



HIDROKIMIA MATA AIR KARST UNTUK IRIGASI STUDI KASUS DESA LIGARUKTI, KABUPATEN BOGOR

HYDROCHEMICAL OF KARST SPRINGS FOR IRRIGATION CASE STUDY LIGARUKTI VILLAGE, BOGOR DISTRICT

Oleh:

Rizka Maria¹⁾, Ananta Purwoarminta¹⁾, Rachmat Fajar Lubis¹⁾

¹⁾ Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Jl. Sangkuriang, Bandung, Jawa Barat, Indonesia 40135

Komunikasi Penulis, email: rizka_maria@yahoo.com

Naskah ini diterima pada 17 Mei 2018; revisi pada 28 Agustus 2018;
disetujui untuk dipublikasikan pada 23 Oktober 2018

ABSTRACT

Ligarmukti Village in Bogor Regency is a karst hilly area that is rich in springs so that it can supply water for domestic and agricultural purposes. The chemical properties of water derived from limestone have their own characteristics which probably have an impact on the quality of agricultural products. Thus, this study was conducted to analyze the hydrochemical properties of karst springs for irrigation. Research methods were secondary data inventory, hydrogeological observation, and laboratory analysis. Sodong is the largest spring with a discharge of 314.42 l/s in the rainy season and 154.38 l/s in the dry season. Rice field area is approximately 300 ha. The discharge from the spring can irrigate rice fields covering an area of 314.14 ha in the rainy season and 154.38 ha in the dry season. In addition to discharge, water chemical factors also determine agricultural yields. Groundwater hydrochemical including Ca-HCO₃ facies, groundwater flow systems are controlled by autogenic recharge which shows the type of water in the spring from rainwater directly infiltrated in the area. Classification of water for irrigation including C2-S1 type which shows that spring has good water quality, a risk of medium salinity, and low sodium risk. The results of this study can be used by the government to maintain the village of Ligarmukti as an agricultural granary.

Keywords: *agriculture, hydrochemical, irrigation, karst springs, water quality*

ABSTRAK

Desa Ligarmukti di Kabupaten Bogor merupakan kawasan perbukitan karst yang kaya sumber mata air sehingga mampu memasok kebutuhan air untuk keperluan domestik maupun pertanian. Sifat hidrokimia yang berasal dari batuan gamping memiliki karakter tersendiri yang dapat saja berdampak pada kualitas hasil pertanian. Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis hidrokimia mata air karst untuk irigasi. Metode penelitian yang dilakukan yaitu inventarisasi data sekunder, pengamatan hidrogeologi, dan analisis laboratorium. Sodong adalah mata air terbesar dengan debit 314,42 l/s pada musim hujan dan 154,38 l/s pada musim kemarau. Luas lahan persawahan kurang lebih 300 ha. Debit mata air tersebut dapat mengalir sawah seluas 314,14 ha pada musim hujan dan 154,38 ha pada musim kemarau. Selain debit, faktor hidrokimia juga menentukan hasil pertanian. Hidrokimia air tanah termasuk fasies Ca-HCO₃, sistem aliran air tanah dikontrol oleh *autogenic recharge* yang menunjukkan jenis air pada mata air berasal dari air hujan secara langsung terinfiltrasi pada daerah tersebut. Klasifikasi air untuk irigasi termasuk tipe C2-S1 yang menunjukkan mata air memiliki kualitas air tanah yang baik, risiko salinitas menengah dan risiko sodium yang rendah. Hasil penelitian ini dapat menjadi masukan pada pemerintah untuk mempertahankan Desa Ligarmukti sebagai lumbung pertanian.

Kata kunci: *pertanian, hidrokimia, irigasi, mata air karst, kualitas air*

I. PENDAHULUAN

Sebagai negara agraris, keberadaan air sangat penting dalam menunjang sektor pertanian yaitu sebagai sumber air irigasi. Salah satu persoalan utama yang terjadi dalam penyediaan air irigasi adalah menurunnya ketersediaan air pada waktu-waktu tertentu seperti pada musim kemarau. Aktivitas pertanian sangat bergantung pada suplai air, pada sisi lain permintaan air untuk berbagai kebutuhan cenderung semakin meningkat sebagai akibat dari peningkatan jumlah penduduk, beragamnya pemanfaatan air, berkembangnya pembangunan, serta kecenderungan menurunnya kualitas air akibat pencemaran.

Peranan irigasi yang bersumber dari air tanah sangatlah penting dalam menjaga kelangsungan budidaya tanaman pangan terutama padi. Hal ini sebagai akibat dari keberadaan air permukaan yang terbatas (Setiawan, 2011). Sumber daya air tanah menempati posisi yang sangat strategis dan mempunyai peranan penting dalam menunjang segala aktivitas kehidupan makhluk hidup, khususnya di daerah karst.

Karst merupakan suatu bentang alam dengan kondisi hidrologi khas (Ford & Williams, 2013). Kekhasan ini merupakan akibat dari proses pelarutan material batuan dan perkembangan porositas sekunder (Cahyadi, Pratiwi, & Fatchurohman, 2013). Batuan karbonat mendominasi bentukan karst karena memiliki sebaran yang paling luas dibandingkan dengan batuan mudah larut lainnya (Haryono & Adji, 2004). Salah satu ciri khas dari hidrologi kawasan karst adalah dengan terbentuknya gua dan mata air.

Sistem hidrologi kawasan karst sangat unik karena sangat dipengaruhi oleh porositas sekunder yang menyebabkan air masuk ke dalam sistem aliran bawah tanah dan menyebabkan kondisi kering di permukaan tanah (Widyastuti, 2010). Komposisi hidrokimia pada sistem hidrologi karst dipengaruhi oleh penggunaan lahan, mekanisme imbuhan, kondisi iklim, batuan, dan tipe aliran (*diffuse* atau *konduit*) (Goldscheider, Drew, & Worthington, 2014).

Beberapa proses penting yang mempengaruhi komposisi hidrokimia tanah meliputi evaporasi dan evapotranspirasi, pengambilan (*uptake*) ion secara selektif oleh vegetasi dan penimbunan dalam biomassa, pelapukan dan pelarutan, pengendapan mineral, reaksi pertukaran ion, pencampuran dengan air yang berbeda kualitasnya, serta aktivitas manusia (Appelo & Postma, 1993).

Akuifer karst merupakan suatu sistem aliran air tanah yang dikontrol oleh mekanisme air yang masuk yaitu *autogenic recharge* dan *allogenic recharge* (Ford & Williams, 2013). *Autogenic recharge* terjadi pada daerah dengan batuan relatif homogen berupa batuan karst dan air hujan secara langsung terinfiltrasi pada daerah tersebut. *Allogenic recharge* merupakan mekanisme aliran air yang berasal dari daerah bukan karst menuju daerah karst. Mekanisme ini umum terjadi karena kondisi geologi yang bersifat kompleks.

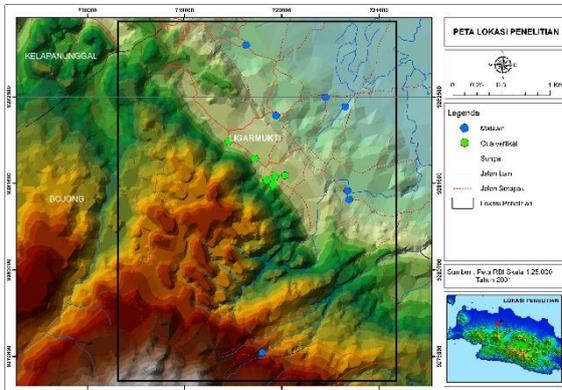
Kondisi hidrokimia air tanah pada daerah karst tergantung pada jenis batuan pada daerah imbuhan. Mekanisme aliran air yang berasal dari daerah bukan karst menuju daerah karst berbeda dengan mekanisme aliran air dari batuan karst dan air hujan yang terinfiltrasi pada daerah tersebut. Sifat hidrokimia yang berasal dari batuan daerah bukan karst memiliki karakter tersendiri, misalnya mengalami pengayaan Na yang akan berdampak pada kualitas hasil pertanian. Kriteria mutu air untuk pemanfaatan air irigasi pada dasarnya sangat tergantung pada jenis tanaman, kualitas air pada sumber air dan kandungan mineral dalam tanahnya itu sendiri (Yusuf, 2014).

Penelitian dilakukan pada daerah karst di Desa Ligarmukti, Kecamatan Klapanunggal, Kabupaten Bogor (Gambar 1). Luas wilayah penelitian kurang lebih 800 ha yang terbagi menjadi 3 dusun, 6 RW dan 13 RT. Desa Ligarmukti terletak di bagian ujung Tenggara dari Kecamatan Klapanunggal yang berbatasan dengan Kecamatan Jonggol. Desa tersebut cukup terpencil dan jauh dari pusat kecamatan.

Mata air digunakan sebagai salah satu sumber utama untuk pemenuhan kebutuhan air baku masyarakat. Kawasan karst Desa Ligarmukti ditemukan terdapat enam mata air dengan debit bervariasi. Besarnya debit tersebut mampu memasok kebutuhan air bagi masyarakat sekitar baik untuk kebutuhan domestik, pariwisata dan pertanian. Mata air yang memiliki debit terbesar adalah Mata Air Sodong, dimana mata air tersebut dimanfaatkan untuk sumber air di Desa Ligarmukti dan sebagian besar disalurkan ke luar Desa Ligarmukti melalui PDAM (Maria, Purwoarminta, & Lubis, 2016).

Secara umum topografi Desa Ligarmukti merupakan dataran dan perbukitan dengan ketinggian antara 110 - 130 mdpl. Untuk wilayah perbukitan tersusun oleh batu gamping Formasi Klapanunggal sedangkan wilayah daratan merupakan endapan lempung Formasi Jatiluhur (Effendi, 1974). Sumber mata air tersebut muncul pada perlapisan batu gamping dengan endapan

lempung. Mata air tersebut merupakan sumber air utama di wilayah ini meskipun memiliki debit yang fluktuatif karena sangat bergantung pada curah hujan (Maria, Purwoarminta, & Lubis, 2015).



Gambar 1 Lokasi Penelitian Desa Ligarmukti (Maria et al., 2016)

Perbedaan topografi dan geologi ini mengakibatkan pengelolaan lahan yang berbeda pula. Wilayah dataran dengan batuan lempung, kesuburan tinggi, dan dekat sumber air dimanfaatkan untuk sawah irigasi. Sedangkan untuk wilayah perbukitan dengan batuan gamping, kering, dan kurang subur dimanfaatkan untuk perkebunan dan sawah tadah hujan.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka air hujan sangat diandalkan untuk irigasi lahan kering (perbukitan), sedangkan mata air dimanfaatkan untuk pengairan sawah. Berdasarkan data curah hujan di stasiun Klapanunggal, jumlah rata-rata hujan dari tahun 2006 s.d. 2016 adalah 2729,33 mm/tahun. Jumlah curah hujan tersebut tergolong cukup tinggi dan berfungsi sebagai suplai mata air.

Kondisi hidrokimia dan kesesuaian kualitas air di daerah ini perlu diidentifikasi. Air memiliki proses pembentukan yang berbeda-beda sehingga tampak karakteristik hidrokimia yang tidak sama. Dalam pemenuhan air untuk irigasi dibutuhkan air dengan karakteristik hidrokimia yang sesuai (Gnanachandrasamy, Ramkumar, Venkatramanan, Vasudevan, Chung, & Bagyaraj, 2015). Kualitas air tersebut ditentukan berdasarkan kondisi dan sifat fisiokimia dari air itu sendiri dan berdampak pada produktivitas tanaman (Etteieb, Cherif, & Tarhouni, 2017). Air irigasi dipengaruhi oleh kadar garam terlarut dan perbandingan sodium dengan elemen yang lain. Unsur-unsur tersebut diserap oleh tanaman dalam batas tertentu sesuai dengan daya serap tanamannya. Penilaian kualitas air irigasi didasarkan pada konsentrasi kalsium, magnesium, sodium, ion dasar yang utama dan klorida, sulfat, bikarbonat, dan karbonat yang

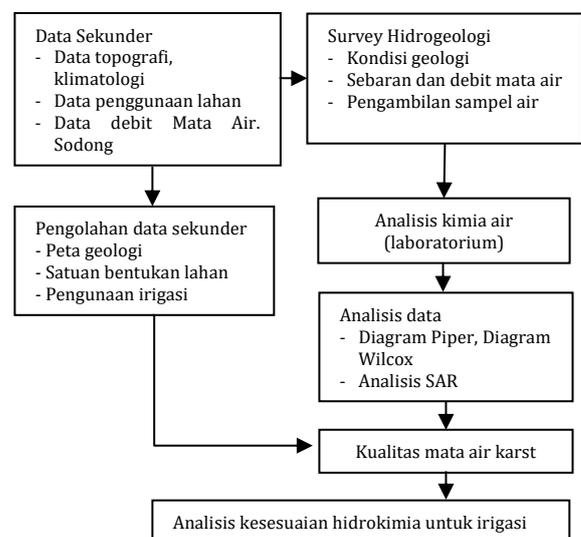
berlebihan (Mahida, 1986). Kualitas air irigasi harus mempunyai standar tertentu yang dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi: (i) daya hantar listrik dan konsentrasi padatan garam-garam terlarut; (ii) penyerapan Na (*Sodium Adsorption Ratio/SAR*) (Kartasaputra, 1991).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hidrokimia mata air karst untuk irigasi pertanian di Desa Ligarmukti. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi masukan bagi pemangku kebijakan dalam menjaga potensi sumber daya air dan mendorong pertanian Desa Ligarmukti.

II. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan inventarisasi data primer dan sekunder. Inventarisasi data primer meliputi pengumpulan dan pengukuran secara langsung data geologi dan hidrogeologi, pengukuran sifat fisik dari 6 mata air menggunakan *Horiba Water Checker*, mengukur ketebalan air dan lebar alur serta menghitung kecepatan air dengan alat *current meter* untuk mendapatkan nilai debit mata air. Sedangkan pengumpulan data sekunder meliputi analisis data geologi, hidrogeologi, topografi, klimatologi, debit Mata Air Sodong dan penggunaan lahan.

Analisa hidrokimia dilakukan di laboratorium terhadap enam sampel mata air dengan parameter yang diuji yaitu: *bicarbonate* (HCO_3), *sodium* (Na), *chloride* (Cl^-), *sulfate* (SO_4^{2-}), *potasium* (K^+), *calcium* (Ca^{2+}), dan *magnesium* (Mg^{2+}). Parameter tersebut dipilih berdasarkan kesesuaiannya untuk irigasi. Tahapan dari metode penelitian yang dilaksanakan seperti yang dijelaskan pada bagan alir (Gambar 2).



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Metode yang digunakan dalam analisis kesesuaian kualitas air irigasi dari mata air di Desa Ligarmukti mencakup :

1. Analisis Hidrokimia Tanah

Metode yang digunakan dalam analisis hidrokimia air tanah adalah Metode Diagram *Trilinier Piper* atau biasa disebut Diagram Piper. Diagram ini digunakan untuk penelitian genesa air tanah. Dominasi kation dan anion akan ditentukan dengan *trilinear* (Piper, 1944). Fasies air tanah yang dihasilkan dapat digunakan untuk memverifikasi penafsiran dari kondisi lingkungan dan geologi.

2. Analisis Sodium (Na%)

Metode perhitungan sodium (Na%) digunakan untuk mengetahui konsentrasi sodium. Sodium merupakan salah satu aspek penting untuk diketahui karena sodium yang akan bereaksi terhadap kondisi tanah yang nantinya akan mengurangi permeabilitas. Konsentrasi sodium ini dapat diketahui melalui:

$$Na \% = \frac{(Na+K) \times 100}{(Ca+Mg+Na+K)} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

Konsentrasi ion dalam milliequivalent per liter

Berdasarkan nilai sodium yang diperoleh kemudian dilakukan klasifikasi kualitas air untuk kepentingan irigasi. Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan klasifikasi dari Wilcox (1955) seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi Kualitas Air untuk Irigasi

Kelas Air	Persen Sodium (Na%)
<i>Excellent</i>	< 20
<i>Good</i>	20 – 40
<i>Permissible</i>	40 – 60
<i>Doubtful</i>	60 – 80
<i>Unsuitable</i>	> 80

Sumber: Wilcox (1955)

3. Analisis *Sodium Adsorption Ratio* (SAR)

Dalam menilai peruntukan air untuk irigasi juga diperhatikan jumlah perbandingan penyerapan sodium (SAR). SAR adalah persentase ion sodium dalam pertukaran reaksi dengan tanah. Menurut Ayers & Westcot (1976) rumus untuk menghitung SAR adalah:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

Konsentrasi ion dalam milliequivalent per liter

Kemudian dari nilai tersebut dilakukan klasifikasi tingkat kesesuaian nilai SAR untuk kepentingan irigasi (Todd, 1980) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Klasifikasi Nilai SAR untuk Irigasi

SAR	Kelas Air
< 10	<i>Excellent</i>
10 – 18	<i>Good</i>
18 – 26	<i>Fair</i>
> 26	<i>Poor</i>

Sumber: Todd (1980)

Penggunaan air dengan nilai SAR yang tinggi akan memudahkan rusaknya struktur fisik tanah, karena tanah menjadi keras dan kompak serta tanah menjadi kedap terhadap infiltrasi air. Air dengan salinitas tinggi dapat bertindak sebagai racun pada tanaman karena tingginya salinitas menyebabkan akar tanaman sulit menyerap air (Ayers & Westcot, 1976).

Klasifikasi kualitas air untuk irigasi dengan menggunakan data persentase sodium dan juga data DHL dapat ditunjukkan dengan baik melalui Diagram Wilcox. Daya hantar listrik menunjukkan salinitas dan berkaitan dengan nilai *Total Dissolved Solids* (TDS), semakin tinggi nilai salinitas maka jumlah ion atau mineral terlarut semakin tinggi, hal ini menunjukkan bahwa kadar garam pada air tinggi. Hal ini akan berbahaya bagi pertumbuhan tanaman secara fisik, karena adanya kandungan racun yang terbentuk akibat proses metabolisme kimia atau modifikasi proses osmosis pada saat penyerapan air dalam tanah (Todd, 1980).



Gambar 3 Sarana Irigasi dari Berbagai Sumber Mata Air

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

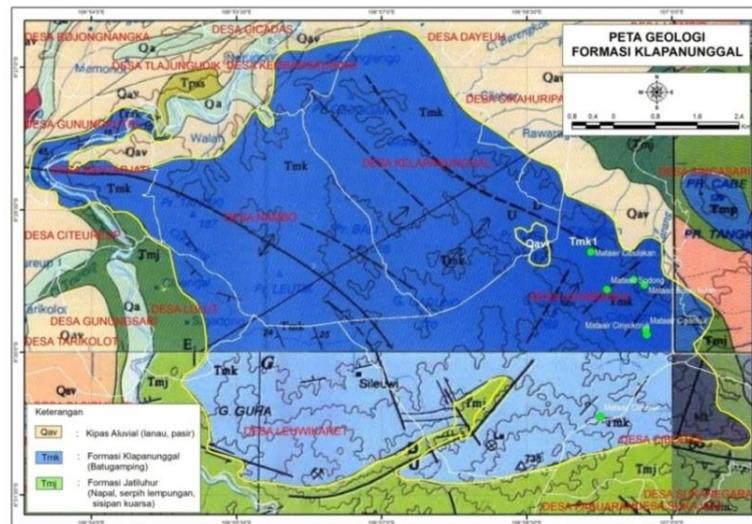
Mata air selain untuk memenuhi kebutuhan air baku masyarakat juga sebagai sarana irigasi utama masyarakat Desa Ligarmukti (Gambar 3). Potensi pertanian dan perkebunan di wilayah Ligarmukti sangat diandalkan sebagai penopang perekonomian masyarakat.

Secara geologi, daerah penelitian tersusun atas litologi berupa batu gamping Formasi Klapanunggal dan napal, sisipan lempung dan kwarsa yang termasuk Formasi Jatiluhur (Gambar 4). Batu gamping Formasi Klapanunggal mempunyai umur yang setara dengan Formasi

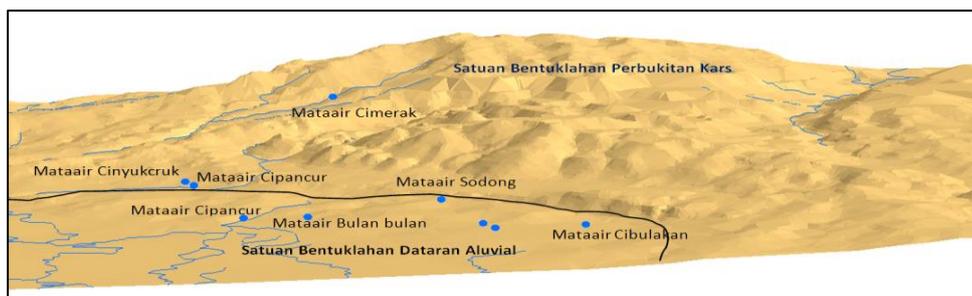
Lengkung dan Bojonglopong, menjemari dengan formasi bagian bawahnya yaitu Formasi Jatiluhur yang berumur Miosen Awal (Effendi, 1974).

Berdasarkan pengamatan di lapangan menggunakan klasifikasi (Van Zuidam, 1985) daerah Ligarmukti terbagi menjadi dua satuan geomorfologi yaitu satuan perbukitan karst dan dataran aluvial (Maria *et al.*, 2016).

Satuan geomorfologi perbukitan karst dengan tutupan lahan perkebunan dan pemukiman dan satuan geomorfologi dataran aluvial dengan tutupan lahan sawah dan permukiman (Gambar 5 dan 6).



Gambar 4 Peta Geologi Desa Ligarmukti (Modifikasi dari Effendi, 1974)



Gambar 5 Pembagian Satuan Geomorfologi Daerah Penelitian (Maria *et al.*, 2016)



Gambar 6 Kawasan Pertanian Desa Ligarmukti dengan Latar Belakang Perbukitan Karst (Maria *et al.*, 2016)

Sebagian besar lahan di Desa Ligarmukti digunakan untuk lahan pertanian, perkebunan, peternakan, dan hutan (Tabel 3). Kondisi tanah di Desa Ligarmukti relatif subur, perekonomian penduduk Desa Ligarmukti 80% ditopang dari sektor pertanian, oleh karena itu ketergantungan akan kebutuhan air untuk irigasi pertanian cukup besar.

Tabel 3 Penggunaan Lahan di Desa Ligarmukti

Penggunaan lahan	Luas lahan (ha)
Sawah	300,0
Kebun	35,5
Perumahan	72,5
Ladang	90,0
Empang	2,5
Hutan	299,5

Sumber: BPS Kabupaten Bogor (2017)

Mata air Sodong merupakan mata air utama yang digunakan oleh PDAM untuk masyarakat Klapanunggal. Masyarakat sangat bergantung kepada mata air untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat dan untuk irigasi pertanian. Berdasarkan perolehan data sekunder debit dari UPT Pengairan II Jonggol diperoleh data fluktuasi debit tahun 2008-2016 (Gambar 7).

Perhitungan debit dilakukan dengan memakai alat pengukuran kecepatan arus *current meter*, mengukur lebar dan kedalaman air dan sungai. Pengukuran debit dilakukan pada bulan juni mewakili musim kemarau dan bulan September yang mewakili musim hujan. Hasil pengukuran debit 6 mata air terlihat pada Tabel 4.

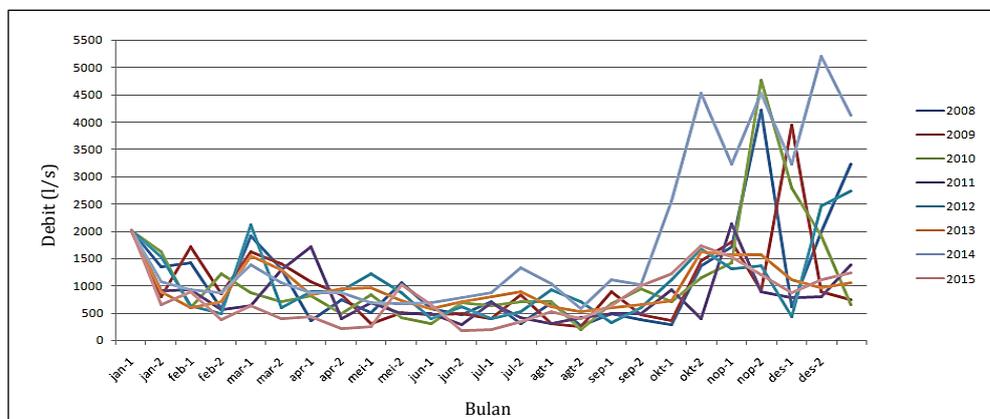
Hasil perhitungan debit ini merupakan hasil analisis pengamatan saat survei, sedangkan data sekunder debit mata air Sodong merupakan debit kontinu dalam waktu setahun sehingga terlihat variasi fluktuasi sesuai musim. Mata Air Sodong

memiliki debit yang sangat fluktuatif saat musim kemarau dan hujan. Saat musim hujan memiliki debit hingga 314,42 l/s, namun pada musim kemarau debatnya berkurang hingga 154,38 l/s. Mata air yang kecil memiliki debit yang konstan antara musim hujan dan kemarau. Standar kebutuhan air irigasi sawah teknis dapat diperkirakan besarnya adalah 1 l/s/ha (Wiyono, 2000).

Tabel 4 Hasil Pengukuran Debit Mata Air Karst

Mata Air (MA)	Debit(l/s)	
	Musim Hujan (September)	Musim Kemarau(Juni)
Cinyukcruk (LG1)	10,75	11,3
Cipancur (LG-2)	8,25	10,06
Bulan2 (LG3)	62,30	67,38
Cigadog (LG-4)	61,80	37,80
Sodong (LG-5)	312,42	154,38
Cibulakan (LG-6)	40,77	32,28

Dengan kondisi debit mata air tersebut dapat mengalir sawah seluas 314,14 ha pada musim hujan dan 154,38 ha pada musim kemarau. Kondisi fluktuasi debit ini berpengaruh terhadap kontinuitas air irigasi. Luas lahan persawahan adalah 300 ha, pada musim hujan debit mata air masih memenuhi kebutuhan irigasi namun pada saat musim kemarau debit mata air tidak mencukupi kebutuhan irigasi. Persawahan di daerah dataran cenderung surplus air di musim hujan maupun kemarau, namun persawahan yang berada lebih tinggi dari mata air hanya bisa mengandalkan dari air hujan. Pemanfaatan air tanah untuk irigasi berkaitan dengan sensitivitas tanah. Tingkat kelayakan kualitas air untuk keperluan irigasi diketahui berdasarkan nilai SAR. Kualitas mata air di Desa Ligarmukti untuk keperluan irigasi seperti tercantum dalam Tabel 5.



Sumber : UPT Pengairan II Jonggol

Gambar 7 Fluktuasi Debit Mata Air Sodong Tahun 2008-2016

Tabel 5 Kualitas Mata Air Desa Ligarmukti

Parameter	LG-1	LG-2	LG-3	LG-4	LG-5	LG-6
pH	7,3	7,4	7,5	7,7	7,5	7,3
DHL	446	433	424	414	366	402
Na	1,61	0,96	1,6	1,19	1,19	0,96
SAR	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03
HCO ₃ ⁻	5,14	5,02	5,02	4,86	5,14	5,75
Cl ⁻	0,11	0,22	0,17	0,11	0,17	0,22
SO ₄ ²⁻	0,12	0,08	0,15	0,18	0,22	0,16
K ⁺	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Ca ²⁺	3,92	3,88	3,92	4,49	4,58	5,36
Mg ²⁺	1,07	1,36	1,32	1,13	1,22	0,98

Sumber: Hasil analisis

Keterangan:

Na, HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ (meq/l)

SAR (meq/l)

DHL (µmhos/cm)

Untuk mempertahankan produktivitas lahan, pada musim kemarau masyarakat beralih menanam palawija dan tanaman yang tidak membutuhkan air. Sedangkan untuk memenuhi kebutuhan air baku masyarakat menggunakan pengambilan langsung dari mata air.

Kandungan DHL pada mata air masih di bawah kadar maksimal yaitu 2.250 µmhos/cm (PP No. 2 Tahun 1990). Kondisi pH optimum pada air irigasi/air kelas IV berkisar antara 6-9 (PP No. 82 Tahun 2001). Berdasarkan analisis kuantitatif sampel mata air untuk parameter pH, DHL di Desa Ligarmukti termasuk memenuhi syarat untuk irigasi.

Konsentrasi sodium merupakan salah satu aspek penting untuk diketahui karena sodium akan bereaksi terhadap kondisi tanah yang berpotensi dapat mengurangi nilai permeabilitas. Hasil persentase sodium (%Na) terhadap 8 sampel mata air termasuk dalam kriteria irigasi *excellent* (sangat baik) seperti pada Tabel 6.

Tabel 6 Nilai Presentase Sodium (%Na)

No	Kode mata air	%Na	Kelas
1	Ma. Cinyukcruk (LG-1)	1,16	<i>Excellent</i>
2	Ma. Cipancur (LG-2)	0,77	<i>Excellent</i>
3	Ma. Bulan-bulan (LG-3)	0,83	<i>Excellent</i>
4	Ma. Cigadog (LG-4)	1,72	<i>Excellent</i>
5	Ma. Sodong (LG-5)	1,67	<i>Excellent</i>
6	Ma. Cibulakan (LG-6)	0,92	<i>Excellent</i>
7	Sg. Penduduk_1 (LG-7)	7,67	<i>Excellent</i>
8	Sg. Penduduk_2 (LG-8)	6,91	<i>Excellent</i>

Sumber: Hasil analisis

Peruntukan air untuk irigasi dilihat dari jumlah perbandingan penyerapan sodium (SAR) yang ditunjukkan oleh persentase ion sodium dalam pertukaran reaksi dengan tanah. Hasil nilai SAR terhadap 8 sampel mata air termasuk dalam kriteria irigasi *excellent* (sangat baik) seperti pada Tabel 7.

Tabel 7 Nilai Sodium Adsorption Ratio (SAR)

No	Kode Mata Air	SAR	Kelas
1	MA Cinyukcruk (LG-1)	0,024	<i>Excellent</i>
2	MA Cipancur (LG-2)	0,018	<i>Excellent</i>
3	MA Bulan-bulan (LG-3)	0,018	<i>Excellent</i>
4	MA Cigadog (LG-4)	0,045	<i>Excellent</i>
5	MA Sodong (LG-5)	0,044	<i>Excellent</i>
6	MA Cibulakan (LG-6)	0,021	<i>Excellent</i>
7	Sg. Penduduk_1 (LG-7)	0,275	<i>Excellent</i>

Sumber: Hasil analisis

Hasil analisis menggunakan Diagram Piper (Walton, 1970) diketahui bahwa tipe air tanah daerah Ligarmukti adalah Ca-HCO₃ (Gambar 8). Berdasarkan klasifikasi air tanah menurut USGS (Hem, 1989), maka fasies Ca-HCO₃ merupakan air tanah yang bersifat tawar (*fresh water*) dengan kation utama berupa kalsium (Ca) dan anion utama berupa bikarbonat (HCO₃). Akuifer karst pada wilayah ini dikontrol oleh mekanisme *autogenic recharge* yang terjadi pada batuan karst yang homogen dan air hujan secara langsung terinfiltrasi pada daerah tersebut. Air tanah pada daerah resapan (*recharge area*) secara umum memiliki fasies Ca-HCO₃ dalam perjalanannya menuju zona yang lebih dalam (Kehew, 2001). Berdasarkan Klasifikasi Todd (1980), mata air di Desa Ligarmukti merupakan air dengan kualitas yang sangat baik untuk irigasi. Sumber mata air ini tidak akan merusak struktur tanah, sehingga tetap mampu mengoptimalkan pertumbuhan tanaman. Hal ini dikarenakan adsorpsi sodium oleh tanah sangat rendah, sehingga bahaya akan Na atau alkali tidak terjadi secara signifikan sehingga masih baik. Hubungan antara nilai SAR dan konduktivitas digambarkan dalam bentuk diagram *Wilcox*. Hasil nilainya dapat di akumulasikan dengan kriteria sebagai berikut (Tabel 8).

Tabel 8 Kualitas Air untuk Irigasi Menurut USSL

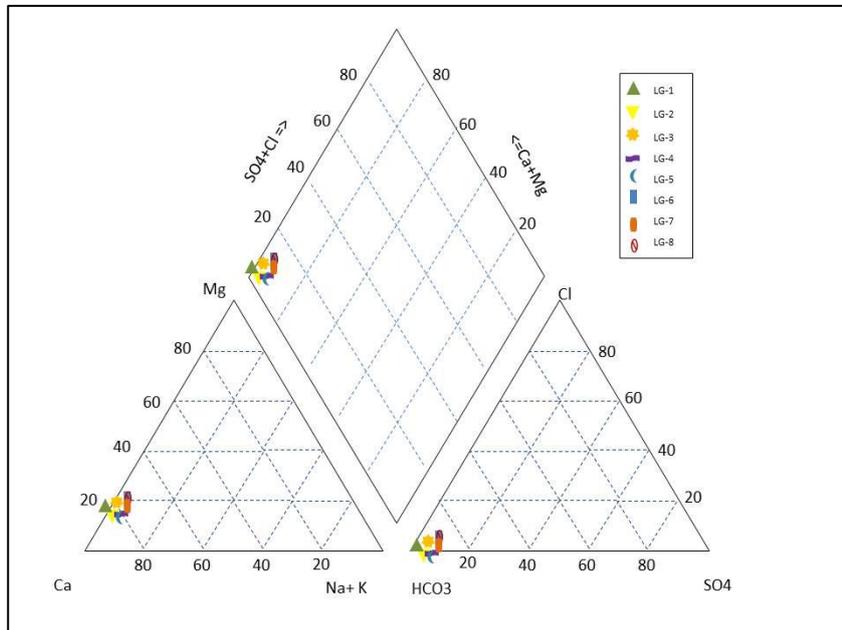
C/S	S1	S2	S3	S4
C1	Baik	Sedang - baik	Sedang	Sedang - Buruk
C2	Sedang-baik	Sedang	Sedang-buruk	Buruk
C3	Sedang	Sedang-buruk	Buruk	Sangat buruk
C4	Sedang - buruk	Buruk	Sangat buruk	Tidak dapat digunakan

Sumber: Allison et al. (1969)

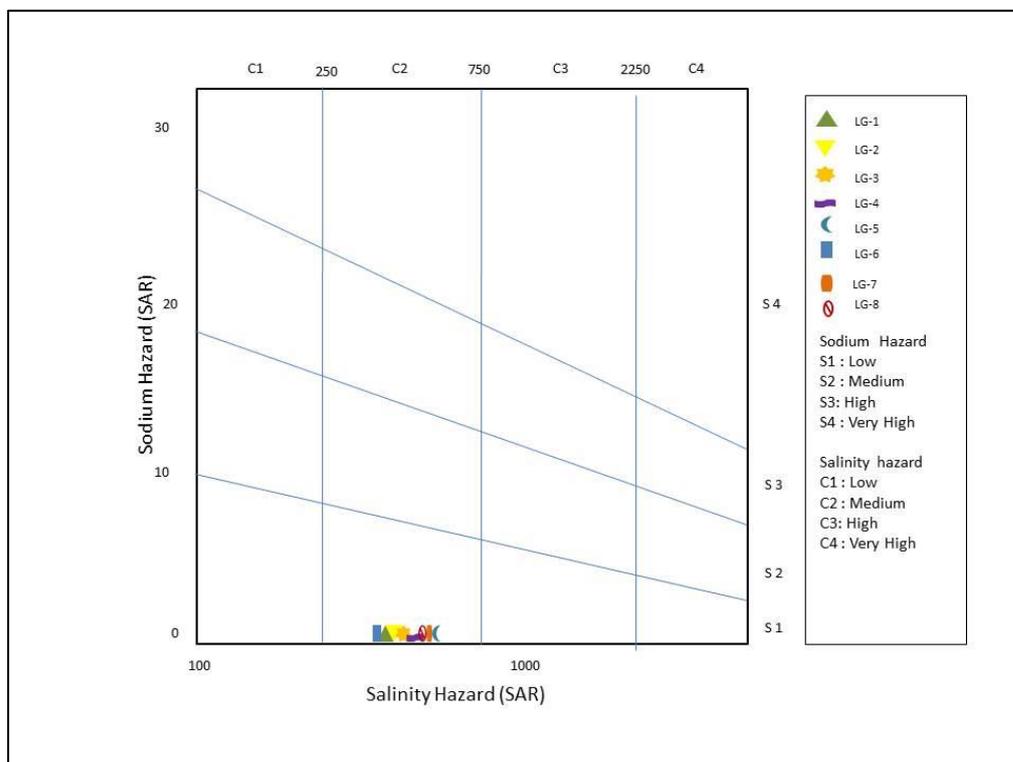
Analisis dengan USSL (*salinity*) digunakan untuk menjelaskan hubungan dan efek yang terjadi antara *salinity hazard* dengan *sodium hazard* melalui Grafik USSL. Diagram klasifikasi ini dikeluarkan oleh US *Salinity Laboratory Staff* (Allison, Brown, Hayward, Richards, Bernstein, Fireman, & Reeve, 1969).

Hubungan antara nilai SAR dan konduktivitas masing-masing percontoh air digambarkan dalam bentuk Diagram Wilcox (Gambar 9). Penggunaan air dengan nilai penyerapan sodium yang tinggi

menyebabkan rusaknya struktur fisik tanah dan menjadi kedap terhadap infiltrasi air. Kondisi air yang memiliki nilai salinitas tinggi menyebabkan akar tanaman sulit menyerap air.



Gambar 8 Diagram Piper Tipe Air Tanah Desa Ligarmukti



Gambar 9 Diagram Wilcox Daerah Ligarmukti Tahun 2015

Tabel 9 Klasifikasi Kualitas Air Tanah Berdasarkan Penggunaannya untuk Pertanian

No	Kode	Kelas USSL	Sodium Hazard	Sodium Hazard	Salinity Hazard	Kelas Wilcox	Kualitas air irigasi
1	LG-1	C2 – S1	Baik hingga sedang	Rendah	Sedang	<i>Excellent to good</i>	Baik
2	LG-2	C2 – S1	Baik hingga sedang	Rendah	Sedang	<i>Excellent to good</i>	Baik
3	LG-3	C2 – S1	Baik hingga sedang	Rendah	Sedang	<i>Excellent to good</i>	Baik
4	LG-4	C2 – S1	Baik hingga sedang	Rendah	Sedang	<i>Excellent to good</i>	Baik
5	LG-5	C2 – S1	Baik hingga sedang	Rendah	Sedang	<i>Excellent to good</i>	Baik
6	LG-6	C2 – S1	Baik hingga sedang	Rendah	Sedang	<i>Excellent to good</i>	Baik
7	LG-7	C2 – S1	Baik hingga sedang	Rendah	Sedang	<i>Excellent to good</i>	Baik
8	LG-8	C2 – S1	Baik hingga sedang	Rendah	Sedang	<i>Excellent to good</i>	Baik

Sumber : Hasil analisis

Klasifikasi air untuk irigasi di Desa Ligarmukti menunjukkan bahwa air dari mata air pada umumnya memiliki kualitas air tanah yang baik, resiko salinitas menengah dan risiko sodium yang rendah (Tabel 9). Kandungan sodium dan salinitas air sangat berpengaruh, baik terhadap sifat fisik tanah maupun terhadap tanaman. Jika tanah mengandung sodium yang tinggi akan merusak struktur fisik tanah, akibatnya tanah menjadi keras dan kedap air sehingga proses infiltrasi air hujan menjadi kecil. Kondisi ini akan terlihat di musim kemarau saat tanah kering dan keras. Selain itu konsentrasi sodium yang tinggi dalam tanah akan menyulitkan akar dalam proses penyerapan air sehingga hasil tanaman kurang memuaskan.

Jenis air tipe C2-S1 yang ada di Desa Ligarmukti termasuk baik untuk irigasi. Hal ini ditunjukkan dengan suburnya lahan pertanian yang berada di bawah aliran mata air. Jaringan irigasi air permukaan di Desa Ligarmukti secara umum menyadap pada akuifer rekahan dari sistem akuifer karst, dimana akuifer rekahan ini menjadi salah sumber air utama untuk memenuhi kebutuhan domestik masyarakat.

Berdasarkan hasil survei lapangan diketahui telah terjadi perubahan penggunaan lahan di Desa Ligarmukti. Alih fungsi lahan yang terjadi adalah pembukaan kawasan hutan rakyat menjadi ladang dan konversi sawah menjadi pemukiman. Padahal potensi sawah menjadi andalan perekonomian masyarakat. Kondisi ini jika tidak kendalikan oleh pemerintah desa maka lambat laun akan mengancam ketahanan pangan Desa Ligarmukti.

IV. KESIMPULAN

Potensi sumber daya air untuk irigasi lahan pertanian dipengaruhi oleh kuantitas dan kualitas airnya. Fluktuasi debit berpengaruh terhadap kontinuitas air irigasi dan selanjutnya berdampak pada produktivitas pertanian. Pada musim hujan debit mata air di Desa Ligarmukti masih dapat memenuhi kebutuhan irigasi namun pada saat musim kemarau tidak dapat mencukupi

kebutuhan irigasi sehingga beralih pada pertanian lahan kering.

Secara kualitas, hidrokimia mata air karst Ligarmukti bersifat tawar dengan fasies Ca-HCO₃. Hal ini menunjukkan bahwa jenis air pada mata air karst bersumber dari air hujan yang mengalir melalui rekahan batu gamping. Sistem aliran air tanah yang dikontrol oleh *autogenic recharge* yang terjadi pada daerah dengan batuan relatif homogen berupa batuan karst dan air hujan secara langsung terinfiltrasi pada daerah tersebut. Klasifikasi kualitas air untuk irigasi termasuk dalam tipe C2-S1 yang menunjukkan mata air memiliki kualitas air yang baik, resiko salinitas menengah dan resiko sodium yang rendah. Sehingga mata air tersebut dapat dimanfaatkan untuk pertanian dengan produktivitas yang baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI, Kepala Pusat Penelitian Kependudukan-LIPI, Koordinator Labsos Kedeputian IPSK LIPI, yang telah memberikan kesempatan dan kepercayaan untuk melakukan penelitian ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Dyah Marganingrum yang telah membimbing pada saat proses di lapangan maupun saat penulisan dan rekan-rekan teknisi yang telah membantu dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Allison, L. F., Brown, J. W., Hayward, H. E., Richards, L. A., Bernstein, L., Fireman, M., Reeve, R. C. (1969). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils* (Agriculture Handbook No. 60). Washington: United States Department Of Agriculture.
- Appelo, C. A. J., & Postma, D. (1993). *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Rotterdam: Balkema.
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1976). *Water Quality for Agriculture* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization.

- BPS Kabupaten Bogor. (2017). *Kecamatan Klapanunggal dalam Angka 2017*. Bogor: Biro Pusat Statistik Kabupaten Bogor.
- Cahyadi, A., Pratiwi, E. S., & Fatchurohman, H. (2013). Metode-metode identifikasi karakteristik daerah tangkapan air sungai bawah tanah dan mata air kawasan karst: suatu tinjauan. Dalam M. A. Marfai & M. Widyastuti (Ed.), *Pengelolaan Lingkungan Zamrud Khatulistiwa* (hlm. 50–61). Yogyakarta: Penerbit Pintal.
- Effendi. (1974). Peta Geologi Lembar Bogor, Jawa. Bandung: Direktorat Geologi.
- Etteieb, S., Cherif, S., & Tarhouni, J. (2017). Hydrochemical assessment of water quality for irrigation: a case study of the Medjerda River in Tunisia. *Applied Water Science*, 7(1), 469–480. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0265-3>
- Ford, D., & Williams, P. D. (2013). *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. John Wiley & Sons.
- Gnanachandrasamy, G., Ramkumar, T., Venkatramanan, S., Vasudevan, S., Chung, S. Y., & Bagyaraj, M. (2015). Accessing groundwater quality in lower part of Nagapattinam district, Southern India: using hydrogeochemistry and GIS interpolation techniques. *Applied Water Science*, 5(1), 39–55. <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0172-z>
- Goldscheider, N., Drew, D., & Worthington, S. (2014). *Methods in Karst Hydrogeology*. CRC Press.
- Haryono, E., & Adji, T. N. (2004). *Pengantar Geomorfologi dan Hidrologi Karst*. Yogyakarta: Kelompok Studi Karst, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Hem, J. D. (1989). *Study and Interpretation of The Chemical Characteristics of Natural Water* (U.S. Geological Survey Water-Supply Paper No. 2254). Virginia: U.S. Geological Survey.
- Kartasaputra, A. G. (1991). *Teknologi Pengairan Pertanian Irigasi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kehew, A. E. (2001). *Applied Chemical Hydrogeology*. New Jersey: Prentice Hall.
- Mahida, U. N. (1986). *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Jakarta: CV. Rajawali.
- Maria, R., Purwoarminta, A., & Lubis, R. F. (2015). Potensi sumber daya air di laboratorium sosial LIPI Desa Ligarmukti, Kecamatan Klapanunggal Kabupaten Bogor. Dalam *Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Tahun 2015* (hlm. II-21–II-28). Bandung: Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.
- Maria, R., Purwoarminta, A., & Lubis, R. F. (2016). Ketersediaan sumber daya air untuk mendukung ketahanan air daerah karst Ligarmukti. Dalam *Prosiding Geotek Expo Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Tahun 2016* (hlm. 87–96). Bandung: Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI.
- Piper, A. M. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 25(6), 914–928. <https://doi.org/10.1029/TR025i006p00914>
- Setiawan, T. (2011). Hidrogeologi dan potensi air tanah untuk pertanian di Dataran Waeapu, Pulau Buru, Maluku. *Buletin Geologi Tata Lingkungan*, 21(1), 13–22.
- Todd, D. K. (1980). *Groundwater Hydrology*. New York: Jon Wiley & Sons Inc.
- Van Zuidam, R. A. (1985). *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. The Hague: Smits Publishers.
- Walton, W. C. (1970). *Groundwater Resource Evaluation* (1 ed.). Kogakusha, Tokyo: Mc. Graw Hill.
- Widyastuti, M. (2010). *Karakterisasi Daerah Tangkapan Ponor Karst Gunung Sewu sebagai Variabel Penentu Kerentanan Air Tanah terhadap Pencemaran (Studi Kasus di DAS Bribin)* (Laporan Akhir Penelitian Hibah Disertasi Doktor). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Wilcox, L. V. (1955). *Classification and Use of Irrigation Waters* (Circular No. 969). Washington: United States Department Of Agriculture.
- Wiyono, A. (2000). *Pengembangan Sumber Daya Air*. Bandung: Penerbit ITB.
- Yusuf, I. A. (2014). Kajian kriteria mutu air irigasi. *Jurnal Irigasi*, 9(1), 1–15.