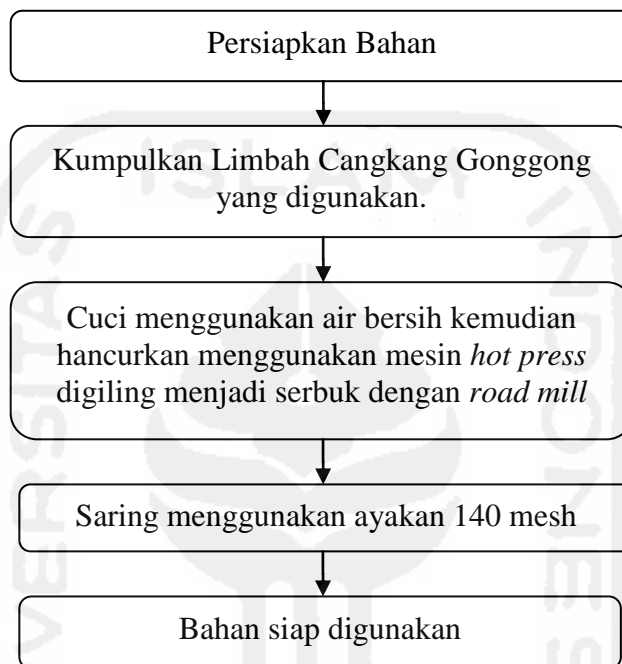


## LAMPIRAN

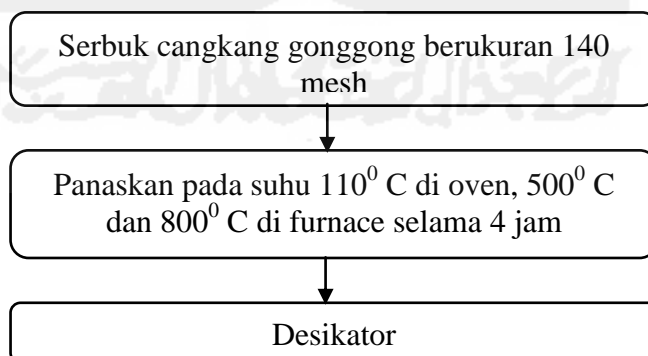
### LAMPIRAN I

#### LANGKAH KERJA PENELITIAN ADSORBEN GONGGONG

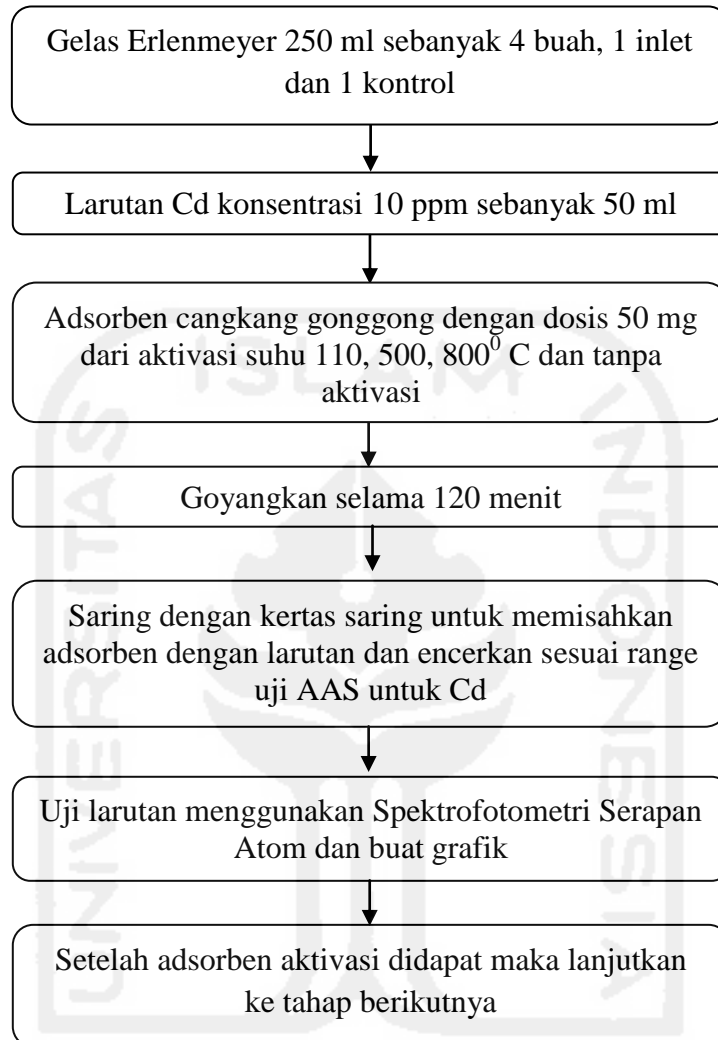
##### A. Persiapan Adsorben Gonggong



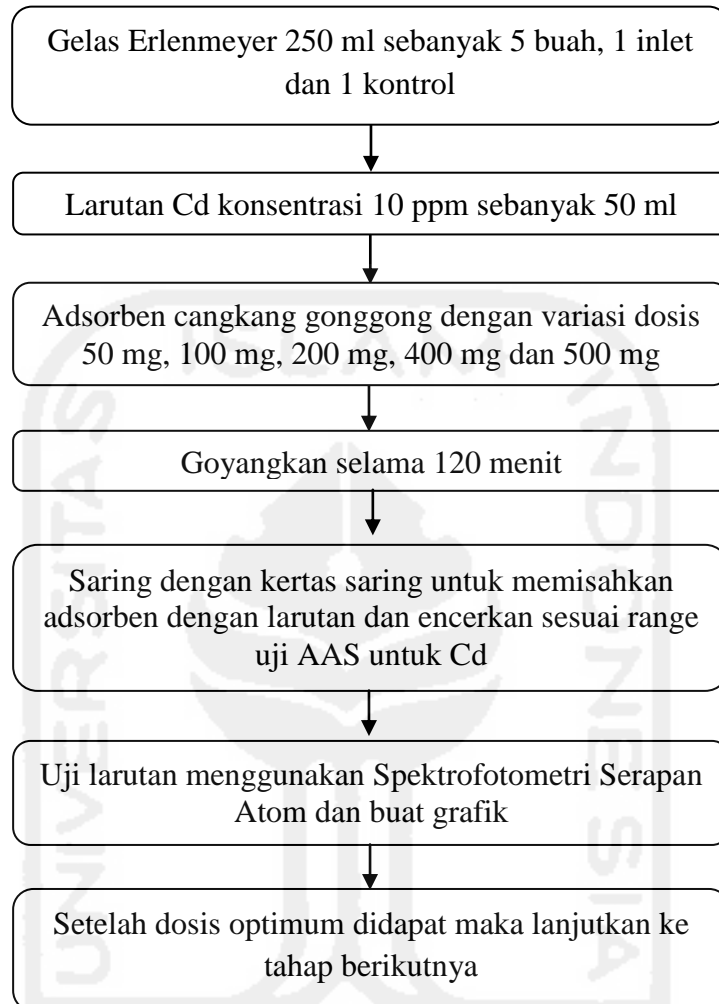
##### B. Aktivasi Adsorben Limbah Cangkang Gonggong



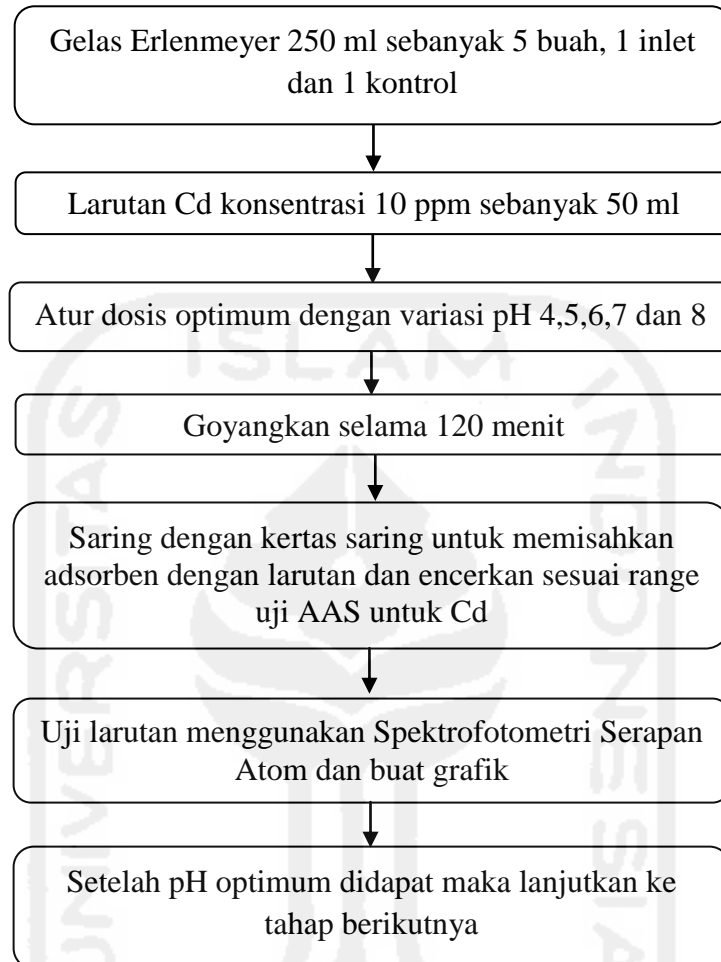
### C. Uji Aktivasi Suhu Optimum



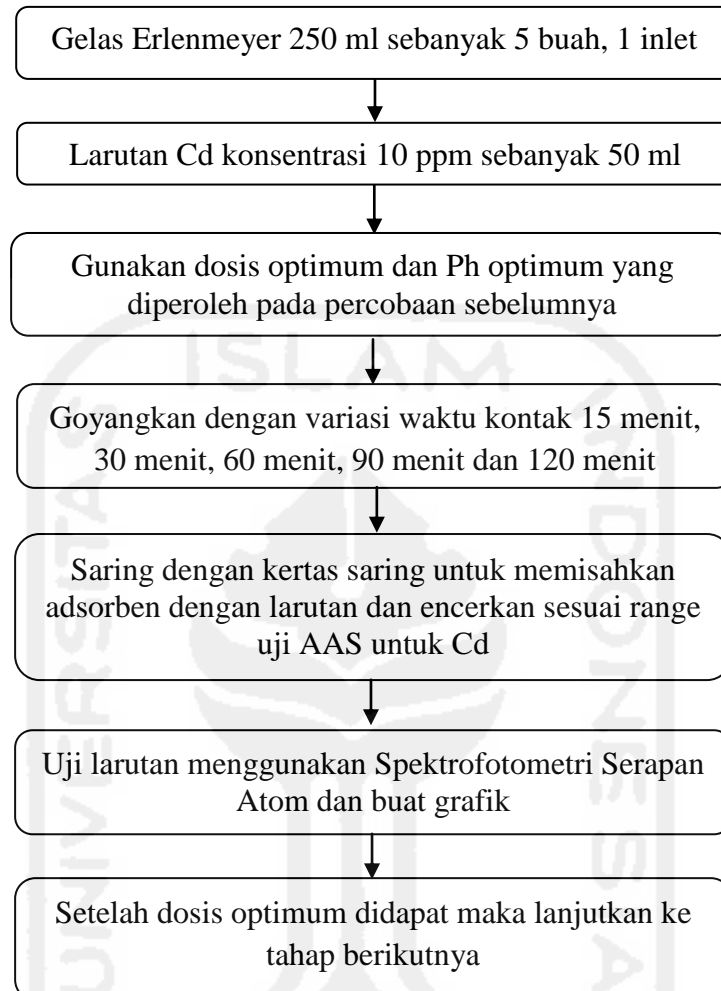
#### D. Uji Dosis Optimum



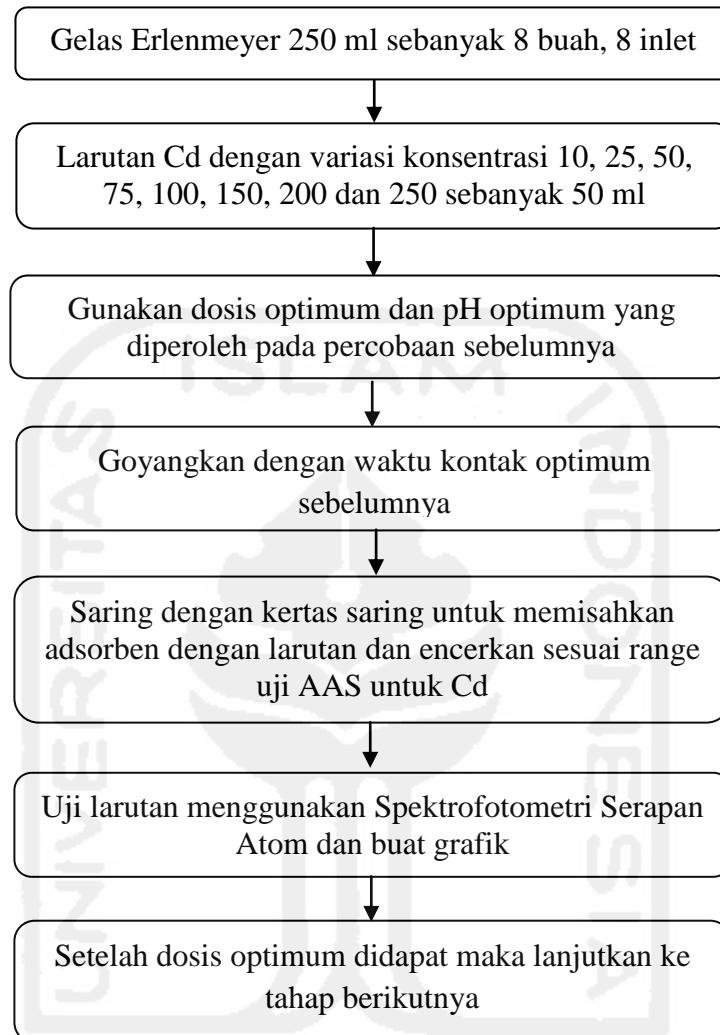
## E. Uji pH Optimum



## F. Uji Waktu Kontak Optimum



### G. Uji Efisiensi Kemampuan Adsorben



## LAMPIRAN II

### GUGUS FUNGSI ADSORBEN GONGGONG

#### A. Interpretasi Gugus Fungsi FTIR Adsorben Gonggong

Range Frekuensi (cm <sup>-1</sup> )	Frekuensi (cm <sup>-1</sup> ) Gonggong Tanpa Aktivasi	Frekuensi (cm <sup>-1</sup> ) Gonggong Aktivasi	Gugus	Senyawa
3520 - 3320	3434,54	3468,56	NH <sub>2</sub>	Primary Amides
2990 - 2850	2919,41	2874,07	CH <sub>3</sub> and CH <sub>2</sub>	Aliphatic compounds
2750 - 2350	2521,43	2512,46	NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	Amines hydrohalides
2410 - 2280	2359,38		PH	Phosphines
1870 - 1650	1787,49	1797,32	C = O	Carbonyl compounds
1440 - 1400		1437,65	OH	Carboxylic compounds
1565 - 1475	1478,75		NH	Secondary amides
1150 - 1070	1082,54		C - O - C	Aliphatic ethers
890 - 805	860,68	875,85	1,2,4	trisubst benzenes
720 - 600	712,76	712,76	Ar - OH	Phenols
700 - 590	699,79		O - C = O	Carboxylic acids

## B. Tabel Korelasi Gugus Fungsi

176



INFRARED AND RAMAN SPECTROSCOPY

TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm <sup>-1</sup> ) and Intensity*	Group and Class	Assignment and Remarks
1255-1240 (m)	<i>t</i> -butyl in hydrocarbons	skeletal vibration; second band near 1200 cm <sup>-1</sup>
1245-1155 (vs)	SO <sub>3</sub> H in sulfonic acids	S=O stretch
1240-1070 (s-vs)	C—O—C in ethers	C—O—C stretch; also in esters
1230-1100 (s)	C—C—N in amines	C—C—N bending
1225-1200 (s)	C—O—C in vinyl ethers	C—O—C antisym stretch
1200-1165 (s)	SO <sub>2</sub> Cl in sulfonyl chlorides	SO <sub>2</sub> sym stretch
1200-1015 (vs)	C—OH in alcohols	C—O stretch
1170-1145 (s)	SO <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> in sulfonamides	SO <sub>2</sub> sym stretch
1170-1140 (s)	SO <sub>2</sub> — in sulfones	SO <sub>2</sub> sym stretch
1160-1100 (m)	C=S in thiocarbonyl compounds	C=S stretch; strong in Raman
1150-1070 (vs)	C—O—C in aliphatic ethers	C—O—C antisym stretch
1120-1080 (s)	C—O—H in secondary or tertiary alcohols	C—O stretch
1120-1030 (s)	C—NH <sub>2</sub> in primary aliphatic amines	C—N stretch
1100-1000 (vs)	Si—O—Si in siloxanes	Si—O—Si antisym stretch
1080-1040 (s)	SO <sub>3</sub> H in sulfonic acids	SO <sub>3</sub> sym stretch
1065-1015 (s)	CH—O—H in cyclic alcohols	C—O stretch
1060-1025 (vs)	CH <sub>2</sub> —O—H in primary alcohols	C—O stretch
1060-1045 (vs)	S=O in alkyl sulfoxides	S=O stretch
1055-915 (vs)	P—O—C in organophosphorus compounds	P—O—C antisym stretch
1030-950 (w)	carbon ring in cyclic compounds	ring breathing mode; strong in Raman
1000-950 (s)	CH=CH <sub>2</sub> in vinyl compounds	=CH out-of-plane deformation
980-960 (vs)	CH=CH— in trans disubstituted alkenes	=CH out-of-plane deformation
950-900 (vs)	CH=CH <sub>2</sub> in vinyl compounds	CH <sub>2</sub> out-of-plane wag
900-865 (vs)	CH <sub>2</sub> =C $\begin{matrix} R \\   \\ R' \end{matrix}$ in vinylidenes	CH <sub>2</sub> out-of-plane wag
890-805 (vs)	1,2,4-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
860-760 (vs, br)	R—NH <sub>2</sub> primary amines	NH <sub>2</sub> wag
860-720 (vs)	Si—C in organosilicon compounds	Si—C stretch
850-830 (vs)	1,3,5-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation
850-810 (vs)	Si—CH <sub>3</sub> in silanes	Si—CH <sub>3</sub> rocking
850-790 (m)	CH=C $\begin{matrix} R \\   \\ R' \end{matrix}$ in trisubst alkenes	CH out-of-plane deformation
850-550 (m)	C—Cl in chloro compounds	C—Cl stretch
830-810 (vs)	<i>p</i> -disubst benzenes	CH out-of-plane deformation
825-805 (vs)	1,2,4-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation
820-800 (s)	triazines	CH out-of-plane deformation
815-810 (s)	CH=CH <sub>2</sub> in vinyl ethers	CH <sub>2</sub> out-of-plane wag
810-790 (vs)	1,2,3,4-tetrasubst benzenes	CH out-of-plane deformation
800-690 (vs)	<i>m</i> -disubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
785-680 (vs)	1,2,3-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
775-650 (m)	C—S in sulfonyl chlorides	C—S stretch; strong in Raman
770-690 (vs)	monosubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
760-740 (s)	<i>o</i> -disubst benzenes	CH out-of-plane deformation
760-510 (s)	C—Cl alkyl chlorides	C—Cl stretch
740-720 (w-m)	—(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> — in hydrocarbons	CH <sub>2</sub> rocking in methylene chains; intensity depends on chain length
730-665 (s)	CH=CH in cis disubst alkenes	CH out-of-plane deformation
720-600 (s, br)	Ar—OH in phenols	OH out-of-plane deformation



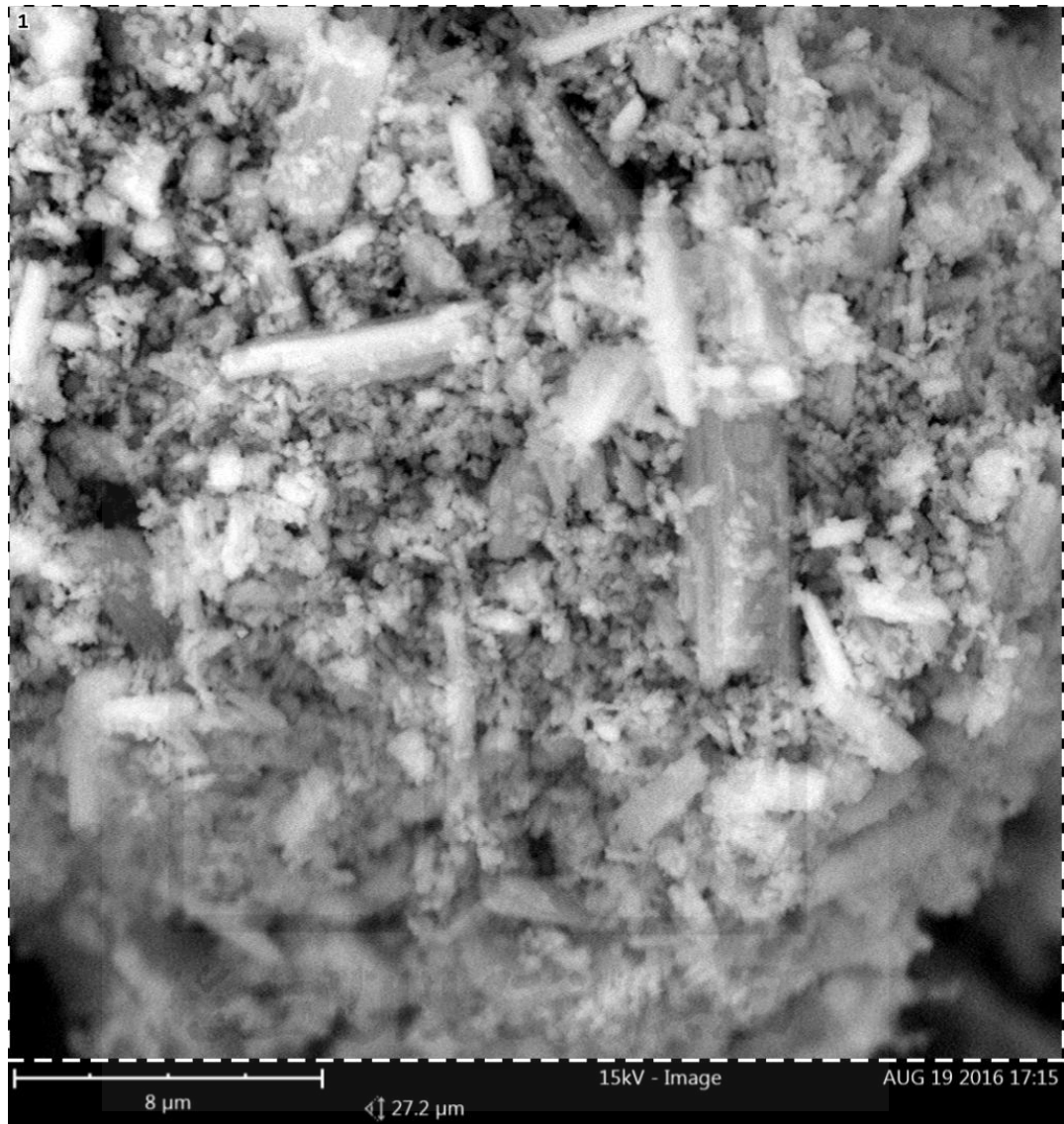
TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm <sup>-1</sup> ) and Intensity <sup>a</sup>	Group and Class	Assignment and Remarks
710-570 (m)	C-S in sulfides	C-S stretch; strong in Raman
700-590 (s)	O=C=O in carboxylic acids	O=C=O bending
695-635 (s)	C-C-CHO in aldehydes	C-C-CHO bending
680-620 (s)	C-OH in alcohols	C-O-H bending
680-580 (s)	C≡C-H in alkynes	C≡C-H bending
650-600 (w)	S-C≡N in thiocyanates	S-C stretch; strong in Raman
650-600 (s)	NO <sub>2</sub> in aliphatic nitro compounds	NO <sub>2</sub> deformation
650-500 (s)	Ar-CF <sub>3</sub> in aromatic trifluoro-methyl compounds	CF <sub>3</sub> deformation (two or three bands)
650-500 (s)	C-Br in bromo compounds	C-Br stretch
645-615 (m-s)	naphthalenes	in-plane ring deformation
645-575 (s)	O-C-O in esters	O-C-O bend
640-630 (s)	=CH <sub>2</sub> in vinyl compounds	=CH <sub>2</sub> twisting
635-605 (m-s)	pyridines	in-plane ring deformation
630-570 (s)	N-C=O in amides	N-C=O bend
630-565 (s)	C-CO-C in ketones	C-CO-C bend
615-535 (s)	C=O in amides	C=O out-of-plane bend
610-565 (vs)	SO <sub>2</sub> in sulfonyl chlorides	SO <sub>2</sub> deformation
610-545 (m-s)	SO <sub>2</sub> in sulfones	SO <sub>2</sub> scissoring
600-465 (s)	C-I in iodo compounds	C-I stretch
580-530 (m-s)	C-C-CN in nitriles	C-C-CN bend
580-520 (m)	NO <sub>2</sub> in aromatic nitro compounds	NO <sub>2</sub> deformation
580-430 (s)	ring in cycloalkanes	ring deformation
580-420 (m-s)	ring in benzene derivatives	in-plane and out-of-plane ring deformations (two bands)
570-530 (vs)	SO <sub>2</sub> in sulfonyl chlorides	SO <sub>2</sub> rocking
565-520 (s)	C-C=O in aldehydes	C-C=O bend
565-440 (w-m)	C <sub>n</sub> H <sub>2n+1</sub> in alkyl groups	chain deformation modes (two bands)
560-510 (s)	C-C=O in ketones	C-C=O bend
560-500 (s)	 in amino acids	 rocking
555-545 (s)	=CH <sub>2</sub> in vinyl compounds	=CH <sub>2</sub> twisting
550-465 (s)	C-C=O in carboxylic acids	C-C=O bend
545-520 (s)	naphthalenes	in-plane ring deformation
530-470 (m-s)	NO <sub>2</sub> in nitro compounds	NO <sub>2</sub> rocking
520-430 (m-s)	C-O-C in ethers	C-O-C bend
510-400 (s)	C-N-C in amines	C-N-C bend
490-465 (variable)	naphthalenes	out-of-plane ring bending
440-420 (s)	Cl-C=O in acid chlorides	Cl-C=O in-plane deformation
405-400 (s)	S-C≡N in thiocyanates	S-C≡N bend

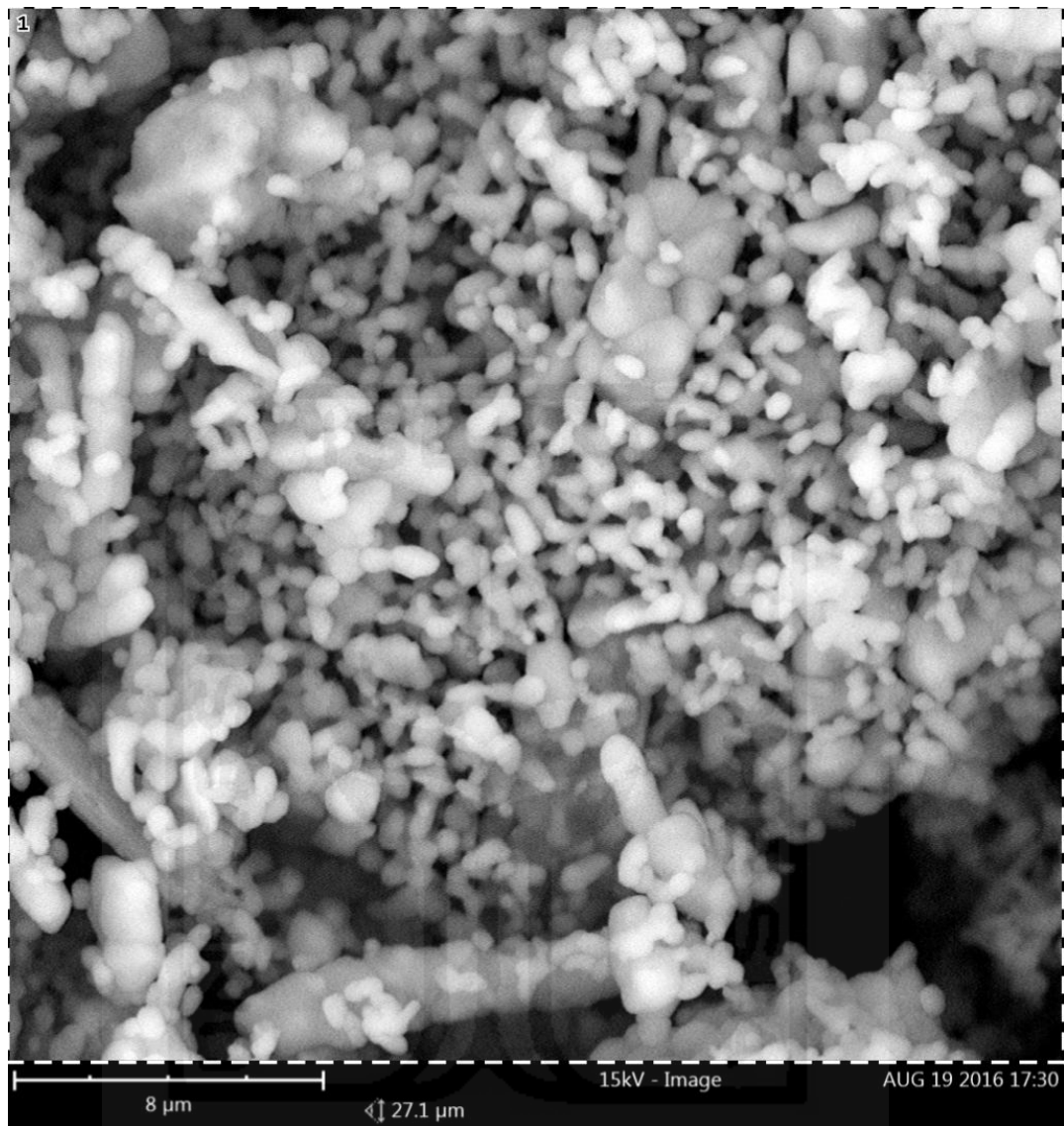
Joseph B. Lambert, et al.

Introduction to Organic  
Spectroscopy, Macmillan  
Publ. N.Y. (1987)

**LAMPIRAN III**  
**HASIL *SCANNING ELECTRON MICROSCOPY* (SEM)**



A. Hasil SEM Adsorben Cangkang Gonggong Tanpa Aktivasi



B. Hasil SEM Adsorben Cangkang Gonggong Aktivasi Suhu 500°C

**LAMPIRAN IV**  
**DATA & PERHITUNGAN PENELITIAN**

A. Data Uji Adsorben Aktivasi

<b>Aktivasi Suhu</b>						
<b>Suhu</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Konsentrasi Awal (ppm)</b>	<b>Konsentrasi Akhir (ppm)</b>	<b>% Removal</b>	<b>pH Awal</b>	<b>pH Akhir</b>
110	0.05	10.35	7.35	28.99%	6.05	7.20
500	0.05	10.35	5.63	45.60%	6.05	7.29
800	0.05	10.35	7.85	24.15%	6.04	7.45
Non aktivasi	0.05	10.35	6.83	34.01%	6.05	7.72
Control		10.35	10.35	0.00%	6.04	7.39

B. Data Uji Dosis Optimum

<b>Gonggong Tanpa Aktivasi</b>						
<b>No.</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Konsentrasi Awal (ppm)</b>	<b>Konsentrasi Akhir (ppm)</b>	<b>pH Awal</b>	<b>pH Akhir</b>	<b>% Removal</b>
1	0.05	10.35	6.83	6.05	7.72	34.01%
2	0.1	10.35	6.20	6.01	7.73	40.10%
3	0.2	10.35	4.60	6.06	7.53	55.56%
4	0.3	10.35	2.65	6.06	7.46	74.40%
5	0.4	10.35	2.96	6.01	7.14	71.40%
Input		10.35		6,08	7,14	
<b>Gonggong Aktivasi Suhu 500</b>						
<b>No</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Konsentrasi Awal (ppm)</b>	<b>Konsentrasi Akhir (ppm)</b>	<b>pH Awal</b>	<b>pH Akhir</b>	<b>% Removal</b>
1	0.05	9.07	4.97	6.05	7.20	45.20%
2	0.1	9.07	2.61	6.05	7.29	71.22%
3	0.2	9.07	0.63	6.04	7.45	93.05%
4	0.3	9.07	0.276	6.04	7.35	96.96%
5	0.4	9.07	0.166	6.04	7.39	98.17%
Input		9,07		6,05	7,16	

## C. Data Uji pH Optimum

<b>Gonggong Tanpa Aktivasi</b>										
<b>No</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>pH Rencana</b>	<b>pH Awal</b>	<b>Cek pH 30mnt x 1</b>	<b>x2</b>	<b>x3</b>	<b>x4</b>	<b>Konsentrasi Awal (ppm)</b>	<b>Konsentrasi Akhir (ppm)</b>	<b>% Removal</b>
1	0.2	4	4.02	4.02	4.02	4.02	6.18	11.49	10.4	9.49%
2	0.2	5	5.02	5.02	5.02	5.01	6.68	11.49	9.18	20.10%
3	0.2	6	6.00	6.01	6.01	6.02	7.04	11.49	7.06	38.56%
4	0.2	7	7.01	7.02	7.02	7.01	7.57	11.49	3.75	67.36%
5	0.2	8	8.01	8.02	8.04	8.01	8.08	11.49	1.44	87.47%
Kontrol		8	8.02	8.01	8.02	8.02	7.86	8.5	26.02%	
Inlet			6.8					11.49		
<b>Gonggong aktivasi suhu 500</b>										
<b>No.</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>pH Rencana</b>	<b>pH Awal</b>	<b>Cek pH 30mnt x 1</b>	<b>x2</b>	<b>x3</b>	<b>x4</b>	<b>Konsentrasi Awal (ppm)</b>	<b>Konsentrasi Akhir (ppm)</b>	<b>% Removal</b>
1	0.2	4	4.00	4.01	4.02	4.02	6.00	11.49	10.1	12.10%
2	0.2	5	5.02	5.02	5.02	5.02	6.27	11.49	9.73	15.32%
3	0.2	6	6.01	6.02	6.01	6.01	6.80	11.49	4.33	62.32%
4	0.2	7	7.01	7.01	7.01	7.01	7.65	11.49	0.88	92.34%
5	0.2	8	8.00	8.03	8.04	8.05	8.23	11.49	0.081	99.30%
Kontrol		8	8.02	8.01	8.02	8.02	7.86	8.5	26.02%	
Inlet			6.8					11.49		

## D. Data Uji Waktu Kontak Optimum

<b>Gonggong Tanpa Aktivasi</b>								
<b>No.</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Waktu (menit)</b>	<b>pH Rencana</b>	<b>pH Awal</b>	<b>pH Akhir</b>	<b>Konsentrasi Awal (ppm)</b>	<b>Konsentrasi Akhir (ppm)</b>	<b>% Removal</b>
1	0.2	15	7	7	7.84	11.27	0.816	92.76%
2	0.2	30	7	7	7.86	11.27	0.519	95.39%
3	0.2	60	7	7.06	7.66	11.27	0.351	96.89%
4	0.2	90	7	7.05	7.65	11.27	0.285	97.47%
5	0.2	120	7	7.05	7.64	11.27	0.298	97.36%
<b>Gonggong aktivasi Suhu 500</b>								
<b>No.</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Waktu (menit)</b>	<b>pH Rencana</b>	<b>pH Awal</b>	<b>pH Akhir</b>	<b>Konsentrasi Awal (ppm)</b>	<b>Konsentrasi Akhir (ppm)</b>	<b>% Removal</b>
1	0.2	15	7	7.05	7.74	11.27	0.083	99.26%
2	0.2	30	7	7	7.86	11.27	0.017	99.85%
3	0.2	60	7	7.06	7.77	11.27	0.019	99.83%
4	0.2	90	7	7.06	7.77	11.27	0.041	99.64%
5	0.2	120	7	7.02	7.58	11.27	0.094	99.17%

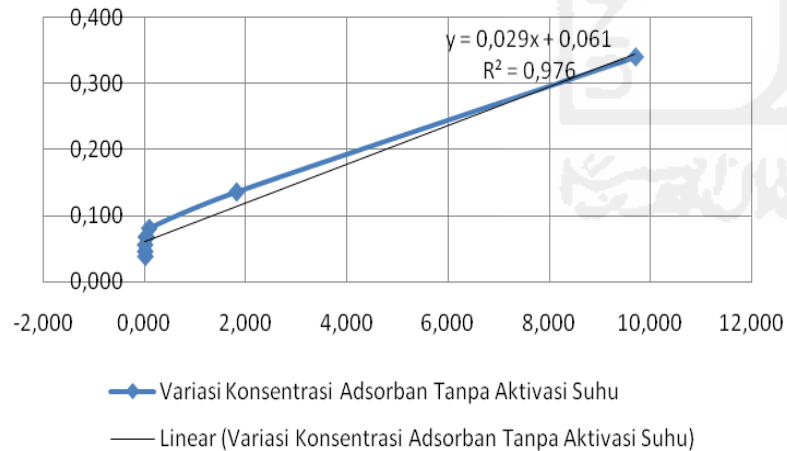
## E. Data Uji Efisiensi Kemampuan Adsorben

<b>Gonggong Tanpa Aktivasi</b>						
<b>Konsentrasi Logam CdCl<sub>2</sub> Rencana (ppm)</b>	<b>Inlet (ppm)</b>	<b>Massa (gr)</b>	<b>pH Awal</b>	<b>pH Akhir</b>	<b>Konsentrasi Akhir (ppm)</b>	<b>%Removal</b>
10	11.84	0.2	7.04	7.4	0.103	99%
25	29.98	0.2	7.02	7.46	0.551	98%
50	61.04	0.2	7	7.74	11.475	81%
75	85.45	0.2	7.05	7.5	25.6	70%
100	107.75	0.2	7.02	7.5	48.6	55%
150	208.8	0.2	7.03	7.83	103.4	50%
200	229.88	0.2	7.05	7.51	141.9	38%
250	300	0.2	7	7.48	228	24%
<b>Gonggong Aktivasi Suhu 500</b>						
<b>Konsentrasi Logam CdCl<sub>2</sub> Rencana (ppm)</b>	<b>Inlet (ppm)</b>	<b>Massa (gr)</b>	<b>pH Awal</b>	<b>pH Akhir</b>	<b>Konsentrasi Akhir (ppm)</b>	<b>%Removal</b>
10	11.84	0.2	7.03	7.49	0.263	98%
25	29.98	0.2	7.00	7.46	0.717	98%
50	61.04	0.2	7.01	7.34	1.244	98%
75	85.45	0.2	7.00	7.32	13.75	84%
100	107.75	0.2	7.04	7.00	22.30	79%
150	208.8	0.2	7.04	6.91	75.30	64%
200	229.88	0.2	7.04	6.82	155.7	32%
250	300	0.2	7.01	6.69	211.125	30%

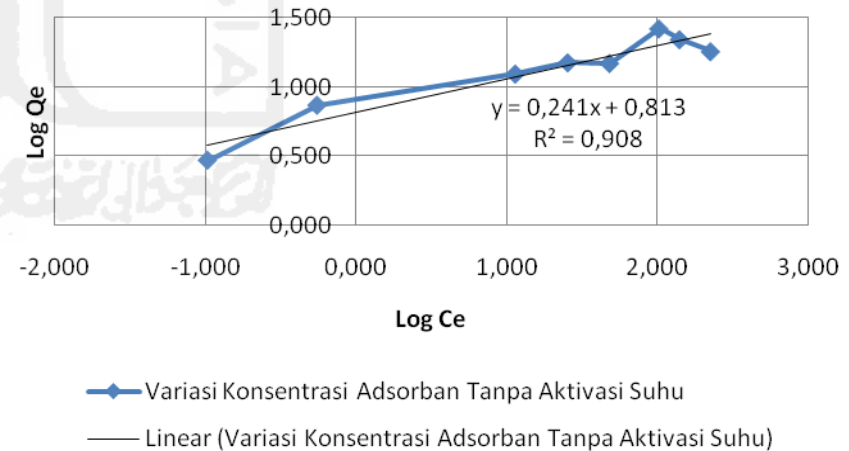
## F. Data Uji Isoterm Langmuir &amp; Freundlich

Variasi Konsentrasi Adsorban Tanpa Aktivasi Suhu												
Variasi Konsentrasi (ppm) (A)	Massa Adsorben (mg) (B)	Volume Larutan (ml) (C)	Konsentrasi Awal (C0) (D)	Konsentrasi Akhir (Ce) (E)	Selisih (Ac) (F)	Presentase penyisihan (G)	Massa Teradsorpsi (x) (H)	Qe (mg/g) (I)	Langmuir		Freundlich	
									1/Qe (J)	1/Ce (K)	Log Qe (L)	Log Ce (M)
10	200	50	11.84	0.103	11.737	99.13	0.58685	2.934	0.341	9.709	0.467	-0.987
25	200	50	29.98	0.551	29.429	98.16	1.47145	7.357	0.136	1.815	0.867	-0.259
50	200	50	61.04	11.475	49.565	81.20	2.47825	12.391	0.081	0.087	1.093	1.060
75	200	50	85.45	25.6	59.85	70.04	2.9925	14.963	0.067	0.039	1.175	1.408
100	200	50	107.75	48.6	59.15	54.90	2.9575	14.788	0.068	0.021	1.170	1.687
150	200	50	208.8	103.4	105.4	50.48	5.27	26.35	0.038	0.010	1.421	2.015
200	200	50	229.88	141.9	87.98	38.27	4.399	22.00	0.045	0.007	1.342	2.152
250	200	50	300	228	72	24.00	3.6	18	0.056	0.004	1.255	2.358

Isotherm Langmuir



Isotherm Freundlich

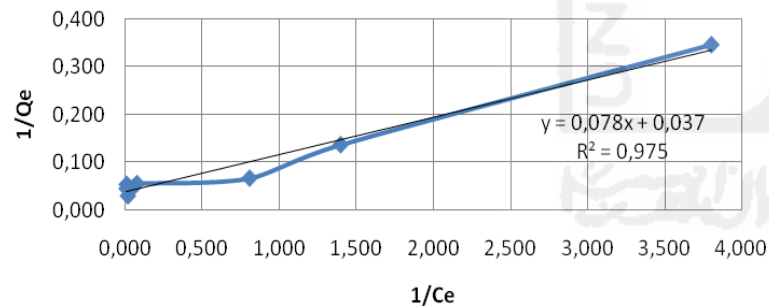




Variasi Konsentrasi Adsorban Aktivasi Suhu 500

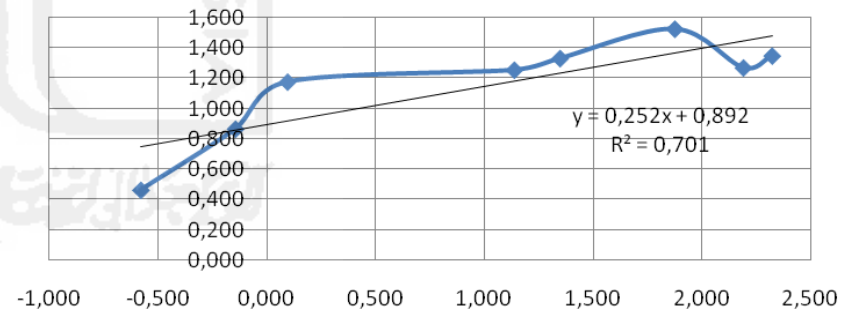
Variasi Konsentrasi (ppm) (A)	Massa Adsorben (mg) (B)	Volume Larutan (ml) (C)	Konsentrasi Awal (C0) (D)	Konsentrasi Akhir (Ce) (E)	Selisih (Ac) (F)	Presentase penyisihan (G)	Massa Teradsorpsi (x) (H)	Qe (mg/g) (I)	Langmuir		Freundlich	
									1/Qe (J)	1/Ce (K)	Log Qe (L)	Log Ce (M)
10	200	50	11.84	0.263	11.577	97.78	0.57885	2.894	0.346	3.802	0.462	-0.580
25	200	50	29.98	0.717	29.263	97.61	1.46315	7.316	0.137	1.395	0.864	-0.144
50	200	50	61.04	1.244	59.796	97.96	2.9898	14.949	0.067	0.804	1.175	0.095
75	200	50	85.45	13.75	71.7	83.91	3.585	17.925	0.056	0.073	1.253	1.138
100	200	50	107.75	22.30	85.45	79.30	4.2725	21.363	0.047	0.045	1.330	1.348
150	200	50	208.8	75.30	133.5	63.94	6.675	33.375	0.030	0.013	1.523	1.877
200	200	50	229.88	155.7	74.18	32.27	3.709	18.55	0.054	0.006	1.268	2.192
250	200	50	300	211.125	88.875	29.63	4.44375	22.21875	0.045	0.005	1.347	2.325

Isotherm Langmuir



— Variasi Konsentrasi Adsorban Aktivasi Suhu 500  
 — Linear (Variasi Konsentrasi Adsorban Aktivasi Suhu 500)

Isotherm Freundlich



— Variasi Konsentrasi Adsorban Tanpa Aktivasi Suhu  
 — Linear (Variasi Konsentrasi Adsorban Tanpa Aktivasi Suhu)

**Contoh Perhitungan**

Diketahui :

$$B = 200 \text{ mg}$$

$$C = 50 \text{ ml}$$

$$D = 11,84 \text{ ppm}$$

$$E = 0,263 \text{ ppm}$$

$$F = D - E = 11,84 - 0,263 = 11,577$$

$$G = (D - E) / D = (11,84 - 0,263) / 11,84 = 97,78\%$$

$$H = F \times (C \times 1L / 1000ml) = 11,577 \times (50 \times 1L / 1000ml) = 0,57885 \text{ mg}$$

$$I = H / (B \times 1gr / 1000mg) = 0,57885 / (200 \times 1gr / 1000mg) = 2,894 \text{ mg/gr}$$

**Langmuir**

$$Q_e = I = 2,894 \text{ mg/gr}$$

$$1/Q_e = 1 / 2,894 = 0,346$$

$$C_e = E = 0,263 \text{ ppm}$$

$$1/C_e = 1 / 0,263 = 3,802$$

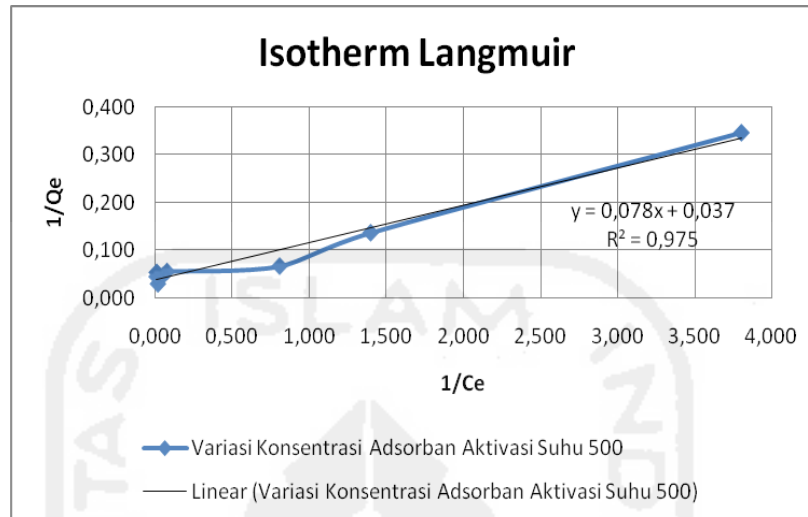
**Freundlich**

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } 2,894 = 0,462$$

$$\text{Log } C_e = \text{Log } 0,263 = -0,580$$

### Mencari Slope & Intercept pada Grafik

Diketahui :



Regresi Linear=  $y = 0,0783x + 0,0375$

$$R^2 = 0,9755$$

<b>Slope</b>	0,078	Dimana =
<b>Intercept</b>	0,0375	

Dicari dengan cara =

	1/Ce	1/Qe			
	x	y	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
	3.802	0.346	1.313736	14.457	0.119
	1.395	0.137	0.190643	1.945	0.019
	0.804	0.067	0.053773	0.646	0.004
	0.073	0.056	0.004057	0.005	0.003
	0.045	0.047	0.002099	0.002	0.002
	0.013	0.030	0.000398	0.000	0.001
	0.006	0.054	0.000346	0.000	0.003
	0.005	0.045	0.000213	0.000	0.002
$\Sigma$	6.143	0.781	1.565	17.056	0.154

Adsorben	Langmuir		
	Qm (mg/g)	Kl	R <sup>2</sup>
Tanpa Aktivasi	16.393	2.103	0.976
Aktivasi	27.027	0.474	0.975

Maka dapat diperoleh nilai slope (b) sebagai berikut ;

$$b = \frac{\sum xy - (\sum x \cdot \sum y)/n}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)}$$

$$b = \frac{1,565 - (6,143 \times 0,781)/8}{17,056 - \frac{(6,143)^2}{8}} = 0,078$$

Sementara itu nilai intercept (a) dapat dihitung sebagai berikut ;

$$a = \frac{\sum y - (b \cdot \sum x)}{n}$$

$$a = \frac{0,781 - (0,078 \times 6,143)}{8} = 0,037$$

Sehingga, persamaan regresi linier adalah

$$Y = bx + a$$

$$Y = 0,078x + 0,037$$

Untuk koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus ;

$$R = \frac{n \cdot (\sum XY) - (\sum X \cdot \sum Y)}{(n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2)^{\frac{1}{2}}}$$

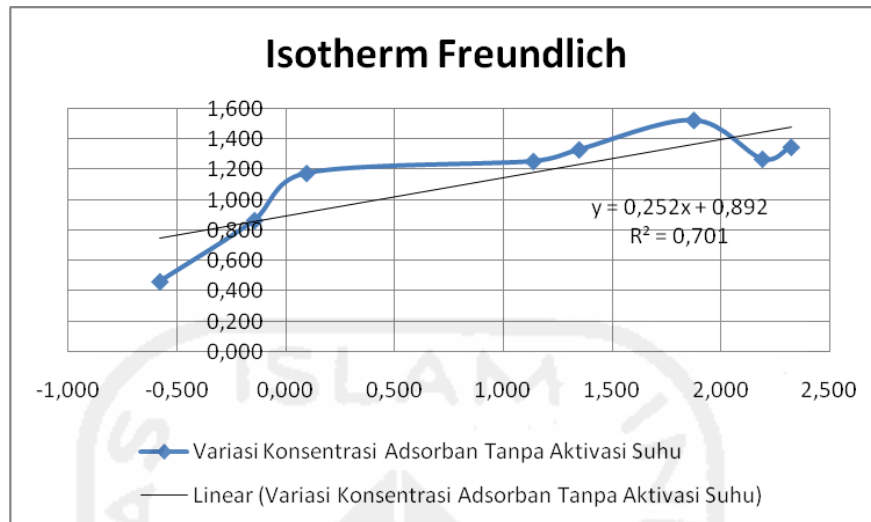
$$R = \frac{8 \times (1,565) - (6,143 \times 0,781)}{(8 \times (17,056) - (6,143)^2)^{\frac{1}{2}} \times (8 \times (0,154) - (0,781)^2)^{\frac{1}{2}}} = 0,9877$$

$$R^2 = 0,9755$$

Sehingga,  $q_m$  = kemampuan maksimum adsorpsi adsorben (mg/gr) =  $1/0,037$   
**=27,02 mg/gr**

b = Konstanta yang berkaitan dengan kecepatan adsorpsi (L/mg) =  
 $(1/0,078)/27,02 = \mathbf{0,474 L/mg}$

Diketahui ;



Regresi Linear =  $y = 0,252x + 0,892$

$$R^2 = 0,701$$

Dimana =

Slope	0,252
Intercept	0,892

Dicari dengan cara =

	Log Ce	Log Qe			
	x	y	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
	-0.580	0.462	-0.26771	0.336	0.213
	-0.144	0.864	-0.12487	0.021	0.747
	0.095	1.175	0.111377	0.009	1.380
	1.138	1.253	1.426816	1.296	1.571
	1.348	1.330	1.792776	1.818	1.768
	1.877	1.523	2.859149	3.522	2.321
	2.192	1.268	2.780319	4.806	1.608
	2.325	1.347	3.130503	5.403	1.814
$\Sigma$	8.251	9.222	11.708	17.212	11.422

Adsroben	Freundlich		
	Kf (mg/g)	N	R <sup>2</sup>
Tanpa Aktivasi	2.255	4,149	0.908
Aktivasi	2.440	3,968	0.701

Maka dapat diperoleh nilai slope (b) sebagai berikut ;

$$b = \frac{\sum xy - (\sum x \cdot \sum y)/n}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)}$$

$$b = \frac{11,708 - (8,251 \times 9,222)/8}{17,212 - \left(\frac{(8,251)^2}{8}\right)} = 0,252$$

Sementara itu nilai intercept (a) dapat dihitung sebagai berikut ;

$$a = \frac{\sum y - (b \cdot \sum x)}{n}$$

$$a = \frac{9,222 - (0,2525 \times 8,251)}{8} = 0,892$$

Sehingga, persamaan regresi linier adalah

$$Y = bx + a$$

$$Y = 0.252 x + 0,892$$

Untuk koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus ;

$$R = \frac{n \cdot (\sum XY) - (\sum X \cdot \sum Y)}{(n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$R = \frac{8x(11,708) - (8,251 \times 9,222)}{(8x(17,212) - (8,251)^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (8x(11,422) - (9,222)^2)^{\frac{1}{2}}} = 0,83744$$

$$R^2 = 0,7013$$

Sehingga,  $K_f$  = Konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas (mg/gr)

$$= e^{0,892} = \mathbf{2,44}$$

$1/n$  = Konstanta Freundlich yang berkaitan dengan afinitas adsorpsi

$$= 1/0.252 = \mathbf{3,96}$$

## LAMPIRAN V

## AMBANG BATAS KANDUNGAN KADMIUM DALAM AIR MINUM



MENTERI KESEHATAN  
REPUBLIK INDONESIA

Lampiran  
Peraturan Menteri Kesehatan  
Nomor : 492/Menkes/Per/IV/2010  
Tanggal : 19 April 2010

## PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

## I. PARAMETER WAJIB

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kepadatan	mg/l	500
	4) Klorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5


**LAMPIRAN VI****SNI AIR DAN LIMBAH – BAGIAN 16 : CARA UJI KADMIUM (Cd)  
SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA) – NYALA**

**SNI**  
Standar Nasional Indonesia

SNI 6989.16:2009

Air dan air limbah – Bagian 16: Cara uji kadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala

ICS 13.060.50

Badan Standardisasi Nasional 

Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan



SNI 6989.16:2009

## Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata .....	ii
1 Ruang lingkup .....	1
2 Istilah dan definisi.....	1
3 Cara uji.....	2
4 Pengendalian mutu .....	5
5 Rekomendasi .....	5
Lampiran A (normatif) Pelaporan.....	6
Lampiran B (informatif) Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat untuk persiapan contoh uji .....	7
Bibliografi.....	8
Tabel B.1 – Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat untuk persiapan contoh uji .....	7

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak dikomersialkan"

SNI 6989.16:2009

### Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) ini merupakan hasil revisi dari SNI 06-6989.16-2004, *Air dan air limbah – Bagian 16: Cara uji kadmium (Cd) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala*. SNI ini menggunakan referensi dari metode standar internasional yaitu *Standard Methods for the Examination Of Water and Wastewater 21 th Edition*, editor *L.S.Clesceri, A.E.Greenberg, A.D.Eaton, APHA, AWWA and WPCF, Washington DC (2005)*. SNI ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta di konsensuskan oleh Subpanitia Teknis 13-03-S1, *Kualitas Air* dari Panitia Teknis 13-03, *Kualitas Lingkungan dan Manajemen Lingkungan* dengan para stakeholder terkait.

SNI ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, pakar, dan pemerintah terkait pada tanggal 11 September 2007 di Serpong dan telah melalui konsensus nasional Jajak Pendapat pada tanggal 11 Juni 2008 sampai dengan 11 Agustus 2008.

Dengan dirumuskannya SNI ini, maka penerapan SNI 06-6989.16-2004, dinyatakan tidak berlaku lagi. Pemakai SNI agar dapat meneliti validasi SNI yang terkait dengan metode ini, sehingga dapat selalu menggunakan SNI edisi terakhir.

## Air dan air limbah – Bagian 16: Cara uji kadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala

### 1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan logam kadmium (Cd) total dan terlarut dalam air dan air limbah secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala pada kisaran kadar Cd 0,05 mg/L sampai dengan 2 mg/L dengan panjang gelombang 228,8 nm.

### 2 Istilah dan definisi

#### 2.1

##### air bebas mineral

air yang diperoleh dengan cara penyulingan ataupun proses demineralisasi sehingga diperoleh air dengan konduktivitas lebih kecil dari 2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### 2.2

##### *blind sample*

larutan dengan kadar analit tertentu yang diperlakukan seperti contoh uji.

#### 2.3

##### kadmium terlarut

kadmium dalam air yang dapat lolos melalui saringan membran berpori 0,45  $\mu\text{m}$ .

#### 2.4

##### kadmium total

kadmium yang terlarut dan tersuspensi dalam air setelah dilakukan proses pemanasan dengan asam kuat.

#### 2.5

##### kurva kalibrasi

kurva yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan serapan yang merupakan garis lurus.

#### 2.6

##### larutan induk kadmium

larutan yang mempunyai kadar logam kadmium 100 mg Cd/L yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah.

#### 2.7

##### larutan baku logam kadmium (Cd)

larutan induk logam kadmium yang diencerkan dengan air bebas mineral sampai kadar tertentu.

#### 2.8

##### larutan kerja logam kadmium (Cd)

larutan baku logam kadmium yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi.

#### 2.9

##### larutan blanko

air bebas mineral yang diasamkan atau perlakuannya sama dengan contoh uji.

SNI 6989.16:2009

**2.10**

**larutan pengencer**

larutan yang digunakan untuk mengencerkan larutan kerja, yang dibuat dengan cara menambahkan asam nitrat pekat ke dalam air bebas mineral hingga  $\text{pH} \leq 2$ .

**2.11**

**larutan pencuci**

larutan yang digunakan untuk mencuci semua peralatan gelas dan plastik.

**2.12**

**matrix modifier**

bahan yang digunakan untuk mengurangi gangguan matriks contoh uji.

**2.13**

**spike matrix**

contoh uji yang diperkaya dengan larutan baku dengan kadar tertentu

**3 Cara uji**

**3.1 Prinsip**

Analit logam kadmium dalam nyala udara-asetilen diubah menjadi bentuk atomnya, menyerap energi radiasi elektromagnetik yang berasal dari lampu katoda dan besarnya serapan berbanding lurus dengan kadar analit.

**3.2 Bahan**

- a) Air bebas mineral.
- b) Asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) pekat p.a.
- c) Logam kadmium (Cd) dengan kemurnian minimum 99,5 %.
- d) Gas asetilen ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) HP dengan tekanan minimum 100 psi.
- e) Larutan pengencer  $\text{HNO}_3$  0,05 M.  
Larutkan 3,5 mL  $\text{HNO}_3$  pekat ke dalam 1000 mL air bebas mineral dalam gelas piala.
- f) Larutan pencuci  $\text{HNO}_3$  5% (v/v).  
Tambahkan 50 mL asam nitrat pekat ke dalam 800 mL air bebas mineral ke dalam gelas piala 1000 mL, lalu tambahkan air bebas mineral hingga 1000 mL dan homogenkan.
- g) Udara tekan HP atau udara tekan dari kompresor.

**3.3 Peralatan**

- a) Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala.
- b) Lampu katoda berongga (*Hollow Cathode Lamp/HCL*) kadmium.
- c) Gelas piala 100 mL dan 250 mL.
- d) Pipet volumetrik 10,0 mL dan 50,0 mL.
- e) Labu ukur 50,0 mL; 100,0 mL; dan 1000,0 mL.
- f) Erlenmeyer 100 mL.
- g) Corong gelas.
- h) Kaca arloji.
- i) Pemanas listrik.
- j) Seperangkat alat saring vakum.
- k) Saringan membran dengan ukuran pori 0,45  $\mu\text{m}$ .
- l) Timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 g.
- m) Labu semprot.

SNI 6989.16:2009

### 3.4 Pengawetan contoh uji

Bila contoh uji tidak dapat segera diuji, maka contoh uji diawetkan sesuai petunjuk di bawah ini:

Wadah	:	Botol plastik ( <i>polyethylene</i> ) atau botol gelas
Pengawet	:	a) Untuk logam terlarut, saring dengan saringan membran berpori 0,45 $\mu\text{m}$ dan diasamkan dengan $\text{HNO}_3$ hingga $\text{pH} < 2$ b) Untuk logam total, asamkan dengan $\text{HNO}_3$ hingga $\text{pH} < 2$
Lama Penyimpanan	:	6 bulan
Kondisi Penyimpanan	:	Suhu ruang

### 3.5 Persiapan pengujian

#### 3.5.1 Persiapan contoh uji kadmium terlarut

Siapkan contoh uji yang telah disaring dengan saringan membran berpori 0,45  $\mu\text{m}$  dan diawetkan. Contoh uji siap diukur.

#### 3.5.2 Persiapan contoh uji kadmium total

Siapkan contoh uji untuk pengujian kadmium total, dengan tahapan sebagai berikut:

- Homogenkan contoh uji, pipet 50,0 mL contoh uji dan masukkan ke dalam gelas piala 100 mL atau *Erlenmeyer* 100 mL.
- Tambahkan 5 mL  $\text{HNO}_3$  pekat, bila menggunakan gelas piala, tutup dengan kaca arloji dan bila dengan *Erlenmeyer* gunakan corong sebagai penutup.
- Panaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15 mL sampai dengan 20 mL.
- Jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka tambahkan lagi 5 mL  $\text{HNO}_3$  pekat, kemudian tutup gelas piala dengan kaca arloji atau tutup *Erlenmeyer* dengan corong dan panaskan lagi (tidak mendidih). Lakukan proses ini secara berulang sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan dalam contoh uji menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih.

**CATATAN** Jika destruksi tidak sempurna, lihat Lampiran B.

- Bilas kaca arloji dan masukkan air bilasannya ke dalam gelas piala.
- Pindahkan contoh uji ke dalam labu ukur 50,0 mL (saring bila perlu) dan tambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera dan dihomogenkan.
- Contoh uji siap diukur serapannya.

#### 3.5.3 Pembuatan larutan induk logam kadmium 100 mg Cd/L

- Timbang  $\pm 0,100$  g logam kadmium, masukkan ke dalam labu ukur 1000,0 mL. Tambahkan 4 mL  $\text{HNO}_3$  pekat sampai larut ( $\approx 100$  mg Cd/L).
- Tambahkan 8 mL  $\text{HNO}_3$  pekat dan air bebas mineral hingga tepat tanda tera dan homogenkan.
- Hitung kadar kadmium berdasarkan hasil penimbangan.

**CATATAN** Larutan ini dapat dibuat dari larutan standar 1000 mg Cd/L siap pakai.

SNI 6989.16:2009

#### 3.5.4 Pembuatan larutan baku logam kadmium 10 mg Cd/L

- Pipet 10,0 mL larutan induk 100 mg Cd/L, masukkan ke dalam labu ukur 100,0 mL.
- Tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera dan homogenkan.

#### 3.5.5 Pembuatan larutan kerja logam kadmium (Cd)

Buat deret larutan kerja dengan 1 (satu) blanko dan minimal 3 (tiga) kadar yang berbeda secara proporsional dan berada pada rentang pengukuran.

#### 3.6 Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

##### 3.6.1 Pembuatan kurva kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan tahapan sebagai berikut:

- Operasikan alat dan optimasikan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengukuran kadmium.

**CATATAN 1** Salah satu cara optimasi alat dengan uji sensitivitas.

**CATATAN 2** Tambahkan *matrix modifier* dan atau atasi gangguan pengukuran sesuai dengan SSA yang digunakan.

- Aspirasikan larutan blanko ke dalam SSA-nyala kemudian atur serapan hingga nol.
- Aspirasikan larutan kerja satu persatu ke dalam SSA-nyala, lalu ukur serapannya pada panjang gelombang 228,8 nm, kemudian catat.
- Lakukan pembilasan pada selang aspirator dengan larutan pengencer.
- Buat kurva kalibrasi dari data pada butir 3.6.1.c) di atas, dan tentukan persamaan garis lurusnya.
- Jika koefisien korelasi regresi linier ( $r$ ) < 0,995, periksa kondisi alat dan ulangi langkah pada butir 3.6.1 b) sampai dengan c) hingga diperoleh nilai koefisien  $r \geq 0,995$ .

##### 3.6.2 Cara uji

Uji kadar kadmium dengan tahapan sebagai berikut:

- Aspirasikan contoh uji ke dalam SSA-nyala dan ukur serapannya pada panjang gelombang 228,8 nm. Bila diperlukan, lakukan pengenceran.
- Catat hasil pengukuran.

#### 3.7 Perhitungan

Kadar logam kadmium (Cd) dihitung sebagai berikut:

$$Cd \text{ (mg/L)} = C \times fp \quad (1)$$

**Keterangan:**

- C adalah kadar yang didapat hasil pengukuran (mg/L).  
fp adalah faktor pengenceran.

SNI 6989.16:2009

#### 4 Pengendalian mutu

- Gunakan bahan kimia pro analisis (pa).
- Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu penyimpanan maksimum.
- Perhitungan koefisien korelasi regresi linier ( $r$ ) lebih besar atau sama dengan 0,995 dengan intersepsi lebih kecil atau sama dengan batas deteksi.
- Lakukan analisis blanko dengan frekuensi 5 % sampai dengan 10 % per *batch* (satu seri pengukuran) atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10 sebagai kontrol kontaminasi.
- Lakukan analisis duplo dengan frekuensi 5 % sampai dengan 10 % per satu seri pengukuran atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10 sebagai kontrol ketelitian analisis. Jika Perbedaan Persen Relatif (*Relative Percent Difference/RPD*) sama dengan 10 % maka dilakukan pengukuran ketiga.

Persen RPD:

$$\% \text{RPD} = \frac{\left| \text{hasil pengukuran} - \text{duplikat pengukuran} \right|}{(\text{hasil pengukuran} + \text{duplikat pengukuran}) / 2} \times 100\% \quad (2)$$

- Lakukan kontrol akurasi dengan *spike matrix* atau salah satu standar kerja dengan frekuensi 5 % - 10 % per satu seri pengukuran atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10. Kisaran persen temu balik untuk *spike matrix* adalah 85 % - 115 % dan untuk standar kerja 90 % - 110 %.

Persen temu balik (% *recovery*, %R)

$$\% R = \left( \frac{A - B}{C} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

- A adalah kadar contoh uji yang diperkaya (*spike*) (mg/L);  
 B adalah kadar contoh uji (mg/L);  
 C adalah kadar standar yang ditambahkan (*target value*) (mg/L).

**CATATAN 1** Volume *spike matrix* yang ditambahkan maksimal 5% dari volume contoh uji.

**CATATAN 2** Hasil akhir kadar contoh uji yang diperkaya (*spike matrix*) berkisar 2 kali kadar contoh uji. Kadar contoh uji yang sudah diperkaya berada pada kisaran rentang pengukuran.

- Standar ini telah melalui uji banding metode dengan peserta 10 laboratorium pada kadar 1 mg Cd/L dengan tingkat presisi (% RSD) 8,90 % dan akurasi (bias metode) 1,25 %.

#### 5 Rekomendasi

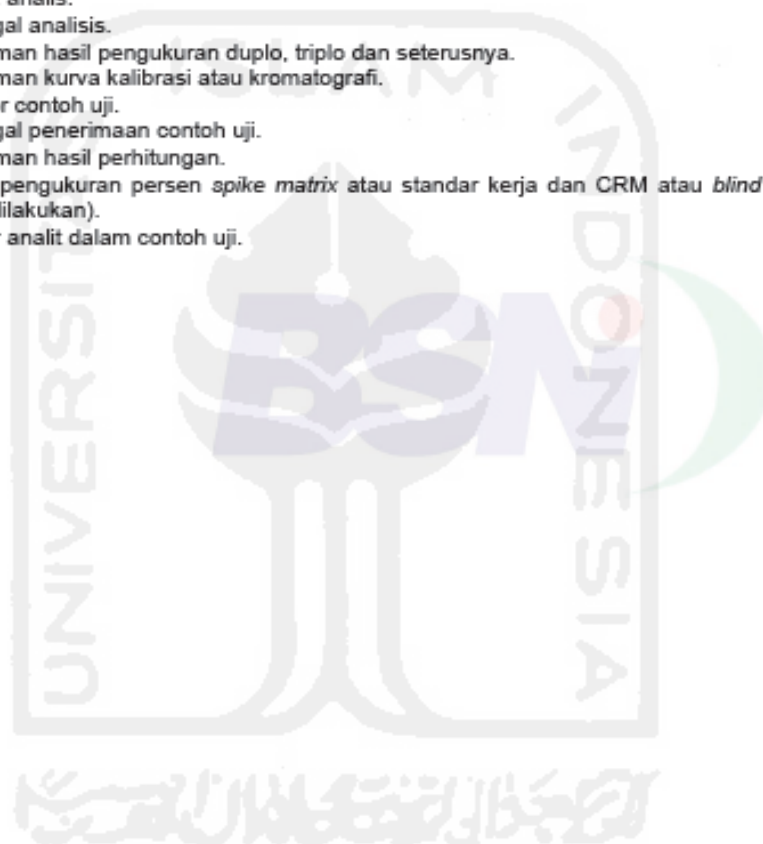
- Lakukan analisis *blind sample*.
- Buat *control chart* untuk akurasi dan presisi analisis.

SNI 6989.16:2009

**Lampiran A**  
(normatif)  
**Pelaporan**

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analis.
- 3) Tanggal analisis.
- 4) Rekaman hasil pengukuran duplo, triplo dan seterusnya.
- 5) Rekaman kurva kalibrasi atau kromatografi.
- 6) Nomor contoh uji.
- 7) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 8) Rekaman hasil perhitungan.
- 9) Hasil pengukuran persen *spike matrix* atau standar kerja dan CRM atau *blind sample* (bila dilakukan).
- 10) Kadar analit dalam contoh uji.





SNI 6989.16:2009

**Lampiran B**  
(informatif)  
**Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat untuk persiapan contoh uji**

**Tabel B.1 - Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat  
untuk persiapan contoh uji**

Asam	Disarankan untuk analisis	Bisa berguna untuk contoh uji	Tidak disarankan untuk analisis
HCl	Ag	Sb, Ru, Sn	Th, Pb
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ti	-	Ag, Pb, Ba
HClO <sub>4</sub>	-	mengandung bahan organik	-
HF	-	mengandung silika	-

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional. Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan"

SNI 6989.16:2009

### Bibliografi

*Standard Methods for the Examination of water and wastewater* 21<sup>st</sup> Edition, 2005, Method 3111B.

Komite Akreditasi Nasional, SR 02, *Persyaratan tambahan untuk akreditasi laboratorium pengujian kimia dan biologi*, 2004





**BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN**  
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4  
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270  
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : [bsn@bsn.go.id](mailto:bsn@bsn.go.id)