

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

1. Gambaran Geografis

Penelitian ini dilakukan di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan, Luwu Utara. Desa Polewali memiliki luas wilayah 4,25 km² yang terdiri dari Dusun Possilla, Kampung Baru, Bosowa dan Lekko Lambe. Secara astronomis, desa ini berada pada titik koordinat 2°68'45.90" LS dan 120°37'10.64" BT. Dalam bahasa Bugis, Polewali artinya "Datang dari berbagai arah". Polewali diambil dari asal usul penduduk yang berasal dari berbagai arah yaitu : Bone, Soppeng, Wajo, Enrekang, Makassar dan lain-lain.

Desa Polewali diapit oleh dua Sungai besar yaitu Sungai Masamba yang melintang dari utara ke Selatan sebelah Barat bermuara di Teluk Bone dan Sungai Baliase melintang dari Utara ke Timur bermuara ke Teluk Bone. Kemudian berada antara Kecamatan Baebunta di sebelah barat, Kecamatan Malangke dan Kecamatan Mappedeceng Utara di sebelah timur.

2. Gambaran Demografi

Data kependudukan yang didapatkan dari pihak Desa Polewali per bulan Oktober tahun 2024 tercatat 243 Kepala Keluarga dengan jumlah penduduk sebanyak 832 jiwa, yang terdiri dari 382 jiwa laki-laki dan 450 jiwa perempuan.

B. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan. Pengumpulan data dan pemeriksaan sampel dilakukan sejak bulan Desember 2024 sampai Februari 2025. Sampel manusia merupakan masyarakat Desa Polewali yang mengonsumsi air sumur bor selama 10 tahun yang berjumlah 30 orang. Jumlah masyarakat tersebut akan digunakan sebagai unit analisis dalam perhitungan ARKL, dimana setiap individu merupakan sasaran yang akan dihitung risikonya setelah terpapar logam besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air sumur bor.

Sampel lingkungan merupakan air sumur bor yang ada di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan, dimana lokasi pengambilan sampel air sumur bor diambil di enam titik berbeda pada setiap dusun yang ada di Desa Polewali. Pengumpulan data diperoleh dari hasil wawancara, pengukuran berat badan, pengambilan sampel lingkungan serta pemeriksaan sampel di Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk, Air Badan Standardisasi Instrumen Pertanian Kabupaten Maros. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan SPSS. Hasil analisis data disajikan dalam bentuk tabel dan narasi. Adapun hasil penelitian yang diperoleh sebagai berikut:

1. Karakteristik Masyarakat

Karakteristik masyarakat Desa Polewali merupakan ciri khusus yang melekat pada responden. Adapun karakteristik

masyarakat Desa Polewali yang diambil dalam penelitian ini yaitu umur, jenis kelamin, tingkat pendidikan, lama tinggal, berat badan dan gangguan kesehatan pada masyarakat yang mengonsumsi air sumur bor.

a. Umur

Distribusi masyarakat berdasarkan umur dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. 1
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Kelompok Umur
di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan
Tahun 2025

Umur (Tahun)	n	(%)
<21	4	13,3
21-30	2	6,7
31-40	9	30
41-50	7	23,4
51-60	4	13,3
>60	4	13,3
Total	30	100

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 5.1 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat yang mengonsumsi air sumur bor berdasarkan kelompok umur terlihat bahwa dari 30 orang, kelompok umur tertinggi pada umur 31-40 tahun sebanyak 9 (30%) orang dan kelompok umur terendah pada umur 21-30 tahun sebanyak 2 (6,7%) orang.

b. Jenis Kelamin

Distribusi masyarakat berdasarkan jenis kelamin dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. 2
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Jenis Kelamin
di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan
Tahun 2025

Jenis Kelamin	n	(%)
Laki-laki	9	30
Perempuan	21	70
Total	30	100

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 5.2 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat berdasarkan jenis kelamin yaitu laki-laki sebanyak 9 (30%) orang dan perempuan sebanyak 21 (70%) orang.

c. Pendidikan Terakhir

Distribusi masyarakat berdasarkan pendidikan terakhir dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. 3
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Tingkat Pendidikan
di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan
Tahun 2025

Pendidikan	n	(%)
SD	16	53,3
SMP	4	13,3
SMA	10	33,4
Total	30	100

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 5.3 menunjukkan bahwa disitribusi masyarakat yang mengonsumsi air sumur bor berdasarkan tingkat pendidikan yang paling banyak yaitu tamat SD sebanyak 16 (53,3%) orang dan paling sedikit tamat SMP sebanyak 4 (13,3%) orang.

d. Lama Tinggal

Distribusi masyarakat berdasarkan lama tinggal dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. 4
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Lama Tinggal
di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan
Tahun 2025

Lama Tinggal	n	(%)
10-21 tahun	10	33,3
21-30 tahun	11	36,7
31-40 tahun	8	26,7
41-50 tahun	1	3,3
Total	30	100

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 5.4 menunjukkan bahwa pada distribusi lama tinggal paling banyak pada 21-30 tahun sebanyak 11 (36,7%) orang dan paling sedikit pada 41-50 tahun sebanyak 1 (3,3%) orang.

e. Berat Badan

Distribusi masyarakat berdasarkan berat badan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. 5
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Berat Badan
di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan
Tahun 2025

Berat Badan (kg)	n	(%)
37-40	2	6,7
41-50	7	23,3
51-60	7	23,3
>60	14	46,7
Total	30	100

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 5.5 menunjukkan bahwa distribusi masyarakat berdasarkan berat badan yang paling banyak pada >60 kg sebanyak 14 (46,6%) orang dan yang paling sedikit 37- 40 kg sebanyak 2 (6,7%) orang.

f. Gangguan Kesehatan

Distribusi masyarakat berdasarkan gangguan kesehatan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. 6
Distribusi Masyarakat Berdasarkan Gangguan Kesehatan
di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan
Tahun 2025

Gangguan Kesehatan	Jumlah				n	(%)
	Ya	%	Tidak	%		
Mual	1	3,3	29	96,7	30	100
Muntah	1	3,3	29	96,7	30	100
Sakit Kepala	2	6,8	28	93,2	30	100
Nyeri pada Perut	4	13,3	26	86,7	30	100
Diare	1	3,3	29	96,7	30	100
Mudah Lelah	0	0	30	100	30	100

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 5.6 menunjukkan bahwa dari 30 masyarakat yang mengonsumsi air sumur bor terdapat beberapa yang mengalami gangguan kesehatan, jenis gangguan kesehatan yang dialami ialah sering nyeri pada perut sebanyak 4 (13,3%) orang dan yang tidak pernah dialami ialah mudah lelah yaitu 0 (0%) orang.

2. Besi dan Mangan pada Air Sumur Bor

Tabel 5. 7
Hasil Pemeriksaan Kandungan Fe dan Mn Air Sumur Bor
di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan
Tahun 2025

Sampel	Fe (ppm)	Persyaratan Fe Menurut Permenkes No.2 Tahun 2023 (mg/L)	Mn (ppm)	Persyaratan Mn Menurut Permenkes No.2 Tahun 2023 (mg/L)
Titik 1	Tt	0,2	0,66	0,1
Titik 2	Tt	0,2	0,94	0,1
Titik 3	25,49	0,2	1,37	0,1
Titik 4	Tt	0,2	1,08	0,1
Titik 5	32,91	0,2	1,00	0,1
Titik 6	12,34	0,2	1,38	0,1

Sumber: Data Primer, 2025

Ket : Tt = Tak Terdeteksi

1 ppm = 1 mg/L

Tabel 5.7 menunjukkan bahwa kandungan logam besi yang paling banyak ditemukan pada air sumur bor yaitu 32,91 ppm. Sedangkan kandungan logam mangan yang paling banyak yaitu 1,38 ppm dan yang paling sedikit yaitu 0,66 ppm.

3. Parameter Lingkungan Air Sumur Bor

Tabel 5. 8
Hasil Pemeriksaan Parameter Lingkungan Air Sumur Bor
di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan
Tahun 2025

Sampel	Suhu (°C)	Persyaratan Permenkes No.416 Tahun 2001	pH	Persyaratan Permenkes No.2 Tahun 2023
Titik 1	28,8	27°C-33°C	5,27	6,5-8,5
Titik 2	29,1	27°C-33°C	5,64	6,5-8,5
Titik 3	27,7	27°C-33°C	5,80	6,5-8,5
Titik 4	29,7	27°C-33°C	5,37	6,5-8,5
Titik 5	27,8	27°C-33°C	5,78	6,5-8,5
Titik 6	27,2	27°C-33°C	5,60	6,5-8,5

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 5.8 menunjukkan bahwa hasil pengukuran suhu yang paling rendah pada air sumur bor yaitu 27,2°C dan paling tinggi yaitu 29,7°C sedangkan pH paling rendah yaitu 5,27 dan paling tinggi yaitu 5,8.

a. DO

Tabel 5. 9
Hasil Pemeriksaan DO Air Sumur Bor di Desa Polewali
Kecamatan Baebunta Selatan
Tahun 2025

Sampel	DO (mg/L)	Persyaratan Permenkes No.2 Tahun 2023 (mg/L)
Titik 1	0,62	14,16
Titik 2	0,63	14,16
Titik 3	0,65	14,16
Titik 4	0,66	14,16
Titik 5	0,67	14,16
Titik 6	0,63	14,16

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 5.9 menunjukkan bahwa hasil pengukuran DO (oksigen terlarut) pada air sumur bor yang paling tinggi adalah 0,67 mg/L dan yang paling rendah adalah 0,62 mg/L.

b. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) adalah salah satu alat pengelolaan risiko yang digunakan untuk melindungi kesehatan pada Masyarakat akibat efek dari lingkungan yang buruk. ARKL merupakan pendekatan yang digunakan untuk melakukan penilaian risiko kesehatan di lingkungan dengan outputnya yaitu karakterisasi risiko/tingkat risiko yang menjelaskan apakah berisiko terhadap kesehatan masyarakat atau tidak.

Tabel 5. 10
Distribusi Perhitungan ARKL (*Realtime*) Kandungan Fe Konsumsi Air
Sumur Bor di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan
Tahun 2025

RD	C	R	F_E	D_t	W_b	t_{avg}	intake	R/D	RQ
R1	0*	1	350	35	38	10950	0	0,7	0
R2	0*	1	350	35	47	10950	0	0,7	0
R3	0*	2	350	14	54	10950	0	0,7	0
R4	0*	1	350	35	64	10950	0	0,7	0
R5	0*	2	350	24	65	10950	0	0,7	0
R6	0*	1,5	350	31	39	10950	0	0,7	0
R7	0*	1	350	23	45	10950	0	0,7	0
R8	0*	1,5	350	24	60	10950	0	0,7	0
R9	0*	1,5	350	22	64	10950	0	0,7	0
R10	0*	2	350	26	53	10950	0	0,7	0
R11	25,49	1,5	350	26	43	10950	0,73895827	0,7	1,05565467
R12	25,49	2	350	42	65	10950	1,05290622	0,7	1,50415174
R13	25,49	1,5	350	27	69	10950	0,47822216	0,7	0,68317451
R14	25,49	1	350	34	66	10950	0,41971911	0,7	0,59959873
R15	25,49	1	350	32	63	10950	0,41384069	0,7	0,59120099
R16	0*	1	350	19	51	10950	0	0,7	0
R17	0*	2	350	19	70	10950	0	0,7	0
R18	0*	1,5	350	23	52	10950	0	0,7	0
R19	0*	2	350	11	50	10950	0	0,7	0
R20	0*	2	350	29	61	10950	0	0,7	0
R21	32,91	2	350	12	50	10950	0,50492055	0,7	0,72131507
R22	32,91	1,5	350	19	77	10950	0,3893462	0,7	0,55620886
R23	32,91	1	350	16	42	10950	0,40073059	0,7	0,57247228
R24	32,91	1	350	17	47	10950	0,38048091	0,7	0,54354416
R25	32,91	1,5	350	32	64	10950	0,78893836	0,7	1,12705479
R26	12,34	1,5	350	26	76	10950	0,20240447	0,7	0,28914924
R27	12,34	1,5	350	26	75	10950	0,2051032	0,7	0,29300457
R28	12,34	1,5	350	34	60	10950	0,33526484	0,7	0,47894977
R29	12,34	1	350	15	62	10950	0,09542643	0,7	0,13632346
R30	12,34	2	350	14	51	10950	0,21654938	0,7	0,30935625

Sumber: Data Primer 2025

* = "Tak Terdeteksi"

Tabel 5. 11
Distribusi Perhitungan ARKL (*Realtime*) Kandungan Mn Konsumsi
Air Sumur Bor di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan
Tahun 2025

RD	C	R	F_E	D_t	W_b	t_{avg}	intake	RfD	RQ
R1	0,66	1	350	35	38	10950	0,01943043	0,14	0,13878875
R2	0,66	1	350	35	47	10950	0,01570971	0,14	0,11221218
R3	0,66	2	350	14	54	10950	0,01093861	0,14	0,07813293
R4	0,66	1	350	35	64	10950	0,01153682	0,14	0,08240582
R5	0,66	2	350	24	65	10950	0,0155785	0,14	0,11127503
R6	0,93	1,5	350	31	39	10950	0,03544257	0,14	0,25316122
R7	0,93	1	350	23	45	10950	0,0151933	0,14	0,10852359
R8	0,93	1,5	350	24	60	10950	0,01783562	0,14	0,12739726
R9	0,93	1,5	350	22	64	10950	0,01532748	0,14	0,10948202
R10	0,93	2	350	26	53	10950	0,02916516	0,14	0,20832256
R11	1,37	1,5	350	26	43	10950	0,03971647	0,14	0,28368907
R12	1,37	2	350	42	65	10950	0,05659009	0,14	0,40421496
R13	1,37	1,5	350	27	69	10950	0,0257028	0,14	0,18359142
R14	1,37	1	350	34	66	10950	0,02255846	0,14	0,16113187
R15	1,37	1	350	32	63	10950	0,02224252	0,14	0,15887512
R16	1,08	1	350	19	51	10950	0,0128606	0,14	0,0918614
R17	1,08	2	350	19	70	10950	0,01873973	0,14	0,13385519
R18	1,08	1,5	350	23	52	10950	0,02290306	0,14	0,16359326
R19	1,08	2	350	11	50	10950	0,01518904	0,14	0,10849315
R20	1,08	2	350	29	61	10950	0,03282282	0,14	0,23444869
R21	1,00	2	350	12	50	10950	0,01534247	0,14	0,10958904
R22	1,00	1,5	350	19	77	10950	0,01183064	0,14	0,08450454
R23	1,00	1	350	16	42	10950	0,01217656	0,14	0,08697543
R24	1,00	1	350	17	47	10950	0,01156126	0,14	0,08258039
R25	1,00	1,5	350	32	64	10950	0,0239726	0,14	0,17123288
R26	1,38	1,5	350	26	76	10950	0,02263518	0,14	0,16167988
R27	1,38	1,5	350	26	75	10950	0,02293699	0,14	0,16383562
R28	1,38	1,5	350	34	60	10950	0,03749315	0,14	0,26780822
R29	1,38	1	350	15	62	10950	0,01067167	0,14	0,07622625
R30	1,38	2	350	14	51	10950	0,02421703	0,14	0,17297878

Sumber: Data Primer 2025

a. Analisis Dosis Respon

Analisis dosis respon dilakukan untuk mengetahui nilai dosis referensi (RfD) dari agen risiko tersebut. Dosis referensi untuk efek-efek nonkarsinogenik dinyatakan sebagai *reference*

dose (RfD). Untuk efek karsinogenik dinyatakan sebagai *cancer slope factor* (CSF). Efek kesehatan dari Fe dan Mn adalah kategori nonkarsinogenik, berdasarkan PPRTV diperoleh RfD Fe pada air minum adalah 0,7 mg/L Sedangkan nilai RfD untuk mangan yang digunakan berdasarkan nilai referensi dari US-EPA adalah Mn adalah 0,14 mg/L.

Tabel 5. 12
Penentuan Agent, RfD, Efek Kritis dan Referensi

Agent	Dosis Respon	Efek Kritis dan Referensi
Fe	7 E-1 mg/kg/hari	Gangguan saluran pencernaan, studi ingesti kronis pada manusia (Fairweather-Tait <i>et al.</i> , 1995; Bothwell <i>et al.</i> , 1979; US EPA IRIS, 2006)
Mn	1,4 E-1 mg/kg/hari	Gangguan sistem syaraf pusat, studi ingesti kronik pada manusia (NRC, 1989, Freeland Graves <i>et al.</i> , 1987; WHO, 1973)

Sumber: Data Sekunder.

1) RfD Besi

Menurut Fairweather-Tait (1995) penyerapan besi terutama terjadi di usus halus dan dipengaruhi oleh jenis yang dikonsumsi serta interaksi dengan mineral lain seperti seng dan kalsium. Konsumsi besi dalam jumlah yang wajar, yaitu 8-18 mg/hari untuk orang dewasa, sangat penting untuk memenuhi kebutuhan tubuh tanpa menimbulkan risiko kesehatan. Namun konsumsi besi dalam jumlah berlebihan, terutama melalui suplemen yang melebihi 45 mg/hari dapat menyebabkan gangguan pada saluran pencernaan, seperti

mual, muntah, nyeri perut, hingga diare atau konstipasi. Fairweather-Tait juga menekankan pentingnya menjaga keseimbangan asupan besi dengan mineral lain karena interaksi di saluran pencernaan dapat mempengaruhi keseimbangan asupan besi dengan mineral lain karena interaksi pada saluran pencernaan dapat mempengaruhi penyerapan dan status gizi secara keseluruhan.

Menurut Bothwell *et al.* (1979) zat besi merupakan nutrisi penting bagi tubuh, namun jika dikonsumsi dalam jumlah berlebihan dapat menjadi racun karena tubuh tidak bisa mengeluarkan kelebihan besi secara aktif. Akumulasi besi yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada berbagai organ. Dosis toksis ringan ini berkisar antara 20-60 mg/kg, sedangkan dosis yang lebih dari 60 mg/kg dapat menyebabkan kerusakan berat dan dosis di atas 120 mg/kg bisa berakibat fatal. Toksisitas kronis terjadi akibat pembekuan besi dalam tubuh dalam jangka Panjang, misalnya akibat suplementasi berlebihan atau kelainan genetik seperti hemokromatosis.

Berdasarkan dokumen *Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values* (PPRTV) yang diterbitkan oleh US EPA pada tahun 2006, nilai Rf Duntuk zat besi ditetapkan sebesar 0,7 mg/kg/hari. Penetapan ini didasarkan pada efek

gastrointestinal yang diamati pada manusia akibat paparan zat besi secara oral. Nilai ini diturunkan dari *Lowest Observed Adverse Effect Level* (LOAEL) sebesar 1 mg/kg/hari, dengan menerapkan faktor ketidakpastian 1,5.

Monograf oleh *International Agency for Research on Cancer* (IARC) (1972), tinjauan toksisitas oleh Bothwell *et al.* (1979), dan Fairweather-Tait (1995), tinjauan tentang zat besi makanan oleh *National Academy of Sciences* (NAS) (2001), dan *the National Toxicology Program* (NTP) (2001) dikonsultasikan untuk informasi yang relevan. TUI didasarkan pada LOAEL minimal 70 mg/hari (60 mg zat besi sebagai *ferrous fumarat* ditambah 11 mg/hari zat besi makanan) yang diidentifikasi oleh Frykman *et al.* (1994) untuk efek gastrointestinal dan faktor ketidakpastian sebesar 1,5 untuk penggunaan LOAEL minimal (US EPA, 2006).

Besi merupakan unsur penting dan menentukan nilai penilaian risiko untuk bahan kimia tersebut merupakan hal yang penting. masalah khusus karena kurva dosis-ketertarikan berbentuk "U". Untuk bayi yang tidak diberi ASI berusia 0-6 bulan, NAS (2001) menetapkan asupan harian yang memadai untuk zat besi sebesar 0,27 mg/hari (0,04 mg/kg-hari untuk bayi berusia 2-6 bulan) berdasarkan jumlah harian zat besi yang disekresikan dalam ASI; bayi yang diberi

ASI biasanya hanya menerima 0,15 hingga 0,3 mg Fe/hari. Asupan Gizi Acuan (DRIs) NAS (2001) untuk anak-anak adalah sebagai berikut: 11 mg/hari (1,2 mg/kg-hari) untuk bayi berusia antara 7 dan 12 bulan, 7 mg/hari (0,54 mg/kg-hari) untuk anak-anak berusia 1-3 tahun, 10 mg/hari (0,45 mg/kg-hari) untuk usia 4-8 tahun, 8 mg/hari (0,2 mg/kg-hari) untuk usia 9-13 tahun dan 11 mg/hari (0,17 mg/kg-hari) untuk anak laki-laki dan 15 mg/hari (0,26 mg/kg-hari) untuk anak perempuan berusia 14-18 tahun. DRI untuk pria berusia 19 tahun ke atas adalah 8 mg/hari (0,11 mg/kg-hari). DRI untuk wanita yang tidak hamil adalah 18 mg/hari (0,29 mg/kg-hari) untuk usia antara 19 dan 50 tahun dan 8 mg/hari (0,13 mg/kg-hari) untuk usia 51 tahun ke atas. DRI selama menyusui adalah 10 mg/hari (0,18 mg/kg-hari) untuk wanita berusia 14-18 tahun dan 9 mg/hari (0,15 mg/kg-hari) untuk wanita berusia 19-50 tahun (US EPA, 2006).

2) RfD Mangan

Badan Pangan dan Gizi dari *National Research Council* (NRC, 1989) menetapkan “estimasi asupan makanan harian yang aman dan memadai” (ESADDI) mangan sebesar 2-5 mg/hari untuk orang dewasa. Batas bawah kisaran ini didasarkan pada penelitian oleh McLeod dan Ribinson (1972), yang melaporkan keseimbangan positif pada asupan

2,5 mg/hari atau lebih tinggi. Kisaran ESADDI juga mencakup “batas aman tambahan” dari level mg/hari, yang dianggap aman oleh NRC untuk asupan sesekali.

Sementara NRC menetapkan ESADDI untuk mangan sebesar 2-5 mg/hari, beberapa ahli gizi merasa bahwa kadar ini mungkin terlalu rendah. Freeland-Graves *et al.*, (1987) telah menyarankan kisaran 3,5-7 mg/hari untuk orang dewasa berdasarkan tinjauan studi pada manusia. Perlu dicatat bahwa kebiasaan makan telah berkembang dalam beberapa tahun terakhir untuk mencakup proporsi daging dan makanan olahan yang lebih besar bersamaan dengan asupan biji-bijian utuh yang lebih rendah. Hasil bersih dari perubahan pola makan tersebut mencakup asupan mangan yang lebih rendah sehingga banyak individu mungkin memiliki status mangan yang kurang optimal.

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) (1973) meninjau beberapa penelitian tentang pola makan orang dewasa dan melaporkan rata-rata konsumsi harian mangan berkisar antara 2,0-8,8 mg/hari. Asupan mangan yang lebih tinggi dikaitkan dengan pola makan yang tinggi sereal gandum utuh, kacang-kacangan, sayuran berdaun hijau, dan kacang-kacang, dan sayuran. Dari studi keseimbangan mangan,

WHO menyimpulkan bahwa 2,3 mg/hari sudah cukup untuk orang dewasa dan 8-9 mg/hari “sangat aman”.

Evaluasi terhadap pola makan standar dari Amerika Serikat, Inggris dan Belanda menunjukkan asupan harian rata-rata sebesar 2,3-8,8 mg/hari. Namun, tergantung pada pola makan masing-masing orang, asupan normal mungkin lebih dari 10 mg/hari, terutama dari pola makan vegetarian. Meskipun asupan sebenarnya lebih tinggi, bioavailabilitas mangan dari pola makan vegetarian lebih rendah, sehingga mengurangi dosis penyerapan yang sebenar-benarnya (EPA, 1995).

Dari informasi yang dikumpulkan ini, EPA menyimpulkan bahwa dosis referensi yang tepat untuk mangan adalah 10 mg/hari (0,14 mg/kg/hari). Dalam menerapkan dosis referensi untuk mangan pada penilaian risiko, penting bagi penilai untuk mempertimbangkan sifat mangan yang ada di mana-mana, khususnya bahwa Sebagian besar individu akan mengonsumsi sekitar 2-5 mg/hari dalam makanan mereka. Hal ini khususnya penting ketika seseorang menggunakan dosis referensi untuk menentukan konsentrasi mangan yang dapat diterima dalam air dan tanah.

b. Analisis Pemajanan

Tabel 5. 13
Nilai Mean, Median, Minimum dan Maksimum Analisis
Pemajanan Kadar Fe dan Mn Masyarakat di Desa
Polewali Kecamatan Baebunta Selatan
Tahun 2025

Analisis Pemajanan	Mean	Median	Min	Max
Laju asupan (R)	1,5	1,5	1	2
Frekuensi pajanan (F_E)	350	350	350	350
Durasi pajanan (D_t)	24,73	25	11	42
Berat badan (W_b)	57,43	60	38	77
t_{avg} (Nonkarsinogenik)	30 x 365 = 10950			

Sumber: Data Primer, 2025

1) Laju Asupan

Laju asupan (R) merupakan banyaknya air sumur bor yang mengandung Fe dan Mn dan dikonsumsi dalam waktu 24 jam. Berdasarkan hasil wawancara dengan masyarakat Desa Polewali menggunakan kuesioner diketahui bahwa rata-rata (*mean*) laju asupan masyarakat Desa Polewali adalah 1,5 L/hari, nilai tengah atau mediannya yaitu 1,5 L/hari. Adapun laju asupan terendah adalah 1 L/hari dan tertinggi adalah 2 L/hari.

2) Frekuensi Pajanan

Frekuensi pajanan (F_E) yang dimaksud adalah waktu pajanan air sumur bor yang mengandung Fe dan Mn dan dikonsumsi oleh Masyarakat Desa Polewali dalam satu tahun. Diketahui bahwa pada periode waktu rata-rata yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan ketentuan *default* EPA yaitu

350 hari/tahun yang di tulis dalam Dirjen P2PL Kemenkes tahun 2012.

3) Durasi Pajanan

Durasi pajanan yang dimaksud adalah lamanya waktu masyarakat Desa Polewali yang mengonsumsi air sumur bor dalam satuan tahun. Dapat diketahui bahwa rata-rata (*mean*) durasi pajanan yaitu 24,73 tahun, sedangkan nilai tengah (*median*) yaitu 25 tahun. Adapun durasi pajanan yang terendah adalah 11 tahun, sementara waktu pajanan tertinggi adalah 42 tahun.

4) Berat Badan

Berat badan yang dimaksud adalah berat badan masyarakat Desa Polewali yang diukur menggunakan timbangan berat badan pada saat dilakukan wawancara (dalam satuan kg), dapat diketahui bahwa nilai rata-rata (*mean*) berat badan yaitu 57,43 kg, sedangkan nilai Tengah (*median*) yaitu 60 kg. Adapun berat badan masyarakat Desa Polewali yang terendah yaitu 38 kg, sementara berat badan tertinggi yaitu 77 kg.

5) Periode Waktu Rata-Rata

Periode waktu rata-rata (t_{avg}) merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan hingga timbulnya gangguan kesehatan pada periode waktu rata-rata yang digunakan pada penelitian

ini sesuai dengan ketentuan *default* EPA yaitu 10950 hari/tahun (Dirjen P2PL Kemenkes, 2012).

Untuk menentukan analisis pemajanan atau intake Fe dan Mn pada air sumur bor tergantung pada kelimpahan Fe dan Mn pada air sumur bor (C), laju asupan (R), frekuensi (F_E), berat badan Masyarakat (W_b) dan durasi pajanan (D_t).

Tabel 5. 14
Nilai Mean, Median, Minimum dan Maksimum Intake (Non karsinogenik) Masyarakat yang Mengonsumsi Air Sumur Bor di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan Tahun 2025

Intake (mg/L/hari)	Fe		Mn	
	Realtime	Lifetime	Realtime	Lifetime
Mean	0,22076038	0,27849331	0,02161071	0,02687481
Mediun	0,04771321	0,09542643	0,01908508	0,02313546
Minimum	0*	0*	0,01067167	0,0098887
Maksimum	1,05290622	1,26230137	0,05659009	0,05189363

Sumber: Data Primer, 2025

* = "Tak Terdeteksi"

Tabel 5.13 menunjukkan bahwa *intake* kelimpahan Fe dan Mn di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan melalui konsumsi air sumur bor dengan rata-rata Fe sebesar 0,22076038 mg/L/hari dengan kisaran antara 0* sampai 1,05290622 mg/L/hari, sedangkan rata-rata Mn sebesar 0,02161071 mg/L/hari dengan kisaran antara 0,01067167 sampai 0,05659009 mg/L/hari.

Berikut ini perhitungan nilai asupan harian (*intake*) nonkarsinogenik untuk durasi pajanan *realtime* Fe dan Mn pada masyarakat terendah dan tertinggi.

a) Nilai Fe

(1) Nilai Terendah (Masyarakat No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 16, 17, 18, 19, dan 20)

$$I = \frac{C \times R \times F_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$I = 0$$

(2) Nilai Tertinggi (Masyarakat No. 12)

$$I = \frac{C \times R \times F_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$I = \frac{25,49 \times 2 \times 350 \times 42}{65 \times 10950}$$

$$I = \frac{749406}{711750}$$

$$I = 1,05290622$$

b) Nilai Mn

(1) Nilai Terendah (Masyarakat No.29)

$$I = \frac{C \times R \times F_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$I = \frac{1,38 \times 1 \times 350 \times 15}{62 \times 10950}$$

$$I = \frac{7245}{678900}$$

$$I = 0,010671975$$

(2) Nilai Tertinggi (Masyarakat No.12)

$$I = \frac{C \times R \times F_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$I = \frac{1,37 \times 2 \times 350 \times 42}{65 \times 10950}$$

$$I = \frac{40278}{711750}$$

$$I = 0,056590095$$

Untuk hasil perhitungan nilai *intake* setiap individu dapat dilihat pada lampiran.

c. Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko dilakukan dengan membandingkan atau membagi nilai *intake* dengan dosis atau konsentrasi agen risiko tersebut. *Variable* yang digunakan untuk menghitung tingkat risiko adalah *intake* (yang didapatkan dari analisis pemajanan) dan dosis referensi (*RfD*) atau konsentrasi referensi (*RfC*) yang didapat dari *Environmental Protection Agency* (EPA) untuk mangan dan untuk besi dari dokumen *Provisional Peer Reviewed Toxicity Values* (PPRTV).

Karakterisasi risiko kesehatan dinyatakan sebagai *Risk Quotient* (RQ) untuk efek-efek nonkarsinogenik. RQ merupakan tingkat risiko yang dinyatakan angka tanpa satuan yang merupakan perhitungan perbandingan antara *intake* dengan dosis/konsentrasi referensi dari suatu agen risiko nonkarsinogenik serta dapat juga diinterpretasikan aman atau tidak amannya suatu agen risiko terhadap masyarakat. Tingkat risiko dinyatakan aman apabila $RQ \leq 1$ dan dinyatakan tidak aman

apabila $RQ > 1$. Adapun nilai dari perhitungan karakteristik risiko akibat kandungan Fe dan Mn pada air sumur bor yang dikonsumsi oleh masyarakat Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. 15
Distribusi Nilai Risiko (RQ) pada Masyarakat yang
Mengonsumsi Air Sumur Bor di Desa Polewali
Kecamatan Baebunta Selatan Tahun 2025

Variabel	RQ Fe		RQ Mn	
	<i>Realtime</i>	<i>Lifetime</i>	<i>Realtime</i>	<i>Lifetime</i>
Mean	0,315371969	0,397847586	0,15436222	0,19196289
Median	0,068161732	0,136323464	0,13632197	0,16525332
Min	0	0	0,07622625	0,07063356
Max	1,504151739	1,803287671	0,40421496	0,37066882

Sumber: Data Primer 2025

Tabel 5.14 menunjukkan bahwa masyarakat Desa Polewali dengan nilai RQ tertinggi untuk durasi pajanan Fe yaitu masyarakat No.12 ($RQ = 1,504151739$), sedangkan masyarakat dengan RQ terendah adalah masyarakat No.1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10, 16, 17, 18, 19, dan 20 ($RQ = 0$). Nilai RQ tertinggi untuk durasi pajanan Mn yaitu masyarakat No.12 ($RQ = 0,40421496$), sedangkan masyarakat dengan RQ terendah adalah Masyarakat No.29 ($RQ = 0,07622625$).

Berikut ini perhitungan nilai tingkat risiko non-karsinogenik untuk durasi pajanan *realtime* Fe dan Mn pada masyarakat terendah dan tertinggi.

1. Nilai Fe

- a) Nilai Terendah (Masyarakat No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10, 16, 17, 18, 19, dan 20)

$$RQ = \frac{Intake}{RfD}$$

$$RQ = \frac{0}{0,7}$$

$$RQ = 0$$

- b) Nilai Tertinggi (Masyarakat No. 12)

$$RQ = \frac{Intake}{RfD}$$

$$RQ = \frac{1,0529062}{0,7}$$

$$RQ = 1,504151739$$

2. Nilai Mn

- a) Nilai Terendah (Masyarakat No.29)

$$RQ = \frac{Intake}{RfD}$$

$$RQ = \frac{0,010671675}{0,14}$$

$$RQ = 0,07622625$$

- b) Nilai Tertinggi (Masyarakat No.12)

$$RQ = \frac{Intake}{RfD}$$

$$RQ = \frac{0,056590095}{0,14}$$

$$RQ = 0,40421496$$

d. Penentuan Batas Aman Konsentrasi (C)

1. Konsentrasi Aman Fe

$$C = \frac{0,7 \times W_b \times 30 \times 365}{R \times F_E \times D_t}$$

$$C = \frac{0,7 \times 57,43 \times 10950}{1,5 \times 350 \times 24,7}$$

$$C = 34,284 \text{ mg/l}$$

Jadi, dapat diasumsikan bahwa batas aman konsumsi air sumur bor bagi masyarakat Desa Polewali yaitu dengan berat badan 57,43 kg dengan frekuensi 350 hari/tahun selama 24,7 tahun adalah dibawah 34,284 mg/l.

2. Konsentrasi Aman Mn

$$C = \frac{0,14 \times W_b \times 30 \times 365}{R \times F_E \times D_t}$$

$$C = \frac{0,14 \times 57,4 \times 10950}{1,483333 \times 350 \times 24,73333}$$

$$C = 6,8563 \text{ mg/l}$$

Jadi, dapat diasumsikan bahwa batas aman konsumsi air sumur bor bagi Masyarakat yaitu dengan berat badan 57,43 kg dengan frekuensi 350 hari/tahun selama 24,73333 tahun adalah sebesar 6,574562 mg/L.

C. Pembahasan

Logam besi (Fe) dan mangan (Mn) merupakan salah satu logam yang banyak di jumpai di kulit bumi. Kandungan logam Fe dan Mn di dalam air secara berlebihan dapat menyebabkan atau

menimbulkan efek negatif misalnya logam mangan bisa menimbulkan gangguan pada hati, dan logam besi dapat mengakibatkan kanker hati, terjadinya iritasi pada mata dan kulit dan juga dapat menimbulkan noda-noda pada pakaian yang berwarna putih jika dicuci (Sunarto, 2021).

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) adalah salah satu alat pengelolaan risiko yang digunakan untuk melindungi kesehatan pada Masyarakat akibat efek dari lingkungan yang buruk. ARKL memiliki empat Langkah yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis respon, analisis pajanan dan karakteristik risiko. ARKL merupakan pendekatan yang digunakan untuk melakukan penilaian risiko kesehatan di lingkungan dengan *outputnya* yaitu karakterisasi risiko/Tingkat risiko yang menjelaskan apakah agen risiko/parameter lingkungan berisiko terhadap kesehatan Masyarakat atau tidak. Selanjutnya, hasil ARKL akan dikelola dan dikomunikasikan kepada masyarakat sebagai tindak lanjut.

Identifikasi bahaya menjadi tahapan yang pertama dalam ARKL. Hal ini mencakup data pengukuran konsentrasi Fe dan Mn yang ada pada air sumur bor yang diperoleh melalui Analisa laboratorium. Setelah itu, dilakukan tahapan yang kedua yaitu Analisa pajanan untuk menentukan nilai *intake* masing-masing masyarakat, untuk menghitung nilai *intake* dibutuhkan nilai numerik faktor antropometri seperti frekuensi pajanan (F_E) diambil dari nilai *default* EPA, durasi pajanan (D_t) dan berat badan (W_b) yang diperoleh dari data yang berasal dari

kuesioner. Nilai numerik lainnya seperti laju asupan (R) dan periode waktu rata-rata (T_{avg}) diambil dari nilai *default* EPA.

1. Karakteristik Masyarakat

Jumlah responden pada penelitian ini sebanyak 30 orang yang didominasi oleh jenis kelamin perempuan (21 orang) dan sisanya laki-laki (9 orang). Menurut Hallberg & Hultén (1991) wanita secara signifikan menyerap lebih banyak zat besi karena wanita memiliki siklus menstruasi yang menyebabkan kehilangan darah setiap bulan sehingga tubuhnya akan menyesuaikan tingkat penyerapan zat besi dengan kebutuhan fisiologisnya. Penelitian lainnya oleh Finley *et al.* (1994) secara signifikan perempuan menyerap mangan lebih banyak dibandingkan laki-laki.

Hasil analisis wawancara kuesioner didapatkan bahwa sebagian besar masyarakat yang mengonsumsi air sumur bor di Desa Polewali berada dalam kategori usia dewasa (18-59 tahun) berdasarkan kategori usia menurut Kemenkes. Kelompok ini tergolong rentan terhadap paparan zat besi dan mangan karena merupakan usia produktif yang aktif secara fisik dan *metabolic*, sehingga memiliki kebutuhan gizi dan asupan cairan yang relatif tinggi. Hal ini sejalan dengan studi yang dikemukakan oleh Fitriyatun & Putriningtyas (2021) bahwa masa dewasa merupakan masa yang rawan mengalami masalah gizi karena aktivitas sedang tinggi-tingginya, di mana kebutuhan gizi juga ikut meningkat.

Status Pendidikan masyarakat Desa Polewali tergolong memiliki Tingkat pendidikan yang rendah. Mayoritas Masyarakat merupakan lulusan SD sebanyak 16 orang (53%), lulusan SMP sebanyak 4 orang (13,3%) dan SMA sebanyak 10 orang (33,4%). Tingkat pendidikan masyarakat ini berhubungan erat dengan tingkat pengetahuan mereka, terutama dalam hal pemahaman terhadap risiko kesehatan dan lingkungan, termasuk pengetahuan mengenai kualitas air dan kandungan zat seperti besi dan mangan dalam air sumur bor.

2. Konsentrasi Besi (Fe) pada Air Sumur Bor

Besi (Fe) adalah salah satu elemen kimaiwi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Besi di alam banyak ditemukan dalam bentuk senyawa seperti pada mineral *hematit* (Fe_2O_3), *magnetit* (Fe_2O_4), *siderit* (FeCO_3), *limonit* ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), dan *pirit* (FeS_2) (Zahrah, 2021).

Pemeriksaan konsentrasi Fe yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sebanyak 6 sampel air sumur bor yang berada di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan Kabupaten Luwu Utara yang diperiksa di Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk, dan Air Kabupaten Maros. Berdasarkan uji laboratorium diketahui konsentrasi besi pada air sumur bor berkiasar antara 0-32,91 mg/l.

Titik 1, 2 dan 4 diperoleh konsentrasi logam besi yaitu 0 mg/l dan memenuhi persyaratan menurut Permenkes No.2 Tahun 2023 tentang standar baku mutu air untuk keperluan *hygiene* dan sanitasi yaitu 0,2 mg/l. Tidak terdeteksinya Fe pada titik 1, 2 dan 4 dikarenakan adanya pengaruh oksidasi besi sebelum pengujian. Jauhnya jarak antara Lokasi pengambilan sampel dengan laboratorium memakan waktu kurang lebih selama 12 jam, hal ini mengakibatkan teroksidasinya besi (Fe^{2+}) menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan mengendap seperti yang dapat di lihat pada lampiran saat sampel air sampai di Laboratorium terlihat sampel telah berubah warna dan terdapat endapan pekat berwarna coklat kekuning-kuningan di dasar botol sampel. Fe yang terlarut menghilang dan mengendap, menyebabkan kadar Fe terlarut tampak rendah atau tidak terdeteksi, padahal jumlah total Fe bisa tinggi.

Hasil penelitian sejalan dengan studi yang dilakukab oleh Stumm & Morgan (1996) besi terlarut (Fe^{2+}) cepat teroksidasi menjadi bentuk tidak larut $\text{Fe}(\text{OH})_3$ saat terkena oksigen, sehingga jika sampel air tidak segera di awetkan, kadar besi yang diukur bisa jadi rendah atau bahkan tidak terdeteksi. Peneltian lain oleh Salsabila (2024) jika air yang mengandung besi dibiarkan terkena udara atau oksigen maka reaksi oksidasi besi akan timbul dengan lambat membentuk endapan atau koloid dari oksida besi. Ketika air tanah dalam kondisi anaerobik akan menyebabkan konsentrasi

besi bentuk mineral tidak larut (Fe^{3+}) tereduksi menjadi besi yang larut dalam bentuk ion bervalensi dua (Fe^{2+}).

Hasil pemeriksaan laboratorium didapatkan pada titik 3 kadar Fe sebesar 25,49 ppm, titik 5 sebesar 32,91 ppm dan titik 6 sebesar 12,34 ppm. Nilai Fe yang diperoleh dari ketiga titik tersebut jauh melampaui batas aman untuk kandungan Fe menurut Permenkes No.2 Tahun 2023 tentang air untuk keperluan *hygiene* dan sanitasi yaitu 0,2 mg/l. Tingginya kadar Fe yang ada di Desa Polewali dikarenakan Kabupaten Luwu Utara adalah daerah yang memiliki pelapukan batuan granit bertipe S hasil proses *orogenic*, yang kaya akan mineral mengandung besi dan diperparah oleh pengaruh struktur sesar yang mempercepat mobilitas air tanah.

Hasil penelitian selaras dengan temuan Zulfikar (2023) yang menemukan bahwa Kabupaten Luwu Utara memiliki struktur geologi yang berkembang berupa sesar geser dekstral Pebata. Mineral di Luwu Utara tergolong bahan sirtu (pasir dan batu). Berdasarkan analisis megaskopis dan petrografi, batuan granit memiliki tekstur kristal holokristalin, granularitas faneritik, fabrikasi: bentuk *euohedral-subhedral*, hubungan ekuigranular, struktur masif. Seri magma merupakan seri Kalk-Alkali. Berdasarkan komposisi SiO_2 dan $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, jenis batumannya meliputi granit, batuan granis di daerah tersebut berjenis peralomin dan bertipe G.Granis,

berdasarkan geokimia dan petrografi batuan granit di Luwu Utara, terbentuk melalui proses *orogenic* tumbukan benua.

Penelitian lainnya oleh Sunarto (2021) menyatakan bahwa tinggi rendahnya kandungan Fe juga sangat dipengaruhi oleh kondisi struktur tanah dan pada setiap wilayah akan memiliki perbedaan geografis, Fe merupakan salah satu unsur kimia yang dapat ditemui hampir pada setiap tempat di bumi. Kandungan unsur kimia dalam air sangat tergantung pada formasi geologi Kawasan air itu, pemupukan Fe di alam dapat menyebabkan perubahan iklim pada skala geologi. Aliran air tanah merupakan perantara geologi yang memberikan pengaruh berbeda dan formasi geologi tempat dilaluinya air, apabila selama perjalanannya air melalui suatu batuan yang mengandung besi, maka secara otomatis air akan mengandung besi, demikian juga untuk unsur-unsur yang lainnya.

Adanya potensi kontaminasi logam berat dalam sumur bor juga berasal dari aktivitas pertanian yang ada di area tersebut terutama dalam penggunaan pupuk. Pada aktivitas pertanian masyarakat sering menggunakan pupuk seperti Urea. Urea dapat meningkatkan keasaman tanah (menurunkan pH). Penggunaan pupuk Urea tidak secara langsung menambah kadar besi dalam tanah, namun berpotensi meningkatkan kelarutan besi akibat penurunan pH.

Hasil penelitian yang dilakukan selaras dengan penelitian yang dilakukan Nugrho (2021) pada hasil observasi dan pengujian laboratorium pada air sumur daerah aliran Sungai gondol Dusunenunn Kalimantan-Marongan sangat bervariasi dengan kandungan Fe tertinggi adalah 4,7 mg/l dan yang mempunyai kandungan terendah 0 mg/l. kandungan Fe yang bervariasi dikarenakan banyak faktor seperti berbatasan langsung dengan area persawahan sehingga memperbesar peluang untuk terjadinya pencemaran. Sistem akuifer bebas sangat dipengaruhi oleh pencemaran dari aliran permukaan.

Tingginya keberadaan Fe dalam air sumur bor yang dikonsumsi maupun yang dipakai oleh masyarakat di Desa Polewali menjadi permasalahan yang terkait dengan kualitas kimia dari air sumur bor. Faktor tingginya kadar Fe juga dipengaruhi oleh rendahnya nilai pH dengan rata-rata pH air sumur bor di Desa Polewali adalah 5,5 yang termasuk dalam kategori asam. Hal ini selaras dengan penelitian dikemukakan oleh Ummah (2019) bahwa derajat keasaman (pH) juga merupakan salah satu bagian dari kualitas kimia yang dapat menurunkan kualitas air. pH air netral adalah berkisar antara 6,5-8,5. Jika pH air berada dibawah 7 maka air berada dalam keadaan asam. pH air yang bersifat asam akan meningkatkan korosifitas dan pelarutan logam berat.

3. Konsentrasi Mangan (Mn) pada Air Sumur Bor

Mangan adalah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Mangan berada dalam bentuk *manganous* (Mn^{2-}) dan *manganik* (Mn^{3-}). Konsentrasi mangan yang lebih tinggi dapat ditemukan di perairan dengan tingkat pH yang rendah. Mangan merupakan logam yang paling melimpah di tanah yang dapat ditemukan dalam bentuk senyawa oksida dan hidroksida (Kiswanto *et al.*, 2020).

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sebanyak 6 sampel air sumur bor yang diperiksa di Laboratorium Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk, dan Air Kabupaten Maros semuanya positif mengandung mangan. Berdasarkan uji laboratorium diketahui konsentrasi mangan pada air sumur bor berkisar antara 0,66-1,38 mg/l. Didapatkan nilai terendah adalah 0,66 mg/l yang menunjukkan bahwa semua sampel air sumur bor yang diperoleh telah melebihi persyaratan air untuk kebutuhan *hygiene* dan sanitasi Menurut Permenkes No.2 Tahun 2023 yaitu 0,1 mg/l. Salah satu penyebab tingginya kadar Mn dikarenakan faktor alami yang sama dengan besi, selain itu pH air tanah yang cenderung asam serta rendahnya kadar oksigen terlarut juga menjadi faktor pendukung, sehingga mempermudah pelarutan mangan dalam air.

Temuan dalam penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rosita (2023) yang menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi mangan dalam air antara lain pH, reaksi oksidasi dalam air, oksigen dalam air dan mikroorganisme. Penelitian lainnya oleh Hamidah & Cindramawa (2020) mengemukakan bahwa tinggi rendahnya kadar mangan dalam air tanah dipengaruhi juga oleh adanya kandungan oksigen yang terdapat dalam air tersebut.

Konsentrasi mangan pada titik 1 tercatat sebesar 0,66 mg/l, titik 2 sebesar 0,93 mg/l sedangkan pada titik 3 sebesar 1,37 mg/l. titik 1 dan 2 berada di Dusun Possilla sedangkan titik 3 berada di Dusun Kampung Baru. keberadaan logam mangan yang terdeteksi pada titik-titik tersebut tidak hanya disebabkan oleh faktor alami, tetapi juga didukung oleh faktor antropogenik dan kondisi lingkungan sekitar. Titik 1, titik 2 dan titik 3 berbatasan langsung dengan kawasan persawahan yang memiliki aktifitas pertanian intensif, termasuk penggunaan pupuk dalam budidaya tanaman padi. Aktifitas tersebut akan memperparah akumulasi konsentrasi mangan dalam air tanah. Selain itu, Lokasi pengambilan sampel juga berdekatan dengan aliran sungai, yang memungkinkan terjadinya infiltrasi dan aliran permukaan yang membawa residu bahan kimia pertanian maupun sedimen terkontaminasi ke dalam

air tanah. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan akumulasi konsentrasi mangan di sumur bor.

Salah satu jenis pupuk yang sering digunakan adalah Urea (46% N) dan Phonska (15% N) yang termasuk pupuk NPK (Nitrogen, Fosfor, Kalium). Pupuk NPK sendiri tidak mengandung mangan, tetapi dapat mengubah pH dan kondisi redoks tanah, sehingga mempercepat pelarutan mangan dari mineral tanah ke dalam bentuk larut. Hal ini sejalan dengan penelitian Damanik *et al* (2014) dalam Permana *et al*. (2018) pemberian pupuk Urea dengan dosis tinggi dapat menurunkan pH tanah dikarenakan pupuk Urea merupakan pupuk bereaksi masam. Perubahan ammonium menjadi nitrat pada proses nitrifikasi melepaskan ion H^+ sehingga dapat menurunkan pH tanah.

Adapaun Sungai yang mengalir di sekitar titik 1, 2 dan 3 adalah Sungai Masamba. Hulu Sungai masamba berada di daerah pegunungan tepatnya di Desa Lero Kecamatan Masamba Kabupaten Luwu Utara. Hulu Sungai Masamba sering mengalami hujan deras setiap tahunnya yang dapat menyebabkan terjadinya erosi di area tersebut. Sungai ini menerima aliran dari beberapa anak Sungai, termasuk Sungai Radda dan Sungai Rongkong yang mengalir dari daerah pegunungan.

Penelitian yang dilakukan oleh Hartono *et al*. (2022) di Sungai Masamba Ketika terjadi banjir membawa banyak material

debris seperti pasir/batuan dan bahan rombakan akibat longsor di bagian hulu Sungai yang kemudian mengendap di dasar saluran Sungai yang menyebabkan terjadinya sedimentasi. Endapan sedimentasi yang ada dapat meluap dari Sungai selebihnya melimpah ke rumah warga, perkebunan dan persawahan. Menurut Firmansyaf *et al.* (2013) logam berat akan bercampur di perairan melalui proses adsorpsi, emulsi dan pengenceran sebelum mengendap dalam substrat dasar. Penurunan kandungan logam berat Fe pada air di suatu lokasi bisa berubah karena dipengaruhi oleh hidrodinamika perairan wilayah tersebut seperti arus, pasang surut yang mendistribusikan logam tersebut ke arah hilir menuju muara sungai.

Konsentrasi mangan pada titik 4 diperoleh sebesar 1,08 mg/l. Lokasi titik 4 berada di Dusun Bosowa yang berlokasi di Tengah area perkebunan Masyarakat. Konsentrasi logam mangan pada titik tersebut tidak memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan dapat dipengaruhi oleh kedalaman sumur bor yang hanya berkisar antara 8-12 meter. Kedalaman sumur bor yang relatif dangkal ini memungkinkan air tanah lebih rentan terkontaminasi oleh aktifitas di permukaan, termasuk limbah pertanian. Lingkungan sekitar yang didominasi oleh aktifitas perkebunan juga berpotensi menyuburkan unsur mangan di dalam tanah yang kemudian larut dan terbawa ke dalam air.

Menurut Awliahasanah *et al.* (2021) penggunaan air tanah yang berasal dari sumur gali dengan kedalaman 0-15 m, masalah yang sering di temui adalah kandungan Mangan (Mn). Mn terlarut di dalam air tanah dan air permukaan yang sedikit oksigen, sehingga kadar mangan yang terdapat dalam air mencapai nilai baku mutu lingkungan. Mn dalam air melebihi batas akan menyebabkan dampak negatif yaitu dapat menimbulkan rasa dan bau logam amis pada air minum, terdapat warna kecoklat-coklatan yang menempel pada pakaian yang berwarna putih dan pakaian lainnya.

Konsentrasi mangan pada titik 5 diperoleh sebesar 1,00 mg/l dan titik 6 sebesar 1,38 mg/l. Titik 5 dan 6 keduanya berada di Dusun Lekko Lambe. Tingginya logam mangan yang terdeteksi di titik tersebut di sebabkan karena lokasi pengambilan sampel berada di tengah permukiman padat penduduk sekaligus berdekatan dengan Daerah Aliran Sungai Baliase. Pada hulu Sungai Baliase terdapat galian tambang tipe C yang termasuk didalamnya objek tambang pasir, tanah uruk dan batu kerikil. Menurut Suarmi (2019) tambang golongan C memiliki dampak krusial, seperti pencemaran air diakibatkan kontaminasi limbah hasil sisa dari kegiatan pertambangan, pencemaran atau polusi udara dan sebagainya. Karena bagaimanapun juga, lingkungan merupakan suatu kesatuan ruang yang terdiri dari komponen fisik

(abiotik) seperti air, tanah, batuan dan iklim serta komponen biotik seperti tumbuhan, hewan, dan organisme yang tidak berdiri sendiri-sendiri, tetapi memiliki keterkaitan antara satu unsur dengan unsur lainnya.

Penggunaan detergen yang paling umum digunakan di Desa Polewali adalah detergen merk Daia. Menurut Apriyani (2017) dalam Handayani (2020) Daia mengandung surfaktan (zat aktif pembersih) sebesar 20-30%, *builders* (senyawa fosfat) sebesar 70-80% dan dalam beberapa varian mengandung bahan aditif (pemutih dan pewangi) yang *relative* sedikit yaitu 2-8% yang dapat mengubah pH air dan tanah di sekitarnya bila terakumulasi. Detergen Daia yang digunakan oleh masyarakat Desa Polewali seperti detergen rumah tangga pada umumnya tidak mengandung mangan sebagai bahan aktif sehingga tidak secara langsung menambah kadar mangan dalam air. Namun pembuangannya yang tidak terkelola dapat mempengaruhi kondisi kimia tanah dan air tanah, yang secara tidak langsung dapat meningkatkan kelarutan mangan, terutama di sumur dangkal dan area dengan geologi yang mendukung pelepasan logam dari tanah.

Menurut Handayani (2020) kegiatan rumah tangga dapat membuat pencemaran. pengaruh negatif detergen terhadap kondisi fisik dan kimia perairan yang teraliri limbah dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Beberapa pengaruh limbah

detergen terhadap lingkungan antara lain gangguan terhadap estetika oleh adanya busa putih di permukaan perairan, perubahan sifat fisik dan kimia air serta terjadinya eutofikasi yang tinggi dapat merangsang tumbuhnya gulma air.

Sumur-sumur bor di Desa Polewali memiliki konsentrasi mangan yang melebihi ambang batas. Tingginya kadar mangan tersebut diduga berasal dari kandungan alami mangan dalam lapisan kerak bumi yang kemudian terlarut ke dalam air tanah akibat beberapa faktor pendukung seperti pH air tanah yang bersifat asam, kadar oksigen terlarut yang rendah, keberadaan Kawasan pertanian di sekitar sumur bor, serta kedalaman sumur yang relatif dangkal. Kondisi ini mempermudah kelarutan mangan ke dalam air tanah. Hal ini disimpulkan karena di lokasi penelitian tidak terdapat industri atau Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah yang mungkin menyebabkan pencemaran Mn terhadap sumur bor masyarakat.

4. Parameter Lingkungan Air Sumur Bor

Keberadaan logam Fe dan Mn pada air sumur bor di Desa Polewali dipengaruhi oleh kondisi parameter lingkungan. Parameter kualitas air yang diukur konsentrasinya pada penelitian ini adalah suhu, pH dan *Dissolved Oxygen* (DO). Pengukuran suhu dan pH air sumur bor dilakukan dengan menggunakan multiparameter 3

in 1 untuk pengukuran suhu, pH dan kelembaban. Pengukuran DO air sumur bor dilakukan oleh Labkesda Kota Palopo.

a. Suhu

Suhu merupakan faktor fisik yang berpengaruh pada laju pertumbuhan melalui pengaruh di antaranya terhadap reaksi kimia dan stabilitas struktur molekul protein. Pada hasil pemeriksaan suhu didapatkan suhu minimum adalah 27,2°C dan suhu maksimum 29,7°C dengan suhu rata-rata 28,3°C, hal ini dapat dipengaruhi oleh waktu pengukuran yakni di sore hari antara pukul 16.00–17.20 WITA. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/MENKES/PER/IX/2001 tentang standar suhu untuk air bersih berkisar antara 27°C -33°C maka dari hasil pemeriksaan suhu yang didapatkan masih termasuk dalam kategori memenuhi syarat.

Penelitian di atas sejalan dengan studi yang dilakukan Mahmud *et al.* (2023) pengukuran suhu rata-rata pada sumur bor masyarakat di Kompels Perumahan Solaria Kota Gorontalo dengan 6 titik Lokasi didapatkan berkisar 32,03°C sampai 33,76°C . Suhu sangat berperan terhadap proses fisik, kimia dan biologi air. Penurunan suhu disertai dengan penurunan oksigen terlarut. Peningkatan suhu menjadi menyebabkan terjadinya kenaikan dekomposisi bahan organik yang dilakukan mikroba.

Menurut Nurhajawarsi & Haryanti (2023) suhu menjadi parameter penting dalam analisis kualitas air karena menunjukkan indikasi eksistensi bahan kimia yang terlarut dalam jumlah yang cukup besar atau sedang terjadi dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme. Peningkatan suhu berpengaruh pada viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilitas. peningkatan suhu menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Suhu tinggi akan mematikan mikroorganisme air sehingga penguraian bahan organik dalam air tidak maksimal.

Perubahan suhu dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti iklim atau cuaca pada saat pengambilan sampel, serta Tingkat kelembaban tanah di sekitar sumber udara. Fluktuasi suhu signifikan dapat berdampak pada kualitas udara. Jika kandungan oksigen dalam udara tidak mencukupi, kondisi *anaerobic* dapat terbentuk dan menyebabkan bau tak sedap.

b. pH

Hasil pemeriksaan yang telah dilakukan pada air sumur bor didapatkan pH minimum adalah 5,27 dan pH maksimum adalah 5,78 dengan pH rata-rata 5,5. Dari hasil pengukuran diketahui pH air sumur bor tidak memenuhi mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 2 Tahun 2023 yaitu 6,5-8,5. pH air di Lokasi penelitian tergolong asam yang dapat

disebabkan karena letak sumur bor berdekatan dengan kegiatan pertanian dan domestik masyarakat.

Hasil penelitian sejalan dengan studi Wulandari *et al.* (2019) yang menunjukkan hasil pemeriksaan parameter pH didapatkan 10 titik air sumur yang memenuhi syarat dan 8 titik air sumur dengan nilai pH antara 3,4 – 6,5 tidak memenuhi syarat dimana nilai tersebut belum memenuhi batas minimum pH yaitu 6,5. Tingkat keasaman (pH) yang kurang dari nilai minimum disebabkan karena letak sumur berdekatan dengan sumber pencemaran yakni Kawasan pertanian, genangan air, jarak dengan kandang ternak dan limbah rumah tangga.

Menurut Yanny *et al.* (2024) adanya penurunan nilai pH dapat terjadi karena aktivitas organisme seperti proses fermentasi organik dari daun, tumbuhan air, hingga bangkai hewan. pH yang sesuai untuk standar air yang baik dikonsumsi sebaiknya tidak asam ataupun basa agar menghindari terjadinya pelarutan logam berat dan korosi. Selain itu pH asam dapat menimbulkan rasa tidak enak dan dapat mengubah beberapa bahan kimia menjadi racun yang membahayakan Kesehatan jika terminum. Sedangkan jika air dengan pH yang tinggi juga dapat mengurangi kemampuan klorin dalam membunuh mikroba.

Tingkat toksisitas suatu senyawa kimia dalam air salah satunya juga dipengaruhi oleh pH. Apabila pada pH rendah maka tingkat toksisitas logam berat dalam air akan tinggi, begitu pula sebaliknya apabila nilai pH tinggi maka tingkat toksisitas logam berat dalam air akan turun. Selain itu, rendahnya nilai pH akan meningkatkan konsentrasi logam berat (Kareliasari, 2021).

c. DO

Dissolved Oxygen (DO) adalah jumlah oksigen yang terlarut dalam volume air tertentu pada suatu suhu dan tekanan atmosfer tertentu. Oksigen merupakan suatu pembatas, sehingga bila ketersediaannya di dalam air tidak mencukupi kebutuhan biota, maka akan menghambat aktivitas di dalam air. Rendahnya kadar oksigen dapat berpengaruh terhadap fungsi biologis dan lambatnya pertumbuhan, bahkan mengakibatkan kematian (Nurbaya *et al.*, 2024).

Hasil pemeriksaan *Dissolved Oxygen* pada titik 1 didapatkan DO sebanyak 0,62 mg/L, titik 2 sebanyak 0,63 mg/L, titik 3 sebanyak 0,65 mg/L, titik 4 sebanyak 0,66 mg/L, titik 5 sebanyak 0,67 mg/L dan titik 6 sebanyak 0,63 mg/L. nilai ini jauh di bawah nilai DO yang dipersyaratkan Permenkes No. 2 Tahun 2023 yaitu 14,16 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa air sumur memiliki nilai oksigen terlarut yang sangat rendah. Adapun kadar

DO yang rendah dapat mengganggu kelangsungan organisme akuatik serta membuat air terasa kurang segar saat dikonsumsi.

Hasil penelitian yang dilakukan sejalan dengan studi Nurhajawarsi & Haryanti (2023) dimana kelarutan oksigen dalam air rata-rata 7-14 mg/L, berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa rentang nilai DO sampel di Desa Papan Loe yaitu 2,1 mg/L sampai 3,4 mg/L. oksigen terlarut dimanfaatkan organisme air untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan-bahan organik dan anorganik pada proses aerobik dalam air.

Penelitian lainnya oleh Kareliasari (2021), kelarutan oksigen dalam air bergantung pada suhu dan tekanan atmosfer. Berdasarkan data temperatur dan tekanan, didapatkan bahwa kelarutan oksigen dalam air terletak pada suhu 25°C dan tekanan 1 atmosfer adalah 8,32 mg/L.

Rendahnya DO di seluruh titik sampel mengindikasikan bahwa sumber air sumur kemungkinan terdapat aktivitas biologis dan kimiawi yang cukup intens di dalam tanah yang menyebabkan konsumsi oksigen meningkat. Oleh karena itu diperlukan Langkah-langkah pengelolaan yang tepat, seperti peningkatan aerasi atau pengurangan sumber bahan organik, untuk menjaga kualitas udara tetap layak digunakan.

5. Analisis Paparan

a. Laju Asupan (R)

Laju asupan (R) diperoleh melalui metode wawancara, dengan menanyakan jumlah konsumsi air sumur bor per hari dalam satuan liter. Berdasarkan hasil penelitian, laju asupan tertinggi tercatat sebesar 2 L/hari, sementara nilai terendah sebesar 1 L/hari. Data tersebut diperoleh dari sejumlah masyarakat yang diketahui mengonsumsi air sumur bor dalam jumlah relatif lebih besar setiap harinya. Laju asupan merupakan volume minuman yang masuk ke dalam tubuh dalam liter setiap harinya. Dalam perhitungan *intake* laju asupan merupakan salah satu variabel pembilang yang akan mempengaruhi nilai intake dan berbanding lurus dengan nilai *intake*.

Laju asupan dianggap sebagai faktor utama yang paling berpengaruh terhadap besar kecilnya nilai RQ yang timbul. Semakin tinggi nilai laju asupan maka akan memungkinkan semakin tinggi pula Tingkat risiko yang diterima oleh tubuh, dengan memperhitungkan perbedaan dalam surasi dan frekuensi paparan serta berat badan individu yang terpapar.

b. Frekuensi Paparan

Frekuensi paparan merujuk pada jumlah hari dalam setahun Masyarakat yang mengonsumsi air sumur bor di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan. Berdasarkan hasil

penelitian, rata-rata frekuensi pajanan adalah 350 hari/tahun. Frekuensi ini seragam karena air merupakan komponen utama tubuh manusia yang dibutuhkan setiap harinya untuk menjaga keseimbangan cairan, mendukung fungsi tubuh, nutrisi, regulasi suhu dan kinerja organ vital.

Nilai frekuensi pajanan diperoleh dari jumlah hari masyarakat yang mengonsumsi air sumur bor dalam satu tahun. Semakin tinggi frekuensi layanan terhadap air sumur bor, maka semakin besar pula potensi terpaparnya risiko kesehatan, khususnya risiko yang disebabkan oleh kandungan mangan. Konsumsi air sumur bor yang mengandung mangan secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama dapat menimbulkan efek kronis pada tubuh individu yang terpapar.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Subhan *et al.* (2020) bahwa frekuensi konsumsi air baku Masyarakat Pulau Barrang Lompo Kota Makassar diperoleh konsentrasi deterjen pada air baku yang dikonsumsi dengan rata-rata 379,9 hari/tahun, yang tertinggi dan yang terendah 245 hari/tahun. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat dikatakan bahwa semakin tinggi Tingkat konsumsi, maka semakin tinggi pula konsentrasi deterjen dalam tubuh.

c. Durasi Paparan

Durasi paparan merujuk pada lamanya atau jumlah tahun Masyarakat di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan yang mengonsumsi air sumur bor. Informasi mengenai durasi ini diperoleh melalui wawancara langsung dengan warga setempat, yang ditanyakan mengenai berapa lama (tahun) masyarakat mengonsumsi air sumur bor.

Nilai rata-rata durasi paparan masyarakat di Desa Polewali Kecamatan Baebunta Selatan adalah 24,7 tahun, nilai tersebut masih berada di bawah nilai *default* yang ditetapkan oleh *United States Environmental Protection Agency* (US-EPA) untuk risiko non kanker, yaitu 30 tahun. Menurut teori dari *International Program on Chemical Safety* (IPCS), durasi paparan dibedakan antara durasi paparan sebenarnya (*realtime*) dan proyeksi 30 tahun untuk paparan sepanjang hayat (*lifetime*). Hal ini diperkuat dengan pendapat Kementerian Kesehatan (2012) bahwa durasi paparan adalah lamanya waktu seseorang mengalami paparan, dengan acuan *Duration time* (Dt) selama 30 tahun untuk risiko non kanker dan 70 tahun untuk risiko kanker dalam perhitungan paparan seumur hidup.

d. Berat Badan

Berat badan dalam penelitian ini merujuk pada berat Masyarakat di Desa Polewali yang diukur menggunakan

timbangan digital saat proses wawancara berlangsung, dengan satuan kilogram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata berat badan Masyarakat di wilayah tersebut adalah 57 kg.

Variable berat badan diperoleh dari penimbangan secara langsung. Apabila dibandingkan dengan rata-rata berat badan normal Asia menurut EPA yaitu 55 kg, berat badan masyarakat pada penelitian menunjukkan 3 kg lebih berat daripada berat badan normal orang dewasa di Asia dan berdasarkan hasil penelitian didapatkan berat badan tertinggi yaitu 77 kg dan berat badan terendah adalah 38 kg.

Berat badan memiliki pengaruh terhadap besarnya nilai risiko serta jumlah asupan yang diterima oleh setiap individu. Individu dengan berat badan lebih rendah cenderung memiliki risiko gangguan kesehatan yang lebih tinggi, karena berat badan juga menentukan kecukupan asupan nutrisi dalam tubuh.

e. *Intake*

Penelitian ini juga menghitung nilai *intake* seumur hidup yang sesuai dengan pedoman yang telah ditetapkan oleh *Environmental Protection Agency* (EPA) untuk efek nonkarsinogenik. *Intake* merupakan jumlah konsentrasi agen risiko (mg/L) yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya. Nilai *intake* (I) masing-masing

individu diperoleh menggunakan rumus perkalian antara konsentrasi Fe dan Mn pada air sumur bor (C), laju asupan (R), frekuensi pajanan (f_E), dan durasi pajanan (D_t) dibagi dengan berat badan individu (W_b) dan periode waktu rata-rata (t_{avg}). Untuk menghitung nilai *intake lifetime* menggunakan durasi pajanan (D_t) = 30 tahun ke dalam rumus.

Dalam perhitungan perkiraan risiko kesehatan nonkarsinogenik untuk paparan Fe pada air sumur bor, didapatkan nilai asupan *intake* (nonkarsinogenik) Fe terhadap Masyarakat (*realtime*) adalah sebesar 0,2207604 mg/L/hari dengan kisaran antara 0 – 1,0529062 mg/L/hari dan untuk asupan *intake* (nonkarsinogenik) Fe *lifetime* adalah sebesar 0,2784933 mg/L/hari dengan kisaran antara 0 – 1,2623014 mg/L/hari.

Perhitungan perkiraan risiko kesehatan nonkarsinogenik untuk paparan Mn pada air sumur bor, didapatkan nilai asupan *intake* (nonkarsinogenik) Mn terhadap Masyarakat (*realtime*) adalah sebesar 0,02161071 mg/L/hari dengan nilai minimum 0,010671675 mg/L/hari dan maksimum 0,056590095 mg/L/hari dan untuk asupan *intake* (nonkarsinogenik) Mn terhadap Masyarakat (*lifetime*) adalah sebesar 0,026874805 mg/L/hari dengan nilai minimum 0,009888699 mg/L/hari dan maksimum 0,051893634 mg/L/hari.

6. Karakteristik Risiko

a. Karakteristik Risiko Fe

Rata-rata RQ pada pajanan *Realtime* adalah 0,31537197, dengan nilai minimum 0 dan nilai maksimum 1,50415174 yaitu masyarakat nomor 12. Hasil perhitungan ARKL Fe menunjukkan bahwa, dari 30 masyarakat Desa Polewali yang terpajan logam besi (Fe) terdapat 3 masyarakat yang $RQ > 1$ dan 27 masyarakat dengan nilai $RQ \leq 1$. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa tingkat risiko populasi ada yang melampaui batas aman dan probabilitas risiko itu terjadi untuk masyarakat yang mengonsumsi air sumur bor di Desa Polewali.

Adanya tingkat risiko pada Masyarakat di Lokasi penelitian disebabkan karena tingginya konsentrasi Fe yang ada di Lokasi penelitian. Faktor penunjang lainnya seperti laju asupan atau konsumsi air sumur bor yang banyak, frekuensi konsumsi air sumur bor yang tinggi serta lamanya durasi pajanan juga sangat berpengaruh terhadap peningkatan nilai *intake* konsumsi air sumur bor sehingga mengakibatkan semakin besar risiko untuk terpapar logam Fe.

Tingkat risiko yang dimaksud dalam penelitian ini merujuk pada aspek probabilitas, yang berarti bahwa nilai $RQ > 1$ tidak secara mutlak menunjukkan akan terjadinya gangguan kesehatan. Namun nilai tersebut menunjukkan adanya

kemungkinan yang lebih besar bagi seseorang untuk mengalami efek kesehatan disbanding dengan individu yang memiliki nilai $RQ \leq 1$.

b. Karakteristik Risiko Mn

Tingkat risiko RQ adalah nilai besaran risiko yang mungkin bisa timbulkan oleh suatu pajanan bahan berbahaya pada periode waktu tertentu. Tingkat risiko ini diperoleh dengan perbandingan antara *intake* setiap masyarakat dengan RfD atau konsentrasi acuan untuk pangan sehingga menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia. Tingkat risiko yang dapat juga dikatakan aman/tidak amannya suatu agen risiko terhadap masyarakat, untuk menimbulkan efek besar nilai RQ harus >1 .

Rata-rata RQ pada pajanan *Realtime* adalah 0,154362217, dengan nilai minimum 0,076226248 yaitu masyarakat nomor 29 dan nilai maksimum 0,404214963 yaitu masyarakat nomor 12. Dari hasil perhitungan tersebut, 30 masyarakat memiliki nilai RQ <1 baik pada pajanan *realtime* maupun pajanan *lifetime* yang artinya tidak berisiko terhadap penyakit nonkarsinogenik akibat pangan dalam waktu 30 tahun mendatang.

Nanda (2024) diketahui bahwa tingkat risiko pajanan Mn pada Masyarakat Kelurahan Koto Pulai Kecamatan Koto Tangah Tahun 2024 diketahui bahwa RQ *realtime* dan *lifetime* berada

pada kategori aman ($RQ < 1$) pada semua titik pengambilan sampel di Kelurahan Koto Pulai. Perkiraan risiko didapatkan hasil bahwa untuk *intake lifetime* didapatkan berisiko ($RQ > 1$) jika konsentrasi mangan sebesar 6 mg/l dengan berat badan *default* 70 kg sedangkan untuk *intake realtime* didapatkan berisiko ($RQ > 1$) jika konsentrasi 10 mg/l dengan berat badan maksimum dengan konsentrasi 7 mg/l pada laki-laki 60 kg dan Perempuan 100 kg.

7. Gangguan Kesehatan

Pencemaran logam berat adalah masalah antropogenik yang tidak dapat dihindari dan harus dihadapi umat manusia. Beberapa logam dalam jumlah kecil diperlukan untuk aktivitas metabolisme dalam sistem manusia sementara yang lain menyebabkan penyakit akut dan kronis. Logam berat masuk ke dalam tubuh manusia melalui air minum yang diperoleh dari berbagai sumber seperti sumur, Sungai, danau, waduk, kolam dan lainnya. Keberadaan logam dalam air minum di luar batas yang ditentukan oleh berbagai organisasi nasional dan internasional dapat menimbulkan bahaya kesehatan (Tony *et al.*, 2021).

Tabel 5.6 menunjukkan bahwa dari 30 masyarakat yang mengonsumsi air sumur bor, terdapat beberapa individu yang mengalami indikasi gangguan kesehatan. Jenis gangguan kesehatan yang dialami ialah sering mual, muntah dan diare

masing-masing dialami oleh satu orang, sakit kepala oleh dua orang dan nyeri perut sebanyak empat orang.

Menurut Anjani *et al.* (2021) konsumsi zat besi berlebih dapat merusak dinding usus, iritasi, mual dan pusing serta iritasi mata dan kulit. Kerusakan dinding usus sering menyebabkan kematian pada manusia. Konsumsi air yang mengandung mangan berlebih juga dapat memberikan efek samping berupa gejala neurologis. Selain itu, mangan juga dapat mengakibatkan sindrom *manganism*, *pneumonitis* mangan, dan gangguan syaraf seperti parkinson. Konsentrasi mangan yang tinggi juga secara signifikan mengakibatkan gangguan fungsi intelektual pada anak berumur 10 tahun.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Ramadani (2024) menyatakan bahwa logam Fe merupakan logam berat dengan toksisitas tinggi, dapat menyebabkan keracunan. Dimana terjadi muntah, kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak, mudah marah, radang sendi, sirosis ginjal, diabetes, diare, pusing, sakit kepala, gagal hati, dan mudah lelah. Apabila dalam waktu yang Panjang kandungan logam Fe akan terakumulasi di dalam tubuh makhluk hidup (ikan dan tumbuhan) dan apabila dikonsumsi oleh masyarakat akan menyebabkan gangguan kesehatan seperti penyakit Minamata, bibir sumbing, kerusakan susunan syaraf dan cacat pada bayi.

8. Manajemen Risiko

Setelah melakukan keempat tahap ARKL maka dapat diketahui apakah suatu agen risiko tergolong aman/dapat diterima atau tidak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa manajemen risiko dibutuhkan untuk mengendalikan efek nonkarsinogenik karena nilai $RQ > 1$. Menurut Pedoman Teknis ARKL yang dibuat oleh Dirjen P2PL Kementerian Kesehatan RI, pengelolaan risiko bukan merupakan bagian dari tahapan ARKL, melainkan tindak lanjut yang perlu dilakukan jika hasil karakteristik risiko menunjukkan Tingkat risiko yang tidak aman ataupun *unacceptable*.

Pengelolaan risiko selain membutuhkan strategi yang tepat juga harus dilakukan dengan cara atau metode yang tepat. Dalam aplikasinya cara pengelolaan risiko dapat dilakukan melalui 3 pendekatan yaitu sebagai berikut.

a. Pendekatan Teknologi

Pengelolaan risiko menggunakan teknologi yang tersedia meliputi penggunaan alat, bahan dan metode, serta teknik tertentu. Pengelolaan risiko di Desa Polewali dapat dilakukan dengan menggunakan media filtrasi zeolit alam yang telah diaktivasi. Zeolit bekerja dengan cara menukar ion, di mana logam berat seperti Fe^{2+} dan Mn^{2+} dalam air ditangkap oleh pori-pori *zeolite* dan digantikan dengan ion lain seperti Na^+ atau H^+ . Selain itu zeolit juga efektif mengadsorpsi partikel tersuspensi,

menghilangkan warna, dan mengurangi bau dalam sumur bor, sehingga dapat meningkatkan kualitas air sumur bor di Desa Polewali secara keseluruhan.

b. Regulasi Pemerintah Kabupaten Luwu Utara

Regulasi merujuk pada berbagai hal seperti Peraturan Pemerintah, Peraturan Daerah, Kebijakan Perusahaan, atau standar operasional. Namun hingga saat ini, belum ditemukan Peraturan Daerah maupun Peraturan Bupati di Kabupaten Luwu Utara yang secara spesifik menetapkan batas maksimum kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air bersih dan air minum. Oleh karena itu, diperlukan adanya Peraturan Bupati Luwu Utara yang mengacu pada standar kualitas air, dengan menetapkan Batasan kandungan besi dan mangan sebagai syarat mutu air bersih dan air minum.

c. Pendekatan Sosial-Ekonomis

Pengelolaan risiko menggunakan pendekatan sosial-ekonomis meliputi pelibatan serta pihak lain, efisiensi proses, substitusi dan penerapan sistem kompensasi. Diharapkan ada pengelolaan risiko dari Pemerintah Luwu Utara dengan pendekatan sosial-ekonomis dengan memberikan subsidi/ bantuan untuk alat filter zeolit menjaga kestabilan kandungan besi yaitu di bawah 34,284 mg/L dan mangan di bawah 6,8563 mg/l atau membangun sistem pengolahan air komunal untuk

masayarakat Desa Polewali yang masih menggunakan air sumur bor sebagai sumber air bersih.

d. Pendekatan Institusional

Pengelolaan risiko dengan menempuh jalur dan mekanisme kelembagaan dengan cara melakukan Kerjasama antar pemerintah, lembaga swadaya masyarakat dan masyarakat itu sendiri dalam rangka mengatasi masalah Fe dan Mn yang tinggi pada air sumur bor. Melalui regulasi yang jelas, kolaborasi antar lembaga, pemberdayaan masyarakat, serta pengawasan yang berkelanjutan, penurunan kadar Fe dan Mn dapat dilakukan secara lebih efektif dan berkelanjutan sehingga meingkatkan kualitas kehidupan Masyarakat Desa Polewali.