 gr/ 200 mL dipilih sebagai kondisi tetap dalam eksperimen berikutnya.



Gambar 5. Korelasi spektra FTIR pada berbagai rasio: berat Karbon aktif / volume EDA (5.a) dan waktu kontak dengan tingkat daya serap karbon aktif terhadap EDA (5.b)



Sedangkan hasil eksperimen (2.2) berdasarkan indikator analisis filtrat dengan metoda *UVS* (*Ultraviolet Spectrophotometer*) yang dilakukan di Laboratorium Teknik kimia, ITB disajikan pada Gambar 5.b, memperlihatkan bahwa semakin lama waktu kontak cenderung semakin besar kapasitas daya serap karbon aktif terhadap komponen EDA, meskipun peningkatan tersebut tidak cukup signifikan. Kondisi optimal diperoleh dalam waktu kontak selama 8 jam, dengan tingkat penyerapan karbon aktif terhadap EDA lebih dari (90 %). Dengan demikian, parameter waktu kontak selama 8 jam dipilih sebagai parameter dasar dalam pembentukan prototip SMAC.

### 3. Pembentukan Prototip SMAC

Pembentukan prototip SMAC dilakukan dengan metoda *batch* mengacu parameter dasar terpilih dari hasil eksperimen (1) dan (2), yakni: konsentrasi [EDA]: 50 mL/liter, [pH]: 7 (normal), [Temp.]: 25 °C (temperatur kamar), rasio : berat Karbon Aktif / volume Surfaktan: 1 gram/ 200 mL dan waktu kontak selama 8 jam. Namun untuk mengetahui sejauhmana karakteristik yang menyangkut tentang selektivitas dan kapasitas daya serap prototip SMAC perlu dilakukan uji coba daya serap SMAC terhadap ion logam berat pada limbah cair industri penyamakan kulit.

### 4. Karakter Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit

Guna keperluan pengujian kapasitas dan selektivitas daya serap prototip SMAC terhadap ion logam berat terutama kromium ( $Cr^{+6}$ ), maka dilakukan *sampling* terhadap limbah cair industri penyamakan kulit di Desa Sukaregang, Kabupaten Garut. Karakter limbah cair yang digunakan sebagai umpan dalam uji coba tersebut diperlihatkan pada Tabel 3, yang diperoleh dari pembuangan limbah cair dari mesin pemisah bulu (pencucian) dan mesin pengepres kulit. Seperti telah dijelaskan diatas, bahwa limbah langsung di buang ke badan sungai. Walaupun terdapat IPAL, namun IPAL tersebut pada umumnya tidak berfungsi dengan baik.

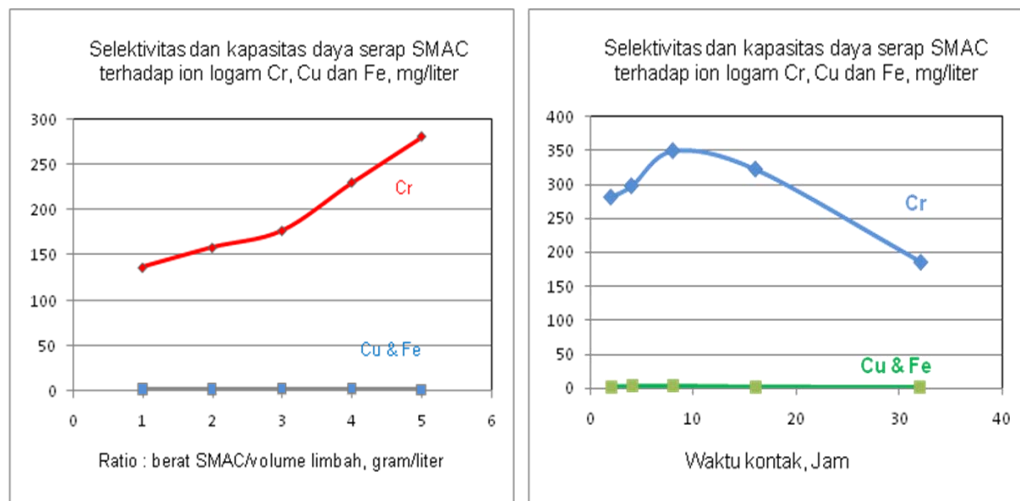
**Tabel 3. Hasil analisis kimia air limbah industri penyamakan kulit Desa Sukaregang**

No.	Parameter Analisis	Satuan	Hasil Analisis	
			Sample A	Sample B
1	pH <sup>*)</sup>	mg/liter	3,31	11,59
2	COD <sup>*)</sup>	mg/liter	3912	3318
3	BOD	mg/liter	2380	2050
4	Oksigen Terlarut	mg/liter	3,30	0,48
5	Kromium (Cr)	mg/liter	2682	0,612
6	Tembaga (Cu)	mg/liter	1,891	0,002
7	Besi (Fe) <sup>*)</sup>	mg/liter	9,109	1,751

<sup>\*)</sup> Terakreditasi (Laboratorium Kualitas Air, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB)

### 5. Pengujian Prototip SMAC

Pengujian prototip SMAC dilakukan dengan metoda *batach*, rasio berat solid/volume liquid dan waktu kontak digunakan sebagai variabel bebas, sedangkan tingkat penyerapan SMAC terhadap ion logam digunakan sebagai variabel respon. Hasil pengujian prototip SMAC terhadap conto limbah cair industri penyamakan kulit Desa Sukaregang, Kabupaten Garut disajikan pada grafik Gambar 6, yang memperlihatkan korelasi antar variabel. Dari grafik tersebut memperlihatkan bahwa selektivitas dan kapasitas daya serap SMAC terhadap limbah cair industri penyamakan kulit, untuk ion logam Cr (348,43 mg/L), Cu (1,74 mg/L) dan Fe (2,77 mg/L) diperoleh pada kondisi perlakuan rasio : solid/liquid 5 gram/liter dalam waktu kontak selama 8 jam belum menunjukkan hasil yang optimal. Namun demikian, berdasarkan grafik korelasi :  $Y = 0,024 X^3 - 1,601 X^2 + 25,22 X + 230,7$  maka untuk mereduksi kandungan ion logam berat limbah cair per liter paling tidak diperlukan sekitar 110 gram SMAC.



**Gambar 6. Grafik korelasi rasio: solid/liquid dan waktu kontak terhadap tingkat daya serap terhadap ion logam berat limbah cair industri penyamakan kulit**

## 6. Evaluasi Prototip SMAC

Berbagai faktor penyebab kurang optimalnya daya serap SMAC, namun paling tidak ada 2 (dua) aspek utama, yakni : adsorban (bahan penyerap) dan bahan yang diserap. Tinjauan terhadap kedua faktor tersebut, kemungkinan penyebabnya adalah :

Aspek adsorban :

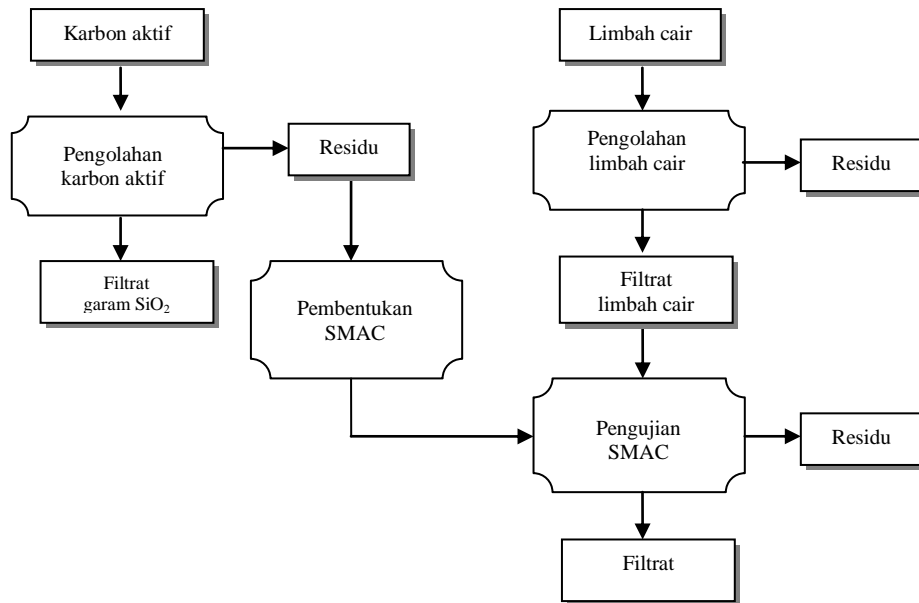
- Karbon aktif masih mengandung silikat ( $\text{SiO}_2$ ) dan membentuk garam amonium silikat, menutupi permukaan sehingga mengganggu kapasitas daya serap SMAC.
- Konsentrasi EDA masih relatif tinggi, sehingga fungsi daya serap dari karbon aktif menjadi lemah karena sebagian besar permukaan karbon aktif tertutup baik oleh EDA maupun garam amonium silikat yang terbentuk.

Aspek bahan yang diserap :

- limbah cair masih mengandung bahan organik lainnya, seperti lemak juga akan mengganggu proses adsorpsi SMAC.

Oleh karena itu, perlu dilakukan optimalisasi prototip SMAC dengan 3 (tiga) tahapan sebagai berikut (Gambar 7):

- Dilakukan pengolahan karbon aktif (-10+20 mesh) dengan menggunakan HF, untuk mengurangi kandungan silikat ( $\text{SiO}_2$ ).
- Dilakukan *redesign* proses pembentukan SMAC dengan mengacu parameter dasar yang telah diperoleh dengan konsentrasi EDA (0,05ml/liter) dan menambahkan sejumlah bahan aditif ( $\text{SOCl}_2$ ) agar larutan menjadi lebih bersifat reaktif.
- Dilakukan pengolahan terlebih dahulu terhadap limbah cair sebelum digunakan untuk uji coba, terutama untuk menghilangkan komponen lemak.



Gambar 7. Bagan alir proses optimalisasi prototip SMAC

## KESIMPULAN

1. Karakter karbon aktif yang diperoleh dari *tekmIRA*, menunjukkan bahwa karbon aktif mengandung silikat ( $\text{SiO}_2$ ), distribusi ukuran besar butir sebagian besar (97 %) berada pada ukuran besar butir antara (-10 + 20 mesh). Semakin kecil ukuran besar butir menunjukkan nilai Iodine Number semakin besar, nilai Iodine Number berkisar antara (518,22 - 652,88).
2. Guna keperluan eksperimen dipilih ukuran besar butir (- 200 mesh) yang mempunyai nilai Iodine Number sekitar (652,88), dengan konsekuensi mereduksi ukuran besar butir hingga mencapai (- 200 mesh).
3. Parameter dasar pembentukan prototip SMAC adalah : konsentrasi [EDA]: 50 ml/liter, [pH]: 7 (normal), [Temp.]: 25 °C (temperatur kamar), rasio : berat Karbon Aktif / volume Surfaktan: 1 gram/ 200 ml dan waktu kontak selama 8 jam.
4. Karakter conto limbah cair industri penyamakan kulit yang digunakan untuk uji daya serap SMAC bersifat asam (pH 3), mengandung logam berat Cr (2682) mg/L, Fe (9,109) mg/L dan Cu (1,891) mg/L.
5. Hasil uji coba selektivitas daya serap SMAC terhadap limbah cair industri penyamakan kulit menunjukkan selektivitas dan kapasitas daya serap terhadap ion logam Cr (348,43 mg/l), Cu (1,74 mg/L) dan Fe (2,77 mg/L) diperoleh pada kondisi perlakuan rasio: solid/liquid 5 gram/liter dalam waktu kontak selama 8 jam, belum memperlihatkan hasil optimal. Namun demikian, berdasarkan grafik korelasi :  $Y = 0,024 X^3 - 1,601 X^2 + 25,22 X + 230,7$  maka untuk mereduksi kandungan ion logam berat limbah cair per liter paling tidak diperlukan sekitar 110 gram SMAC.
6. Optimalisasi prototip SMAC dapat dilakukan melalui 3 (tiga) tahapan, yakni : treatment karbon aktif dan limbah cair sebelum digunakan serta redesign pembentukan SMAC.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI dan Kepala Pengelola Program Insentif Riset Peneliti dan Perekayasa LIPI Tahun Anggaran 2010, atas kesempatan dan kepercayaan yang diberikan kepada kami untuk melaksanakan kegiatan penelitian ini. Tidak lupa kami juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada tekMIRA dan ITB serta semua pihak, terutama kepada R. Amelia dan Atet Saepuluh yang telah membantu kami baik sejak pelaksanaan penelitian maupun hingga selesainya tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Rusydi, A.F., 2008. *Penentuan Status Mutu Sumber Air untuk Pengelolaan dan Pengendalian Pencemaran Air Menggunakan Metoda Indeks Permanen : Studi Kasus Desa Sukaregang, Kabupaten Garut*. Provinsi Jawa Barat, Peran Riset Geoteknologi dalam Mendukung Pembangunan Berwawasan Lingkungan, Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, Bandung.
- Choi, H.D., Jung, W.S., Cho, J.M., Ryu, B.G., Yang, J.S., dan Baek, K., 2009. *Adsorption of Cr<sup>+6</sup> on to Cationic Surfactant Modified Activated Carbon*. Department of Environment Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Republic of Korea.
- Hafni, E., 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Edisi I, Penerbit Kanisius (Anggota IKAPI), Yogyakarta.
- Hui, 1996. *Surfactant*. Wikipedia, the free encyclopedia, dan The Dow Chemical Company (1995-2010), Nopember 2010.
- Nyoman, dkk, 2008. *Penentuan Status Mutu Air Limbah Hasil Penyamakan Kulit di Daerah Sukaregang, Kabupaten Garut, Peran Riset Geoteknologi dalam Mendukung Pembangunan Berwawasan Lingkungan*. Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, Bandung.
- Rios R.R.V.A, Alves D.I, Dalmazio I, Bento S.F.V, Donnici C.L, dan Lago. R.M, 2003. *Tailoring Activated Carbon by Surface Chemical Modification with O, S and N Containing Molecules*. Material Research Vol 6, No.2, Sao Carlos, Brazil.
- Solihin, 2006. *Kajian Penyerapan Logam Berat Air raksa (Hg) dengan Menggunakan Karbon Aktif Batubara Sub-Bituminus yang Dikarbonisasi*. Jurusan Teknik Pertambangan Unisba, Bandung.
- Sudjana, 1980. *Disain dan Analisis Eksperimen, Bagi Para Peneliti dalam Bidang: Biologi, Farmasi, Fisika, Industri, Kimia, Pendidikan, Pertanian, Peternakan Teknik, dll*. Penerbit Tarsito, Bandung.
- Zhenhua Li, Xijun Chang, Xiaojun Zou, Xiangbing Zhu, Rong Nie, Zheng Hu dan Ruijuo Li, 2008. *Chemically Modified Activated Carbon with Ethylenediamine for Selective Solid Phase Extraction and Preconcentration of Metal Ions*, Department of Chemistry, Lanzhou University, PR China.