

INTEGRASI INDEKS KUALITAS AIR DAN ANALISIS GEOSPASIAL
UNTUK EVALUASI KUALITAS AIR TANAH DANGKAL
DI SEKITAR AREA PEMBUANGAN LIMBAH SLAG ALUMINIUM
KECAMATAN SUMOBITO, KABUPATEN JOMBANG, JAWA TIMUR



WENNY VEBRIANE
30000120410023

SEKOLAH PASCASARJANA

PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2022

LEMBAR PERSETUJUAN

TESIS

INTEGRASI INDEKS KUALITAS AIR DAN ANALISIS GEOSPASIAL
UNTUK EVALUASI KUALITAS AIR TANAH DANGKAL
DI SEKITAR AREA PEMBUANGAN LIMBAH SLAG ALUMINIUM
KECAMATAN SUMOBITO, KABUPATEN JOMBANG, JAWA TIMUR

Disusun oleh :

Wenny Vebriane

30000120410023

Mengetahui,

Komisi Pembimbing

Pembimbing Kesatu



Dr.rer.nat. Ir. Thomas Triardi Putranto, S.T.,
M.Eng., IPU

Pembimbing Kedua



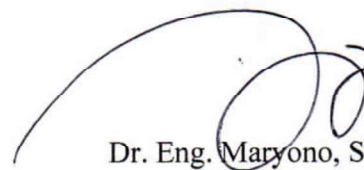
Dr. Mochamad Helmi, S.Si., M.Si

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Diponegoro



Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Lingkungan



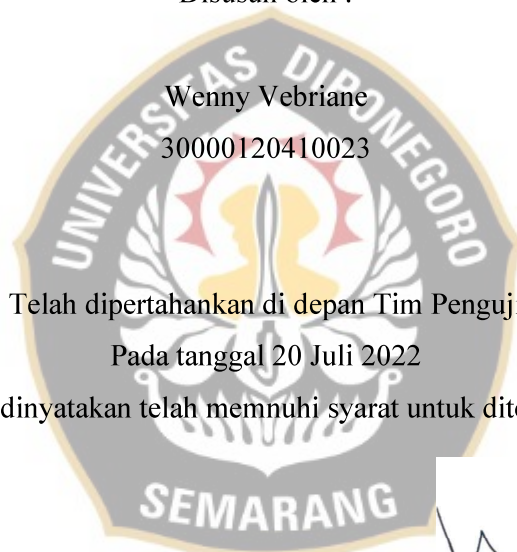
Dr. Eng. Maryono, S.T., M.T

LEMBAR PENGESAHAN

INTEGRASI INDEKS KUALITAS AIR DAN ANALISIS GEOSPASIAL
UNTUK EVALUASI KUALITAS AIR TANAH DANGKAL
DI SEKITAR AREA PEMBUANGAN LIMBAH SLAG ALUMINIUM
KECAMATAN SUMOBITO, KABUPATEN JOMBANG, JAWA TIMUR

Disusun oleh :

Wenny Vebriane
30000120410023



Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 20 Juli 2022
dan dinyatakan telah memnuhi syarat untuk diterima

Ketua

Prof. Dr. Hadiyanto, ST., M.Sc.

Tanda Tangan

Anggota

1. Dr. Ir. Bambang Yulianto, DEA

2. Dr. Mochamad Helmi, S.Si., M.Si

3. Dr.rer.nat. Ir. Thomas Triardi Putranto, S.T.,
M.Eng., IPU

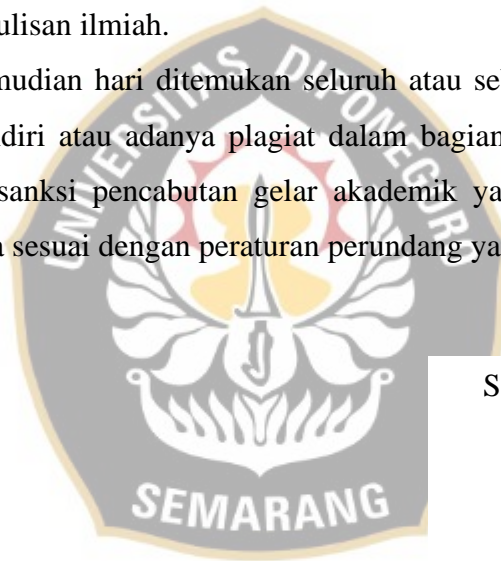
SEKOLAH PASCASARJANA

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Studi Magister Ilmu Lingkungan seluruhnya merupakan hasil karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang yang berlaku.



Semarang, Juli 2022

Materai 10.000

Wenny Vebriane

SEKOLAH PASCASARJANA

BIODATA PENULIS



Wenny Vebriane lahir di Surabaya pada tanggal 09 Februari 1993. Penulis menyelesaikan pendidikan formal yaitu sekolah dasar di SDN Petemon XII Surabaya pada tahun 2004, pendidikan menengah pertama di SMPN 25 Surabaya pada tahun 2007, pendidikan menengah atas di SMAN 6 Surabaya pada tahun 2010. Penulis kemudian melanjutkan studinya di Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan memperoleh gelar sarjana pada tahun 2014. Sejak tahun 2015 hingga saat ini penulis bekerja sebagai Pegawai Negeri Sipil di Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Jombang. Penulis bertugas pada jabatan pelaksana Penelaah Dampak Lingkungan. Pada tahun 2020 penulis berkesempatan melanjutkan pendidikan pascasarjana pada program studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang melalui program beasiswa Pusdiklatren Bappenas.

SEKOLAH PASCASARJANA

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa atas rahmat, berkah, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Integrasi Indeks Kualitas Air dan Analisis Geospasial Untuk Evaluasi Kualitas Air Tanah Dangkal di Sekitar Area Pembuangan Limbah Slag Aluminium Kecamatan Sumobito, Kabupaten Jombang, Jawa Timur“ dengan lancar.

Adanya aktivitas pembuangan limbah slag aluminium secara illegal merupakan salah satu isu lingkungan di wilayah Kabupaten Jombang. Hal ini mengingat limbah tersebut termasuk dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) sehingga berpotensi menimbulkan dampak bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Pencemaran air tanah dangkal merupakan salah satu dampak potensial yang perlu dikaji lebih lanjut mengingat sebagian penduduk masih bergantung pada air tanah dangkal untuk memenuhi kebutuhan air bersih maupun air minum. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran bagaimana dampak pembuangan limbah B3 slag aluminium terhadap kualitas air tanah dangkal dan dapat memberikan rekomendasi pengelolaan air tanah penduduk di sekitar area pembuangan limbah slag aluminium.

Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini, antara lain:

1. Bapak Dr. Eng. Maryono, ST., MT selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Sekolah Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
2. Bapak Dr.rer.nat. Ir. Thomas Triardi Putranto, S.T., M.Eng., IPU selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Mochamad Helmi, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak masukan kepada penulis.
3. Para dosen penguji atas saran dan masukan untuk kesempurnaan tesis ini.
4. Staf pengajar dan pengelola Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Sekolah Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.

5. Pusbindiklatren-Bappenas RI atas dukungan dana sehingga penulis dapat menyelesaikan studi S2.
6. Pemerintah Kabupaten Jombang terutama Dinas Lingkungan Hidup atas izin untuk melaksanakan studi S2 dan dukungan data untuk penelitian.
7. Teman-teman MIL-60 atas segala bantuan maupun dukungan selama pelaksanaan studi.
8. Berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tesis ini, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan masukan agar tesis ini menjadi lebih baik.



Semarang, Juli 2022

Penulis,

Wenny Vebriane

SEKOLAH PASCASARJANA

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| LEMBAR PERSETUJUAN..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| PERNYATAAN..... | iii |
| BIODATA PENULIS | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL..... | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xi |
| ABSTRAK..... | xiv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 6 |
| 1.3 Tujuan..... | 6 |
| 1.4 Ruang Lingkup Penelitian..... | 7 |
| 1.5 Manfaat..... | 7 |
| 1.6 Originalitas | 8 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 12 |
| 2.1 Limbah Slag Aluminium..... | 12 |
| 2.1.1 Komposisi limbah slag aluminium..... | 14 |
| 2.1.2 Dampak Limbah slag aluminium bagi lingkungan | 14 |
| 2.1.3 Pengelolaan Limbah Slag Aluminium..... | 16 |
| 2.2 Air Tanah..... | 17 |
| 2.2.1 Kualitas Air Tanah | 18 |
| 2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Air Tanah..... | 22 |
| 2.2.3 Kontaminasi Air Tanah | 23 |
| 2.2.4 Pelindian Logam (<i>Metal Leaching</i>) Pada Air Tanah..... | 24 |
| 2.3 Indeks Kualitas Air..... | 25 |
| 2.3.1 <i>Water Quality Index (WQI)</i> | 27 |

| | | |
|----------------------------------|---|----|
| 2.3.2 | <i>Heavy Metal Pollution Index</i> | 29 |
| 2.4 | Analisis Geospasial dengan Sistem Informasi Geografis..... | 31 |
| 2.4.1 | Metode Interpolasi..... | 31 |
| 2.4.2 | Jenis Metode Interpolasi..... | 32 |
| 2.5 | Analisis Statististik Multivariat..... | 36 |
| 2.5.1 | <i>Principal Component Analysis</i> | 36 |
| 2.5.2 | <i>Hierarchical Clustering Analysis</i> | 38 |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN..... | | 39 |
| 3.1 | Jenis Penelitian..... | 39 |
| 3.2 | Lokasi Penelitian..... | 39 |
| 3.3 | Metode Pengumpulan Data..... | 44 |
| 3.3.1 | Jenis dan Sumber Data..... | 44 |
| 3.3.2 | Alat dan Bahan..... | 45 |
| 3.3.3 | Pengambilan Data Lapangan..... | 47 |
| 3.4 | Metode Analisis Data..... | 51 |
| 3.4.1 | Pemetaan Ketinggian Muka Air Tanah..... | 51 |
| 3.4.2 | Kualitas Air Tanah dan Perhitungan Indeks Kualitas Air Tanah...51 | |
| 3.4.3 | Analisis Statistik..... | 54 |
| 3.4.4 | Pemetaan Sebaran Kualitas Air Tanah..... | 55 |
| 3.4.5 | Penyusunan Rekomendasi Pengelolaan Air Tanah..... | 56 |
| 3.5 | Diagram Penelitian..... | 56 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | 58 |
| 4.1 | Kondisi Air Tanah Dangkal di Lokasi Penelitian..... | 58 |
| 4.1.1 | Pemanfaatan Air Tanah Dangkal oleh Masyarakat dan Persepsi Masyarakat Terhadap Kualitas Air Tanah..... | 58 |
| 4.1.2 | Ketinggian Muka Air Tanah dan Arah Aliran Air Tanah..... | 61 |
| 4.1.3 | Kondisi Fisik Sumur..... | 63 |
| 4.1.4 | Kualitas Air Tanah Dangkal..... | 64 |
| 4.2 | Indeks Kualitas Air Tanah di Lokasi Penelitian..... | 67 |
| 4.3 | Analisis Statistik..... | 69 |
| 4.4 | Distribusi spasial kualitas air tanah dangkal di Kecamatan Sumobito... 77 | |

| | | |
|----------------------------------|---|-----|
| 4.5 | Pembahasan | 90 |
| 4.6 | Rekomendasi Pengelolaan Air Tanah di sekitar Area Pembuangan Limbah Slag Aluminium | 99 |
| BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN | | 102 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 102 |
| 5.2 | Saran..... | 103 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 106 |
| LAMPIRAN..... | | 115 |



SEKOLAH PASCASARJANA

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Daftar Penelitian Terdahulu | 9 |
| Tabel 2. Contoh Perhitungan Bobot Relatif untuk WQI | 28 |
| Tabel 3. Status Kualitas Air Berdasarkan Nilai WQI..... | 29 |
| Tabel 4. Contoh Perhitungan Bobot Relatif untuk HPI..... | 30 |
| Tabel 5. Kependudukan dan Penggunaan Lahan di Kecamatan Sumobito | 41 |
| Tabel 6. Jenis dan Sumber Data Penelitian | 44 |
| Tabel 7. Alat dan Bahan Penelitian | 45 |
| Tabel 8. Metode Sampling dan Jumlah Sampel | 48 |
| Tabel 9. Parameter dan Metode Analisis Kualitas Air Tanah | 49 |
| Tabel 10 Standard Kualitas Air Minum | 52 |
| Tabel 11. Rumusan Bobot Relatif untuk Perhitungan WQI..... | 53 |
| Tabel 12. Rumusan Bobot Relatif yang digunakan untuk Perhitungan HPI..... | 54 |
| Tabel 13. Perbandingan Hasil Interpolasi untuk Pemetaan Ketinggian MAT | 61 |
| Tabel 14. Kualitas Air Tanah Dangkal di Kecamatan Sumobito | 64 |
| Tabel 15. Hasil Perhitungan Indeks Kualitas Air (WQI dan HPI) | 67 |
| Tabel 16. Kualitas Air di Kecamatan Sumobito Berdasarkan WQI dan HPI | 69 |
| Tabel 17. Hasil Uji Normalitas Data Kualitas Air Tanah Dangkal..... | 70 |
| Tabel 18. Koefisien Korelasi Antar Parameter Kualitas Air..... | 70 |
| Tabel 19. Hasil Uji KMO dan <i>Barlett Test</i> | 72 |
| Tabel 20. Tabel Hasil Uji <i>Measures of Sampling Adequacy</i> (MSA) | 72 |
| Tabel 21. Nilai Component Loading Tiap Komponen | 73 |
| Tabel 22. Pengelompokan Sumur Berdasarkan Analisis Cluster..... | 75 |
| Tabel 23. Hasil Analisis Regresi Pengaruh Jarak Terhadap Kualitas Air..... | 76 |
| Tabel 24. Hasil Analisis Regresi Pengaruh Elevasi MAT Terhadap Kualitas Air | 77 |
| Tabel 25. Hasil Analisis Regresi Pengaruh Sawah Terhadap Kualitas Air | 77 |
| Tabel 26. Hasil Analisis Regresi Pengaruh Pemukiman Terhadap Kualitas Air.. | 78 |
| Tabel 27. Perbandingan Hasil Interpolasi untuk Pemetaan Kualitas Air..... | 79 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------------|---|----|
| Gambar 1. | Pembentukan Slag Aluminium | 13 |
| Gambar 2. | Bentuk Fisik Aluminium Dross | 13 |
| Gambar 3. | Ilustrasi Metode Interpolasi | 32 |
| Gambar 4. | Contoh Perbandingan Metode Interpolasi untuk Pemetaan IKA..... | 35 |
| Gambar 5. | Lokasi Penelitian..... | 40 |
| Gambar 6. | Industri Daur Ulang Limbah Aluminium di Kecamatan Sumobito. | 42 |
| Gambar 7. | Dumping Limbah Slag Aluminium di Kecamatan Sumobito..... | 42 |
| Gambar 8. | Peta Topografi Lokasi Penelitian..... | 43 |
| Gambar 9. | Peta Geologi Lokasi Penelitian..... | 43 |
| Gambar 10. | Peta Jenis Tanah Lokasi Penelitian..... | 44 |
| Gambar 11. | Peta Lokasi Pengambilan Sampel..... | 50 |
| Gambar 12. | Diagram Alir Penelitian | 57 |
| Gambar 13. | Pemanfaatan Air Sumur Gali di Lokasi Penelitian..... | 59 |
| Gambar 14. | Sumber Air Minum di Lokasi Penelitian dan Pengolahannya..... | 59 |
| Gambar 15. | Persepsi Masyarakat terhadap Kualitas Air dan Pembuangan Limbah Slag Aluminium | 60 |
| Gambar 16. | Peta Ketinggian Muka Air Tanah dan Pola Aliran Air Tanah..... | 62 |
| Gambar 17. | Boxplot kualitas air tanah dangkal di lokasi studi. | 65 |
| Gambar 18. | Nilai WQI dan HPI pada Lokasi Studi | 68 |
| Gambar 19. | Korelasi antar parameter kualitas air | 71 |
| Gambar 20. | Grafik <i>Scree Plot Eigenvalue</i> | 72 |
| Gambar 21. | Dendogram Analisis Kluster..... | 74 |
| Gambar 22. | Peta Sebaran pH Air Tanah Dangkal di Kecamatan Sumobito | 81 |
| Gambar 23. | Peta Sebaran TDS Air Tanah Dangkal di Kecamatan Sumobito..... | 82 |
| Gambar 24. | Peta Sebaran DHL Air Tanah Dangkal di Kecamatan Sumobito.... | 83 |
| Gambar 25. | Peta Sebaran Cu Air Tanah Dangkal di Kecamatan Sumobito | 84 |
| Gambar 26. | Peta Sebaran Zn Air Tanah Dangkal di Kecamatan Sumobito..... | 85 |
| Gambar 27. | Peta Sebaran Pb Air Tanah Dangkal di Kecamatan Sumobito..... | 86 |
| Gambar 28. | Peta Sebaran Al Air Tanah Dangkal di Kecamatan Sumobito | 87 |

| | |
|--|----|
| Gambar 29. Peta Sebaran WQI Air Tanah untuk Air Minum di Kecamatan Sumobito..... | 88 |
| Gambar 30. Peta Sebaran HPI Air Tanah untuk Air Minum di Kecamatan Sumobito..... | 89 |



SEKOLAH PASCASARJANA

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|-----|
| Lampiran 1. Data Titik Pengambilan Sampel Air Sumur Gali | 115 |
| Lampiran 2. Hasil Pengujian Kualitas Air Sumur | 125 |
| Lampiran 3. Hasil Uji Statistik..... | 127 |



SEKOLAH PASCASARJANA

**INTEGRASI INDEKS KUALITAS AIR DAN ANALISIS GEOSPASIAL
UNTUK EVALUASI KUALITAS AIR TANAH DANGKAL
DI SEKITAR AREA PEMBUANGAN LIMBAH SLAG ALUMINIUM
KECAMATAN SUMOBITO, KABUPATEN JOMBANG, JAWA TIMUR**

ABSTRAK

Limbah slag aluminium merupakan residu dari aktivitas daur ulang limbah aluminium yang tergolong limbah bahan berbahaya dan beracun (LB3) sehingga pembuangannya ke lingkungan tanpa proses pengolahan berpotensi menimbulkan masalah lingkungan termasuk pencemaran air tanah. Terdapat 90 titik pembuangan ilegal limbah slag aluminium yang menyebar di wilayah Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan kualitas air tanah dangkal di wilayah Kecamatan Sumobito untuk peruntukkan air minum dengan menggunakan integrasi pendekatan indeks kualitas air (*Water Quality Index* dan *Heavy Metal Pollution Index*), analisis statistik (*Principal Component Analysis*, *Hierarchical Clustering Analysis*, regresi sederhana) dan analisis geospasial dengan sistem informasi geografis. Hasil evaluasi terhadap 30 titik sumur gali di lokasi studi untuk parameter pH, TDS, DHL, Al, Pb, Cu, dan Zn menunjukkan bahwa beberapa sampel melebihi baku mutu air minum untuk parameter TDS (43,3%), DHL (30%), dan Al (76,7%). Indeks kualitas air (WQI) menunjukkan 7% sampel air sumur gali berada pada kondisi buruk untuk air minum, 73% sampel dalam kondisi baik, dan 20% sampel berada pada kondisi sangat baik. Tingkat kontaminasi logam berat berdasarkan HPI menunjukkan sebanyak 13,3% sampel air tergolong pada tingkat kontaminasi tinggi. Analisis multivariat menunjukkan bahwa faktor antropogenik (pembuangan limbah slag, limbah domestik, aktivitas pertanian) dan sumber alami/faktor geogenik merupakan sumber pencemar yang berkontribusi pada kualitas air di lokasi studi. Interpolasi IDW dan RBF divalidasi sebagai metode yang paling cocok untuk membuat model distribusi kualitas air tanah dan indeks kualitas air tanah di lokasi studi. Hasil pemetaan menunjukkan distribusi kualitas air tanah buruk berada di daerah utara lokasi studi mengikuti arah aliran air tanah dan merupakan daerah hilir dari kontaminan limbah slag aluminium. Pemanfaatan sumur gali untuk konsumsi pada beberapa wilayah di Desa Budugsidorejo, Desa Madiopuro, dan Desa Curahmalang tidak direkomendasikan.

Kata Kunci : slag aluminium, kualitas air tanah, *water quality index*, *heavy metal pollution index*, geospasial.

**INTEGRATION OF WATER QUALITY INDEX AND GEOSPATIAL
ANALYSIS FOR EVALUATION OF SHALLOW GROUNDWATER
QUALITY AROUND THE ALUMINUM SLAG WASTE DISPOSAL AREA
SUMOBITO DISTRICT, JOMBANG REGENCY, EAST JAVA**

ABSTRACT

Aluminum slag waste is a residue from aluminum waste recycling activities classified as hazardous and toxic waste, so its disposal into the environment without processing can cause environmental problems, including groundwater pollution. There are 90 illegal dumping areas for aluminum slag waste spread in the Sumobito District, Jombang Regency. This study evaluates the feasibility of shallow groundwater quality in the Sumobito District for drinking water use using an integrated water quality index (Water Quality Index and Heavy Metal Pollution Index), statistical analysis (Principal Component Analysis, Hierarchical Clustering Analysis, Regression), and geospatial analysis. The evaluation results of 30 dug wells at the study site for parameters pH, TDS, EC, Al, Pb, Cu, and Zn showed that some samples exceeded the quality standards for TDS (43,3%), EC (30%) and Al (76,7%). The water quality index (WQI) shows that 7% of dug well water samples are in poor drinking water conditions, 73% are in good condition, and 20% are in excellent condition. The level of heavy metal contamination based on HPI shows that 13.3% of the water samples are classified as high contamination. Multivariate analysis shows that antropogenic factor (disposal of slag waste, domestic waste, agricultural activity) and natural sources/geogenic factor are contributed to shallow groundwater quality in the study area. IDW and RBF interpolation are validated as the most suitable method to model the distribution of groundwater quality and groundwater quality index in the study area. The mapping results show that the distribution of poor groundwater quality is in the northern area of the study location, following the direction of groundwater flow, and is a downstream area of aluminum slag waste contaminants. Dug wells usage for consumption in several areas in Budugsidorejo Village, Madiopuro Village, and Curahmalang Village are not recommended.

Keywords: aluminum slag waste, groundwater quality, water quality index, heavy metal pollution index, geospatial analysis