

Optimalisasi Sumberdaya Air Untuk Pemenuhan Kebutuhan Listrik Ramah Lingkungan Menuju Ketahanan Pangan Berkelanjutan

Noviyanti Listyaningrum¹, Atus Syahbudin²

¹Program Doktor Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada

²Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada

Correspondence Email: syahbudinatus@gadjahmada.edu

Abstrak: Sumberdaya air di lereng Gunung Lawu, Desa Girikerto mengalir di perkebunan teh Jamus. Air tersebut menjadi input PLTMh. Penelitian terdahulu tentang air dan energi listrik difokuskan pada lahan pertanian sawah dan ladang sehingga diperlukan penelitian yang mengkaji kaitan sumberdaya air yang mendukung ketahanan pangan berbasis energi terbarukan pada lahan perkebunan. Penelitian dilakukan secara campuran kuantitatif dan kualitatif, dengan dukungan data debit, daya, dan energi total. Analisis data dilakukan secara deskriptif. Hasil menunjukkan bahwa sumberdaya air di lokasi kajian dapat dijadikan sumber energi terbarukan. Air menjadi input pembangkit tenaga listrik PLTMh. PLTMh menjadi alternatif energi terbarukan yang berkontribusi nyata dalam aplikasi energi hijau. PLTMh pun membantu pengolahan komoditas perkebunan teh pada pabrik yang relatif ramah lingkungan karena tidak bising dan hemat energi. PLTMh merupakan wujud energi terbarukan yang mendukung ketahanan pangan, khususnya komoditas perkebunan dengan memanfaatkan air lokal. Dalam jangka panjang, air, energi, dan ketahanan pangan di lokasi penelitian mendukung aksi pencegahan perubahan iklim global.

Kata kunci: Sumberdaya air, PLTMh, Ketahanan pangan

Abstract: The water resources on the slopes of Mount Lawu, Girikerto Village flows from the Jamus tea plantation. This water becomes input for Microhydro Power Plant (PLTMh). Previous research on water and electrical energy focused on rice fields and fields, so research is needed that examines the relationship between water resources and supporting food security based on renewable energy on plantation land. The research was carried out using a mixture of quantitative and qualitative methods, with the support of discharge, power and total energy data. Data analysis was carried out descriptively. The results show that water resources in the study area can be used as a source of renewable energy. Water becomes input for PLTMh electricity generation. PLTMh is a renewable energy alternative that makes a real contribution to green energy applications. PLTMh also helps process tea plantation commodities in factories that are relatively environmentally friendly because they are quiet and energy efficient. PLTMh is a form of renewable energy that supports food security, especially plantation commodities by utilizing local water. In the long term, water, energy and food security at research locations support action to prevent global climate change.

Keywords: Water resources, Microhydro Power Plant, Food security

Article History :



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan sehingga memiliki tantangan dalam sumberdaya air. Tantangan yang dimaksud adalah jarak antara hulu dengan hilir penyaluran air (sungai) relatif lebih pendek daripada sungai-sungai di daratan luas (benua). Konsekuensi dari jarak pendek dari hulu ke hilir adalah air hadir di daratan pulau dalam durasi yang lebih singkat. Air dapat cepat menuju hilir jika tidak diintervensi untuk pengelolaan yang bermanfaat.

Kelimpahan air di kawasan hulu adalah salah satu potensi terbesar di suatu daerah aliran sungai (DAS), contohnya di lereng Gunung Lawu bagian utara, lebih spesifik di Desa Girikerto, Kecamatan Sine, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Namun, kelimpahan air di Desa Girikerto yang termasuk hulu dari sub-DAS Madiun DAS Bengawan Solo hanya dapat diakses di permukaan atau secara langsung dari mataair. Dengan karakteristik lapisan bawah permukaan non-akuifer, masyarakat tidak dapat memenuhi kebutuhan air dengan membuat sumur gali. Dalam memanfaatkan mataair atau sumberdaya air permukaan pun, terbatas oleh durasi pengaliran air selama air masih berada di hulu.

Kondisi masyarakat yang sebagian besar bermata pencaharian di sektor pertanian menjadikan air sebagai sumberdaya air yang harus ada, di samping untuk pemenuhan kebutuhan domestik. Komoditas pertanian yang umum dijumpai adalah padi (sawah) dan teh (perkebunan). Dengan lokasi Desa Girikerto yang berada di hulu DAS, terbentang pada elevasi 687,5 mdpl—1.187,5 mdpl, terletak paling jauh dari pusat ibukota kabupaten dan provinsi, Desa Girikerto memiliki tantangan dalam mewujudkan ketahanan pangan yang berkelanjutan secara mandiri atau tidak mengandalkan pusat kegiatan kabupaten dan provinsi.

Listrik adalah salah satu kebutuhan yang tidak dapat diabaikan untuk memperlancar aktivitas manusia. Desa Girikerto yang jauh dari pusat ibukota kabupaten dan provinsi, memiliki kepadatan penduduk relatif jarang, tetap membutuhkan listrik. Sumber energi listrik yang umum digunakan adalah bahan bakar fosil yang disalurkan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Usaha penekanan perubahan iklim yang telah digencarkan dalam IPCC (2018) mensyaratkan pengurangan emisi gas rumah kaca ke atmosfer, salah satunya adalah karbondioksida hasil pembakaran bahan bakar fosil. Memperhatikan jarak dan lokasi Desa Girikerto, diperlukan energi alternatif pembangkit tenaga listrik yang mengedepankan efisiensi dan tidak mengandalkan PLN.

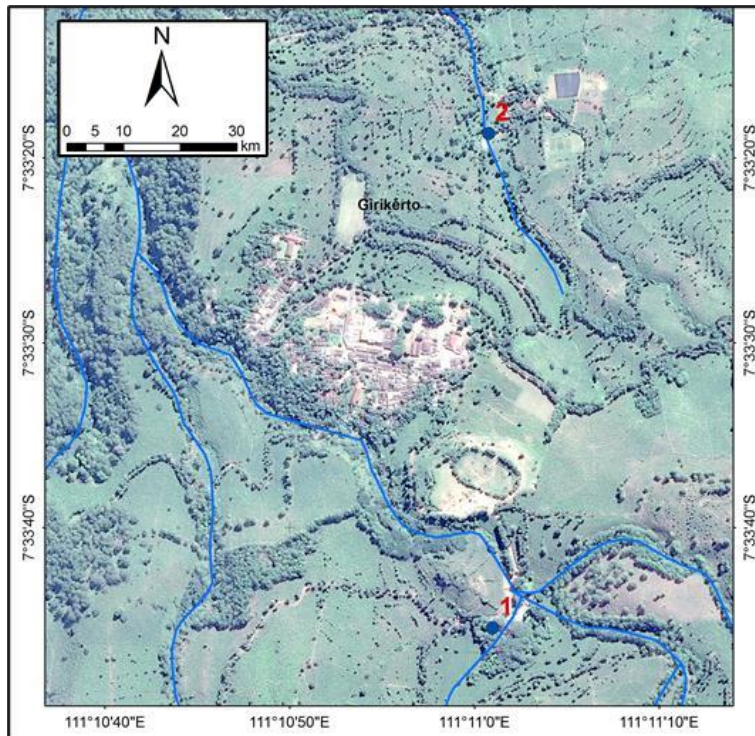
Penelitian terdahulu tentang air dan energi listrik dilakukan oleh Indriani (2016), tetapi difokuskan pada lahan pertanian sawah dan ladang. Diperlukan penelitian yang mengkaji keterkaitan air dan energi listrik pada lahan perkebunan spesifik. Perkebunan teh Jamus merupakan salah satu contoh perintis energi listrik terbarukan. Dengan memanfaatkan sumberdaya air lokal, Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) Jamus mampu mengakomodasi pemenuhan kebutuhan energi dan secara tidak langsung turut mendorong ketahanan pangan berkelanjutan. Tujuan penelitian adalah: (1) mengidentifikasi sumberdaya air di Jamus, (2) mengeksplorasi energi terbarukan dari PLTMh Jamus ketahanan pangan



berbasis pemanfaatan energi terbarukan sebagai bagian dari rantai ekonomi yang berhulu di Jamus.

METODE PENELITIAN

Penelitian berlokasi di PLTMh Jamus dan sekitarnya, yaitu Desa Girikerto, Kecamatan Sine, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Lokasi penelitian secara absolut terletak pada koordinat $7^{\circ} 30' 51.8976''$ LS, $111^{\circ} 11' 4.5888''$ BT. PLTMh Jamus yang dimaksud berbentuk mesin pembangkit listrik yang mengubah energi dari air menjadi energi listrik. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Keterangan: 1: Mataair Sumber Lanang, 2: PLTMh Jamus)

Terdapat tiga PLTMh di Jamus. Untuk analisis pada penelitian, dipilih satu PLTMh saja sebagai representasi analisis. Ketiga PLTMh memiliki jarak yang tidak berjauhan sehingga tidak memberikan perbedaan nilai yang signifikan pada data debit aliran, daya listrik, dan energi total.

Penelitian ini mengambil sampel data harian bulan September 2023. Menurut BMKG (2023), awal musim penghujan akan mundur hingga November 2023. Data September 2023 dipilih sebagai representasi dari kondisi terkering sebagai skenario minimal debit dan daya listrik-total energi minimal. Dengan demikian, diasumsikan bahwa pada bulan atau waktu yang lain dengan tambahan suplai air hujan dan mataair, debit dan daya listrik-total energi yang dihasilkan lebih besar.

Penelitian didesain dengan metode campuran antara kuantitatif dan kualitatif. Data yang dikumpulkan adalah jenis-jenis sumber air di lokasi penelitian (observasi), debit aliran secara berkala (instansional), daya listrik secara berkala (instansional), dan energi total secara berkala



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

(instansional). Observasi dan studi literatur dilakukan untuk mengidentifikasi sumber-sumber air di Jamus dan sekitarnya. Pendekatan kuantitatif digunakan dalam analisis secara deskriptif data debit aliran, daya listrik, dan energi total. Pendekatan kualitatif digunakan dalam analisis deskriptif bukti-bukti pendukung bentuk-bentuk ketahanan pangan berbasis pemanfaatan energi terbarukan di lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber Air

Material bawah permukaan Desa Girikerto berdasarkan peta geologi adalah lava Gunung Lawu, yaitu lava andesit hornblenda berwarna kelabu, tekstur hipokristalin, porfiritik berbutir sedang (Abdurachman dkk., 1992). Lava jika ditinjau dari sifatnya terhadap air adalah cenderung akuifug atau tidak dapat menyimpan dan mengalirkan airtanah. Hal ini berdampak pada cara perolehan dan penggunaan air di kalangan masyarakat Desa Girikerto. Lapisan akuifug tidak memungkinkan bagi masyarakat untuk mengambil airtanah dangkal atau membuat sumur gali. Oleh karena itu, masyarakat memanfaatkan *discharge* atau keluaran airtanah dalam bentuk mataair (*spring*) atau rembesan (*seepage*).

Beberapa sumber air masyarakat adalah sebagai berikut. Mataair Sumber Lanang (Gambar 2) digunakan di Kampung Jamus untuk kegiatan pabrik teh, permukiman, dan pemenuhan kebutuhan listrik dalam bentuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh, Gambar 3). PLTMh Jamus terdiri atas 3 pembangkit. PLTMh ketiga menghasilkan luaran air yang masih bersih sehingga dapat digunakan oleh masyarakat Dusun Banjaran. Mataair Sawahan digunakan untuk sumebr PLTMh selain Sumber Lanang. Mataair dari Gunung Gandel digunakan oleh masyarakat RT 1/Dukuh Jenggoro Dusun Girikerto. Masyarakat RT 2/Dukuh Bugar dan RT 3/Dukuh Girikerto menggunakan air dari mataair Sumber Koso. Masyarakat Dusun Nglegok menggunakan air dari mataair di sekitarnya. Setiap sumber air disalurkan kepada masyarakat dalam bentuk pipa yang sambung-menyambung. Oleh karena debit yang cukup besar, keran air di sebagian permukiman tetap dialirkan untuk mengimbangi tekanan hidrostatik.

Sumber air lainnya di Desa Girikerto adalah air meteorik dan air permukaan (sungai) (Gambar 4). Air meteorik berasal dari curah hujan. Curah hujan tahunan di Desa Girikerto adalah 3.600 milimeter (Harsono, 2016). Hujan jatuh ke vegetasi hingga masuk ke permukaan tanah atau langsung mengalami infiltrasi. Hujan juga mengalir di permukaan mengisi cekungan berupa lembah-lembah sungai di Desa Girikerto. Terdapat setidaknya 10 lembah sungai orde satu di Desa Girikerto, beberapa di antaranya diberi nama, yaitu Klenteng (perbatasan Dusun Girikerto-Nglegok), Ngancar (di sawah Banjaran bagian utara/perbatasan antara Desa Girikerto-Ngrendeng), dan Boro (di desa bagian timur, perbatasan Desa Girikerto-Hargomulyo). Sungai-sungai tidak mengikuti wilayah administratif sehingga diperlukan tinjauan topografi untuk mengetahui sistem aliran sungai di Desa Girikerto.

Secara kualitas, sampel mataair dan sungai di Desa Girikerto memiliki kualitas memenuhi baku mutu atau tidak melebihi ambang batas untuk parameter fisika (bau, rasa,

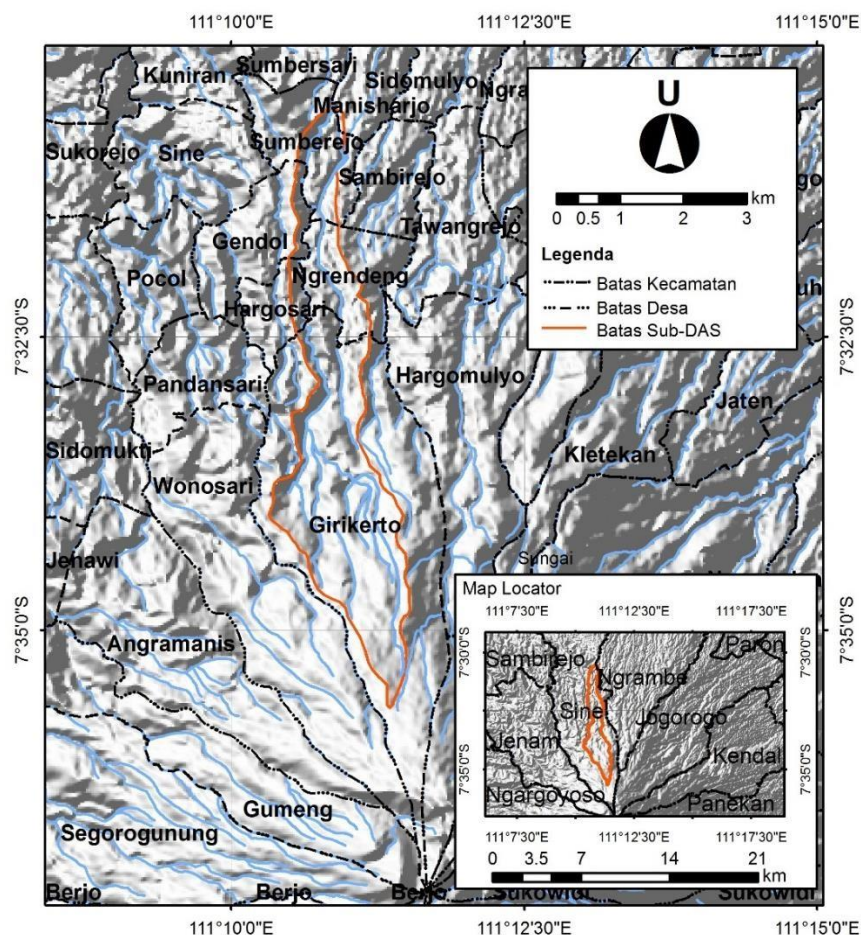


This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

warna), kimia (pH, Fe, Cl^- , HCO_3^- , CaCO_3 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , NO_3^-), dan biologi (DO) (Listyaningrum *et al.*, 2019).



Gambar 2. Mataair Sumber Lanang Gambar 3. PLTMh Jamus



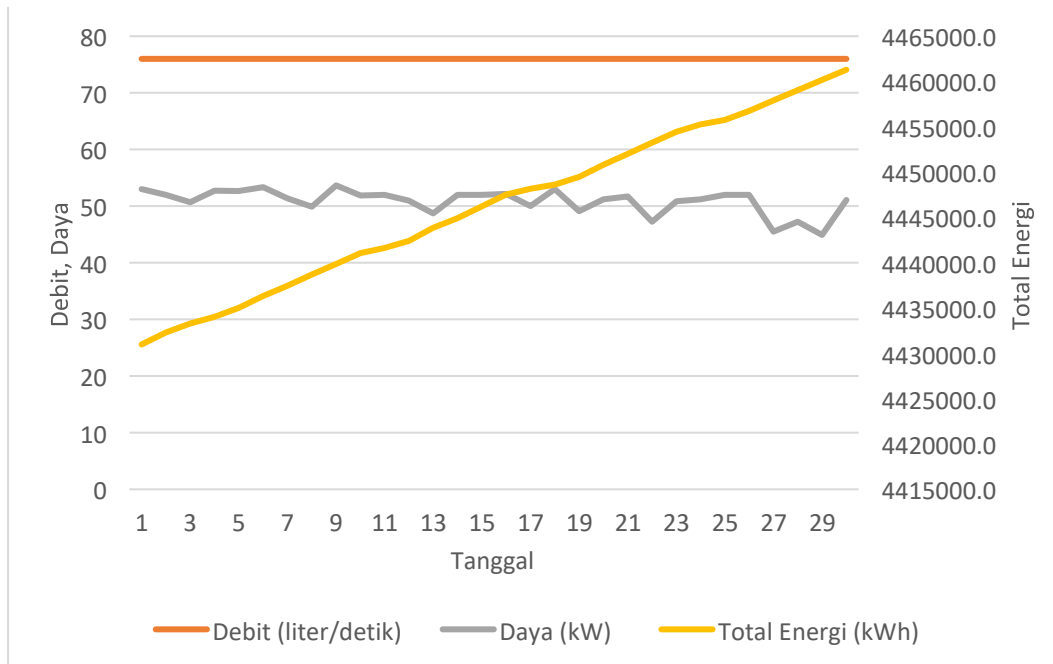
Gambar 4. Topografi *Hillshade* Desa Girikerto dan Sistem Aliran Sungai sumber: BIG (2000) dan Survei Lapangan (2018), diolah



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Energi Terbarukan PLTMh Jamus

Energi terbarukan PLTMh Jamus dapat dilihat dari daya listrik dan total energi yang dihasilkan, disajikan pada Gambar 5. Dibandingkan dengan perancangan, Horrisworo (2008) menggunakan skenario seperti pada Tabel 1. Tabel 1 jika dibandingkan dengan rata-rata debit pada bulan September 2023 menunjukkan bahwa debit mataair input PLTMh masih cukup bagi Jamus dan sekitarnya, meskipun pada musim kemarau dengan nilai debit minimal. Pada musim penghujan, kira-kira 1-2 bulan setelah musim penghujan pertama, debit diestimasi mencapai 95 liter/detik, tentunya menghasilkan daya dan energi yang lebih besar pula.



Gambar 5. Grafik Debit Aliran, Daya Listrik, dan Total Energi PLTMh Jamus (sumber: pencatatan perkebunan teh Jamus, September 2023)

Tabel 1. Skenario Debit untuk Perancangan PLTMh

Sumber (Mataair)	Debit Rancangan (liter/detik)			Estimasi Energi Potensial (kW)
	Metode Propeller	Metode <i>Salt Duration Curve</i>	Metode <i>Weir</i>	
Sumber Lanang	85,7	85,16	85	92
Sumber Sawahan	55,7	57	57,1	30

sumber: Horrisworo (2008)

Air di lereng Gunung Lawu bagian utara memberikan beberapa bentuk jasa ekosistem. Jasa ekosistem dari air di antaranya adalah sebagai jasa penyedia (*provisioning*) air bersih, jasa sebagai habitat bagi spesies tertentu, dan jasa budaya (*recreation*) untuk wisata. Dengan adanya PLTMh Jamus, pemanfaatan air sebagai bagian dari jasa penyedia bertambah, yaitu sebagai



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

bahan mentah atau input bagi PLTMh. Keluaran dari PLTMh pun masih dapat digunakan sebagai air kembali dan dapat turut melengkapi kebutuhan air untuk pertanian.

Keberadaan PLTMh Jamus menambah nilai jasa ekosistem pada aspek keberlanjutan energi terbarukan. PLTMh menggantikan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) sehingga mengurangi bahan bakar fosil. Hal ini turut berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca dan membantu menekan laju perubahan iklim global. Dalam hal ketahanan pangan, PLTMh Jamus mampu menghemat biaya operasional pabrik untuk perkebunan teh hingga 56 % yang berarti ada efisiensi energi. PLTMh Jamus menghadirkan solusi pembangkit listrik yang tidak berisik atau tidak menimbulkan kebisingan (polusi suara). Kebermanfaatan PLTMh tidak hanya dirasakan pada pabrik perkebunan teh, tetapi juga sebagai CSR (*corporate social responsibility*) berupa penerangan jalan yang telah melebihi lahan Hak Guna Usaha (HGU), setidaknya berdampak pada 600 orang atau 150 kepala keluarga di Jamus dan sekitarnya.

KESIMPULAN

Sumber air di Desa Girikerto dapat dijadikan sumber energi terbarukan. Air yang dioptimalkan menjadi input pembangkit tenaga listrik PLTMh. PLTMh menjadi alternatif energi terbarukan yang berkontribusi nyata dalam aplikasi energi hijau. PLTMh pun membantu pengolahan komoditas perkebunan teh pada pabrik yang relatif ramah lingkungan karena tidak bising dan hemat energi. PLTMh merupakan wujud energi terbarukan yang mendukung ketahanan pangan, khususnya komoditas perkebunan dengan memanfaatkan air lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, K., Suganda, O.K., Hendrasto, M., dan Irianto. (1992). *Peta Geologi Gunungapi Lawu, Jawa Tengah-Jawa Timur skala 1:50.000*. Bandung: Direktorat Vulkanologi.
- BIG. (2000). *Peta Rupabumi Digital Indonesia 1:25.000 Lembar 1508-134 Ngrambe*. Bogor: Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional [Bakosurtanal].
- BMKG. (2023). *Buletin Informasi Iklim September 2023: Analisis Hujan Agustus 2023 Prakiraan Hujan Oktober, November, Desember 2023*. Jakarta: BMKG.
- Harsono. 2016. *Potensi Desa dan Kelurahan Tahun 2016: Profil Desa dan Kelurahan Desa Girikerto Kecamatan Sine Kabupaten Ngawi*. Ngawi: Pemerintah Desa Girikerto.
- Horrisworo. (2008). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) Perkebunan Teh Jamus Desa Girikerto, Kecamatan Sine, Kabupaten Ngawi, Provinsi Jawa Timur*. Nganjuk: Ponpes Ubaidah.
- Indriani, S.N. (2016). Analisis Kebutuhan Air, Irigasi Pangan, dan Energi PLTMh (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) Sungai Bayang, Kecamatan Bayang Utara, Kabupaten Pesisir Selatan. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.
- Listyaningrum, N., Nisa, A. K., Hidayatullah, L., Ihsanjaya, M. M. M., Janah, S. N., Fadlillah, I. N., Sugureta, N. M., Fatkhurrohman, W., Primasanti, H., Ngadianto, A., Sulaiman, M., & Syahbudin, A. (2019). Water Quality as A Base of Water Treatment with Appropriate Technology in Girikerto Village, Sine Subdistrict, Ngawi Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 256(012013), 1–14. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/256/1/012013>
- Peraturan Daerah Kabupaten Ngawi Nomor 10 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Ngawi Tahun 2010-2030

