

Invisible ground water machine sebagai forest fire risk mitigation di Gunung Arjuno

**Tasya Khairunisa, Eva Indra Sofiana, Runing Fikriyah Asyarifah, Robby Hilmi
Rachmadian, Alfyananda Kurnia Putra***

Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: alfyananda.fis@um.ac.id

Paper received: 01-06-2021; revised: 15-06-2021; accepted: 30-06-2021

Abstract

Forest fires are a phenomenon of spreading fire that causes disruption of ecosystems in forest areas. The phenomenon of forest fires often occurs in Indonesia today. This can be indicated through BNPB data which shows that in 2019 there were 1,592,010 hectares of forest and burned land, most of which occurred in mountainous areas and were included in the category of protected forest and conservation forest. One of the mountains hit by forest fires is Mount Arjuno. Mount Arjuno is a mountain located on the border of Batu City, Malang and Pasuruan Regencies. From July to October 2019, the Mount Arjuno Forest experienced fires in the Seriti Curah area, the Sawahan Ringgit Block and the Gumandar Block, most of which were located at an altitude of 2,800 meters above sea level and had a slope of 70°, so it took a long time to extinguish the fire in the area. The purpose of the preparation of this idea is to create a technological innovation that is able to overcome forest fires on Mount Arjuno. The methodology used in the preparation of this paper is a research and development method. In this method, the authors collect data, design ideas, validate designs, and compile the paper. The types of data used are quantitative and qualitative. Based on these problems, the authors propose appropriate technological innovations in the form of: "Invisible Ground Water Machine" which consists of a groundwater water pumping component that can be used to extinguish fires quickly and remote sensing that can detect forest fires in real time, so as to minimize the risk posed by forest fires in mountainous areas.

Keywords: invisible ground water; Arjuno mountain; forest fires

Abstrak

Kebakaran hutan ialah fenomena menjalarnya api yang menyebabkan terganggunya ekosistem di kawasan hutan. Fenomena kebakaran hutan kerap terjadi di Indonesia saat ini. Hal tersebut dapat diindikasikan melalui data BNPB yang menunjukkan bahwa pada tahun 2019 terdapat 1.592.010 hektar hutan dan lahan terbakar yang sebagian besar terjadi di daerah pegunungan dan masuk dalam kategori hutan lindung maupun hutan konservasi. Salah satu pegunungan yang dilanda kebakaran hutan yaitu Gunung Arjuno. Gunung Arjuno merupakan gunung yang terletak di perbatasan Kota Batu, Kabupaten Malang dan Pasuruan. Pada bulan Juli hingga Oktober 2019, Hutan Gunung Arjuno mengalami kebakaran di kawasan Curah Seriti, Blok Sawahan Ringgit dan Blok Gumandar yang sebagian besar berada di ketinggian 2.800 mdpl dan memiliki kemiringan lereng sebesar 70°, sehingga membutuhkan waktu lama untuk memadamkan api di kawasan tersebut. Tujuan dari penyusunan gagasan ini adalah untuk menciptakan suatu inovasi teknologi yang mampu mengatasi kebakaran hutan di Gunung Arjuno. Metodologi yang digunakan dalam penyusunan makalah ini berupa metode *research and development*. Pada metode ini, penulis melakukan pengumpulan data, desain gagasan, validasi desain, dan menyusun pada makalah. Jenis data yang digunakan bersifat kuantitatif dan kualitatif. Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis mengusulkan inovasi teknologi tepat guna berupa "Invisible Ground Water Machine" yang terdiri dari komponen *water pumping* air tanah yang dapat digunakan untuk memadamkan api dengan cepat dan penginderaan jauh yang dapat mendeteksi kebakaran hutan secara *real time*, sehingga dapat meminimalisir risiko yang ditimbulkan dari kebakaran hutan di daerah pegunungan.

Kata kunci: *invisible ground water*; gunung arjuno; kebakaran hutan

1. Pendahuluan

Secara astronomis, Indonesia terletak di 6°LU - 11°LS dan antara 95°BT- 141°BT. Wilayah Indonesia yang berada di lintang rendah dan berada tepat di garis khatulistiwa menyebabkan Indonesia beriklim tropis. Iklim tropis, membawa dampak bagi kekayaan sumber daya hutan di Indonesia, baik hutan homogen maupun hutan heterogen. Menurut data BPS tahun 2017, Indonesia memiliki luas kawasan hutan sebesar 126,094,366.71 hektar. Oleh karena itu, Indonesia diakui sebagai negara kedua di dunia yang memiliki hutan terluas dan dijuluki sebagai paru-paru dunia (Pradita, 2017). Namun, setiap tahunnya, Indonesia selalu mengalami bencana kebakaran hutan dan lahan. Berdasarkan data Kementerian Perhutanan, luas kebakaran hutan di Indonesia dari tahun 2015 hingga 2019 mengalami fluktuasi (Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia, 2019). Hal ini disebabkan oleh perubahan cuaca yang signifikan akibat pemanasan global yang diikuti aktivitas ilegal manusia dalam penggunaan sumber daya hutan. Tahun 2019 ini, Indonesia dilanda kebakaran hutan hampir di berbagai daerah secara bersamaan. Mayoritas daerah yang terjadi kebakaran hutan adalah daerah pegunungan yang memiliki hutan lindung maupun hutan konservasi (Infografis Karhutla BNPB, 2019). Salah satu pegunungan yang dilanda kebakaran hutan yaitu Gunung Arjuno.

Gunung Arjuno merupakan gunung yang terletak di Jawa timur, tepatnya di perbatasan Kota Batu, Kabupaten Malang, dan Kabupaten Pasuruan dengan unit pengelolanya yaitu UPT Taman Hutan Raya Raden Soerjo. Pada periode bulan Juli hingga Oktober 2019, Hutan Gunung Arjuno berulang kali mengalami kebakaran. Hal ini disebabkan oleh faktor alam dan faktor manusia. Saat ini, Kota Batu dan Kabupaten Malang sedang mengalami musim kemarau panjang, sehingga, terjadi peningkatan jumlah titik panas kebakaran hutan secara drastis. Peningkatan jumlah titik panas karhutla ini, disebabkan oleh pemanasan global dan kondisi cuaca yang relatif kering, sehingga, mengakibatkan tanaman mudah terbakar ketika mengalami pergeseran. Di sisi lain, faktor manusia juga menjadi pemicu kebakaran hutan di Gunung Arjuno. Hal tersebut dikarenakan, masyarakat di sekitar Gunung Arjuno sering melakukan aktivitas ilegal di wilayah hutan lindung, yaitu perburuan liar. Pada perburuan liar, para pemburu sengaja melakukan pembakaran hutan untuk memancing hewan buruan turun gunung, sehingga lebih mudah untuk diburu.

Berbagai macam upaya, telah dilakukan untuk meminimalisir risiko kebakaran hutan di daerah hutan Gunung Arjuno, baik langkah preventif maupun upaya-upaya siaga ketika terjadi bencana karhutla. Pada langkah preventif, UPT Tahura R. Soerjo telah mengirimkan beberapa personil polisi hutan untuk melakukan patroli guna meningkatkan keamanan wilayah hutan dari aktivitas ilegal masyarakat. Sedangkan, langkah siaga yang dilakukan untuk mengatasi kebakaran hutan tersebut, berupa operasi pemadaman manual dan water bombing dengan helikopter. Upaya tersebut telah dilakukan, namun, peristiwa kebakaran hutan belum dapat diminimalisir dan diatasi secara signifikan, sehingga membutuhkan upaya lain untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis mengusulkan sebuah inovasi berupa "*Invisible Ground Water Machine*" yang merupakan sebuah sistem dari seperangkat komponen untuk mempercepat proses pemadaman api guna mengurangi risiko yang ditimbulkan dari kebakaran hutan di daerah pegunungan. Pada sistem ini, terdapat komponen water pumping yang dapat digunakan untuk memadamkan api dengan cepat dan kolaborasi penginderaan jauh yang dapat mendeteksi kebakaran hutan secara real time. Manfaat dari

diimplementasikannya gagasan ini adalah, untuk menciptakan mitigasi bencana yang efektif dan tepat guna sehingga dapat meminimalisir dampak kebakaran hutan seminimal mungkin.

2. Metode

Secara administratif Gunung Arjuno termasuk ke dalam wilayah Kota Batu, Kabupaten Malang, Kabupaten Mojokerto, dan Kabupaten Pasuruan, dengan unit pengelolanya adalah UPT Taman Hutan Rakyat R. Soerjo. Secara Astronomis, Gunung Arjuno berada pada koordinat $7^{\circ} 40' - 7^{\circ} 53' \text{ LS } 112^{\circ} 317'' - 112^{\circ} 42' 52'' \text{ BT}$. Gunung Arjuno memiliki ketinggian 3.339 mdpl sehingga dikenal sebagai gunung tertinggi kedua di Jawa Timur setelah Gunung Semeru. Pada tahun 2019 ini, Gunung Arjuno mengalami bencana kebakaran hutan. Api membakar habis 175 hektar hutan lindung yang dimiliki Gunung Arjuno. Tentu kejadian kebakaran hutan ini mengancam kelestarian flora-fauna di daerah Gunung Arjuno. Fakta ini didukung oleh peta kebencanaan karhutla 2019 milik BNPB yang menunjukkan bahwa Gunung Arjuno memiliki indeks bahaya dan risiko yang tinggi atas kebakaran hutan.

Gambar 1. Peta Indeks Bahaya Karhutla Jawa Timur (BNPB 2019)



Kebakaran hutan Gunung Arjuno ini terjadi karena adanya faktor alam dan faktor manusia. Saat ini, wilayah Jawa Timur sedang mengalami musim kemarau panjang. Kemarau panjang kali ini, membuat Kota Batu dan Kabupaten Malang mengalami penurunan curah hujan dan peningkatan suhu secara drastis sehingga membuat hutan di Gunung Arjuno mudah terbakar. Seiring meningkatnya suhu, maka, muncul berbagai titik hotspot di beberapa blok Gunung Arjuno dan apabila terjadi gesekan antar ranting pohon dalam hutan dapat memicu kebakaran hutan. Menurut Kepala UPT Taman Hutan Rakyat R. Soerjo disebutkan bahwa, kebakaran hutan di Gunung Arjuno tidak hanya disebabkan oleh faktor alam saja, namun juga dipicu oleh aktivitas ilegal masyarakat. Salah satunya adalah perburuan liar dengan cara membakar semak belukar.

Titik api pertama kali diketahui di wilayah Curah Seriti, Namun akibat keterlambatan pemadaman, api menyebar ke Blok Sawahan Ringgit dan Blok Gumandar yang berada di Kecamatan Prigen, Kabupaten Pasuruan. Titik api yang menyebar di beberapa tempat, menyebabkan kesulitan para petugas untuk memadamkan api, mengingat medan Gunung

Arjuno yang tinggi dan terjal. Disisi lain, ketinggian titik api yang berada di 2.800 mdpl dengan kemiringan lereng 70° menghambat petugas dalam melakukan pemadaman. Dengan titik api di ketinggian 2.800 mdpl maka petugas membutuhkan waktu 5 jam untuk naik dan melakukan pemadaman secara manual. Ditambah lagi kondisi angin yang kencang justru memperparah kebakaran hutan karena bara api semakin besar dan menyulut daerah yang lain. Akibat kebakaran hutan Gunung Arjuno ini menimbulkan kerugian. Secara ekosistem, hutan lindung Gunung Arjuno mengalami deforestasi yang mengancam kelestarian flora-fauna, mengganggu proses infiltrasi, menurunkan kualitas udara dan menyebabkan tidak amannya jalur pendakian.

Ditengah risiko bencana karhutla yang sulit dipadamkan, Gunung Arjuno memiliki potensi air tanah yang memadai, baik secara kuantitas maupun kualitas. Terlihat dari beberapa titik mata air yang ada di Gunung Arjuno yaitu Mata Air Ngesong I, Mata Air Ngesong II, Mata Air Banyuning I, dan Mata air Gemuluh yang memiliki debit air cukup tinggi dan memiliki kualitas air yang baik. Untuk mengeksplor ketersediaan air dari bawah tanah, dibutuhkan alat yaitu pompa. Dengan salah satu jenisnya adalah pompa hidran. Pompa hidran bekerja tanpa menggunakan bahan bakar atau tambahan energi dari luar. Pompa ini memanfaatkan tenaga aliran air yang jatuh dari tempat suatu sumber air dan sebagian dari air itu dipompakan ke tempat yang lebih tinggi.

Pada berbagai situasi, penggunaan pompa hidran memiliki banyak keuntungan dibandingkan penggunaan jenis pompa air lainnya, diantaranya, tidak membutuhkan bahan bakar atau tambahan tenaga dari sumber lain, tidak membutuhkan pelumasan, bentuknya sangat sederhana, dan biaya pembuatannya serta pemeliharaannya sangat murah dan tidak membutuhkan keterampilan teknik tinggi untuk membuatnya. Selain itu pompa ini mampu bekerja dua puluh empat jam per hari. Pompa hidran sangat tepat untuk daerah-daerah yang penduduknya mempunyai keterampilan teknis yang terbatas, karena pemeliharaan yang dibutuhkan sederhana.

Prinsip kerja hidran otomatis merupakan proses perubahan energi kinetik aliran air menjadi tekanan dinamik dan sebagai akibatnya menimbulkan efek palu air (*water hammer*) sehingga terjadi tekanan tinggi dalam pipa. Dengan mengusahakan supaya katup limbah (*waste valve*) dan katup air keluar (*delivery valve*) terbuka dan tertutup secara bergantian, maka tekanan dinamik diteruskan sehingga tekanan inersia yang terjadi dalam pipa pemasukan memaksa air naik ke pipa pengantar. Bagian utama yang menyusun alat ini terdiri dari pipa air masuk (*drive pipe*), pipa air keluar (*delivery valve*), katup udara (*air valve*) dan ruang udara (*air chamber*). Oleh karena itu, ada baiknya jika potensi air tanah Gunung Arjuno dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama pemadaman api melalui alat *Invisible Ground Water Machine*. Dengan tujuan meminimalisir risiko kebakaran hutan terhadap keberlangsungan ekosistem Gunung Arjuno.

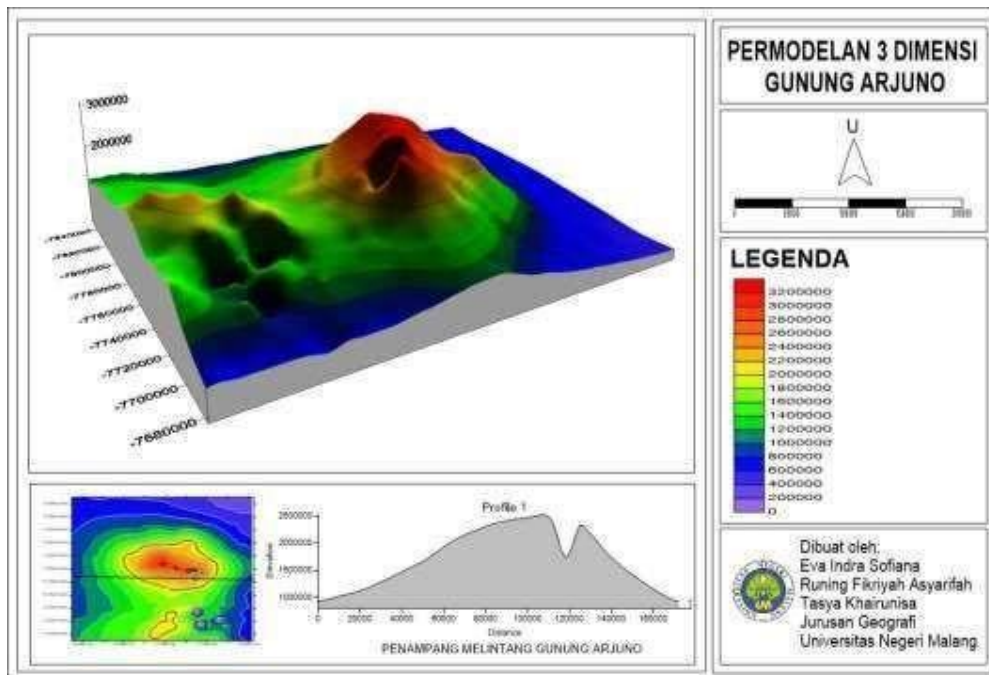
Data-data yang digunakan dalam penyusunan karya tulis ini berasal dari beberapa literatur kepustakaan dan data resmi dari lembaga pemerintahan yang berwenang dalam mengelola data yang dibutuhkan oleh penulis. Literatur kepustakaan yang digunakan berupa sumber yang berasal dari buku, jurnal ilmiah, dan skripsi atau tesis, sedangkan data resmi yang digunakan berupa data yang berasal dari BNPB Jawa Timur, BPBD Malang Raya, Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika, dan lembaga berita. Jenis data yang diperoleh variatif, bersifat kualitatif maupun kuantitatif.

Metode pengumpulan data bersifat studi pustaka. Informasi didapatkan dari berbagai literatur yang disusun berdasarkan hasil studi dari informasi yang diperoleh. Penulisan diupayakan saling berelasi antar topik satu sama lain dan sesuai dengan topik yang dibahas. Sumber-sumber kepustakaan diperoleh dari buku, jurnal, hasil penelitian (skripsi dan tesis), dan sumber lainnya yang relevan dengan topik studi kasus yang dibahas.

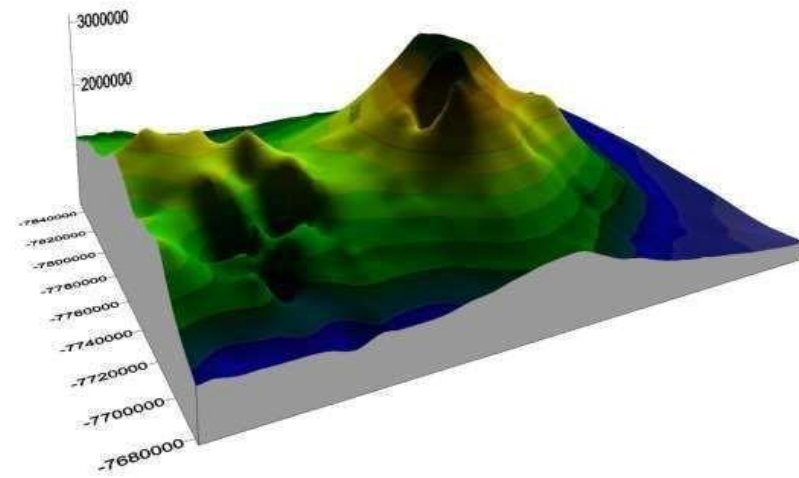
Data yang terkumpul dipilih dan diurutkan sesuai dengan topik kajian agar runtut. Kemudian dilakukan desain gagasan yang didasarkan pada metode research and development yang terdiri dari analisis permasalahan, penentuan solusi melalui desain gagasan yang didasarkan pada teori-teori yang ada, validasi desain, dan penyusunan karya tulis berdasarkan data yang telah dipersiapkan secara rasional dan sistematis. Teknik analisis data bersifat deskriptif argumentatif. Data yang terkumpul dipilih dan diurutkan sesuai dengan topik kajian agar runtut. Kemudian dilakukan desain gagasan yang didasarkan pada metode research and development yang terdiri dari analisis permasalahan, penentuan solusi melalui desain gagasan yang didasarkan pada teori-teori yang ada, validasi desain, dan penyusunan karya tulis berdasarkan data yang telah dipersiapkan secara rasional dan sistematis. Teknik analisis data bersifat deskriptif argumentatif.

3. Hasil dan Pembahasan

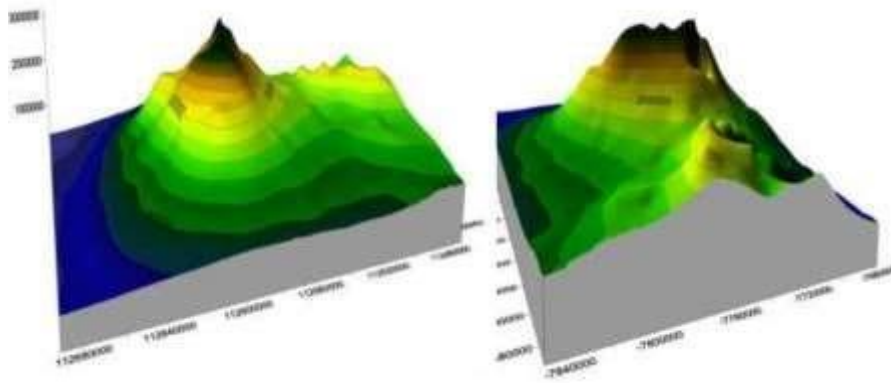
Gambar 2. Pemodelan 3 Dimensi Peta Kontur Gunung Arjuno



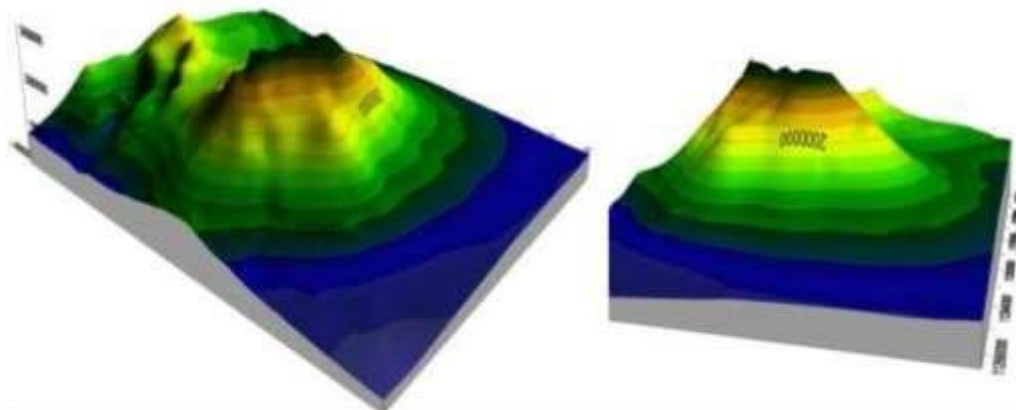
Gambar 3. Tampak depan Pemodelan 3D Gunung Arjuno



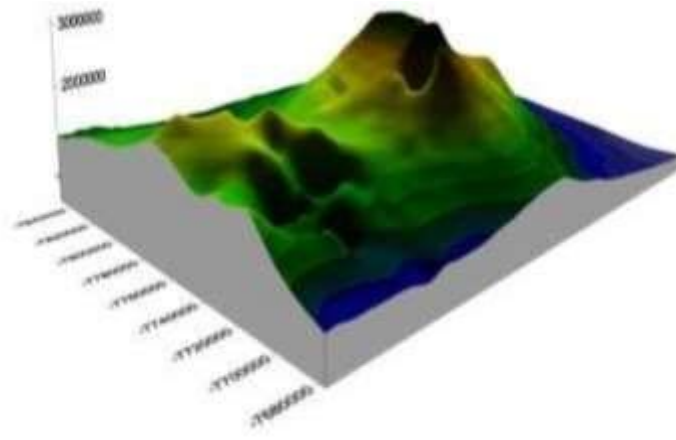
Gambar 4. Tampak Samping Pemodelan 3D Gunung Arjuno



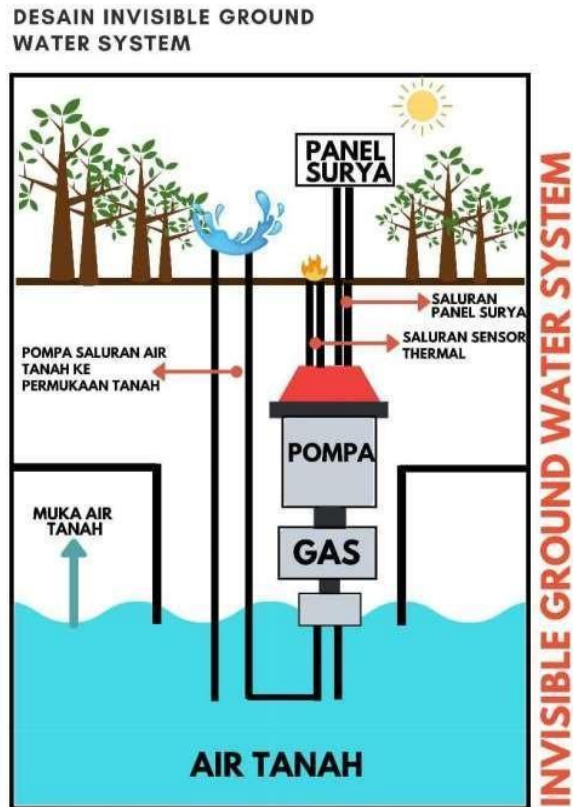
Gambar 5. Tampak Belakang Pemodelan 3D Peta Kontur Gunung Arjuno



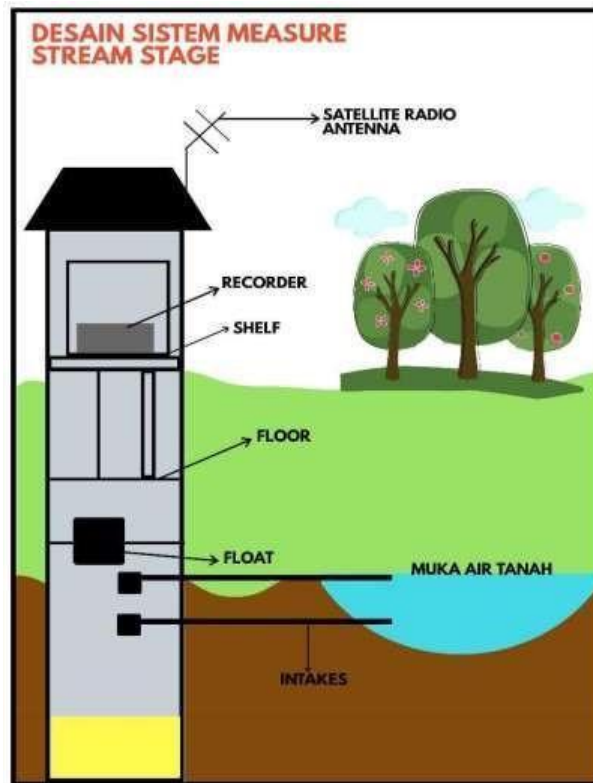
Gambar 6. Tampak Atas Pemodelan 3D Peta Kontur Gunung Arjuno



Gambar 7. Desain Invisible Ground Water Machine



Gambar 8. Desain Sistem *Measure Stram Gate*



3.1. Invisible Ground Water Machine

Invisible Ground Water Machine adalah sistem yang dapat digunakan untuk meminimalisir dan memadamkan kebakaran hutan di Gunung Arjuno. Sistem ini merupakan seperangkat alat yang terdiri dari beberapa komponen terpadu yang bersifat early warning system dan dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan kebakaran hutan di Gunung Arjuno. Pada *Invisible Ground Water Machine* terdapat dua komponen utama, yaitu sistem *water pumping* dan sistem penginderaan jauh yang bersifat real time. Sistem ini diharapkan dapat menjadi substitusi dari pemantauan manual dan metode *water bombing* yang membutuhkan biaya mahal dan memakan waktu lebih lama dalam memadamkan api kebakaran hutan di Gunung Arjuno. *Invisible Ground Water Machine* adalah sebuah alat tersembunyi yang terletak di bawah tanah. Pada sistem ini, memanfaatkan *ground water* atau air tanah yang terhubung dengan saluran *water pumping* dan disertai *early warning system*, sehingga, dapat memompa cadangan air tersebut agar dapat naik ke atas permukaan tanah, kemudian, ketika terdapat indikasi terjadinya kebakaran hutan, sistem *early warning system* tersebut akan menggerakkan pompa dan akan menyemburkan air ke permukaan tanah yang terdapat jalaran api kebakaran hutan.

Sistem *Invisible Ground Water Machine* memiliki beberapa komponen, salah satunya adalah sistem *water pumping*. Pada sistem *water pumping*, terdapat alat pompa yang dapat digunakan sebagai media pengambilan *ground water* atau air tanah, agar dapat naik ke atas permukaan lahan hutan Gunung Arjuno untuk memadamkan api. Sistem dari *ground water* pumping tersebut dimulai dengan peletakkan sistem pompa air tanah pada beberapa titik mata air Gunung Arjuno, yaitu Mata Air Ngesong I, Mata Air Ngesong II, Mata Air Banyuning I, dan

Mata air Gemuluh. Guna mendeteksi air tanah di Gunung Arjuno, dapat menggunakan sistem *measure stream stage*. Sistem *measure stream stage* merupakan suatu sistem yang dapat mendeteksi tinggi muka air tanah, sehingga melalui media tersebut, dapat diketahui persediaan air tanah. Secara berkelanjutan, sistem *measure stream stage* dapat digunakan sebagai acuan dalam mengelompokkan mata air berdasarkan debit airnya. Oleh sebab itu, peletakkan *water pumping* titik pertama ditempatkan di Mata Air Ngesong I. Mata air tersebut terklasifikasi dalam debit mata air kelas 1 karena, memiliki debit aliran tertinggi dibandingkan dengan mata air lainnya, yaitu sebesar 3.110,4 liter per detik, sehingga harus menggunakan sistem *water pumping* bertekanan tinggi. Dengan debit Mata Air Ngesong I yang cukup besar, maka berpotensi untuk digunakan sebagai air pemadaman kebakaran hutan. Sedangkan, pada kelompok titik kedua, diletakkan pada mata air Ngesong II, Banyuning I, dan Banyuning III. Pada peletakkan kali ini, menggunakan *water pumping* bertekanan sedang. Hal tersebut diterapkan karena, pada mata air ini memiliki debit aliran air yang sedang. Oleh sebab itu, mata air tidak dapat digunakan secara berlebihan untuk meminimalisir adanya kelangkaan air tanah.

Sistem *water pumping*, dilengkapi dengan sensor thermal yang bersifat *early warning system* sehingga dapat mendeteksi perubahan suhu yang ekstrem, perubahan suhu yang ekstrim tersebut, akan mengindikasikan terjadinya kebakaran hutan, sehingga, ketika suhunya meningkat secara drastis, akan ada sistem tekanan yang tercipta dan akan menekan air tanah untuk dapat mencapai ke permukaan. *Water pumping* tersebut terhubung dengan pipa yang berada daerah yang rawan titik panas (*hotspot*) kebakaran hutan yang terdapat di Gunung Arjuno, sehingga ketika sensor *water pumping* aktif, air tanah akan tertekan dan menuju ke pipa, setelah sampai pada pipa, air tanah tersebut akan tersalur dan naik menuju ke permukaan lahan yang mengalami kebakaran hutan. Sensor thermal tersebut juga memiliki sistem sirine, yang terhubung dengan sistem pemberitahuan dengan pos pengamatan, sehingga informasi kebakaran hutan akan tersampaikan pada petugas dan masyarakat. Di samping itu, dalam sistem ini, juga terdapat penginderaan jauh yang memiliki sifat real time. Pada sistem ini, dapat mendeteksi besar perubahan suhu yang ada pada kawasan hutan Gunung Arjuno, sehingga, perubahan tersebut akan mengindikasikan terjadinya kebakaran hutan.

Dalam pengaplikasian *Invisible Ground Water* tentunya memerlukan kerja sama dengan pihak terkait, baik Pemerintah daerah, polisi hutan, BPBD, BMKG dan masyarakat. Apabila kerja sama terorganisir dengan baik maka akan menyukseskan mitigasi karhutla di daerah Gunung Arjuno dan meminimalisir risiko bencana karhutla. Sebagai lembaga negara, Pemerintah Daerah berfungsi dan berwenang untuk menetapkan, mengesahkan, menindak lanjuti regulasi yang berkaitan dengan implementasi gagasan ini. Berdasarkan Undang-Undang No 32 Tahun 2004 pasal 25, Pemerintah Daerah berperan dalam menjalin hubungan kerja dengan seluruh instansi vertikal di daerah dan semua perangkat daerah.

Sesuai Undang-Undang tersebut, dalam implementasi gagasan *Invisible Ground Water Machine* Pemerintah Daerah berkoordinasi dengan Kementerian Agraria dan Tata Ruang bertujuan untuk menentukan titik lokasi strategis penempatan *Invisible Ground Water Machine*, sehingga penempatannya akan sesuai dengan daerah yang memiliki kerawanan titik api tertinggi. Selanjutnya dalam analisis studi lingkungan dapat bekerjasama dengan Kementerian Lingkungan Hidup, hal ini bertujuan agar dalam penggunaannya, *Invisible Ground Water Machine* dapat selaras dengan keberlanjutan sistem ekologi kawasan sekitar. Pengimplementasian dalam bidang konstruksi dapat dilakukan kerja sama dengan Dinas

Pekerjaan Umum. Pada tahapan evaluasi alat, pihak Pemerintah Daerah dapat bekerja sama dengan UPTD Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang, sehingga ketika terjadi ketidaksesuaian dalam proses penggunaan alat dapat dilakukan penindakan lebih lanjut.

Polisi hutan mempunyai tugas pokok yaitu menyiapkan, melaksanakan, mengembangkan, memantau, dan mengevaluasi serta melaporkan kegiatan perlindungan dan pengamanan hutan serta pengawasan peredaran hasil hutan. Kontribusi polisi hutan berupa pengecekan lokasi yang menjadi hot spot, bertugas dalam menerima informasi berupa sirine yang berasal dari *Invisible Ground Water Machine*.

Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Batu berstatus sebagai lembaga pemerintahan non departemen yang berperan dalam pengelolaan informasi secara akurat dalam penanggulangan bencana pada tahap prabencana, tanggap darurat, dan pasca bencana (Satuan Kerja Perangkat Daerah Kota Batu 2017-2022).

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika berperan dalam penyediaan prasarana berupa penginderaan jauh yang dilengkapi sensor elektromagnetik sehingga dapat mendeteksi terjadinya hot spot di kawasan Gunung Arjuno. Oleh karena itu, penggunaan *Invisible Ground Water Machine* dapat lebih efektif dan tepat guna.

Masyarakat menjadi salah satu pihak yang terlibat dalam terjadinya karhutla di Indonesia, khususnya di area Gunung Arjuno. Oleh sebab itu, perlu adanya *social approach* berupa penyuluhan dan sosialisasi terkait pentingnya kontribusi masyarakat dalam management fungsi hutan, sehingga risiko dan kerentanan karhutla dapat diminimalisir.

Selain dibutuhkan kerja sama pihak terkait, diperlukan juga langkah-langkah strategis yang harus dilakukan untuk mengimplementasikan *Invisible Ground Water Machine* sehingga tujuan yang diharapkan dapat tercapai, yaitu pertama, studi lokasi yang bertujuan untuk melihat karakteristik area sekitar Gunung Arjuno yang merupakan lokasi rawan kebakaran. Studi ini berkaitan dengan hot spot yang tersebar di berbagai area. Nantinya penempatan alat *Invisible Ground Water Machine* dapat disesuaikan dengan persebaran *hotspot* tersebut. Sehingga, studi ini menjadi komponen utama dalam mengimplementasikan sebuah gagasan. Kedua, penyampaian gagasan mengenai *Invisible Ground Water Machine* kepada Pemerintah Daerah yang dilanjutkan dengan penyampaian gagasan kepada Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Timur.

Hal ini bertujuan untuk mempermudah perizinan lebih lanjut terkait implementasi *Invisible Ground Water Machine*. Ketiga, penetapan regulasi berkaitan dengan upaya mitigasi bencana kebakaran hutan dan lahan oleh Pemerintah Daerah Kota Batu. Keempat, koordinasi seluruh pihak yang terlibat dalam mewujudkan gagasan *Invisible Ground Water Machine*. Kelima, melakukan perencanaan komponen-komponen pendukung *Invisible Ground Water Machine* yang meliputi, pendanaan, jaringan aksesibilitas, konstruksi, pengaplikasian design. Terakhir, Realisasi gagasan *Invisible Ground Water Machine* sebagai upaya tanggap bencana kebakaran hutan dan lahan.

3.2. Peran *Invisible Ground Water Machine* dalam Meminimalisasi Dampak Karhutla

Invisible Ground Water Machine merupakan salah satu inovasi teknologi berupa integrasi antara sistem *measure stream stage* dan *water pumping* berbasis penginderaan jauh serta sensor thermal, untuk memadamkan api di wilayah pegunungan. Kedua alat tersebut bekerja saling berkaitan. Sistem *measure stream stage* berperan dalam mendeteksi potensi air tanah dan menjadi acuan penempatan *Invisible Ground Water Machine*. Sedangkan sistem water pumping berfungsi menjadi alat utama yang melakukan pemadaman api pertama kali, sehingga sistem water pumping memerlukan bantuan penginderaan jauh dan sensor thermal untuk mendeteksi apabila terjadi indikasi kebakaran hutan. Peran utama *Invisible Ground Water Machine* adalah mempercepat proses pemadaman kebakaran hutan di wilayah pegunungan untuk meminimalisir risiko wilayah yang terdampak.

Invisible Ground Water Machine berfungsi untuk meningkatkan kesiapsiagaan dan tanggap bencana baik dari pihak masyarakat maupun pihak pengelola wisata Gunung Arjuno. Dengan adanya *Invisible Ground Water Machine* maka pemadaman api dapat dilakukan dengan cepat, karena alat tersebut bekerja otomatis. Disisi lain, *Invisible Ground Water Machine* dapat menjadi substitusi dari pemantauan manual dan metode *water bombing* yang membutuhkan biaya mahal dan memakan waktu lebih lama menjadi pemantauan yang *real time*, sehingga petugas patroli tidak perlu repot untuk melakukan pengecekan titik hotspot yang medannya sulit dijangkau. Dengan penggunaan *Invisible Ground Water Machine* juga dapat menjaga kelestarian flora-fauna di Gunung Arjuno. Melihat penggunaan alat tersebut dapat memadamkan api dengan cepat maka dapat meminimalisir risiko kebakaran hutan yang lebih luas yang dapat memicu kematian satwa maupun tumbuhan.

4. Simpulan

Invisible Ground Water Machine merupakan sebuah inovasi sistem yang dipergunakan sebagai early warning system dalam upaya mitigasi bencana kebakaran hutan dan lahan, khususnya di kawasan Gunung Arjuno. Sistem ini berupa alat tersembunyi yang terletak di bawah tanah dengan memanfaatkan *ground water* sebagai media utama yang nantinya digunakan untuk pemadaman api. *Invisible Ground Water Machine* tersusun atas dua komponen utama yaitu, sistem water pumping sebagai tempat mengalirkan air tanah dan sistem penginderaan jauh yang bersifat real time. *Invisible Ground Water Machine* lebih efektif digunakan dibandingkan dengan sistem pemantauan manual yang membutuhkan waktu lebih lama dalam pemadaman api.

Disamping itu, *Invisible Ground Water Machine* dapat menjadi sistem substitusi water bombing yang memerlukan biaya lebih mahal. Penggunaan sistem ini bertujuan agar upaya mitigasi yang berkaitan dengan kebakaran hutan dapat dilakukan dengan cara cepat. Sehingga berbagai dampak yang ditimbulkan seperti penurunan kualitas udara, terganggunya sistem hidrologi, dan ekologi dapat diminimalisir.

Implementasi sistem ini dapat dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu, melakukan kerja sama dengan berbagai pemerintah daerah untuk proses konstruksi, pendanaan, manajemen sistem serta evaluasi sistem. Selain itu, melakukan koordinasi dengan lembaga pemerintahan non departemen seperti BMKG, BPBD dan Kementerian Agraria dan Tata Ruang

yang berperan dalam membantu optimalisasi teknis kelola sistem *Invisible Ground Water Machine* agar sesuai dengan prinsip kelola tata ruang dan kelestarian ekologi.

Daftar Rujukan

- Aminudin, M. *Upaya Water bombing Kebakaran Gunung Arjuno masih Terkendala Cuaca*. URL: <https://news.detik.com/berita-jawatimur/d-4747791/upaya-water-bombing-kebakaran-gunung-arjunomasih-terkendala-cuaca>.
- Arifin, M. (2019). *Kebakaran di Konservasi Gunung Arjuno-Welirang karena Aktivitas Ilegal*. URL: <https://news.detik.com/beritatimur/d-4717964/kebakaran-di-konservasi-gunung-arjunowelirang-karena-aktivitas-ilegal>. Diakses pada 3 November 2019.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2019). Infografis KARHUTLA Indonesia 2019. URL: <https://bnpb.go.id/#lg=1&slide=0>. Diakses pada 1 November 2019.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2019). *Peta Bahaya KARHUTLA Kota Batu*. URL: <http://inarisk.bnpb.go.id/>. Diakses pada 2 November 2019.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2015). *Luas Kawasan Hutan dan Kawasan Konservasi Perairan Indonesia Menurut SK Menteri Kehutanan*. URL: <https://www.bps.go.id/statictable/2013/12/31/1716/luas-kawasanhutan-dan-kawasan-konservasi-perairan-indonesia-menurut-provinsiberdasarkan-sk-menteri-kehutanan.html>. Diakses 1 November 2019.
- Direktorat Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan. (2015). Rekapitulasi Luas Kebakaran Hutan dan Lahan (Ha) Per Provinsi Di Indonesia Tahun 2014-2019. URL: http://sipongi.menlhk.go.id/hotspot/luas_kebakaran. Diakses 1 November 2019.
- Dokumen DPR RI. (2017). *Satuan Kerja Perangkat Daerah Kota Batu 2017-2022*. URL: <https://www.dpr.go.id/dokjdh/document/uu/33>. Diakses pada 7 November 2019.
- Iswinaro, C. (2019). *Tim Pemadam Kesulitan Jangkau Titik Kebakaran Hutan Gunung Arjuna*. URL: <https://jatim.suara.com/read/2019/07/30/223532/tim-pemadam-kesulitanjangkau-titik-kebakaran-hutan-gunung-arjuna>. Diakses pada 3 November 2019.
- Kumparan. (2019). *Penyebab Kebakaran Hutan di Gunung Arjuno Welirang: Perburuan Liar*. URL: <https://kumparan.com/wartabromo/penyebab-kebakaran-hutan-digunung-arjuno-welirang-perburuan-liar-1rv0Qz6gNGK>. Diakses pada 3 November 2019.
- Monitor. (2019). *Upaya Pemprov Jatim Atasi Karhutla Gunung Arjuno*. URL: <https://monitor.co.id/2019/10/14/upaya-pemprov-jatim-atasikarhutla-gunung-arjuno/>. Diakses pada 4 November 2019.
- Pradita, S. (2017). Implikasi Ratifikasi Protokol Kyoto terhadap Politik Internasional dan Domestik Indonesia. *Jurnal Analisis Hubungan Internasional*, 6(1), 181-191.
- Pramesti, D. F., Furqon, M. T., & Dewi, C. (2017). Implementasi Metode K-Medoids Clustering Untuk Pengelompokan Data Potensi Kebakaran Hutan/Lahan Berdasarkan Persebaran Titik Panas (Hotspot). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer e-ISSN, 2548, 964X*.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. (2016). *Gunung Arjuno Welirang*. URL: <http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasargunungapi/544-g-arjuno-welirang>. Diakses 2 November 2019.
- Siahaan, P., & Sitepu, T. (2013). Rancang Bangun Dan Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Panjang Driven Pipe Dan Diameter Air Chamber Terhadap Efisiensi Pompa Hidram. *Jurnal Dinamis*, (12).
- Taryana, D. (2016). Pengaruh formasi geologi terhadap potensi mata air di Kota Batu. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 20(2).
- Wahl, K. L., Wilbert O. Thomas Jr, W. O., & Hirsch, R. M. 1995. *Data Collection Process*. URL: <https://pubgs.usgs.gov/circ/1995/circ1123/collection.html>. Diakses pada 24 Maret 2020.
- Wibowo, A. (2019). *BNPB Kerahkan Helikopter dari Kalteng untuk Padamkan Kebakaran Hutan Gunung Arjuno*. URL: <https://bnpb.go.id/bnpb-kerahkan-helikopter-dari-kalteng-untukpadamkan-kebakaran-hutan-gunung-arjuno>.
- Wikipedia. (2019). *Gunung Arjuno*. URL: https://id.wikipedia.org/wiki/Gunung_Arjuno. Diakses pada 1 November 2019.