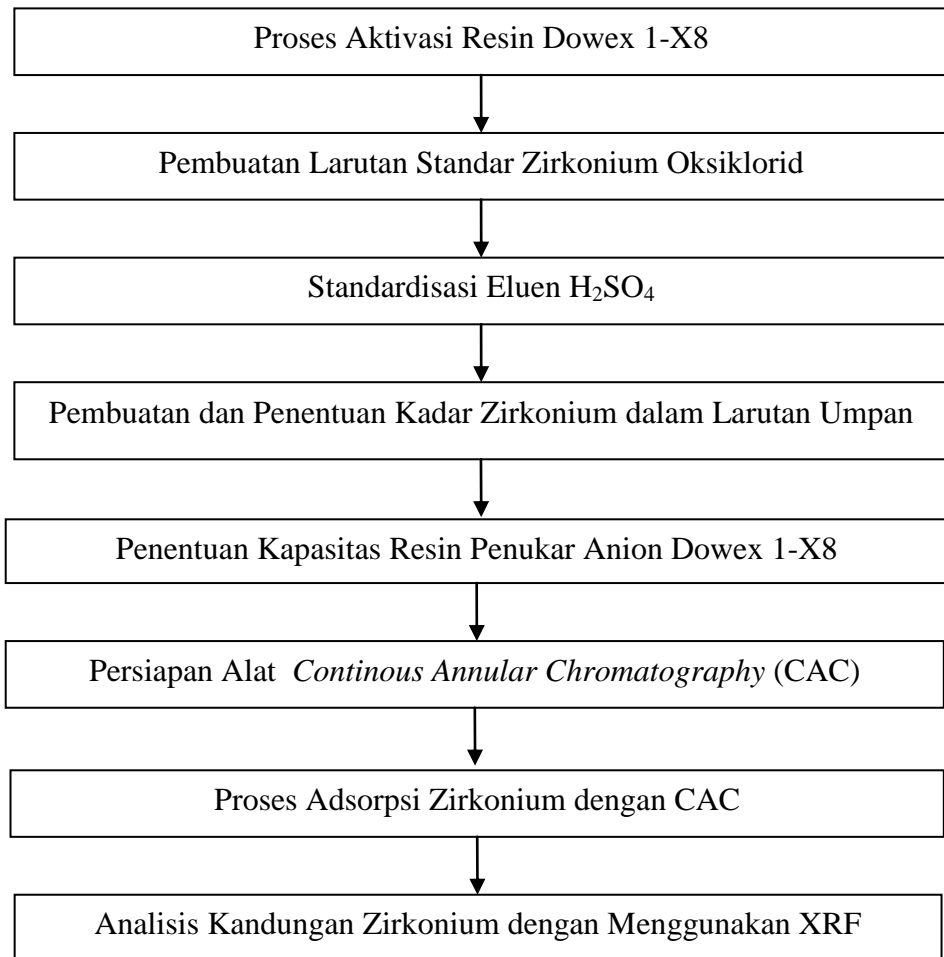


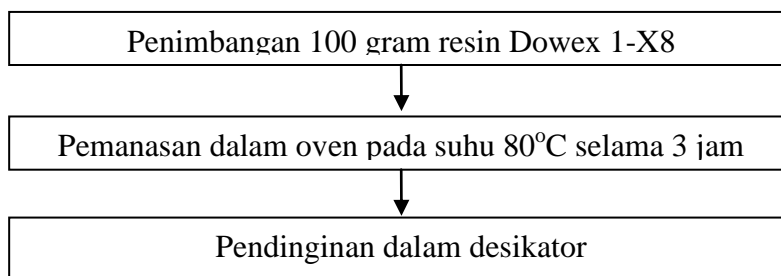
## LAMPIRAN 1

### Diagram Prosedur Kerja

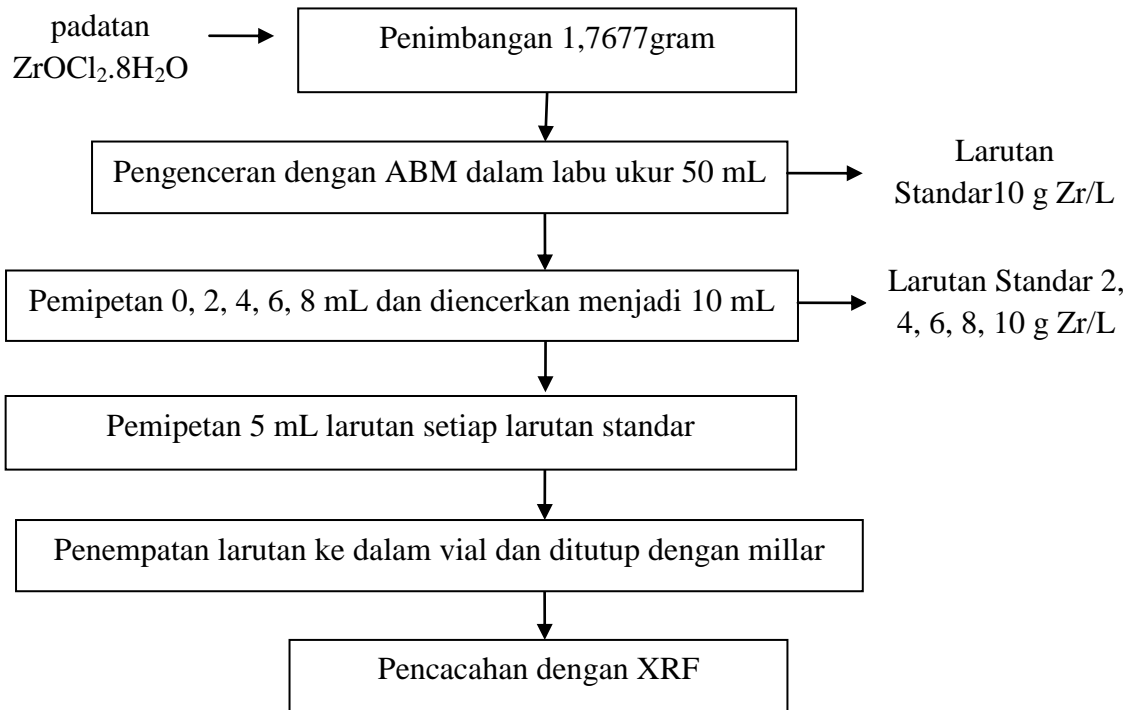
#### a. Prosedur Kerja



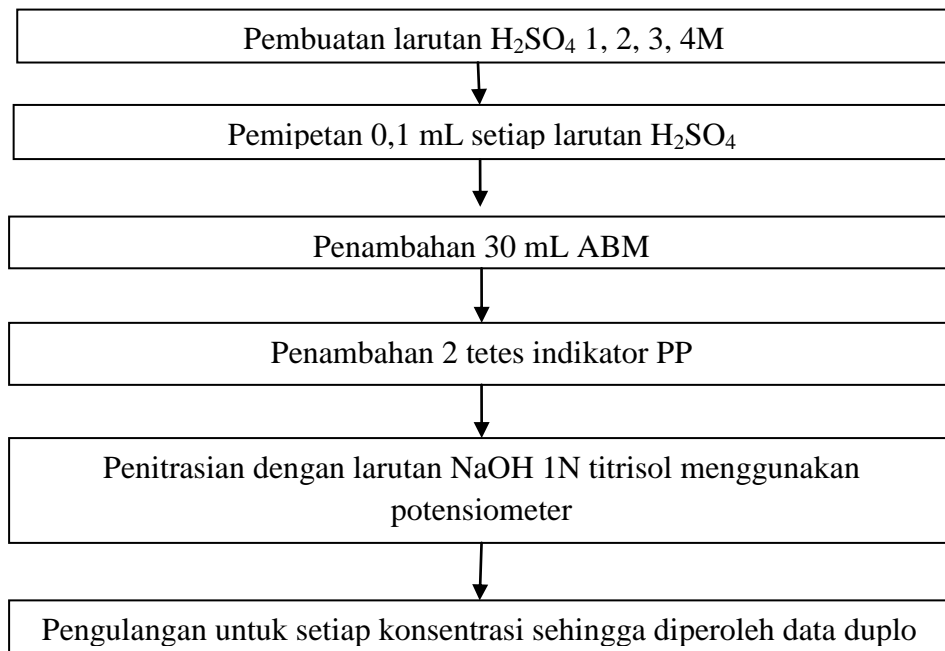
#### b. Proses Aktivasi Resin Dowex 1-X8



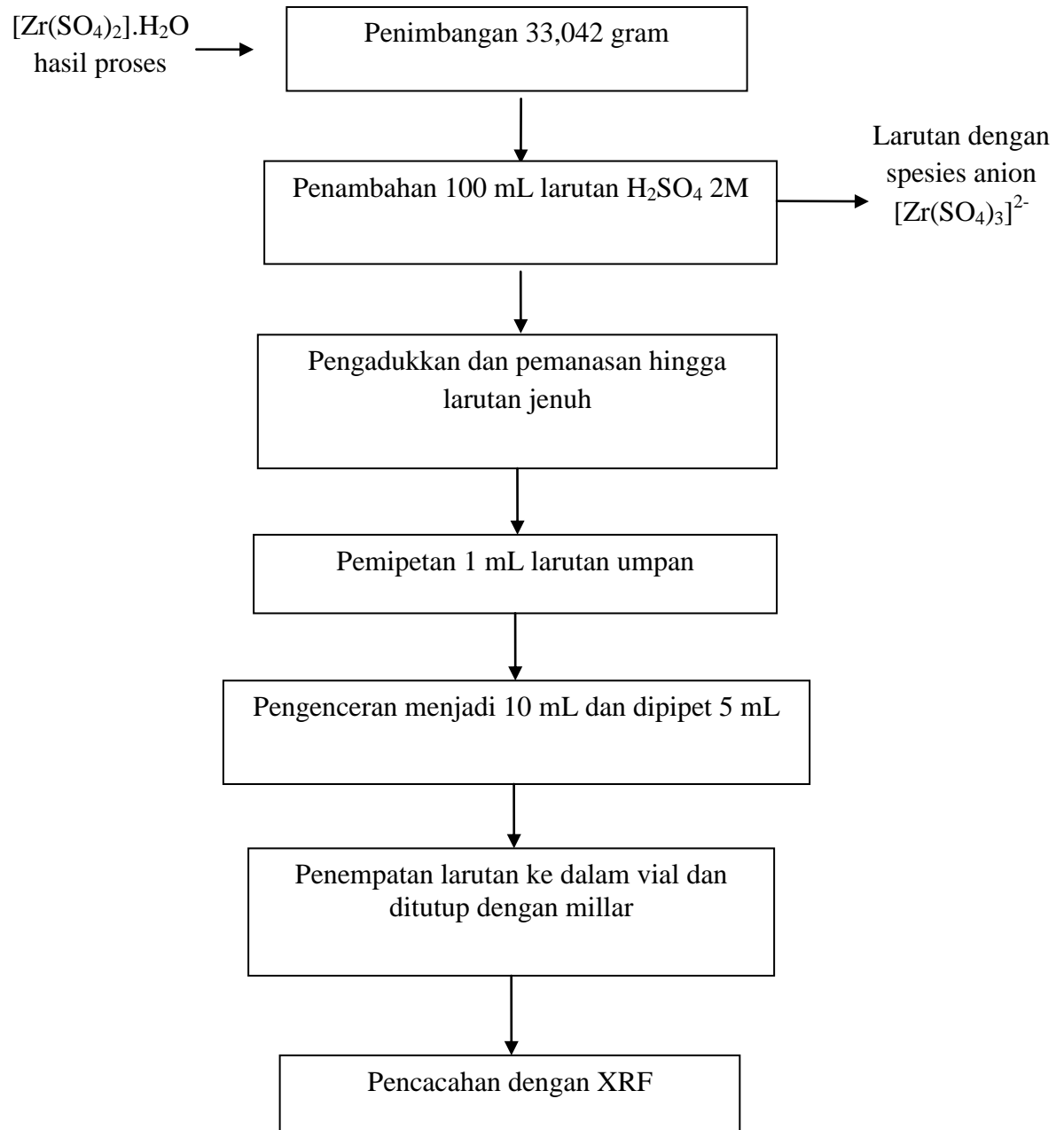
c. Pembuatan Larutan Standar Zirkonium Oksiklorid



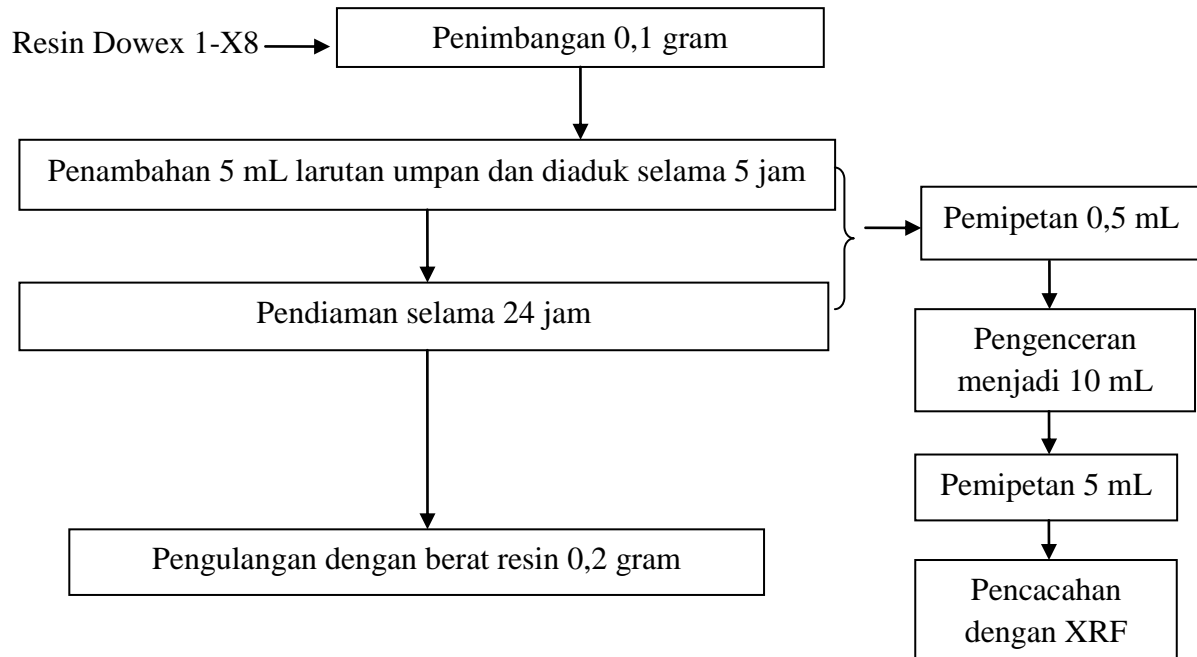
d. Standardisasi Eluen  $H_2SO_4$



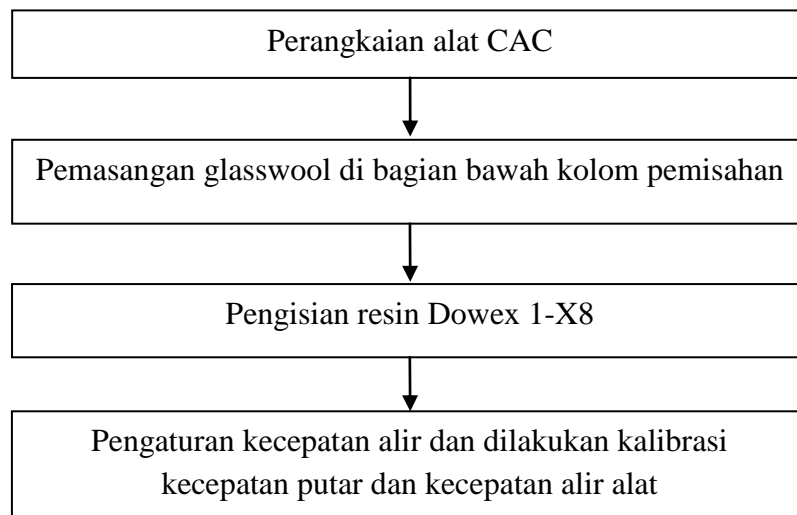
e. Pembuatan dan Penentuan Kadar Zirkonium dalam Larutan Umpan



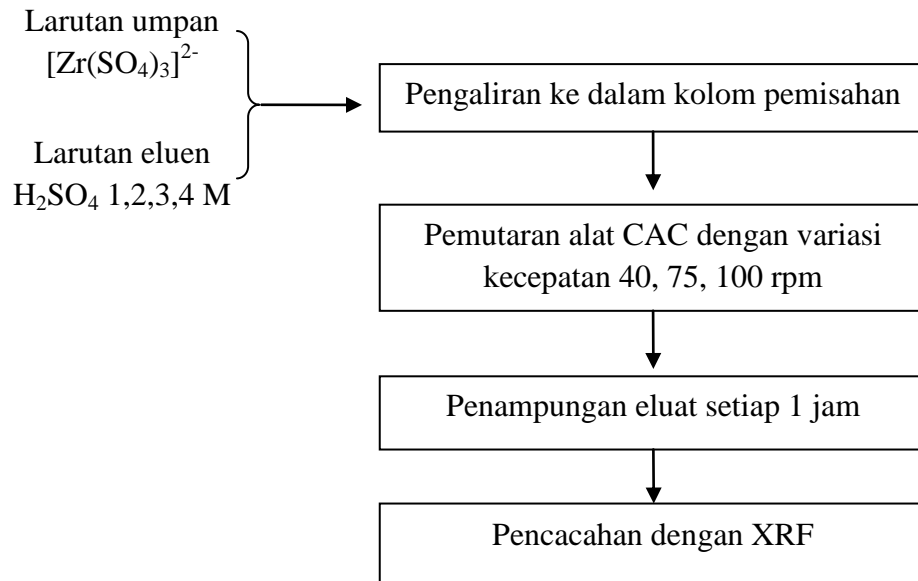
f. Penentuan Kapasitas Resin Penukar Anion Dowex 1-X8



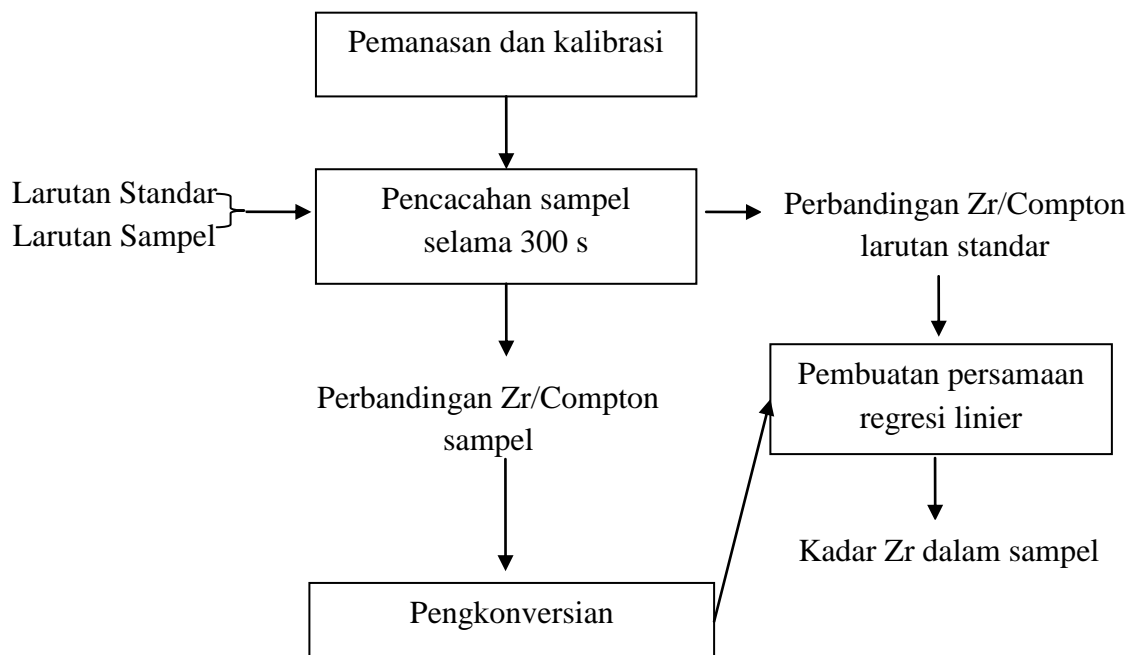
g. Persiapan Alat *Continuous Annular Chromatography* (CAC)



h. Proses Adsorpsi Zr dengan Menggunakan CAC



i. Analisis Kandungan Zr dengan Menggunakan XRF



## LAMPIRAN 2

### Pembuatan Larutan Standar Zirkonium Oksiklorid

#### a. Pembuatan Larutan Standar Zirkonium Oksiklorid

Berat  $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  yang ditimbang untuk membuat larutan standar Zirkonium Oksiklorid dengan konsentrasi 10 g Zr/L dalam 50 mL

$$\frac{Mr \text{ ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}}{Ar \text{ Zr}} = 10 \frac{g \text{ Zr}}{L}$$

$$\frac{322,22}{91,22} = 10 \frac{g \text{ Zr}}{L}$$

$$1000 \text{ mL} = 35,3234 \text{ g Zr}$$

$$50 \text{ mL} = 1,7662 \text{ g Zr}$$

Pengenceran larutan induk:

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$10 \text{ mL} \times 2 \frac{g}{L} = V2 \times 10 \frac{g}{L}$$

$$V2 = 2 \text{ mL}$$

Volume larutan induk yang dipipet = 2 mL dalam labu ukur 10 mL

Dengan cara yang sama diperoleh data pada Tabel 8 berikut ini:

Tabel 8. Data pembuatan larutan standar Zirkonium Oksiklorid

No	Konsentrasi Zirkonium Oksiklorid (g Zr/L)	Volume larutan induk 18,2 M yang dipipet (mL)
1	2	2
2	4	4
3	6	6
4	8	8
5	10	10

b. Data Analisis Zirkonium Oksiklorid dengan X-Ray Fluorescence (XRF)

Hasil analisa pencacahan larutan standar  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$  dengan menggunakan XRF yang diperoleh disajikan dalam Tabel 9 berikut ini:

Tabel 9. Data Pencacahan Sampel Standar Zirkonium Oksiklorid

Kadar Zr	Area Zr	Area Compton	Area Zr/Compton	Rata-rata Area Zr/Compton
10	24979	42955	0.5815	0.5836
	24963	42623	0.5857	
8	20660	43593	0.4739	0.4748
	20813	43755	0.4757	
6	16478	45765	0.3601	0.3605
	16504	45716	0.3610	
4	11099	46741	0.2375	0.2364
	10978	46634	0.2354	
2	5384	46305	0.1163	0.1185
	5556	46031	0.1207	

Data dalam Tabel 9 kemudian dibuat grafik hubungan antara kadar Zr dengan area Zr/Compton seperti Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6 diperoleh persamaan regresi linier  $y = 0,05843 x + 0,00421$ . Persamaan regresi ini kemudian digunakan untuk menentukan kadar Zr pada sampel.

### LAMPIRAN 3

#### Data Standardisasi Eluen H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

a. Pembuatan Larutan Eluen

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

$$\text{Konsentrasi H}_2\text{SO}_4 \text{ pekat} = \frac{\% \times BJ \times 1000}{BM}$$

$$= \frac{97\% \times \frac{1,84 \text{ kg}}{1 \text{ L}} \times 1000}{98,08}$$

$$= \frac{1784,8}{98,08}$$

$$= 18,1974 \text{ M}$$

$$= 18,2 \text{ M}$$

Pengenceran larutan induk:

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$1000 \text{ mL} \times 1 \text{ M} = V_2 \times 18,2 \text{ M}$$

$$V_2 = 54,95 \text{ mL}$$

$$V_2 = 55 \text{ mL}$$

Volume larutan induk yang dipipet = 55 mL dalam labu ukur 1000 mL

Dengan cara yang sama diperoleh data pada Tabel 10 berikut ini:

Tabel 10. Data pembuatan larutan standar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

No	Konsentrasi larutan standar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (M)	Volume larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 18,2 M yang dipipet (mL)
----	--	--



1	1	55
2	2	110
3	3	165
4	4	220

b. Standardisasi larutan standar



Volume  $H_2SO_4 = 1 \text{ mL}$

Konsentrasi NaOH titrisol = 1N

$$\text{Rumus konsentrasi } H_2SO_4 = V_{H_2SO_4} \times N_{H_2SO_4} = V_{NaOH} \times N_{NaOH}$$

Data standardisasi larutan standar  $H_2SO_4$  dengan menggunakan potensiometer dapat dilihat pada Tabel 11 di bawah ini:

Tabel 11. Data standardisasi larutan standar  $H_2SO_4$

No	Volume (ml)		Konsentrasi (M)	
	$H_2SO_4$	NaOH 1N	$H_2SO_4$	Rata-rata $H_2SO_4$
1	1	1,940	0,970	0,9625
2	1	1,910	0,955	
3	1	4,748	2,374	2,195
4	1	4,032	2,016	
5	1	6,600	3,300	2,7275
6	1	4,310	2,155	
7	1	7,658	3,829	3,733
8	1	7,274	3,637	

Contoh perhitungan konsentrasi  $H_2SO_4$  sebagai berikut:

$$V_{H_2SO_4} \times N_{H_2SO_4} = V_{NaOH} \times N_{NaOH}$$

$$1. \quad 1 \text{ ml} \times N_{H_2SO_4} = 1,940 \text{ ml} \times 1 \text{ N}$$

$$N_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,940\text{N}$$

$$N_{\text{H}_2\text{SO}_4} \approx 0,970\text{M}$$

#### LAMPIRAN 4

##### Pembuatan Larutan Umpan

a. Pembuatan Larutan Induk

Zirkonium Sulfat

Berat zirkonium sulfat yang ditimbang untuk membuat umpan Zirkonium Sulfat dengan konsentrasi 100 g Zr/L adalah

$$\begin{aligned} \text{Berat } [\text{Zr}(\text{SO}_4)_2] \cdot \text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{zirkonium sulfat}}{\text{Ar Zr}} \times \text{konsentrasi umpan} \\ &= \frac{301,22}{91,22} \times 100 \frac{\text{g}}{\text{L}} \\ &= 330,2127 \text{ g/L} \\ &= 33,0213 \text{ g/100mL} \end{aligned}$$

b. Penentuan Konsentrasi Larutan

Umpan

Data hasil analisis dengan XRF untuk larutan umpan dapat dilihat pada Tabel 12 di bawah ini:

Tabel 12. Data analisis larutan umpan dengan XRF

Luas Area Zirkonium (Zr)	Luas Area Compton (Compt)	Zr/Compt
22410	42956	0,5217

Kadar zirkonium dalam larutan umpan ditentukan dengan menggunakan persamaan regresi larutan standar Zr oksiklorid berikut ini:

$$Y = 0,05843X + 0,00421$$

$$0,5217 = 0,05843X + 0,00421$$

$$0,51749 = 0,05843X$$

$$X = 8,85$$

Jadi kadar larutan umpan adalah  $8,85 \text{ g Zr/L} \times 10 = 88,5 \text{ g Zr/L}$ .

Hal ini disebabkan dalam pengukuran larutan terlalu pekat sehingga perlu diencerkan sebanyak 10 kali.

## LAMPIRAN 5

### Penentuan Kapasitas Resin Penukar Anion Dowex1-X8

Data analisis penentuan kapasitas resin penukar anion Dowex1-X8 dapat dilihat dari Tabel 13 di bawah ini:

Tabel 13. Data Kapasitas Resin Penukar Anion Dowex 1-X8

No	Massa Resin (g)	Volume Umpan (mL)	Kadar Zr (g/L)		Kapasitas Resin (mg/g)	Efektivitas Resin (%)
			Awal	Akhir		
1	0,1	5	88,5	51,579	1846,05	41,72
2	0,2	10	88,5	50,930	1878,50	42,45

Rumus untuk menentukan kaptitas resin adalah sebagai berikut:

$$W = (C1 - C2) \times V \times \frac{1}{Br}$$

Keterangan :

W = Jumlah Zr yang terikat oleh resin (mg/g)

C1 = Konsenttrasi Zr awal (g/L)

C2 = Konsentrasi Zr akhir (g/L)

V = Volume umpan yang digunakan (mL)

Br = Massa resin yang digunakan (g)

Kapasitas resin Dowex 1-X8 adalah sebagai berikut:

$$W1 = (88,5 - 51,579) \text{ mg/mL} \times 5 \text{ mL} \times \frac{1}{0,1 \text{ g}}$$
$$= 1846,05 \text{ mg/g}$$

$$W2 = (88,5 - 50,930) \text{ mg/mL} \times 10 \text{ mL} \times \frac{1}{0,2 \text{ g}}$$
$$= 1878,5 \text{ mg/g}$$

Efektivitas resin untuk menyerap Zr dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Efektivitas resin} = \frac{C1 - C2}{C1} \times 100\%$$

$$\text{Efektivitas resin 1} = \frac{88,5 - 51,579}{88,5} \times 100\%$$
$$= 41,72\%$$

$$\text{Efektivitas resin 2} = \frac{88,5 - 50,930}{88,5} \times 100\%$$
$$= 42,45\%$$

## LAMPIRAN 6

### Penentuan Kadar Zr dalam Sampel Hasil Proses Adsorpsi

Data analisis penentuan kadar Zr dalam sampel hasil proses adsorpsi dengan variasi konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dapat dilihat dari Tabel 14 di bawah ini:

Tabel 14. Data cacah sampel hasil adsorpsi menggunakan CAC dengan XRF pada kecepatan putar 75 rpm

No Fraksi	Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Kode Sampel	Area Zr	Area Compton	Area Zr/Compton	Kadar Zr (g/L)
1	1 M	A1	2499	48176	0.0519	0.8157
2	1 M	A2	2746	50919	0.0539	1.1327
3	1 M	A3	2871	48800	0.0588	0.992
4	1 M	A4	2723	32350	0.0842	1.1378
5	1 M	A5	2036	23830	0.0854	0.4609
6	1 M	A6	1600	26215	0.0610	0.7124
7	1 M	A7	1548	25918	0.0597	0.9501
8	1 M	A8	1178	25721	0.0458	0.9725
9	1 M	A9	796	25563	0.0311	1.3902
10	1 M	A10	1801	25476	0.0707	1.3685
11	1 M	A11	1639	26363	0.0622	0.9348

12	1 M	A12	1690	24008	0.0704	0.8509
1	2 M	B1	4873	24463	0.1992	3.3371
2	2 M	B2	4482	24152	0.1856	1.9541
3	2 M	B3	5121	24181	0.2118	3.3752
4	2 M	B4	3650	18699	0.1952	2.0903
5	2 M	B5	4259	21472	0.1984	2.982
6	2 M	B6	4096	21563	0.1900	3.2042
7	2 M	B7	3626	19345	0.1874	3.1359
8	2 M	B8	4459	23293	0.1914	3.1789
9	2 M	B9	4425	24797	0.1784	3.3226
10	2 M	B10	4659	36875	0.1263	3.2687
11	2 M	B11	4480	22242	0.2014	3.5524
12	2 M	B12	4290	36237	0.1184	3.104
1	3 M	C1	9582	25670	0.3733	6.3164
2	3 M	C2	9180	27077	0.3390	6.5313
3	3 M	C3	9341	26558	0.3517	6.3629
4	3 M	C4	9559	26430	0.3617	6.2257
5	3 M	C5	9147	37667	0.2428	6.327
6	3 M	C6	9204	25772	0.3571	6.1355
7	3 M	C7	9313	37799	0.2464	4.1447
8	3 M	C8	9240	25475	0.3627	6.0401
9	3 M	C9	9380	25087	0.3739	4.084
10	3 M	C10	9336	25371	0.3680	6.1178
11	3 M	C11	9627	25604	0.3760	5.9475
12	3 M	C12	9818	25446	0.3858	5.7303
1	4 M	D1	5116	25767	0.1985	3.326
2	4 M	D2	4889	26585	0.1839	3.4317
3	4 M	D3	4817	25823	0.1865	3.3828
4	4 M	D4	5350	38938	0.1374	3.5258
5	4 M	D5	5416	26539	0.2041	3.4816

6	4 M	D6	5113	26530	0.1927	3.3698
7	4 M	D7	5282	25655	0.2059	3.4516
8	4 M	D8	5386	26782	0.2011	3.2263
9	4 M	D9	5458	26286	0.2076	3.4206
10	4 M	D10	5507	26196	0.2102	2.2794
11	4 M	D11	5260	26057	0.2019	3.1205
12	4 M	D12	5510	26914	0.2047	3.0753

Data analisis penentuan kadar Zr dalam sampel hasil proses adsorpsi dengan variasi kecepatan putar dapat dilihat dari Tabel 15 di bawah ini:

Tabel 15. Data cacah sampel hasil adsorpsi menggunakan CAC dengan XRF pada konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M

No Fraksi	Kecepatn Putar	Kode Sampel	Luas Area Zr	Luas Area Compton	Luas Area Zr/Compton	Kadar Zr (g/L)
1	40 rpm	A1	1851	29703	0.0623	0.9945
2	40 rpm	A2	2367	30980	0.0764	1.2356
3	40 rpm	A3	1743	24723	0.0705	1.1345
4	40 rpm	A4	1931	26313	0.0734	1.1839
5	40 rpm	A5	1913	25736	0.0743	1.2001
6	40 rpm	A6	1936	25921	0.0747	1.2062
7	40 rpm	A7	2096	26089	0.0803	1.3029
8	40 rpm	A8	1774	25915	0.0685	1.0995
9	40 rpm	A9	2746	33043	0.0831	1.3502
10	40 rpm	A10	2068	26539	0.0779	1.2616
11	40 rpm	A11	2151	28580	0.0753	1.2160
12	40 rpm	A12	2060	25585	0.0805	1.3059
1	75 rpm	A1	2499	48176	0.0519	0.8157
2	75 rpm	A2	2746	50919	0.0539	1.1327
3	75 rpm	A3	2871	48800	0.0588	0.992
4	75 rpm	A4	2723	32350	0.0842	1.1378
5	75 rpm	A5	2036	23830	0.0854	0.4609

6	75 rpm	A6	1600	26215	0.0610	0.7124
7	75 rpm	A7	1548	25918	0.0597	0.9501
8	75 rpm	A8	1178	25721	0.0458	0.9725
9	75 rpm	A9	796	25563	0.0311	1.3902
10	75 rpm	A10	1801	25476	0.0707	1.3685
11	75 rpm	A11	1639	26363	0.0622	0.9348
12	75 rpm	A12	1690	24008	0.0704	0.8509
1	100 rpm	A1	1008	45217	0.0223	0.3095
2	100 rpm	A2	1049	45997	0.0228	0.3183
3	100 rpm	A3	639	46812	0.0137	0.1616
4	100 rpm	A4	747	45299	0.0165	0.2102
5	100 rpm	A5	780	46496	0.0168	0.2151
6	100 rpm	A6	1434	46791	0.0306	0.4525
7	100 rpm	A7	981	46175	0.0212	0.2915
8	100 rpm	A8	1734	46335	0.0374	0.5684
9	100 rpm	A9	1262	48786	0.0259	0.3707
10	100 rpm	A10	1270	47232	0.0269	0.3881
11	100 rpm	A11	975	48131	0.0203	0.2746
12	100 rpm	A12	1373	49189	0.0279	0.4057



## LAMPIRAN 7

### X-RAY CRITICAL ABSORPTION AND EMISSION ENERGIES CHART

Besarnya energi yang digunakan untuk menentukan kadar Zr dengan XRF dapat dilihat pada Tabel 16 di bawah ini:

Tabel 16. Data X-Ray Critical Absorption And Emission Energies Chart

Nama	Simbol	K $\alpha$		K $\beta$		L $\alpha$		L $\beta$	
		K $\alpha$ 1	K $\alpha$ 2	K $\beta$ 1	K $\beta$ 2	L $\alpha$ 1	L $\alpha$ 2	L $\beta$ 1	L $\beta$ 2
Hydrogen	H	-	-	-	-	-	-	-	-
Helium	He	-	-	-	-	-	-	-	-
Lithium	Li	0,	052	-	-	-	-	-	-
Beryllium	Be	0,	110	-	-	-	-	-	-
Boron	B	0,	185	-	-	-	-	-	-
Carbon	C	0,	282	-	-	-	-	-	-
Nitrogen	N	0,	392	-	-	-	-	-	-
Oxygen	O	0,	523	-	-	-	-	-	-
Fluorin	F	0,	677	-	-	-	-	-	-
Neon	Ne	0,	851	-	-	-	-	-	-
Sodium	Na	1,	041	1,067	-	-	-	-	-
Magnesium	Mg	1,	254	1,297	-	-	-	-	-
Aluminium	Al	1,487	1,486	1,553	-	-	-	-	-
Silicon	Si	1,740	1,739	1,832	-	-	-	-	-
Phosphorus	P	2,015	2,014	2,136	-	-	-	-	-
Sulphur	S	2,308	2,306	2,464	-	-	-	-	-
Chlorine	Cl	2,622	2,621	2,815	-	-	-	-	-
Argon	Ar	2,957	2,955	3,192	-	-	-	-	-

Potassium	K	3,313	3,310	3,589	-	-	-	-	-
Calcium	Ca	3,691	3,688	4,012	-	0,	341	0,344	-
Scandium	Sc	4,090	4,085	4,460	-	0,	395	0,399	-
Titanium	Ti	4,510	4,504	4,931	-	0,	452	0,458	-
Vanadium	V	4,952	4,944	5,427	-	0,	510	0,519	-
Chromium	Cr	5,414	5,405	4,946	-	0,	571	0,581	-
Manganese	Mn	5,898	5,887	6,490	-	0,	636	0,647	-
Iron	Fe	6,403	6,390	7,057	-	0,	704	0,717	-
Cobalt	Co	6,390	6,915	7,649	-	0,	775	0,790	-
Nickel	Ni	7,477	7,460	8,264	8,328	0,	849	0,866	-
Copper	Cu	8,047	8,027	8,904	8,976	0,	928	0,948	-
Zinc	Zn	8,638	8,615	9,571	9,657	1,	009	1,032	-
Galium	Ga	9,251	9,234	10,263	10,365	1,	090	1,122	-
Germanium	Ge	9,885	9,854	10,981	11,100	1,	186	1,216	-
Arsenic	As	10,543	10,507	11,725	11,863	1,	282	1,317	-
Selenium	Se	11,221	11,181	12,495	12,651	1,	379	1,419	-
Bromine	Br	11,923	11,877	13,290	13,465	1,	480	1,526	-
Krypton	Kr	12,648	12,597	14,112	14,513	1,	587	1,638	-
Rubidium	Rb	13,394	13,335	14,960	15,184	1,694	1,692	1,752	-
Strontium	Sr	14,164	14,097	15,834	16,083	1,806	1,805	1,872	-
Yttrium	Y	14,957	14,882	16,736	17,011	1,922	1,920	1,996	-
Zirconium	Zr	15,774	15,690	17,666	17,969	2,042	2,040	2,124	2,219
Niobium	Nb	16,614	16,520	18,621	18,951	2,166	2,163	2,257	2,367
Molybdenum	Mo	17,478	17,373	19,607	19,964	2,293	2,290	2,395	2,518
Technetium	Tc	18,410	18,328	20,585	21,012	2,424	2,420	2,538	2,674
Ruthenium	Ru	19,278	19,149	21,655	22,072	2,558	2,554	2,683	2,836
Rhodium	Ro	20,214	20,072	22,721	23,169	2,696	2,962	2,834	3,001
Polladium	Pd	21,175	21,018	23,816	24,297	2,838	2,833	2,990	3,172
Silver	Ag	22,162	21,998	24,942	25,454	2,934	2,78	3,151	3,348
Cadmium	Cd	23,172	22,982	26,093	26,641	3,133	3,127	3,316	3,528
Indium	In	24,207	24,000	27,274	27,859	3,287	3,279	3,487	3,713
Tin	Sn	25,270	25,042	28,483	29,106	3,444	3,435	3,662	3,904
Antimony	Sb	26,357	26,109	29,723	30,387	3,605	3,595	3,843	4,100
Tellurium	Te	27,471	27,200	30,993	31,698	3,769	3,758	4,029	4,301
Iodine	I	28,610	28,315	32,292	33,016	3,937	3,936	4,220	4,507
Xenon	Xe	29,802	29,485	33,644	34,446	4,111	4,099	4,422	4,720
Cesium	Cs	30,970	30,623	34,884	35,819	4,286	4,272	4,620	4,936
Barium	Ba	32,191	31,815	36,376	37,255	4,467	4,451	4,828	5,156
Lanthanum	La	33,440	33,033	37,799	38,728	4,651	4,635	4,043	5,384
Cerium	Ce	34,717	34,276	39,255	40,231	4,840	4,823	5,262	5,613
Praseodymium	Pr	36,023	35,548	40,746	41,772	5,034	5,014	5,439	5,850

Neodymium	Nd	37,359	36,845	42,269	43,293	5,230	5,208	5,722	6,090
Promethium	Pm	38,649	38,160	43,945	44,955	5,431	5,408	5,956	6,336
Samarium	Sm	40,124	39,523	45,400	46,553	5,636	5,609	5,206	6,587
Europium	Eu	41,529	40,877	47,027	48,241	5,846	5,816	6,456	6,842
Gadolinium	Gd	42,983	42,280	48,718	49,961	6,059	6,027	6,714	7,102
Terbium	Tb	44,470	43,737	50,391	51,737	6,275	6,241	6,979	7,368
Dysprosium	Dy	45,985	45,193	52,178	53,491	6,495	6,457	7,249	7,638
Holmium	Ho	47,528	46,686	53,934	55,292	6,720	6,680	7,528	7,912
Erpium	Er	49,099	48,205	55,690	57,088	6,948	6,904	7,810	8,188
Thulium	Tm	50,730	49,762	57,576	58,969	7,181	7,135	8,103	8,472
Ytterbium	Yb	52,360	51,326	59,352	60,959	7,414	7,367	8,401	8,758
Lutecium	Lu	54,063	52,959	61,282	62,946	7,654	7,604	8,708	9,048
Hafnium	Hf	55,757	54,579	63,209	64,936	7,898	7,843	9,021	9,346
Tantalum	Ta	57,524	56,270	65,210	66,999	8,145	8,087	9,341	9,649
Tungsten	W	59,310	57,973	67,233	69,090	8,396	8,333	9,670	9,959
Rhenium	Re	61,131	59,707	69,298	71,220	8,651	8,584	10,008	10,273
Osmium	Os	62,991	61,477	71,404	73,393	8,910	8,840	10,354	10,596
Iridium	Ir	64,886	63,278	73,549	75,605	9,173	9,098	10,706	10,918
Pltanium	Pt	66,820	65,111	75,736	77,866	9,441	9,360	11,069	11,249
Gold	Au	68,794	66,980	77,968	80,165	9,711	9,625	11,439	11,582
Merkury	Hg	70,821	68,890	80,258	82,526	9,987	9,896	11,823	11,923
Thallium	Tl	72,860	70,820	82,558	84,904	10,266	10,170	12,210	12,268
Lead	Pb	74,957	72,794	84,922	87,343	10,549	10,448	12,611	12,620
Bismuth	Bi	77,097	74,805	87,335	89,833	10,836	10,729	13,021	12,977
Polonium	Po	79,296	76,868	89,809	92,386	11,128	11,014	13,441	13,338
Astatine	At	81,525	78,956	82,319	94,976	11,424	11,304	13,873	13,705
Radon	Rn	83,800	81,080	94,877	97,616	11,724	11,597	14,316	14,077
Francium	Fr	86,119	83,243	97,483	100,305	12,029	11,894	14,770	14,459
Radium	Ra	88,485	85,446	100,136	103,048	12,338	12,194	15,233	14,839
Actinium	Ac	90,894	87,681	102,846	105,838	12,650	12,499	15,712	15,227
Therium	Th	93,334	89,942	105,592	108,671	12,966	12,808	16,200	15,620
Protactinium	Pa	95,851	92,271	108,408	111,575	13,291	13,120	16,700	16,022
Uranium	U	98,428	94,648	111,289	114,549	13,613	13,438	17,218	16,425
Neptunium	Np	101,005	97,023	114,181	117,533	13,945	13,758	17,740	16,837
Plutonium	Pu	103,653	99,457	117,146	120,592	14,279	14,882	18,278	17,254
Americium	Am	106,351	101,932	120,163	123,706	14,618	14,411	18,829	17,677
Curium	Cm	109,098	104,448	123,235	126,875	14,961	14,743	19,393	18,106
Berkelium	Bk	111,896	107,023	126,362	130,101	15,309	15,079	19,971	18,540
Caliternium	Cf	114,745	109,603	129,544	133,383	15,661	15,420	20,562	18,980
Einstennium	Es	117,646	112,244	132,781	136,724	16,018	15,764	21,166	19,426
Fermium	Fm	120,598	114,926	136,075	140,122	16,379	16,113	21,785	19,879

