

RANCANG BANGUN IRIGASI AIR TANAH DANGKAL DENGAN POMPA TENAGA SURYA DI DESA UMBULREJO KECAMATAN PONJONG KABUPATEN GUNUNG KIDUL DIY

Sentot Purboseno*)

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta

*)*Correspondence email*: sentot.purboseno@gmail.com

Gani Supriyanto

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta

Budi Margono

Senioe Engineer, Persero PT. Virama Karya

ABSTRAK

Kendala pengembangan budidaya pertanian di Desa Umbulrejo Kecamatan Ponjong Kabupaten Gunung Kidul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta adalah ketersediaan air. Potensi sumberdaya air di Kecamatan Ponjong selain air hujan adalah air tanah dangkal yang berasal dari sistem sungai bawah tanah, telaga karst serta mata air.

Kecamatan ponjong merupakan kawasan kars sehingga lahan di kawasan tersebut merupakan lahan kering dengan masalah utama pengembangan budidaya pertanian adalah ketersediaan air terutama di musim kemarau. Salah satu upaya meningkatkan produksi budidaya pertanian adalah melalui pemanfaatan air tanah dangkal sebagai sumber air pertanian. Pemanfaatan air tanah dangkal memerlukan pompa air untuk menaikkan air ke permukaan. Penggunaan pompa bertenaga solar selain menimbulkan permasalahan lingkungan juga memerlukan biaya operasional yang tinggi, demikian pula dengan penggunaan pompa listrik. Selaian permasalahan biaya operasional, ketersediaan system jaringan sampai kelahan pertanian juga menjadi factor penghambat. Salah satu alternative yang dapat mengatasi permasalahan lingkungan dan biaya operasional serta sistem jaringan di atas, adalah pompa air tenaga surya/matahari. Kabupaten Gunung Kidul merupakan kawasan yang memiliki potensi energy listrik dari radiasi matahari berkisar 4,9 s.d. 5,1 kWh/m².

Kata Kunci : Air tanah dangkal, irigasi, pompa air, panel surya

I. PENDAHULUAN

Kekeringan merupakan merupakan masalah utama budidaya pertanian, air merupakan unsur esensial yang dibutuhkan oleh seluruh mahluk hidup di muka bumi ini.

Ketika musim kemarau datang, ketersediaan air untuk tanaman menjadi masalah utama khususnya di daerah lahan kering. Seperti yang dialami petani di desa Umbulrejo Kecamatan Ponjong Kabupaten Gunung Kidul Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kawasan Ponjong merupakan kawasan yang tersusun oleh batuan kars, karena tersusun dari batuan kars lahan di kawasan ini merupakan lahan kering. Karena tersusun dari batuan kars kawasan ini memiliki potensi air tanah dangkal yang diperoleh dari aliran air antara butir dengan sistem aliran melalui ruang antara butir [1].

Keberadaan air tanah dangkal di kawasan tersebut telah banyak dimanfaatkan oleh warga sebagai sumber air sehari-hari dengan memanfaatkan pompa air bertenaga listrik untuk menaikkan airnya. Akan tetapi untuk kegiatan budidaya pertanian, pemanfaatan air tanah dangkal masih sangat terbatas. Air tanah dangkal dapat dimanfaatkan sebagai sumber air irigasi di daerah yang tidak terlayani sistem irigasi permukaan atau untuk mendukung budidaya pertanian di lahan kering. Irigasi air tanah dapat dimanfaatkan sebagai sumber air irigasi utama pada musim kemarau maupun untuk irigasi suplemen di musim gadu.

Selama ini pemanfaatan air tanah dangkal menggunakan pompa air untuk menaikkan air ke permukaan, selanjutnya dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari maupun untuk tanaman di sekitar halaman rumah. Pemanfaatan air tanah dangkal untuk budidaya pertanian masih tidak menarik untuk dikembangkan karena faktor biaya operasional yang tinggi. Selain itu pompa air berbahan bakar solar menimbulkan permasalahan lingkungan karena meningkatnya polusi udara serta mengurangi kenyamanan udara di sekitar mereka yang selama ini relatif masih segar. Sedangkan pompa air tenaga listrik PLN permasalahannya adalah ketersediaan sistem jaringan sampai ke lahan budidaya dan tentu saja juga masalah biaya operasional yang tinggi. Hasil studi yang dilakukan Ikhwan dan Yanwar di desa Mulyorejo, Bojonegoro, biaya operasional sistem irigasi dengan pompa listrik untuk sekali panen dengan luas lahan 65 Ha adalah Rp. 147.043.420,- atau Rp. 2.262.206,46/Ha [2].

Salah satu alternatif yang paling memungkinkan adalah memanfaatkan sumberdaya yang sangat melimpah di kawasan tersebut yaitu tenaga matahari. Pemanfaatan tenaga listrik dari tenaga surya merupakan jawaban terhadap permasalahan lingkungan dan biaya operasional. Saat ini infrastruktur pemanfaatan tenaga surya seperti panel surya harganya relatif terjangkau, sehingga petani hanya perlu bekerjasama untuk membeli perangkat panel surya secara bersama-sama.

Selain permasalahan menaikkan air ke permukaan, masalah lain adalah sistem distribusi air tersebut sampai ke tanaman, mengingat kawasan ini tersusun dari batuan kars maka tingkat porositasnya juga relatif tinggi. Sehingga diperlukan infrastruktur sistem

irigasi yang dapat mengalirkan air ke tanaman dengan tingkat efisiensi tinggi, dengan biaya pembangunan yang murah serta dapat dibangun oleh petani sendiri.

Saat ini teknologi yang murah dan dapat dibangun sendiri oleh petani adalah sistem distribusi irigasi menggunakan pipa. Kendala yang dihadapi pengembangan irigasi pompa saat penerapan pada daerah irigasi yang mempunyai kemiringan lahan $< 5\%$ (lahan datar). Faktor penghambat utama adalah rendahnya ketersediaan energi (beda tinggi) yang terbatas pada lahan datar untuk menerapkan irigasi pipa bertekanan dengan sistem gravitasi, sehingga dikhawatirkan terjadi masalah pada saat operasi jaringan. Penggunaan pompa sebagai upaya untuk menaikkan tinggi energi, dipandang masih membutuhkan biaya operasi dan pemeliharaan cukup mahal, sehingga penerapan irigasi pipa ini menjadi kurang ekonomis. Hal tersebut menyebabkan penerapan irigasi pipa pada lahan datar kurang diminati, terutama di kalangan petani [3]

Pada dasarnya aliran dalam pipa dapat diciptakan terbuka (tidak penuh), sehingga diharapkan kebutuhan tinggi energi dapat direduksi. Untuk itu, Pusat Litbang Sumber Daya Air melalui Balai Irigasi pada tahun 2013, melakukan uji coba penerapan irigasi pipa pada lahan datar. Dalam penerapan tersebut, jaringan irigasi pipa didesain sebagai jaringan pipa tipe terbuka yang dirancang untuk mengairi lahan sawah. Sistem pendistribusian air irigasi pada jaringan pipa ini mengandalkan tekanan gravitasi dari mulai bangunan penangkap (pengumpul) sampai ke outlet petak sawah/tersier.

Mempelajari kondisi geologi regional dan sosial ekonomi masyarakat desa Umbulrejo serta ketersediaan teknologi yang ada, maka pembangunan sistem irigasi pipa air tanah dengan pompa listrik tenaga surya merupakan pilihan terbaik untuk desa tersebut. Untuk keperluan tersebut diperlukan perencanaan sistem irigasi, sistem distribusi air dan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

II. METODE DAN PROSEDUR

Penelitian ini dilakukan di Umbulrejo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Langkah awal yang dilakukan adalah melakukan studi pustaka terkait struktur geologi kawasan dan air tanah dangkal, kemudian melakukan survei untuk mengidentifikasi dan memahami budaya dan kearifan lokal, sistem pertanian yang ada, satuan kebutuhan air yang diterapkan, data radiasi matahari dan kondisi topografi lahan pertanian, kedalaman muka air, jalan usaha tani yang ada.

Tahap kedua menentukan sistem irigasi yang akan diterapkan di lokasi, menentukan titik pengeboran air tanah dangkal, menentukan lokasi reservoir, melakukan uji debit sumur (pumping test), menentukan kebutuhan air, menentukan kapasitas pompa, menghitung kebutuhan daya listrik yang dibutuhkan untuk operasional pompa serta menentukan kapasitas pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan jumlah panel surya.

Tahap ketiga adalah menentukan atau perencanaan merencanakan sistem distribusi air irigasi dan pembagian blok tersier pemberian air. Tahap ini memerlukan konsultasi publik dengan para pemangku kepentingan seperti petani dan tokoh masyarakat desa Umbulrejo.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Geologi Regional

Litologi Kabupaten Gunungkidul didominasi oleh batuan karbonat dan memiliki cukup banyak sungai bawah tanah sebagai hasil dari pelarutan batuan. Kondisi tersebut mempengaruhi terbentuknya kars seperti yang terjadi di desa Umbulrejo, sehingga sistem hidrologi yang terbentuk berbeda dengan kawasan batuan lain. Aliran air tanah di kawasan kars mengalir di atas batuan gamping Formasi Wonosari, yang bergerak rekahan celah rekahan gua-gua bawah tanah [4]. Kedalaman air tanah di Kecamatan Ponjong berkisar antara kurang dari 7 meter dan 7 sd 15 meter, dengan fluktuasi kurang dari 4 meter [5]. Sedangkan kawasan desa Umbulrejo kedalaman air tanah dari hasil pengamatan sumur penduduk berkisar antara 12 meter sampai dengan 17 meter. Sedangkan hasil pengeboran sumur bor ditemukan air tanah dangkal pada kedalaman 30 m. Lapisan akuifer mulai ditemukan pada kedalaman 20 meter, setelah mencapai kedalaman 30 meter pengeboran dihentikan.

Melihat hasil pengeboran tersebut, kedalaman Akuifer tidak terlalu dalam, sehingga aliran bersinggungan dengan aliran sungai, maka akuifer tersebut ikut mengisi aliran sungai [6]. Sehingga dapat digunakan Hukum Darcy:

$$Q = K.I.A$$

Keterangan :

K = hydraulic conductivity (m/hari)

I = hydraulic gradient (dh/dL)

A = luas penampang akuifer

Diketahui :

$$K = 23.53 \text{ m/hari}$$

$$I = (3.1)/(20 \times 10/20)$$

$$I = 0.31$$

$$A = 4,3\text{m} \times 15 \text{ m}$$

$$A = 64,5 \text{ m}^2$$

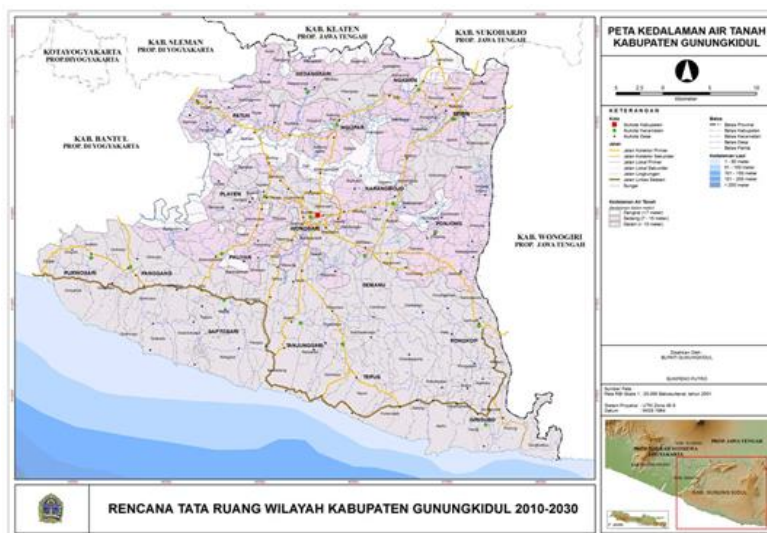
Sehingga :

$$Q = K.I.A$$

$$= 23.53 \times 0.31 \times 64,5$$

$$= 470,48 \text{ m}^3 \text{ /hari}$$

Berdasarkan perhitungan dengan konduktivitas hidrolik/permeabilitas 23.53 m/hari diketahui potensi debit airtanah (Q) di lahan kering desa Umbulrejo adalah 470,48 m³/hari atau 5,44 lt/dt.



Gambar 1. Peta Kedalaman Air Tanah Kabupaten Gunungkidul [5]

b. Lahan Pertanian

Lahan pertanian di Desa Umbulrejo didominasi lahan kering yang merupakan kawasan karst Kabupaten Gunungkidul, yang terdiri dari lahan sawah tadah hujan dan tegalan. Sehingga budidaya pertanian di desa Umbulrejo sangat tergantung pada curah hujan [7]. Untuk meningkatkan produksi pertanian pada musim kemarau, beberapa petani memanfaatkan air dari sumur gali, tapi dengan luasan lahan yang sangat terbatas. Rendahnya produktifitas lahan di kawasan ini selain karena faktor iklim, lahan di kawasan desa Umbulrejo masuk dalam lahan kawasan karst Gunungkidul lebih banyak didominasi oleh lahan yang tidak cocok untuk pertanian (kelas lahan VII dan VIII, meskipun pada dataran alluvial dapat memiliki kelas kemampuan lahan sampai dengan II) [8]. Sedangkan budidaya pertanian yang dikembangkan adalah tanaman jagung, kedelai, kacang tanah, semangka dan padi gogo serta tanaman sayuran. Untuk mendukung perekonomian, desa ini juga memiliki potensi wisata karena struktur geologinya seperti goa-goa bawah tanah dan mata air.

c. Pompa Air Tenaga Surya

Pompa air yang digunakan oleh petani di Desa Umbulrejo sebagian besar digerakkan dengan tenaga listrik atau bahan bakar solar. Penggunaan tenaga listrik dari PLN menimbulkan persoalan jaringan sampai ke lahan usaha tani, sedangkan penggunaan bahan bakar solar menyebabkan emisi karbon dioksida yang tinggi juga menimbulkan kebisingan. Selain itu besarnya biaya yang harus dikeluarkan dalam

pengoperasian dan pemeliharaan sistem tersebut memunculkan persoalan di tingkat usaha tani. Untuk itu perlu dicari dan dikembangkan suatu sistem irigasi yang ramah lingkungan dan hemat energi.

Salah satu alternatif yang ramah lingkungan dan murah biaya operasionalnya adalah pompa air bertenaga surya memanfaatkan radiasi matahari yang melimpah. Potensi radiasi matahari di Indonesia cukup besar dengan intensitas radiasi rata-rata 4.8 kWh (m²)-1 hr-1 (BMKG) sepanjang tahun, tetapi pemanfaatannya baru mencapai 5 mWp, sehingga dapat dioptimalkan untuk menyediakan listrik bagi pengairan yg diharapkan mampu memberikan kepastian pemenuhan kebutuhan air irigasi, untuk itu telah dikembangkan solar water pump (pompa energi surya) [8]. Keuntungan pemanfaatan energi matahari/surya antara lain adalah [9] :

- a. Energy ini tersedia dengan jumlah yang besar di indonesia,
- b. Sangat mendukung kebijakan energy nasional tentang penghematan, diversifikasi dan pemerataan energi,
- c. Memungkinkan dibangun di daerah terpencil karena tidak memerlukan transmisi energi maupun transportasi sumber energy.

Sedangkan pompa air yang dibutuhkan untuk menaikkan air ke permukaan di Desa Umbulrejo dengan kedalaman air tanah antara 12 sampai dengan 30 meter adalah pompa air dengan spesifikasi sebagai berikut.

Jenis pompa : Submersible
Jenis motor : Franklin motor
Daya : 1,5 kW
Max Head : 64 meter
Tenaga : 2 HP

Pompa ini direncanakan akan hidup selama 12 jam per hari, sehingga tenaga yang dibutuhkan adalah :

$$\begin{aligned}\text{Energi Total} &= W \times H \\ &= 1.500 \times 12 \\ &= 18.000 \text{ WH} \\ &= 18 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Panel surya yang dibutuhkan :

Jenis Panel : Plokristalin
Kapasitas : 410 Wp
Isc : 11,06 A
Voc : 47,6 V DC

Sehingga panel surya yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}\sum_{Panel} &= \frac{\text{Energi Total}}{\text{Kapasitas Panel} \times \text{peak sun hour}} \\ &= \frac{18.000}{410 \times 4 \text{ jam}} \\ &= 10,9 \text{ Panel} / 11 \text{ Panel (Pembulatan)}\end{aligned}$$

Untuk mengotrol produksi solar panel diperlukan alat SCC (*Solar Charge Control*) [10].

Jenis SCC : MPPT
Merk : Eveper
Voltage : 12 V/24 V/ 36 V/ 45 V
Cuurent : 54 A

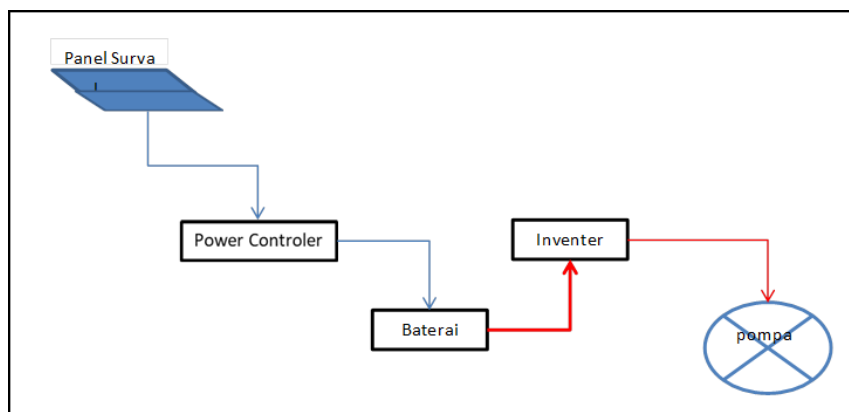
Maka dibutuhkan SCC :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah SCC} &= I_{sc} \times \text{Jumlah panel} \\ &= 11,06 \times 11 \\ &= 121,66 \text{ A}\end{aligned}$$

Sehingga dengan SCC 54 A, diperlukan

$$\begin{aligned}&= 121,66 : 54 \\ &= 2,25 \\ &= 3 \text{ SCC}\end{aligned}$$

Pompa diharapkan dapat dioperasikan baik siang maupun malam, sehingga saat malam tetap dibutuhkan energi listrik. Untuk keperluan tersebut energy listrik yang dihasilkan akan disimpan dalam baterai dengan spesifikasi :



Gambar 2. Konfigurasi Pompa PLTS

Jenis Baterai : Lifepo4
Merk : CATL
Voltage : 3,2 V
Kapasitas : 200 Ah
Jumlah Baterai yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned} \sum_{\text{Baterai}} &= \frac{\text{Energi Total}}{\text{Kapasitas Baterai} \times \text{DoD}} \\ &= \frac{18.000}{3,2 \text{ V} \times 200 \text{ Ah} \times 0,5} \\ &= 56,25 \text{ Baterai} / 56 \text{ Baterai (Pembulatan)} \end{aligned}$$

Untuk merubah energy listrik DC yang tersimpan di baterai menjadi energy listrik AC diperlukan Inverter [10], sedangkan spesifikasi inverter yang dibutuhkan :

Jenis : *Pure Sine Wave*

Jenis Frekuensi : *Low Frekuensi*

Kapasitas Daya : 5000 W

d. Sistem Jaringan Irigasi

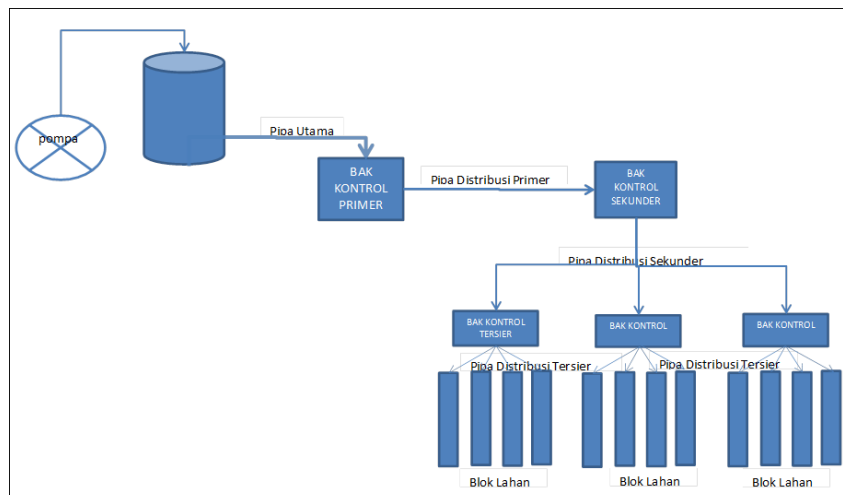
Penggunaan pipa untuk pengembangan sistem jaringan irigasi pada lahan relatif datar serta memiliki beberapa keuntungan dibandingkan irigasi existing (irigasi saluran terbuka), yaitu [3]:

- a) Penerapan jaringan irigasi pipa pada lahan datar dapat menekan kehilangan air di saluran, dengan nilai efisiensi sebesar 98, 98 %,
- b) air hanya diambil atau digunakan pada saat diperlukan,
- c) distribusi air dari sumber air ke lahan pertanian lebih cepat
- d) kualitas air dalam penyaluran terjaga,
- e) pelaksanaan konstruksi lebih cepat dan mudah,
- f) menghemat penggunaan lahan,
- g) operasi dan pemeliharaan jaringan mudah dan murah,
- h) Keandalan Penyampaian Air (KPA) sistem irigasi pipa pada lahan datar di wilayah hulu dan hilir relative tinggi, dengan nilai KPA diatas 98 %, dan
- i) Kemerataan penjatahan air antar petak tertier (*Water Allocation Equity*) sistem irigasi pipa di bagian Hulu dan hilir (baik di Wilayah Hulu maupun Wilayah Hilir) cenderung lebih merata dibanding dengan irigasi saluran terbuka, dengan tingkat pemerataan sedang sampai tinggi.



Gambar 3. Lahan pertanian di Desa Umbulrejo untuk Irigasi Pompa Tenaga Surya

Lahan pertanian di Desa Umbulrejo yang akan menerapkan irigasi pompa tenaga surya dapat dipandang sebagai lahan yang relatif datar seperti yang terlihat pada gambar 3. Sehingga sistem jaringan pipa yang akan dikembangkan untuk lahan pertanian di Desa Umbulrejo seperti yang dikembangkan oleh Puslitabang Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2014, desain konseptual sistem jaringan terlihat pada gambar 4. Sistem ini cocok diterapkan di lahan kering Desa Umbulrejo karena lahan relative datar dan memiliki porositas yang tinggi. Pengendalian debit dilakukan dengan menentukan elevasi muka air di setiap bak kontrol dengan mempertimbangkan gradien hidrolis yang tersedia dari selisih elevasi muka lahan dengan elevasi muka air di bak kontrol.



Gambar 4. Konfigurasi Pompa PLTS

IV. KESIMPULAN

Peningkatan produksi pertanian di Desa Umbulrejo Kecamatan Ponjong, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dapat dilakukan dengan memanfaatkan potensi air tanah dangkal yang memiliki debit 5,44 lt/dt. Karena keterbatasan debit yang tersedia, maka sistem jaringan irigasi yang digunakan adalah sistem jaringan irigasi pipa yang memiliki efisiensi air yang lebih tinggi dari system irigasi tradisional. Untuk menaikkan air tanah dangkal ke permukaan digunakan pompa air bertenaga Listrik dari Panel Surya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Direktur Persero PT. Virama Karya yang telah mendukung pembiayaan pengabdian kepada masyarakat di Desa Umbulrejo, Kecamatan Ponjong, Provinsi DI Yogyakarta, melalui skema TJSL (Tanggung Jawab Sosial dan Lingkungan) Perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.Z. Ramadhan, (2014, June). "Geologi dan Penyebaran Air Tanah Dangkal Daerah Ponjong dan Sekitarnya, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta", Thesis Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
- [2] M.Z. Ikhwan and A.P. Yanwar,"Komparasi Biaya Oprasional Pompa Air Bahan Bakar Listrik Pada Lahan Irigasi Desa Mulyorejo Bojonegoro", *Teknika*, 17 (1) (2022) 35-42, p-ISSN 1410-4202. e-ISSN 2580-8478
- [3] Kementrian Pekerjaan Umum, Model Sistem Jaringan Irigasi Pipa Pada Lahan Datar, Puslitbang Sumber Daya Air, Desember 2004, Bandung.
- [4] N.T. Maizar and M.S. Hastuti, "Geokimia Air Tanah di Kawasan Karst Gunungkidul, DIY", *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat*, ISBN : 978-602-61545-0-7, 2017.
- [5] <http://bappeda.gunungkidulkab.go.id/2011/11/publikasi-data-spasial/> diakses 8 Juni 2022.
- [6] Dwi Kristanto, WA., Astuti, FA., Nugroho, NE., Febriyanti, SV., Sebaran Daerah Sulit Air Tanah Berdasarkan Kondisi Geologi Daerah Perbukitan Kecamatan Prambanan, Sleman, Yogyakarta, *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, p-ISSN:2085-1227 dan e-ISSN:2502-6119, Volume 12, Nomor 1, Januari 2020 Hal. 68-83
- [7] P. Rejekiningrum and B. Kartiwa,"Pengembangan Sistem Irigasi Pompa Tenaga Surya Hemat Air dan Energi Untuk Antisipasi Perubahan Iklim di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta", *Jurnal Tanah dan Iklim* Vol. 41 No. 2, ISSN 1410-7244, Desember 2017: 159-171 .
- [8] T.R. Sasongko,"Perhitungan Radiasi Surya Menggunakan Reference Evaluation of Solar Transmittance, 2 Bands (Rest 2) Model" Tesis Program Studi Meteorologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung
- [9] Harjito, "Metode Pumping Test sebagai Kontrol Untuk Pengambilan Air Tanah Secara Berlebihan" *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* ISSN: 2085-1227 , Volume 6, Nomor 2, Juni 2014 Hal. 138-149
- [10] O.I. Sanjaya, I.A.D. Giriantari, I. N.S. Kumara,"Perancangan Sistem Pompa Irigasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Pertanian Subak Semaagung", *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 6, No. 3 September 2019, pp: 114-121