



## Studi Sistem Hidrogeologi Daerah Tompasso Dengan Menggunakan Metode Kimia Air

Nadhia D. G. Hotman<sup>#a</sup>, Hendra Riogilang<sup>#b</sup>, Cindy J. Supit<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>a</sup>nadhiahhotman09@gmail.com, <sup>b</sup>riogilanghendra@gmail.com, <sup>c</sup>cindyjeansupit@unsrat.ac.id

### Abstrak

Kecamatan Tompasso yang terletak di Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara banyak menyimpan potensi alam seperti kondisi tanah dan iklim yang cocok untuk potensi hortikultura dan panas bumi. Potensi panas bumi/ geothermal di daerah Tompasso, sebagian diantaranya berupa sumber air panas, dimanfaatkan sebagai sumber air untuk mandi, mencuci, dan rekreasi, serta dimanfaatkan juga sebagai sumber energi PLTP PT. PGE produksi listrik di Sulawesi Utara, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui asal asli sumber air panas di daerah Tompasso. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kimia air, pada lokasi penelitian sampel yang berasal dari sumber mata air kemudian sampel tersebut di periksa dan di analisis di Laboratorium WLN Manado, kemudian sampel tersebut diklasifikasikan tipe jenis airnya berdasarkan metode kimia air menggunakan diagram piper kemudian dibuat model sistem hidrogeologi yang menjelaskan mengenai sistem hidrogeologi dan asal dari mata air yang ada. 15 sampel air yang ada merupakan jenis tipe air Mg-SO<sub>4</sub>, H-SO<sub>4</sub>, Na-Cl dan Na-SO<sub>4</sub>, dimana: Sampel S-1, berjenis Mg-SO<sub>4</sub>, Sampel S-11A dan S-11B berjenis H-SO<sub>4</sub>, Sampel S-2A, S-2B, S-2C, S-3, S-4, S-5, S-6, S-7, S-9, dan S-10 berjenis Na-Cl serta Sampel S-8A dan S-8B sampel dengan jenis air Na-SO<sub>4</sub>. Dan untuk pola aliran yang ada: sampel S-1 sampai S-10 merupakan sampel yang berasal dari air permukaan yang mengalami pemanasan dan keluar sebagai mata air panas, untuk sampel S-11A dan S-11B air berasal dari reservoir bawah tanah yang keluar sebagai air yang bercampur dengan uap yang berasal dari panas bumi.

*Kata kunci: panas bumi, kimia air, sistem hidrogeologi, mata air panas*

### 1. Pendahuluan

#### 1.1. Latar Belakang

Kecamatan Tompasso adalah sebuah kecamatan di Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Daerah ini mempunyai potensi yang besar dalam bidang hortikultura, sehingga mata pencaharian utama masyarakatnya adalah pertanian dan perkebunan, serta merupakan salah satu daerah penghasil pangan dan pertanian di Sulawesi Utara. Kabupaten Tompasso selain memiliki potensi di bidang hortikultura sebagai sumber penghidupan masyarakat dan pendapatan daerah yang penting, juga mempunyai potensi sumber daya alam yaitu potensi panas bumi. Potensi panas bumi di kawasan Tompasso merupakan peluang yang sangat mengesankan dan bermanfaat bagi masyarakat umum maupun untuk keperluan lainnya. Energi panas bumi Tompasso saat ini dimanfaatkan sebagai sumber panas bagi masyarakat sekitar, untuk keperluan memasak dan pariwisata, selain untuk kebutuhan masyarakat, energi panas bumi juga dimanfaatkan untuk PT PLTP. PGE memproduksi dan memasok listrik untuk kebutuhan Sulawesi Utara.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana sistem hidrogeologi air panas di wilayah Tompasso dan sekitarnya melalui metode kimia air untuk mengetahui darimana sumber air panas di wilayah Tompasso sehingga mendapatkan data dan informasi mengenai konsep sistem hidrogeologi air panas yang ada di wilayah Tompasso. Hal ini nantinya dapat digunakan untuk

melengkapi pengetahuan dan mengetahui dari mana asal air panas yang ada di kecamatan Tompaso dan sekitarnya, serta mempertimbangkan kebutuhan terkait sumber air panas di wilayah Tompaso dan sekitarnya.

Dilakukan kajian berupa identifikasi sumber air di kecamatan Tompaso, kemudian diambil data sampel yang akan diuji parameternya diuji di Laboratorium WLN Manado kemudian dari data tersebut dianalisis menggunakan metode dan software kimia air kemudian hasil yang diperoleh akan dibuat pemodelan sistem hidrogeologi untuk mengetahui sumber asal mata air panas yang ada di Tompaso.

### 1.2. Rumusan Masalah

1. Sumber air alami yang digunakan masyarakat Tompaso berasal dari air permukaan atau berasal dari reservoir panas bumi.
2. Bagaimana pola aliran air tanah di area tompaso dengan metode analisa kimia air

### 1.3. Batasan Masalah

1. Observasi langsung lapangan mata air panas, air sungai, mata air, kolam air, air sumur dan saluran air.
2. Pengambilan sample air berada di wilayah tompaso
3. Metode penelitian menggunakan metode kimia air

### 1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi tipe dan asal asli sumber air di daerah Tompaso.
2. Menentukan pola aliran air untuk setiap sampel mata air panas.

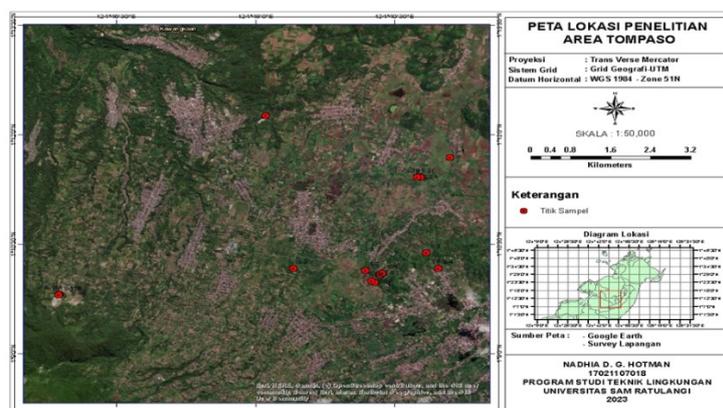
## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1. Lokasi Penelitian

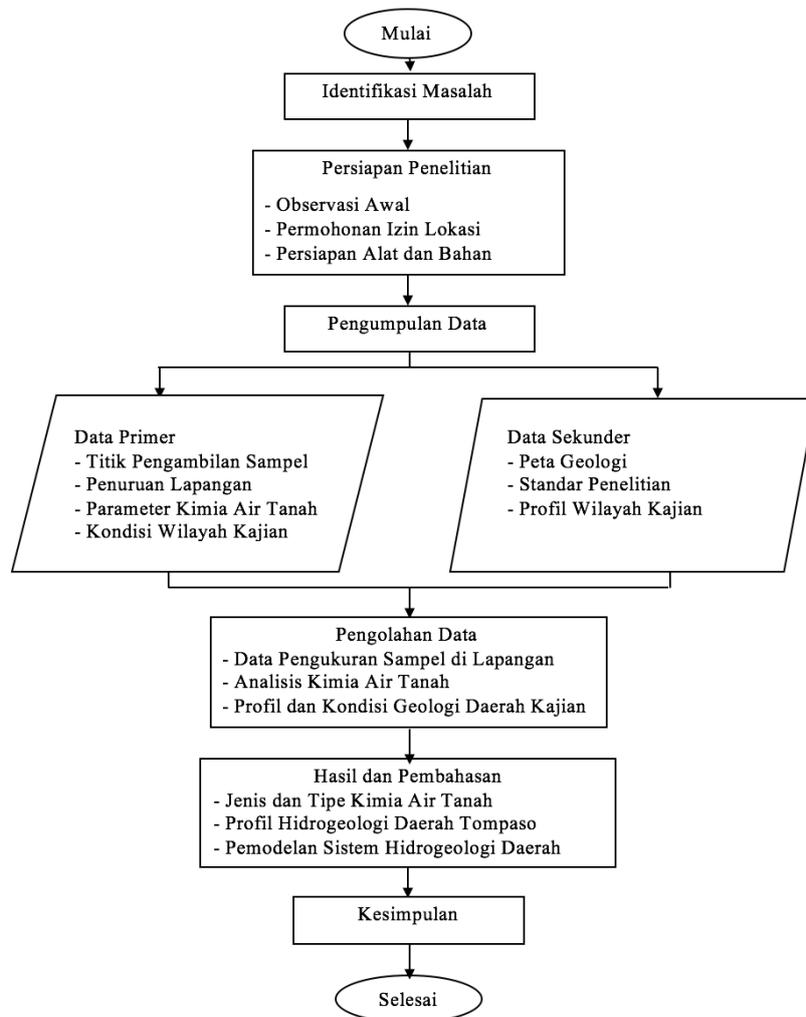
Penelitian ini dilakukan di wilayah sekitar Kecamatan Tompaso Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara, tepatnya pada Desa Kanonang, Paslaten, Kamanga, Tempang 2, Tolok, Tember, Kawangkoan, dan Kinali.

### 2.2. Metode Pengumpulan Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang di peroleh dari pengukuran sampel di lapangan di wilayah sekitar Kecamatan Tompaso yang terdapat di 15 titik lokasi, data tersebut selanjutnya di uji di Laboratorium WLN Manado. Data Sekunder diperoleh dari Peta Geografi, Peta Topografi dan juga dari jurnal, kajian pustaka dan juga literatur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Analisis Parameter Kualitas Sampel Air

Analisis pada tahapan ini berdasarkan hasil pemeriksaan di laboratorium WLN Manado sehingga memperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1. Hasil Analisis Parameter Kualitas Sampel Air

No	Kode Sampel	Elevasi m	Koordinat		Suhu °C	pH	EC μS/cm	Fe Total mg/L	Li+ mg/L
			N	E					
1	S-1	786	1°11'41,44	124°50'6,42	97.8	2.67	1850	9.02	0.157
2	S-2A	783	1°11'25,95	124°49'46,12	47.3	6.04	427	0.082	0.132
3	S-2B	782	1°11'25,05	124°49'47,22	50.8	6.29	571	0.536	0.5
4	S-2C	783	1°11'25,08	124°49'47,22	58	6.39	647	0.413	0.522
5	S-3	809	1°10'23,24	124°49'50,71	84	6.87	1396	0.487	0.644
6	S-4	817	1°10'10,08	124°49'58,35	76.6	6.31	1518	0.706	1.208
7	S-5	806	1°10'5,04	124°49'20,78	116.7	7.74	1398	0.281	0.992
8	S-6	809	1°10'6,31	124°49'22,34	74.2	4.62	1556	10.7	0.543
9	S-7	802	1°10'8,62	124°49'11,24	72	5.91	832	0.452	0.638
10	S-8A	806	1°9'58,53	124°49'17,19	83.3	2.88	1335	2.08	0.041
11	S-8B	797	1°9'59,82	124°49'15,32	50.3	2.69	1524	6.15	0.049
12	S-9	789	1°10'10,03	124°48'24,69	41	5.84	431	0.455	0.578
13	S-10	767	1°12'15,80	124°48'6,72	48.5	6.44	669	0.621	0.136
14	S-11A	967	1°9'49,33	124°45'52,76	94	1.39	14241	10.4	0.154
15	S-11B	972	1°9'48,33	124°45'52,56	94.9	1.08	7901	10.6	0.108

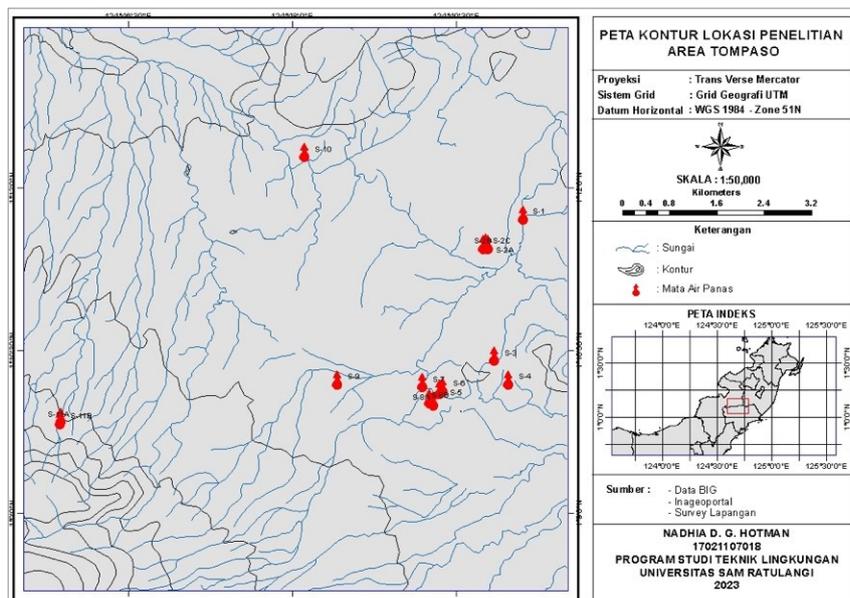
**Tabel 2.** Hasil Analisis Parameter Kualitas Sampel Air

No	Kode Sampel	Na+ mg/L	K+ mg/L	NH4+ mg/L	Mg <sup>2+</sup> mg/L	Ca <sup>2+</sup> mg/L	SO4 <sup>2-</sup> mg/L
1	S-1	29.9	11.4	122	32.1	43.9	758
2	S-2A	76.4	11.4	0.071	6.18	15.7	19.1
3	S-2B	134	20.1	1.39	5.14	12.5	39.6
4	S-2C	112	16.2	0.461	4.23	15.7	35.5
5	S-3	368	18.4	1.14	3.93	1.57	79.4
6	S-4	360	6.91	0.878	3.93	1.57	250
7	S-5	304	18.6	1.88	0.77	0.4	111
8	S-6	272	18.5	4.17	7.96	7.84	175
9	S-7	150	24.6	11.6	8.13	15.7	85.4
10	S-8A	98	29	23.3	42.3	17.2	419
11	S-8B	123	25.8	9.54	39.4	18.8	521
12	S-9	309	19.2	3.76	0.53	0.8	107
13	S-10	101	14.6	0.045	20	25.1	59.6
14	S-11A	84.1	11.7	4.39	77.3	48	1875
15	S-11B	14.4	13.7	1.33	56	12	2612

**Tabel 3.** Hasil Analisis Parameter Kualitas Sampel

No	Kode Sampel	F- mg/L	Cl- mg/L	N-NO3- mg/L	P-PO4 <sup>3-</sup> mg/L	HCO3- mg/L	SiO2 mg/L
1	S-1	0.563	15.8	0.523	0.617	0.000	62.7
2	S-2A	0.718	33.6	5.9	0.503	114	59.4
3	S-2B	0.736	43.4	0.287	0.296	151	64.6
4	S-2C	0.694	55.3	0.127	0.517	166	55.1
5	S-3	1.3	256	0.025	0.407	296	53.3
6	S-4	1.21	236	0.025	0.532	93.5	57.7
7	S-5	1.78	246	0.06	0.03	246	68.3
8	S-6	0.8	312	0.527	0.51	0.00	59.7
9	S-7	0.643	166	0.531	1.46	125	54.2
10	S-8A	0.57	67.1	0.025	0.607	0.000	47.2
11	S-8B	0.691	120	0.025	0.338	0.000	53.1
12	S-9	1.51	211	0.89	0.089	73.8	70.4
13	S-10	0.52	75	0.178	0.813	218	37.5
14	S-11A	0.954	126	0.941	0.01	0.000	270
15	S-11B	0.924	28	1.55	0.01	0.000	264

3.2 Analisis Geologi Daerah Kajian



**Gambar 3.** Peta Kontur Lokasi Penelitian

## 3.3 Analisis Hasil Lab Kimia Air

## 1. Anion

**Tabel 4.** Konsentrasi Anion Sampel Penelitian

No	Kode Sampel	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		F-		Cl-		N-NO <sub>3</sub> -	
		mg/L	meq/L	mg/L	meq/L	mg/L	meq/L	mg/L	meq/L
1	S-1	758	15.78147	0.563	0.029634698	15.8	0.44566	0.523	0.00843
2	S-2A	19.1	0.39766	0.718	0.037793452	33.6	0.94773	5.9	0.09516
3	S-2B	39.6	0.82447	0.736	0.03874092	43.4	1.22416	0.287	0.00463
4	S-2C	35.5	0.73911	0.694	0.036530161	55.3	1.55981	0.127	0.00205
5	S-3	79.4	1.65310	1.3	0.068428256	256	7.22083	0.025	0.00040
6	S-4	250	5.20497	1.21	0.063690915	236	6.65670	0.025	0.00040
7	S-5	111	2.31101	1.78	0.093694073	246	6.93876	0.06	0.00097
8	S-6	175	3.64348	0.8	0.042109696	312	8.80038	0.527	0.00850
9	S-7	85.4	1.77802	0.643	0.033845668	166	4.68226	0.531	0.00856
10	S-8A	419	8.72353	0.57	0.030003158	67.1	1.89265	0.025	0.00040
11	S-8B	521	10.84716	0.691	0.03637225	120	3.38476	0.025	0.00040
12	S-9	107	2.22773	1.51	0.079482051	211	5.95154	0.89	0.01435
13	S-10	59.6	1.24087	0.52	0.027371302	75	2.11548	0.178	0.00287
14	S-11A	1875	39.03729	0.954	0.050215812	126	3.55400	0.941	0.01518
15	S-11B	2612	54.38155	0.924	0.048636699	28	0.78978	1.55	0.02500

**Tabel 5.** Konsentrasi Anion Sampel Penelitian

No	Kode Sampel	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>		HCO <sub>3</sub> -		SiO <sub>2</sub>	
		mg/L	meq/L	mg/L	meq/L	mg/L	meq/L
1	S-1	0.617	0.00650	0.000	0.00000	62.7	1.04354
2	S-2A	0.503	0.00530	114	1.86834	59.4	0.98862
3	S-2B	0.296	0.00312	151	2.47473	64.6	1.07516
4	S-2C	0.517	0.00544	166	2.72056	55.1	0.91705
5	S-3	0.407	0.00429	296	4.85112	53.3	0.88709
6	S-4	0.532	0.00560	93.5	1.53236	57.7	0.96032
7	S-5	0.03	0.00032	246	4.03168	68.3	1.13674
8	S-6	0.51	0.00537	0.00	0.00000	59.7	0.99361
9	S-7	1.46	0.01537	125	2.04862	54.2	0.90207
10	S-8A	0.607	0.00639	0.000	0.00000	47.2	0.78557
11	S-8B	0.338	0.00356	0.000	0.00000	53.1	0.88376
12	S-9	0.089	0.00094	73.8	1.20950	70.4	1.17169
13	S-10	0.813	0.00856	218	3.57279	37.5	0.62413
14	S-11A	0.01	0.00011	0.000	0.00000	270	4.49371
15	S-11B	0.01	0.00011	0.000	0.00000	264	4.39385

## 2. Kation

**Tabel 6.** Konsentrasi Kation Sampel Penelitian

No	Kode Sampel	Fe total		Li+		Na+		K+	
		mg/L	meq/L	mg/L	meq/L	mg/L	meq/L	mg/L	meq/L
1	S-1	9.02	0.16126	0.157	0.02262	29.9	1.30057	11.4	0.29158
2	S-2A	0.082	0.00147	0.132	0.01902	76.4	3.32318	11.4	0.29158
3	S-2B	0.536	0.00958	0.5	0.07204	134	5.82862	20.1	0.51409
4	S-2C	0.413	0.00738	0.522	0.07521	112	4.87168	16.2	0.41434
5	S-3	0.487	0.00871	0.644	0.09278	368	16.00696	18.4	0.47061
6	S-4	0.706	0.01262	1,208	174.03832	360	15.65898	6.91	0.17674
7	S-5	0.281	0.00502	0.992	0.14292	304	13.22314	18.6	0.47573
8	S-6	10.7	0.19130	0.543	0.07823	272	11.83123	18.5	0.47317
9	S-7	0.452	0.00808	0.638	0.09192	150	6.52458	24.6	0.62919
10	S-8A	2.08	0.03719	0.041	0.00591	98	4.26272	29	0.74173
11	S-8B	6.15	0.10995	0.049	0.00706	123	5.35015	25.8	0.65988
12	S-9	0.455	0.00813	0.578	0.08327	309	13.44063	19.2	0.49107
13	S-10	0.621	0.01110	0.136	0.01959	101	4.39321	14.6	0.37342
14	S-11A	10.4	0.18594	0.154	0.02219	84.1	3.65811	11.7	0.29925
15	S-11B	10.6	0.18951	0.108	0.01556	14.4	0.62636	13.7	0.35040

**Tabel 7.** Konsentrasi Kation Sampel Penelitian

No	Kode Sampel	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		Mg <sup>2+</sup>		Ca <sup>2+</sup>	
		mg/L	meq/L	mg/L	meq/L	mg/L	meq/L
1	S-1	122	6.76312	32.1	1.32072	43.9	1.09536
2	S-2A	0.071	0.00394	6.18	0.25427	15.7	0.39174
3	S-2B	1.39	0.07706	5.14	0.21148	12.5	0.31189
4	S-2C	0.461	0.02556	4.23	0.17404	15.7	0.39174
5	S-3	1.14	0.06320	3.93	0.16170	1.57	0.03917
6	S-4	0.878	0.04867	3.93	0.16170	1.57	0.03917
7	S-5	1.88	0.10422	0.77	0.03168	0.4	0.00998
8	S-6	4.17	0.23117	7.96	0.32750	7.84	0.19562
9	S-7	11.6	0.64305	8.13	0.33450	15.7	0.39174
10	S-8A	23.3	1.29165	42.3	1.74038	17.2	0.42916
11	S-8B	9.54	0.52885	39.4	1.62107	18.8	0.46909
12	S-9	3.76	0.20844	0.53	0.02181	0.8	0.01996
13	S-10	0.045	0.00249	20	0.82288	25.1	0.62628
14	S-11A	4.39	0.24336	77.3	3.18042	48	1.19766
15	S-11B	1.33	0.07373	56	2.30405	12	0.29942

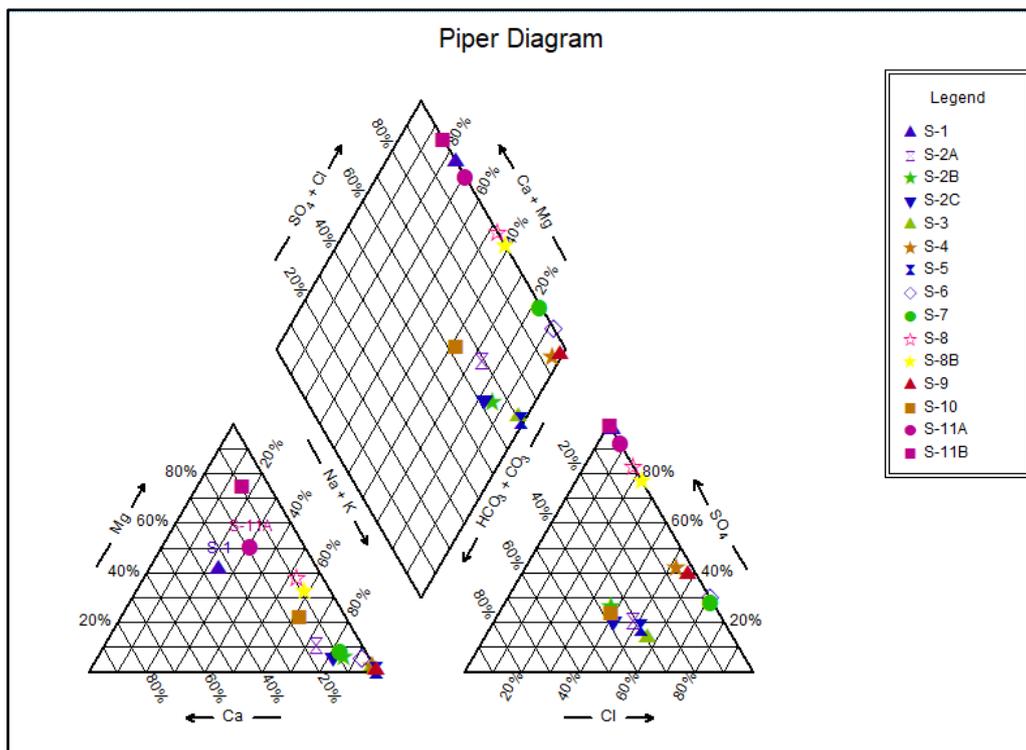
## 3. Kontrol Ion Balance

Hasil analisa air dari laboratorium ini dievaluasi dengan menggunakan control ion balanced. Perhitungan ion balance untuk keseluruhan sampel ditunjukkan oleh table di bawah ini .

**Tabel 8.** Perhitungan ion balanced (meq/L)

Anion	Kation	IB(%)
17.31524	10.95523	-22.5
4.34059	4.28518	-0,6
5.64500	7.02476	10.9
5.98055	5.95995	-0,2
14.68526	16.84313	6.8
14.42406	190.13620	85.9
14.51317	13.99269	-1.8
13.49345	13.32822	-0.6
9.46874	8.62305	-4.7
11.43854	8.50873	-14.7
15.15602	8.74605	-26.8
10.65524	14.27331	14.5
7.59206	6.24898	-9.7
47.15050	8.78693	-68.6
59.63891	3.85903	-87.8

4. Hasil Analisa Tipe Air  
Hasil Analisa sampel air selanjutnya di plot pada diagram piper seperti di bawah ini.

**Gambar 5.** Hasil Plot Sampel Air ke Diagram Piper

Dari hasil plotting sampel pada diagram piper di atas menunjukkan properti kimia dan jenis air yang ada dan perinciannya adalah

- S – 1 adalah tipe air SO<sub>4</sub> adalah air yang berasal dari reservoir panas bumi dan kemudian bercampur dengan air permukaan yang memiliki batuan dengan kandungan magnesium kemudian membentuk Mg-SO<sub>4</sub>.

- S-2A, S-2B, S-2C, S-3, S-4, S-5, S-6, S-7, S-9, S-10 adalah tipe air Na-Cl adalah mata air panas yang berasal dari geothermal water.
- S-8A dan S-8B adalah tipe air Na-SO<sub>4</sub> adalah mata air panas yang berasal dari geothermal water.
- S-11A dan S-11B adalah tipe air H-SO<sub>4</sub> adalah air Mata Air Panas (Steam Heated Water) yang berasal dari air permukaan yang terpanaskan membentuk uap panas (steam heated water) yang bergerak ke permukaan dan bercampur dengan air permukaan.

### 3. 4 Analisis Sampel Parameter Kualitas Air

#### 1. pH

- pH 1-3 (asam) terdapat pada sampel : (S-1 pH: 2,67, S-8A pH: 2,88, S-8B pH: 2,69, S-11A pH: 1,39, S-11B pH: 1,08)
- pH 4-5 terdapat pada sampel : (S-6 pH: 4,62, S-7 pH: 5,91, S-9 pH: 5,84)
- pH 6-8 terdapat pada sampel : (S-2A pH: 6,04, S-2B: 6,29, S-2C pH: 6,39, S-3 pH: 6,87, S-4 pH: 6,31, S-5 pH: 7,74, S-10 pH: 6,44) sampel ini berada pada pH yang cukup aman untuk dipakai baik untuk mandi, hortikultura maupun konsumsi

#### 2. EC

- Sampel ( S-2A EC: 427, S-9 EC: 431) memiliki electro-conductivity 0-500 $\mu$ S/cm.
- Sampel (S-2B EC: 571, S-2C: 647, S-7 EC: 832, S-10 EC: 669) memiliki electro-conductivity 500-1000  $\mu$ S/cm.
- Sampel (S-1 EC: 1850, S-3 EC: 1396, S-4 EC: 1518, S-5 EC :1398, S-6 EC: 1556, S-8A EC: 1335, S-8B EC: 1524, S-11A EC: 14241, S-11B EC: 7901) memiliki electro-conductivity >1000  $\mu$ S/cm.

#### 3. Temperatur

- Suhu Menengah (dibawah 70°C) :S-2A, S-2B, S-2C, S-8B, S-9, dan S-10
- Suhu Tinggi (70°C keatas ) : S-1, S-4, S-5, S-6, S-7, S-8A, S-11B

#### 4. Elevasi

Ketinggian atau elevasi rata rata lokasi sampel berada di kisaran 786 m hingga 972 m.

### 3. 5 Geologi Daerah Kajian

#### 1. Kondisi Geologi Daerah Kajian

Daerah tomposo berada pada daerah dengan 2 jenis batuan utama yaitu Tufa Tondano dan Batuan Gunung api muda.

- Sampel yang melalui daerah Batuan Tufa Tondano (Q<sub>tv</sub>) meliputi :S-1 (Desa Totolan), S-2A, S-2B, S-2C (Desa Tolok), S-3 (Desa Tempang 2), S-4 (Tempang 2), S-5, S-6, S-7 (Desa Paslaten), S-8A dan S-8B (Kecamatan Langowan Barat), S-9 (Desa Kamanga) S-10 (Desa Kinali).
- Sampel yang melalui daerah Batuan Gunungapi Muda (Q<sub>v</sub>) meliputi sampel S-11A dan S-11B (Bukit Kasih).

#### 2. Struktur Patahan

Daerah Kajian dilewati oleh 3 patahan yang berarah Utara-Timur ke Selatan-Barat (NE ke SW), 5 patahan yang berarah Utara-Barat ke Selatan-Timur (NW to SE), 1 patahan berarah Utara ke Selatan (N ke S).

- 1 Patahan berasal dari arah E menuju kearah W melewati desa (Tonsewer Selatan, Toure Dua, Tumaratas Satu, Taraitak) dan daerah batuan (Q<sub>v</sub>,Q<sub>tv</sub>,Q<sub>s</sub>).
- 1 Patahan berasal dari arah N menuju kearah S melewati desa (Kanonang Satu dan Kanonang Dua) dan daerah batuan (Q<sub>v</sub>)
- 3 Patahan berasal dari arah NE menuju kearah SW melewati desa (Pulutan, Tolok satu, Liba Kamanga Dua, Tonsewer Selatan, Toure Dua, Toure Satu) dan daerah batuan (Q<sub>tv</sub>,Q<sub>s</sub>,Q<sub>v</sub>)
- 5 Patahan berasal dari NW menuju kearah SE melewati desa (Kanonang Dua, Pinabetengan Selatan, Tomposo Dua, Pinaesaan, Talikuran, Sendangan, Kamanga Dua, Tondegesean Satu, Tempok Selatan, Tempok, Liba, Kamanga, Taraitak Satu, Paslaten, Kanonang Empat) dan daerah batuan (Q<sub>v</sub> dan Q<sub>tv</sub>).

### 3.6 Konsep Sistem Hidrogeologi

Pola aliran hidrogeologi yang ada di penampang A-A mendapat recharge dari daerah imbuan kemudian masuk melalui lapisan permeable lalu mengalami pemanasan dan keluar sebagai mata air panas. Sampel yang berada pada penampang ini adalah S-1, S-2A, S-2B, S-2C dan S-9 yang semuanya adalah mata air panas dengan tipe air Mg-SO<sub>4</sub> dan sebagian besar adalah Na-Cl yang berada di Desa Tolok, dan Desa Kamanga.

Pola aliran hidrogeologi yang ada di penampang B-B mendapat recharge dari daerah imbuan kemudian masuk melalui lapisan permeable kedalam reservoir bawah tanah lalu mengalami pemanasan dan keluar sebagai mata air panas. Sampel yang berada pada penampang ini adalah S-3, S-9, S-11A dan S-11B yang semuanya adalah mata air panas dengan tipe air H-SO<sub>4</sub> dan Na-Cl yang berada di Desa Kanonang, Kamanga, dan Toraget.

## 4. Kesimpulan

1. 15 sampel air yang berasal dari mata air panas di daerah Tompasso Kabupaten Minahasa diklasifikasikan menjadi 2 tipe air yaitu tipe geothermal water (Na-Cl dan Na-SO<sub>4</sub>) yang berasal dari reservoir panas bumi dan tipe air permukaan berupa steam heated waters (H-SO<sub>4</sub>), dimana:
  - Sampel S-1, merupakan sampel dengan jenis air SO<sub>4</sub> yang berasal dari reservoir panas bumi kemudian bercampur dengan air permukaan yang memiliki batuan dengan kandungan magnesium sehingga membentuk air Mg-SO<sub>4</sub>
  - Sampel S-11A dan S-11B adalah sampel dengan jenis air H-SO<sub>4</sub> atau (*Steam Heated Water*) yang berasal dari air permukaan yang terpanaskan oleh sumber panas bumi sehingga membentuk uap panas (*Steam heated water*) kemudian bergerak ke permukaan dan bercampur dengan air permukaan.
  - Sampel S-2A, S-2B, S-2C, S-3, S-4, S-5, S-6, S-7, S-9, dan S-10 adalah sampel dengan jenis air Na-Cl merupakan mata air panas yang berasal dari *geothermal water*.
  - Sampel S-8A dan S-8B sampel dengan jenis air Na-SO<sub>4</sub> yang berasal dari *geothermal water*
2. Terdapat pola aliran air tanah di daerah penelitian yaitu :
  - a. Pola aliran air tanah yang ada di daerah kecamatan Tompasso adalah: air pada sampel S-1 hingga S-10 merupakan sumber air yang memiliki pola aliran sebagai berikut : mula mula air yang masuk berasal dari meteoric water recharge kemudian masuk melalui lapisan permeabel tanah hingga ke lapisan impermeabel membentuk reservoir bawah tanah yang kemudian mengalami pemanasan secara tidak langsung dengan sumber panas dan keluar melalui celah celah atau pori pori tanah ke permukaan dan keluar sebagai mata air panas dan hanya membutuhkan waktu yang singkat untuk terbentuk.
  - b. Pola aliran yang ada pada sampel S-11A dan S-11B air yang masuk ke dalam tanah hingga ke reservoir bawah tanah mengalami pemanasan secara geothermal atau pemanasan dengan sumber panas bumi dan keluar sebagai air yang bercampur dengan uap panas bumi dan membentuk mata air panas yang merupakan campuran dari mata air dan uap hasil pemanasan dari panas bumi dan terjadi dalam waktu yang lama sehingga air bercampur dengan kandungan magnesium yang terdapat dalam batuan dan membentuk jenis air Mg-SO<sub>4</sub>.

## Referensi

- A.J. Ellis, W.A.J. Mahon. 1977. Chemistry and Geothermal Systems. Academic Press, New York, N.Y
- Adji, Tjahyo Nugroho dan Santosa, Langgeng Wahyu. 2014. Karakteristik Akuifer dan Badan Pusat Statistik (2017) Kecamatan Tompasso Dalam Angka 2017
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (1991). SNI 06-2412-1991 tentang Metode Pengambilan Contoh Kualitas Air. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Potensi Airtanah Graben Bantul. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Danaryanto, Hadipurwo, Satriyo.,2006. Konservasi Sebagai Upaya Penyelamatan Air tanah di Indonesia, disampaikan pada: Seminar Nasional Hari Air Dunia 2006. Direktorat Pembinaan Pengusahaan Panas Bumi dan Pengelolaan Air tanah Direktorat Jenderal Mineral Batubara dan Panas Bumi Departemen

Energi dan Sumber Daya Mineral.

Effendi, Hefni. (2003). Telaah Kualitas Air: bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan.

Yogyakarta. KANISIUS. Anggota. (2011)

Fetter, C.W. (1988) Applied Hydrogeology. 2nd Edition, Merrill Publishing Company, London.

Fetter, C.W. (1994) Applied Hydrogeology. 3rd Edition, Macmillan College Publishing Company, New York.

Hadipurwo. 2006, Konservasi sebagai upaya penyelamatan air tanah di Indonesia. Direktorat Pembinaan Pengusahaan Panas Bumi dan Pengelolaan Air Tanah, Direktorat Jenderal Mineral Batubara dan Panas Bumi, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral, Bandung.

Kodoatie, Robert J. 2012. "Tata Ruang Air Tanah". Yogyakarta : Andi.

LOVE D., HALLBAUER D., AMOS A., HRANOVA R. 2004. Factor analysis as a tool in groundwater quality management: Two southern African case studies. Physics and Chemistry of the Earth. Parts A/B/C. Vol. 29(15–18) p. 1135–1143.

Philip Kristanto, 2002. Ekologi Industri. Yogyakarta : Penerbit Andi.

Riogilang, Hendra. 2003. Potensi Air Tanah Akuifer Tertekan di Kecamatan Wenang Kota Manado.

Tesis. Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral. Teknik Pertambangan. Institut Teknologi Bandung.

Singh, P. V., 1992. Elementary Hydrology. Prentice-Hall Englewood Cliffs, New Jersey

Supit, J Cindy. 2013, The impact of water Prohect on river hydrology, Jurnal Tekno, Manado