BAB 2
GAMBARAN UMUM

2.1. Gambaran Umum Fungsi

2.1.1. Terminologi/Pengertian Proyek

Observatorium mempunyai sumber istilah dari bahasa Latin, yaitu *observare* kalau tidak *observant* yang artinya memandang, memperhatikan, seiring berkembangnya waktu berubah menjadi *observatory* yang artinya pengamatan. Kata *observatory* bersumber dari bahasa Perancis, *observatoire* dan jua bahasa Latin, *observare*. (Douglas Harper, 2015). Observatorium berarti memiliki kedekatan dengan pengamatan.

Sesuai dengan Dr. Thornton Page, laboratorium observasi berarti tempat dimana ilmiawan melakukan observasi reguler. (Observatories, 1996)

Secara garis besar dari pernyataan diatas bahwa observatorium astronomi adalah tempat atau bangunan yang digunakan untuk mengamati peristiwa di luar angkasa.

Sebuah observatorium dapat berisi hanya satu teleskop, tetapi beberapa memiliki lebih dari dua puluh teleskop. Para astronom menggunakan observatorium untuk mengumpulkan cahaya dari benda-benda alam di luar angkasa. Ini termasuk daerah radio, inframerah dan cahaya tampak (optik) dari spektrum elektromagnetik. Beberapa dilengkapi untuk mendeteksi gelombang radio; lainnya (observatorium ruang angkasa) adalah satelit Bumi dan pesawat ruang angkasa lain yang membawa teleskop dan detektor khusus untuk mempelajari sumber radiasi energi tinggi (misalnya, sinar gamma, radiasi ultraviolet, sinar-X) dari atas atmosfer. (Britannica, n.d.)

Kebanyakan teleskop memiliki atap kubah dengan bukaan untuk teleskop untuk melihat keluar. Kubah ini biasanya berputar, sehingga teleskop dapat melihat berbagai bagian langit. Bukaan di atap dapat ditutup untuk melindungi teleskop dari cuaca buruk. (University, n.d.-b)

2.1.2. Karakteristik Fungsi Bangunan

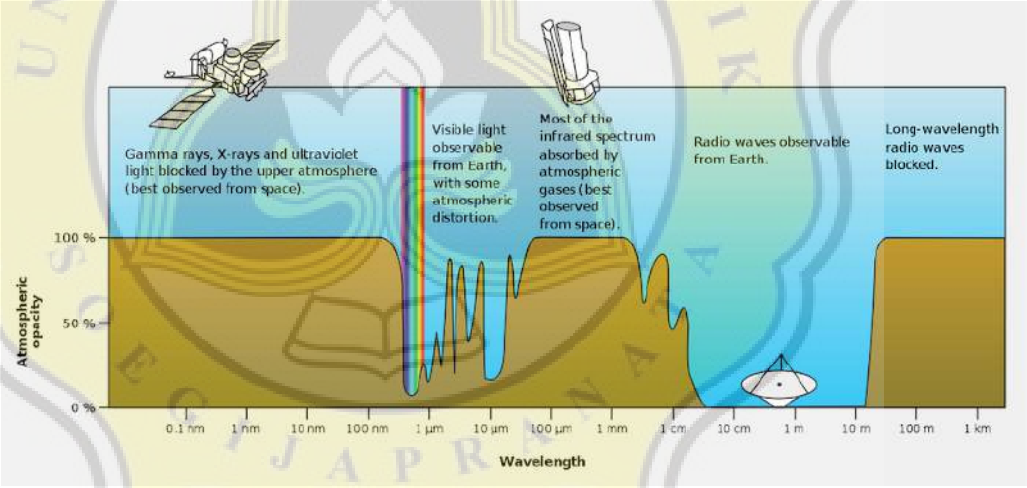
- **Klasifikasi berdasarkan Lokasi**

Fasilitas observatorium dapat digolongkan ke beberapa macam perkembangan berdasarkan pemilihan tempat bangunan tersebut dibuat, seperti *ground-based, space-based,* dan *airborne* dan yang diambil adalah;

1. ***Ground-based***, sebagian besar teleskop yang digunakan oleh para astronom

berada di Bumi. Jauh lebih mudah dan lebih murah untuk membangun teleskop di Bumi daripada di luar angkasa. Ini juga jauh lebih mudah untuk diperbaiki jika ada yang salah.

Namun, ada juga kekurangannya. Sebuah teleskop di tanah harus melihat melalui atmosfer bumi untuk melihat ke luar angkasa. Ini menjadi masalah karena suasana dapat mengaburkan gambar. Udara juga menghalangi cahaya dari bagian spektrum elektromagnetik. Bagian seperti sinar-x, sinar gamma, infra merah dan gelombang radio panjang. Ini berarti bahkan jika memiliki jenis teleskop yang tepat, itu tidak dapat melihat jenis cahaya ini dari Bumi. Inilah sebabnya mengapa beberapa teleskop berada di luar angkasa. Bagian spektrum cahaya yang dapat menembus udara, jendela atmosfer. Ini adalah bagian dari spektrum elektromagnetik di mana opasitas (berapa banyak cahaya yang diblokir) mendekati 0%. Jika opasitasnya 100%, maka tidak ada cahaya dengan panjang gelombang tersebut yang dapat menembus udara untuk mencapai tanah. (University, n.d.-a)



Gambar 1. Opasitas atmosfer Bumi ke langit gelombang panjang yang berbeda-beda (Sumber: Ground Telescopes, Liverpool John Moores University)

Kapabilitas dari setiap platform observatorium berbeda-beda tergantung oleh logistik dan ukuran teleskop dan kapabilitas massa. Teleskop yang besar dapat dipasang di darat, jika di roket, pesawat, dan balon maka akan memiliki batas berat massa dan dimensi.

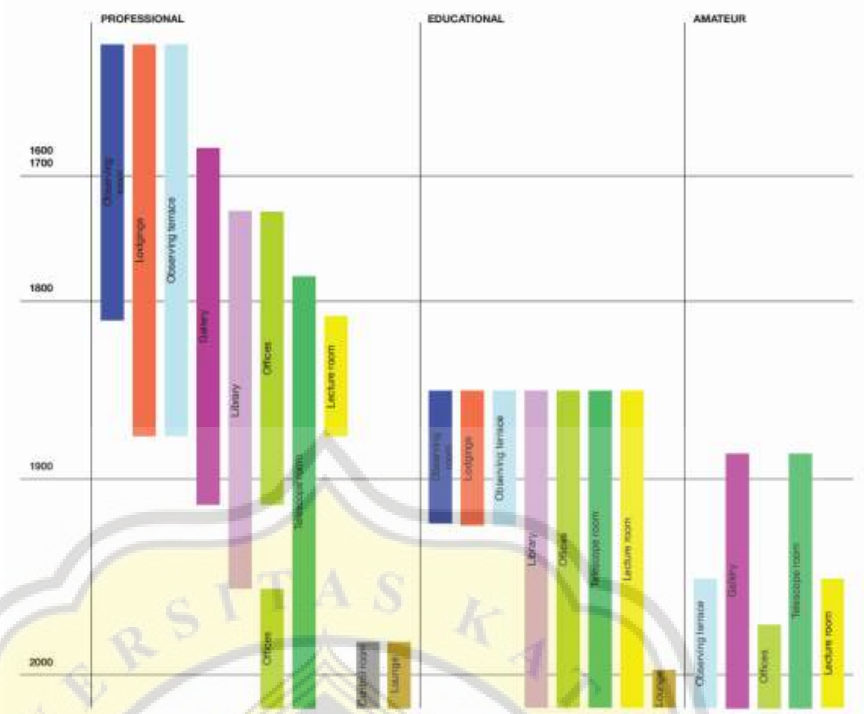
Tabel 2. Perbandingan kapabilitas dari fasilitas observatorium antara darat dan luar angkasa (Sumber: The design and construction of large optical telescopes, Pierre Y. Bely : 2003)

	Ground based	Airplane	Balloon	Sounding rockets	Spacecraft
Altitude (km)	< 5	14	30	100	>500
Max exposure time	8 h	10 h	days	15 min	days
Avail. time (h/yr)	2000	1200	–	–	7000
Max telescope dia. (m)	10–30	2.5	4	0.4	~ 8
Max payload mass (ton)	–	1.5	1	0.1	5–10
Lifetime (yr)	40	20	–	–	10

- **Klasifikasi berdasarkan Fungsi**

Fasilitas observatorium dibagi menjadi tiga kategori yang mengakomodasi ruang yang berbeda-beda, antara lain; (Waumans, 2013)

1. ***Professional,***
    a. Kantor, berfungsi sebagai administrasi
    b. R. Teleskop, berfungsi sebagai ruang pengamatan dan instrumen
    c. R. Kontrol, berfungsi sebagai pusat kontrol untuk instrumen.
    d. *Lounge*, berfungsi sebagai ruang santai dan diskusi, untuk ruang ceramah dalam skala kecil.
2. ***Educational,***
    a. Perpustakaan, berfungsi untuk penyimpanan ilmu astronomi.
    b. Kantor, berfungsi untuk administrasi dan ruang kerja staff
    c. R. Teleskop, berfungsi untuk ruang pengamatan
    d. Ruang Ceramah, befungsi untuk ruang pembelajaran
    e. *Lounge*, berfungsi untuk santai dan diskusi
3. ***Amateur,***
    a. Teras Pengamatan, berfungsi sebagai pengamatan dan teleskop portable.
    b. Galeri, berfungsi sebagai *display*, pameran, dan penyimpanan benda astronomi.
    c. Kantor, berfungsi untuk ruang kerja dan administrasi.
    d. R. Teleskop, berfungsi untuk pengamatan publik terbuka untuk umum.
    e. Ruang Ceramah, berfungsi untuk ruang pembelajaran antara publik.

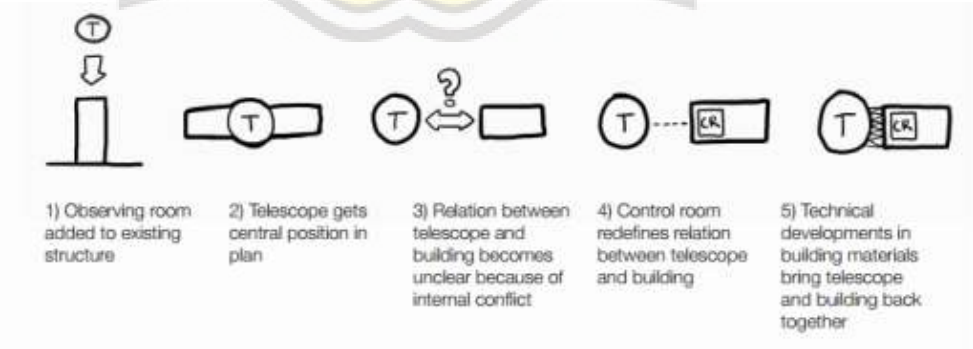


Gambar 2. Perkembangan Bangunan sesuai Tipe Observatorium (Sumber: Typology of astronomical observatories, Waumans : 2013)

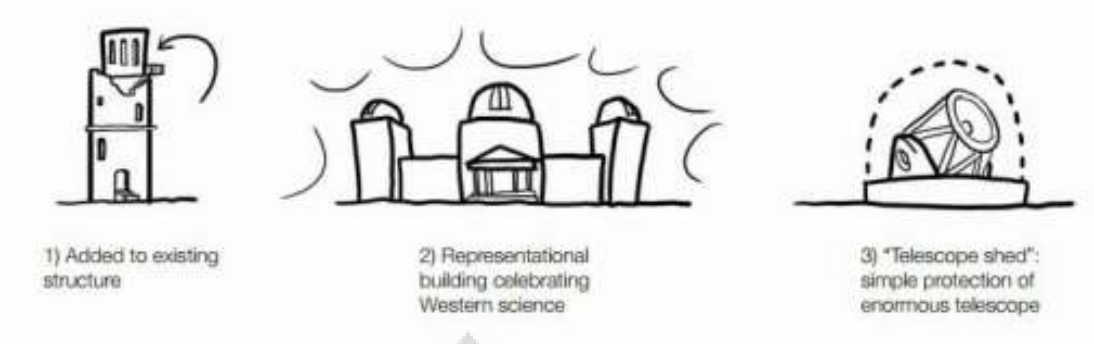
- **Klasifikasi berdasarkan Tipologi Tatanan Massa**

Fasilitas observatorium yang terbangun berdasarkan adanya tatanan massa digolongkan menjadi beberapa macam dan metode, antara lain; (Waumans, 2013)

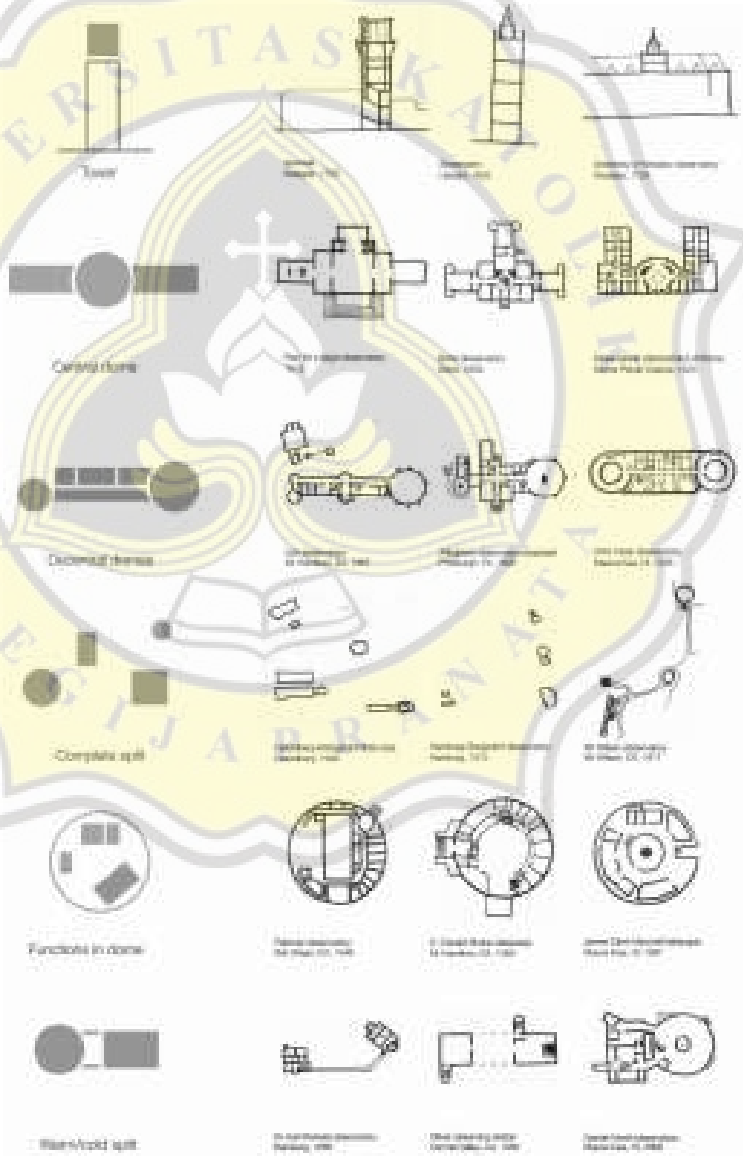
1. ***Existing***, ruang observatorium yang ditambahkan ke eksisting bangunan atau struktur, misalnya menara maupun bangunan edukasional.
2. ***Central Plan***, ruang observatorium menjadi pusat dari bangunan
3. ***Complete Split***, ruang observatorium terpisah dengan ruang—ruang lain dan terhubung oleh koridor.
4. ***Warm/Cold Split***, ruang observatorium yang memisahkan ruang teleskop (*cold*) dengan ruang kontrol (*warm*)



Gambar 3. Perkembangan relasi ruang instrument dengan bangunan (Sumber: Typology of astronomical observatories, Waumans : 2013)



Gambar 4. Perkembangan karakteristik bangunan observatorium (Sumber: Typology of astronomical observatories, Waumans : 2013)



Gambar 5. Konfigurasi massa observatorium (Sumber: Typology of astronomical observatories, Waumans : 2013)

2.1.2.1. Persyaratan Khusus Bangunan Observatorium Berstandar Internasional

Ada beberapa kriteria penting dalam perencanaan observatorium, antara lain; (Bely, 2003)

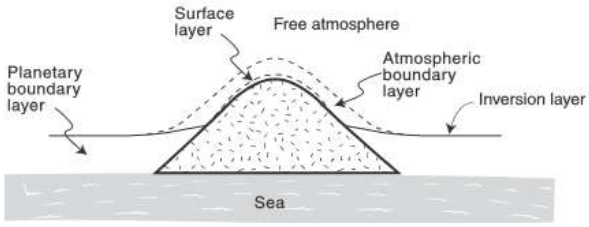
1. **Penutup Teleskop**

   Di posisi tertutup, penutup melindungi teleskop dan instrumennya dari matahari, hujan, salju, angin kencang, debu, dan petir. Di posisi terbuka, penutup dapat memberikan akses bebas kepada teleskop ke semua sisi menghadap langit, secara tipikal 10° di atas cakrawala. Didesain juga untuk meminimalisir efek termal yang mengakibatkan degradasi gambar. Penambahan dari tiga syarat utama ini, penutup secara umum juga;

   - Menaungi teleskop dan ruang kontrol,
   - Menaungi peralatan pendukung (tangki pelapis, pompa hidrolik, sistem pneumatik, sistem prosesing data dan control, AC),
   - Ruang laboratorium untuk pengaturan instrumen ilmiah dan kalibrasi,
   - Area gudang untuk suku cadang dan instrumen ilmiah yang lagi tidak dipakai,
   - Struktur pendukung untuk peralatan setir (derek, gerbong, peralatan pengangkat),
   - Ruang kantor dan ruang istirahat untuk pengamat dan pekerja teknikal,
   - Sirkulasi dan akses umum (personil dan lift barang),
   - Kontrol cahaya yang menyasar (dari bulan dan cahaya buatan)

2. **Ketinggian Ruang Teleskop diatas Permukaan**

   Sejak lapisan permukaan sangat menjadi kontribusi penting untuk pengamatan (Lihat Gambar 6), ini sangat penting bahwa teleskop berlokasi di atas lapisan dan penutup tersebut tidak berinteraksi dengan aliran dan resiko turbulensi yang sesuai di dalam atau di sekitar penutup.

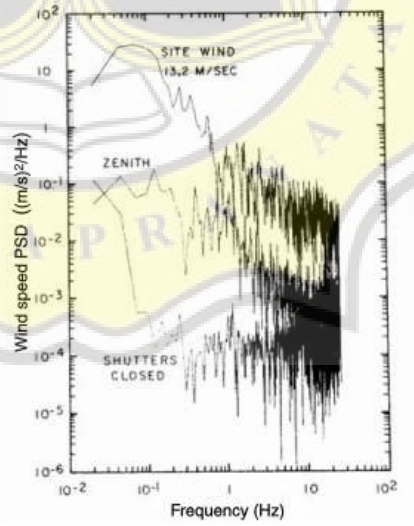


Gambar 6 . Representasi skematik dari berbagai lapisan dimana pengamatan dilakukan. (studi kasus pulau) (Sumber: The design and construction of large optical telescopes, Pierre Y. Bely : 2003)

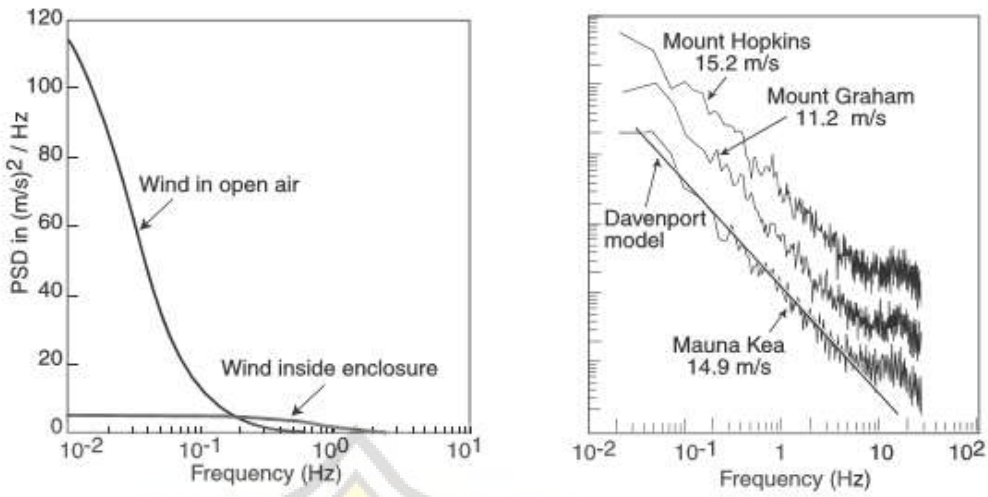
Di lahan astronomi yang baik, kedalaman lapisan permukaan bisa sedikit sedalam 5-10 m keseluruhan, namun ini tergantung dari topografi lokal dan arah statistik angin. Tinggi ini dapat ditentukan oleh pengukuran mikrotermal, atau lebih ekonomis, dengan *modelling* komputer. Karakteristik aerodinamik lapisan ini dapat ditentukan dari studi terowongan angin, atau menggunakan tiang vertikal dengan pita di interval yang sesuai (namun ini tidak akan memberi informasi mengenai efek termal, yang menjadi utama). Secara umum, lantai ruang teleskop berlokasi di ketinggian 10-20 m diatas lapisan permukaan di malam hari. Menempatkan ruang teleskop relatif tinggi juga meminimalisir masalah debu yang bertiup.

3. Perlindungan dan Sirkulasi Angin

Saat pengamatan, peran yang paling penting dari penutup adalah untuk melindungi dari gangguan angin. Kaca tipis aktif akan tidak stabil jika terkena angin melebihi 2 m/s dan teleskop terguncang ketika sudah menyentuh 5 m/s. Lahan observatorium yang baik, secara alam, tidak terlindungi dan berangin. Sejak, di dalam efisiensi pengamatan, sangat diinginkan untuk bisa mengamati dengan angin berhembus 20 m/s, redaman dari urutan besarnya diperlukan. Seperti Gambar 7., ini yang diberikan oleh fungsi tipikal penutup (Lihat juga Gambar 8.).



Gambar 7. Kepadatan spektrum energi dari angin didalam penutup dengan teleskop mengarah ke zenith (kurva tengah) dibandingkan dengan angin diluar (kurva atas). Kepadatan spektrum energi untuk penutup dengan posisi tertutup ditunjukkan untuk referensi (kurva bawah). (Sumber: The design and construction of large optical telescopes, Pierre Y. Bely : 2003)



Gambar 8. Di kiri, kepadatan spektrum energi di dalam penutup teleskop dibandingkan dengan angin diluar. Walaupun amplitudo berkurang banyak, angin yang didalam penutup mungkin masih merusah kualitas gambar karena spektrum energi berpindah ke frekuensi yang tinggi yang merentankan struktur teleskop atau sistem kaca aktif. Di sebelah kanan, kepadatan spektrum energi dari angin di tiga lahan astronomi. Tenaga spektra digantikan secara vertikal untuk kejelasan, namun mempunyai magnitudo yang sama. Garis lurus di model Davenport, yang dimana valid untuk aliran yang tidak terganggu di alas terbuka. Jumlah energi yang tinggi antara 8 dan 30 Hz dibandingkan dengan model Davenport diasumsikan sebagai pengukuran artefak. (Sumber: The design and construction of large optical telescopes, Pierre Y. Bely : 2003)

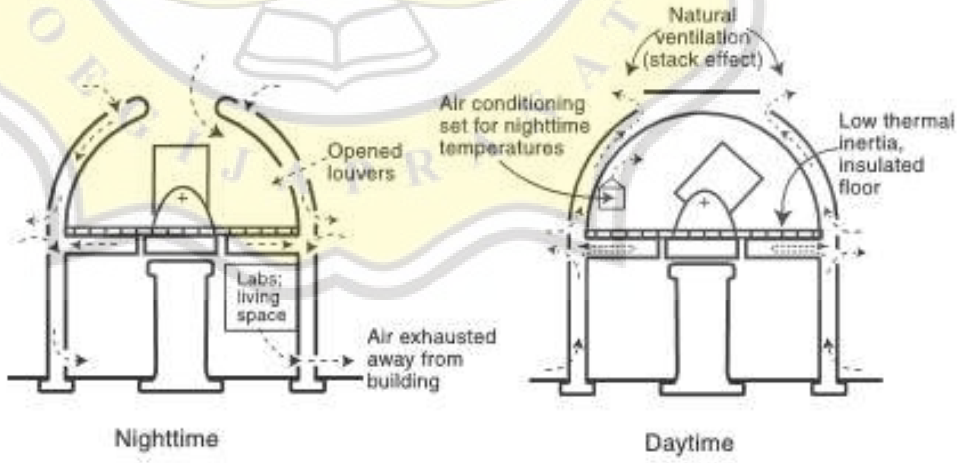
Sayangnya, pengurangan kecepatan angin ditemani oleh modifikasi dari spektrum tenaga angin. Secara umum, penambahan turbulensi akan memindahkan energi dari frekuensi rendah ke tinggi, menggerakan tenaga frekuensi rendah ke 1-5 Hz. Ini bisa menyebabkan masalah untuk sistem kontrol teleskop dan memancing resonansi di struktur teleskop. Untungnya, walaupun, efeknya signifikan jika sebagian besar volume didalam penutup dikarakterisasikan oleh kehadiran turbulensi. Kalau tidak, tenaga yang dipindahkan ke frekuensi tinggi tidak kritis.

Di satu sisi, sebagian derajat dari pembilasan gaya angin ruang teleskop sangat menguntungkan. Itu menyingkirkan angin yang sudah dipanaskan atau didinginkan oleh permukaan interior sebelum angin dapat melewati jalur cahaya teleskop dan kualitas degradasi gambar. Velositas angin diperlukan untuk pembilasan yang baik itu biasa. Aliran seragam 1 m/s membilas ruang teleskop di diameter 30 m, 120 kali per jam. Kenyataannya, aliran tersebut tidak seragam, namun kecepatan pembilasan yang tinggi dan perlindungan yang baik dari angin masih bisa direalisasikan dengan desain bukaan yang benar.

Perpanjangan eksperimen terowongan angin dilakukan untuk studi aliran angin dalam dan sekitar penutup. Hasil dari studi dapat dirangkum sebagai berikut;

- Kecepatan pembilasan lebih dari 50 kali per jam dapat di gapai untuk semua orientasi penutup teleskop dan kecepatan median angin di lahan tipikal teleskop (5-8 m/s).
- Dinding penutup setidaknya 20% berpori, dan 50% di lahan dengan kecepatan median angin yang rendah.
- Bukaan ventilasi di permukaan datar lebih efektif pada sudut jarak yang besar dengan sesuai arah angin daripada yang di permukaan bulat (kubah lingkar). Ini karena tekanan negatif dari aliran permukaan lingkaran menghambat angin untuk masuk. Konsekuensiya, hanya bukaan yang mengarah ke atas yang menerima angin.
- Bukaan harus disediakan untuk sebagian besar dinding permukaan. Ini akan berefek pada lokasi area pendukung dan peralatan besar. Ujung yang tidak berventilasi, tangga, dll, harus dihindari.
- Pengoperasian penutup teleskop bisa mengefek pada teleskop lain di lahan yang sama. Pengoperasian ini turbulensi dan memperpanjang sekitar enam dimensi penutup kebawah.

4. Degradasi Gambar Termal



Gambar 9. Prinsip dasar kontrol termal penutup kubah di malam (kiri) dan siang (kanan) (Sumber: The design and construction of large optical telescopes, Pierre Y. Bely : 2003)

Massa termal observatorium merupakan pertimbangan kritis karena massa bangunan perlahan-lahan akan memanas pada tengah hari lalu

membebaskan panas saat petang. Begitu panas dilepaskan menyebabkan perubahan indeks refraksi optik udara di dalam observatorium yang menyebabkan degradasi gambar. Massa termal yang rendah akan meminimalkan penyimpanan panas dan mengurangi waktu yang dibutuhkan observatorium untuk mendekati suhu lingkungan luar dengan cepat. Massa termal mencakup massa sebenarnya dari bahan, panas spesifiknya, luas permukaan, dan dapat dikurangi dengan mengisolasi permukaan bahan. Konstanta waktu dapat sangat dikurangi dengan ventilasi.

Angin dapat memberikan ventilasi alami jika bangunan dirancang dengan kisi-kisi di tempat yang tepat. Namun, bahkan di lokasi terbaik, ventilasi bertenaga yang cukup harus disediakan. Pendinginan teleskop dan observatorium disediakan untuk menyediakan kondisi termal yang sangat terkontrol.

Observatorium yang dirancang dengan massa termal rendah merupakan pertimbangan utama. Dinding bangunan observatorium melingkar termasuk balok cincin penyangga kubah baja dibuat menggunakan konstruksi bangunan baja biasa. Pipa baja persegi digunakan untuk kolom dan dindingnya adalah aluminium bergelombang.

Lantai pengamatan adalah area lain di mana massa termal rendah sangat penting. Lantai pengamatan dinaikkan sekitar 30 inci di atas lantai beton membentuk ruang merangkak. Untuk meminimalkan massa termal, lantai pengamatan adalah pelat aluminium. Lantai beton di bawahnya ditutupi dengan isolasi dan dermaga teleskop juga diisolasi di ruang merangkak ini. Lantai pengamatan tidak pas di sekitar alas teleskop. Celah telah diisi dengan logam berlubang untuk memungkinkan ventilasi.

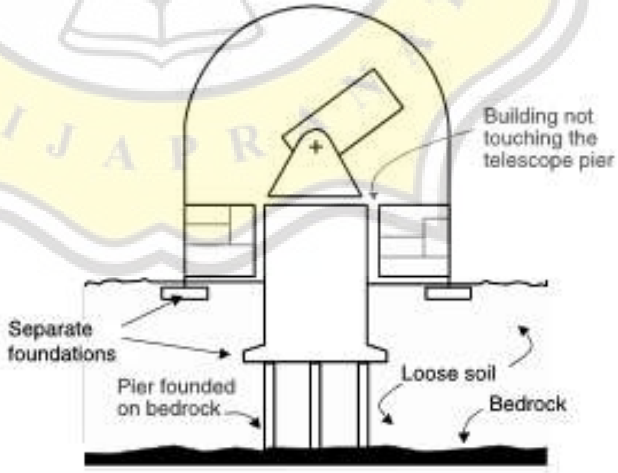
Kubah dengan lapisan insulasi busa karet di permukaan bagian dalam. Dinding kubah harus diisolasi untuk mendinginkan di Timur, Selatan, dan Barat karena dinding dan struktur penyangga baja melakukan pemanasan pada siang hari. Panas ini membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menghilang dan menyebabkan degradasi gambar.

Ventilasi bertenaga dirancang ke dalam observatorium. Kipas yang terletak di ruang merangkak yang akan menarik udara melalui rana kubah terbuka dan buang melalui kisi-kisi disisi kubah di bawah lantai pengamatan.

Jumlah ventilasi yang dibutuhkan di lokasi yang baik adalah sekitar satu massa teleskop udara per jam. Massa termal observatorium juga perlu dipertimbangkan. Pada observatorium massa termal tinggi, ventilasi sebagian besar mendinginkan bangunan karena massa termal teleskop adalah sebagian kecil dari massa termal bangunan.

5. Vibrasi

Getaran teleskop merupakan kriteria kritis. Observatorium atap di mana kualitas gambar dan kegunaan observatorium sangat dibatasi oleh getaran dermaga teleskop. Teleskop ditopang pada dermaga beton dengan penampang persegi panjang. Dermaga melewati lantai dan mengikat ke dalam pijakan. Pijakan turun ke batuan dasar basal dan benar-benar terisolasi dari pijakan bangunan. Sebuah celah dipertahankan antara dermaga dan setiap lantai yang dilewati dermaga dan tidak ada komponen bangunan apapun yang melekat pada dermaga. Di antara diameter luar pondasi dan tanah yang diisi kembali, pondasi ditutupi dengan material dengan kepadatan rendah untuk meminimalkan transmisi gelombang getaran horizontal. Perubahan kerapatan mencerminkan gelombang getaran daripada mentransmisikan gelombang ke dalam pijakan. Permukaan atas pondasi juga ditutupi dengan material berdensitas rendah untuk memisahkan getaran vertikal atau horizontal yang dapat ditransmisikan dari aliran pertama ke pondasi. (Engineering, n.d.)



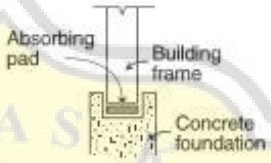
Gambar 10. Memisahkan dermaga teleskop dari bangunan untuk meminimalisir transmisi vibrasi. (Sumber: The design and construction of large optical telescopes, Pierre Y. Bely : 2003)

Tes optik dilakukan di mana dermaga dipukul dan mengamati gerakan

gambar yang dihasilkan. Ketika beban yang sangat tinggi diterapkan, gerakan gambar terdeteksi dan gerakan gambar diredam dalam sepersekian detik. Dalam penggunaan normal, orang tidak melihat gerakan gambar apa pun yang datang dari gedung, rotasi kubah, atau lift di dekatnya.

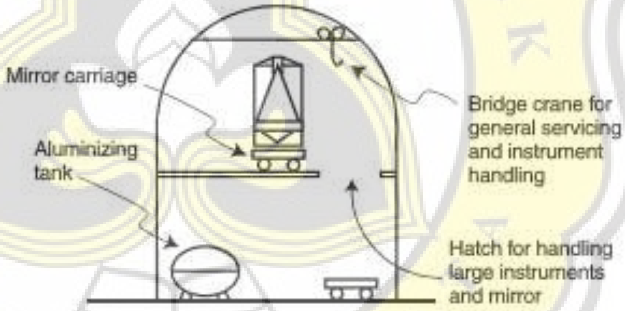
Bangunan juga mengalami serangan dari angin, ini dapat menyebabkan adanya gaya tambahan yang bisa mempengaruhi tanah dan dermaga.

Pada Gambar 11, untuk menambahkan insulasi, bangunan yang menopang kulit kubah teleskop dapat diberi pad penyerap. (Bely, 2003)



Gambar 11. Bahan penyerap diberi pada dasar bangunan untuk menghindari adanya transmisi vibrasi ke dermaga (Sumber: The design and construction of large optical telescopes, Pierre Y. Bely : 2003)

6. Keamanan Personil dan Peralatan



Gambar 12. Pemasangan alat berat pada kubah untuk *maintenance* (Sumber: The design and construction of large optical telescopes, Pierre Y. Bely : 2003)

Keselamatan personel disediakan dengan menutup celah antara alas teleskop dan lantai pengamatan, mengendalikan arus orang di sekitar teleskop, dan dengan mengendalikan perabotan di lantai pengamatan. Tangga jalan masuk saat ini dan pegangan tangan sudah memadai.

Menempatkan lantai pengamatan pada ketinggian yang tepat relatif terhadap teleskop dan memiliki teleskop pemasangan garpu khatulistiwa memudahkan pengamatan dan meningkatkan keselamatan personel. Teleskop dudukan garpu memiliki sedikit ayunan lensa mata yang menghasilkan perubahan ketinggian lensa mata yang lebih sedikit.

Merancang lantai pengamatan pada ketinggian yang tepat menyederhanakan pemeliharaan teleskop dan peralatan penanganan cermin. Lift kursi roda menyediakan cara yang nyaman dan aman untuk mengangkut cermin utama dari lantai pengamatan ke lantai bangunan. (Engineering, n.d.)

7. **Penempatan Kabel Elektrikal**

Dermaga teleskop dirancang dengan saluran internal yang mengarah dari bawah alas teleskop dan keluar dari sisi utara dermaga. Teleskop dan kabel instrumen melewati struktur teleskop, melalui poros kutub, dan ke alas. Kabel kemudian masuk ke saluran di dermaga dan lari ke ruang kontrol. Sangat sulit untuk menarik kabel melalui saluran berdiameter kecil, sehingga saluran harus berdiameter minimal 4 inci dan 6 inci lebih baik.

Dermaga memiliki saluran yang mengalir dari permukaan atas keluar melalui muka utara dermaga di dalam ruang perayapan. Kabel kemudian melintasi lantai ruang merangkak beton terisolasi dan kemudian melalui saluran ke ruang kontrol. Saluran di dinding ruang kontrol ditutup dengan busa sel tertutup untuk mencegah udara hangat dari ruang kontrol masuk ke observatorium.

Setiap saluran yang memasuki dermaga teleskop harus memiliki celah kecil di mana mereka memasuki dermaga atau mereka akan mengirimkan getaran dari bangunan ke dalam dermaga. (Engineering, n.d.)

8. **Sirkulasi Pengguna Difabel dan Visual**

Observatorium juga menyediakan akses penuh ke lensa mata teleskop pada pengguna kursi roda serta lift kursi roda ke lantai pengamatan.

Lantai observasi diakses dari salah satu sisi observatorium atau dengan menggunakan lift kursi roda. Pengamat visual membentuk antrian menuju kuadran utara lantai pengamatan.

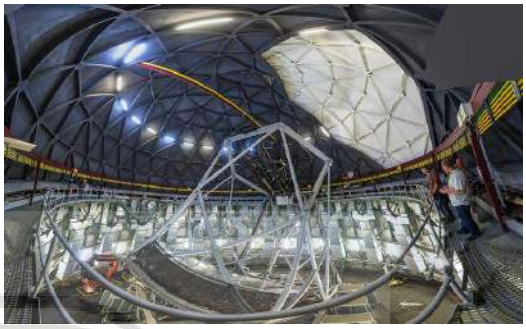
Kelompok-kelompok kecil dapat duduk di kursi setengah lingkaran yang ditempatkan di bawah teleskop.

Salah satu bidang perbaikan untuk akses teleskop akan menyediakan penghalang termal antara observatorium yang sebenarnya dan serambi pintu masuk. Saat ini area ini terbuka dan menghasilkan volume observatorium yang lebih besar yang terbuka untuk lingkungan termal gedung. Pintu "*strip*" plastik bening akan memberikan kontrol yang cukup terhadap pertukaran udara antara

foyer dan observatorium dan akan menghasilkan gambar yang lebih baik. (Engineering, n.d.)

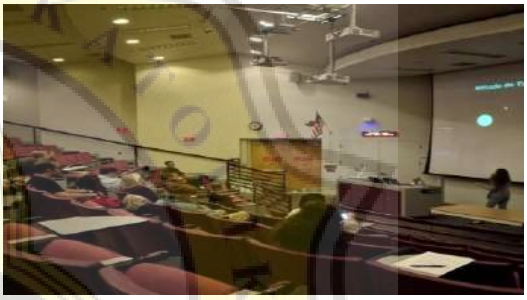
2.1.2.2. Gambaran Aktivitas

Gambar 13. Observing Deck (Sumber: NYC Observatorion Deck)



Gambar 14. Ruang Teleskop (Sumber: TMT International Observatory)

Gambar 15. Perpustakaan (Sumber: Allegheny Observatory)



Gambar 16. Ruang Ceramah (Sumber: Steward Observatory)

Gambar 17. Galeri (Sumber: Royal Observatory)

Gambar 18. *Housing* (Sumber: Arecibo Observatory)

Gambar 20. Ruang Kontrol (Sumber: NASA)

Gambar 19. *Lounge* (Sumber: The Observatory Theatre)

Aktivitas observatorium diatas bersifat profesional namun bisa digunakan

untuk publik, peminat astronomi, maupun peneliti astronomi secara profesional, edukasional atau amatir.

2.1.2.3. Gambaran Fasilitas

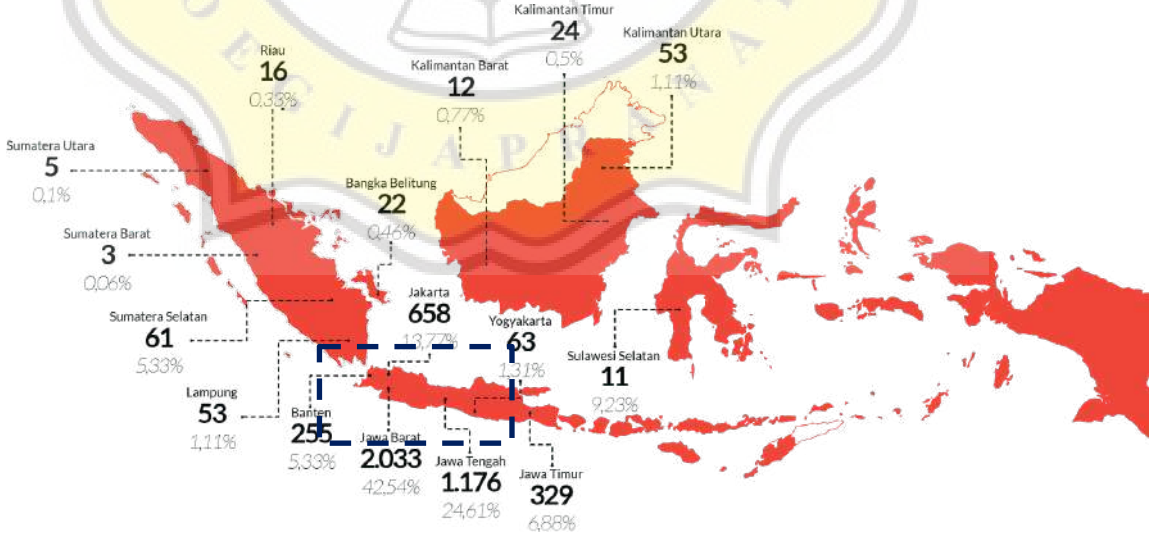
Intinya observatorium menyediakan kebutuhan ruang antara lain;

- *Observing platform*
- Gudang
- *Entrance Hall*
- *Terrace*
- Perpustakaan
- Kantor
- Ruang Teleskop
- Ruang Ceramah
- Ruang Elektrikal
- Dapur
- Galeri
- Ruang Komputer
- Ruang Kontrol
- *Lounge*
- *Housing*
- Ruang Analisa

Diantara kebutuhan tersebut, yang menjadi kebutuhan pertama untuk pengamatan dan penelitian astronomi merupakan *observing platform,* ruang teleskop, kantor, ruang komputer, dan ruang kontrol. Sedangkan yang lain merupakan fungsi pendukung untuk publik maupun peneliti.

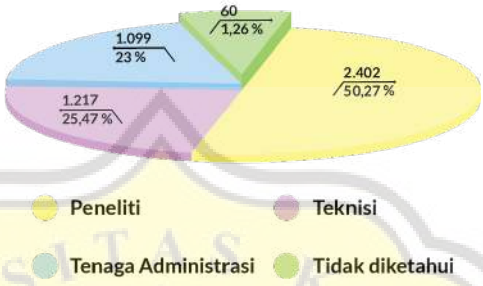
2.2. Gambaran Umum Lokasi

2.2.1. Urgensi terkait Kota yang dipilih



Gambar 21. Sebaran tenaga kerja litbang industri berdasarkan provinsi tahun 2016 (Sumber: Landskap Ilmu Pengetahuan dan Teknologi di Indonesia, Ristekdikti : 2017)

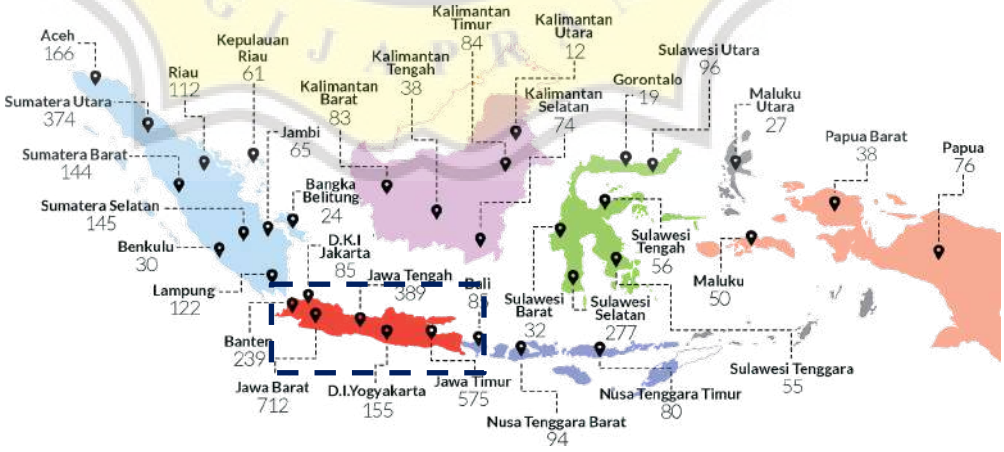
Lokasi yang dipilih merupakan daerah perbatasan Kecamatan Ijen, Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur. Tujuan dari observatorium di belahan Jawa Timur adalah meningkatkan kemampuan IPTEK Indonesia menjadi kelas dunia. Lalu, penaikan kalau tidak pemanfaatan tempat kawasan timur Pulau Jawa, dengan komposisi ekuitas. Observatorium diharapkan memanfaatkan dan menaikan mutu sumber daya manusia pada kawasan timur Pulau Jawa.



Gambar 22. Sebaran tenaga kerja litbang industri berdasarkan klasifikasi pekerjaan (Sumber: Landskap Ilmu Pengetahuan dan Teknologi di Indonesia, Ristekdikti : 2017)

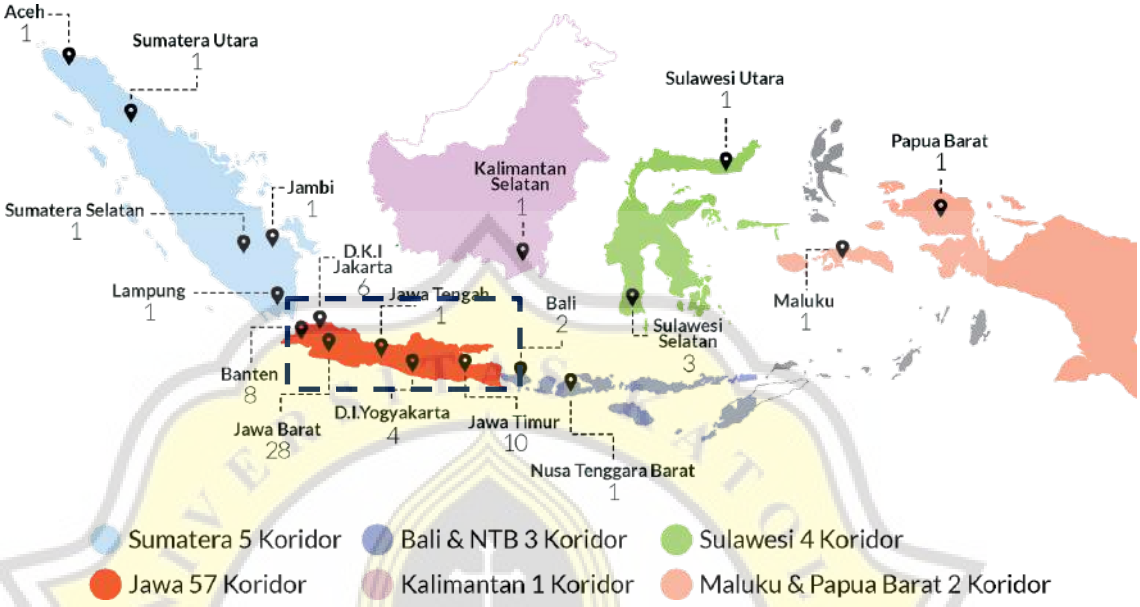
Ada total penyebaran SDM pada bagian Indonesia Barat, yaitu 4.778 orang. Tidak semua dari 4.778 tenaga kerja litbang industri tersebut yang merupakan peneliti. Tercatat, hanya 50% yang merupakan peneliti litbang industri. Namun bagian Jawa Timur hanya memiliki SDM sebanyak 6,88%. Ini menjadi perbandingan yang jauh antara wilayah Pulau Jawa bagian Barat dan Timur dalam perkembangan SDM.

Kekuatan institusi IPTEK di bagian Timur belum terlalu banyak dibandingkan dengan institusi IPTEK bagian Barat. Masih sangat minim sehingga pemerataan kapasitas kualitas IPTEK perlu diperbanyak di bagian Timur agar bisa bersaing dan tidak berat sebelah.



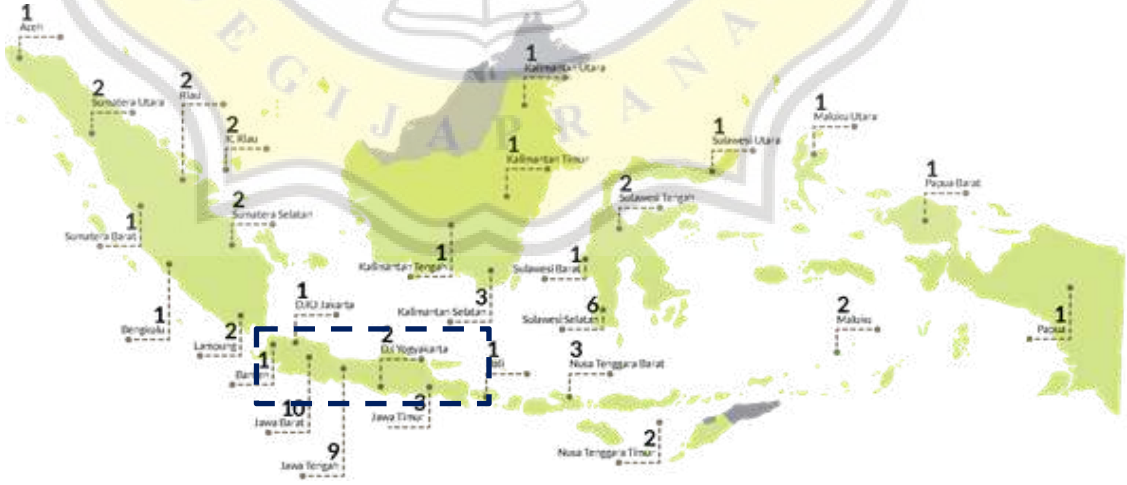
Gambar 23. Pemetaan kekuatan institusi Iptek setiap provinsi (Sumber: Landskap Ilmu Pengetahuan dan Teknologi di Indonesia, Ristekdikti : 2017)

Ditambah lagi, pusat kelembagaan IPTEK yang menampung adanya kolaborasi riset dan penelitian dengan organisasi-organisasi masih sangat minim di bagian Timur. Sehingga kapasitas informasi, kapasitas riset, dan kapasitas diseminasi belum bisa terakses dengan maksimal. Bagian Timur masih 1 dari 6 koridor PUI.



Gambar 24. Sebaran pusat unggulan Iptek setiap provinsi (Sumber: Landskap Ilmu Pengetahuan dan Teknologi di Indonesia, Ristekdikti : 2017)

Sebagian besar STP berada di Pulau Jawa, tepatnya 26 STP atau 39% dari jumlah STP nasional. Jawa Barat menjadi provinsi dengan STP terbanyak yaitu 10 STP, disusul Jawa Tengah (9 STP). Bagian Jawa Timur masih 3 STP. Artinya, hanya 1 dari 9 STP di Pulau Jawa yang berada di kawasan Jawa Timur. (RISTEKDIKTI, 2017)



Gambar 25. Sebaran kawasan sains dan teknologi (STP) berdasarkan area 2016 (Sumber: Landskap Ilmu Pengetahuan dan Teknologi di Indonesia, Ristekdikti : 2017)

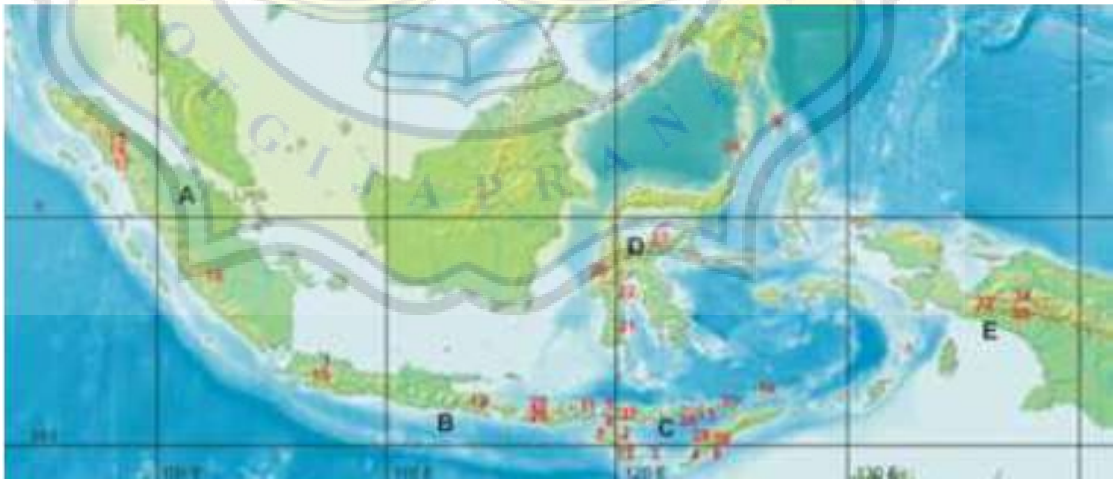
Pemilihan tempat untuk pembangunan observatorium di Indonesia dengan acuan

dekat dengan khatulistiwa. Indonesia terletak pada 95°-141°E dan 6°N sampai 11°S. Ini mempresentasikan kawasan geografis yang luas dan seluruhnya daerah tropis. Mengingat juga bahwa Indonesia adalah kepulauan didominasi dengan laut, disertai dengan beberapa pulau besar dan banyak pulau kecil-kecil. Ini akan menjadi perpanjangan dari observatorium astronomi yaitu, Observatorium Bosscha yang berlokasi di Lembang (107°35'E, 6°49'S), sebagai satu-satunya observatorium utama di Indonesia. (Hidayat et al., 2012)

Peneliti, pengunjung, maupun mahasiswa bisa hadir untuk belajar terkait dengan sains, seperti Universitas Jember, UNESA, Universitas Brawijaya, Universitas Islam Negeri, ITS, dan Universitas Airlangga dapat menggunakan fasilitas sebagai edukasi publik seperti observasi planet ekstrasurya, pelaksanaan citra ilmu alam dengan teropong, automasi dan kontrol jarak jauh, telaah sensor muka gelombang Shack-Hartmann, telaah cara perubahan kaca teropong dengan metode elektromagnetik, serta kegiatan Arona. Seperti halnya, Institut Teknologi Bandung bekerja sama dengan Observatorium Bosscha di wilayah Indonesia Barat. (Wibawa, 2017).

2.2.1.1. Analisis Pemilihan Tempat

Pertimbangan pemilihan lokasi didasari pada hasil studi data satelit meteorologis selama 15 tahun fraksi langit cerah pada Indonesia (1996-2010) dengan 4 satelit yang berbeda.



Gambar 26. Peta Indonesia; (A) Sumatra, (B) Jawa, Bali, dan NTB, (C) NTT, (D) Sulawesi, (E) Papua. Nomor identifikasi yang tercantum di peta mengindikasikan posisi tempat yang akan dianalisis (Sumber: Clear sky fraction above Indonesia: an analysis for astronomical site selection, T. Hidayat : 2012)

Kriteria pemilihan tempat observatorium secara umum; (1) berlokasi di tempat

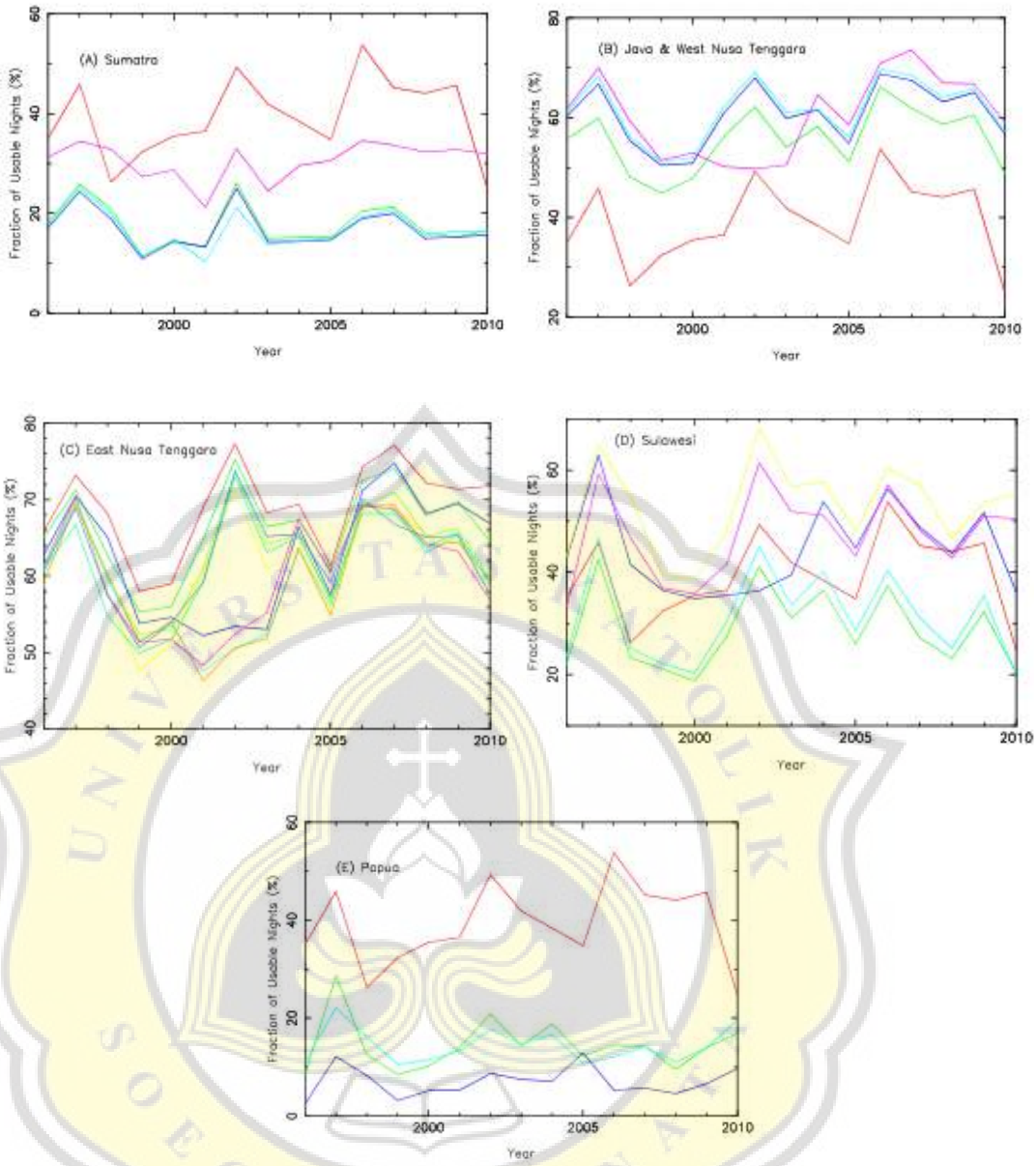
yang tinggi, dianjurkan lebih dari 2500 m; (2) jauh dari populasi yang padat, dianjurkan di taman nasional dengan ijin khusus; (3) secara akses leluasa; (4) adanya ketersediaan infrastruktur, seperti listrik, dan jalan atau energi terbarukan dianjurkan.

Tabel 3. 34 lokasi di Indonesia dianalisa dan fraksi langit cerah yang sesuai dari 2006 sampai 2010. (Lihat Gambar 1) (Sumber: Clear sky fraction above Indonesia: an analysis for astronomical site selection, T. Hidayat : 2012)

No	Site	Region†	Longitude (East)	Latitude	Alt. (m)	Clear sky fraction (per cent)					
						2006	2007	2008	2009	2010	Mean*
	*Sea-level***										
1	Jatiwangi	B	108°10′1″	−6°46′4″	45	59.9	51.9	48.9	51.7	31.8	48.8
2	Waingapu	C	120°16′1″	−9°39′46″	20	72.9	75.0	71.0	70.5	67.0	71.3
3	Kupang***	C	123°34′40″	−10°10′19″	25	73.2	73.8	69.8	70.4	66.5	70.7
	*Low-altitude***										
4	Sawu***	C	121°52′38″	−10°33′6″	320	75.4	78.4	74.1	73.6	74.2	75.1
5	Komodo	C	119°26′51″	−8°33′52″	800	72.5	74.5	70.0	69.8	63.9	70.1
6	Rinca	C	119°40′19″	−8°45′16″	700	71.7	72.3	69.1	68.3	63.4	69.0
7	South Tambolaka	C	119°16′28″	−9°35′26″	878	70.8	72.3	68.4	66.7	61.7	68.0
8	East Kupang	C	123°59′18″	−10°15′43″	665	72.8	73.7	70.6	70.6	66.4	70.8
9	Talaud	D	126°49′33″	+4°18′38″	640	56.4	55.4	45.3	52.2	58.4	53.5
	Mountain sites										
10	Lembang***	B	107°36′56″	−6°49′28″	1310	56.4	47.8	46.9	48.6	29.1	45.8
11	East Sumbawa	B	118°55′27″	−8°28′56″	1419	72.2	75.0	70.6	69.3	62.4	69.9
12	South Waingapu	C	120°14′11″	−10°6′56″	1200	71.3	74.3	69.3	70.5	67.5	70.6
13	Sirung	C	124°6′19″	−8°31′7″	1310	72.7	71.6	67.6	68.0	63.5	68.7
14	Wetar	C	126°20′47″	−7°41′9″	1390	70.3	69.3	65.2	65.1	57.5	65.5
15	Sinabung	A	98°23′77″	+3°10′19″	2400	23.9	24.2	19.0	19.7	21.3	21.6
16	Sibayak	A	98°25′58″	+2°55′10″	2400	22.6	23.4	19.1	20.2	20.7	21.2
17	Silimapuluh	A	98°44′56″	+2°27′23″	2100	24.1	24.9	20.3	21.9	21.9	22.6
18	Kerinci	A	101°54′26″	−2°20′8″	2000	29.6	26.2	24.9	26.0	25.9	26.5
19	West Java	B	114°8′10″	−8°6′45″	2340	66.1	63.2	59.5	61.0	48.0	59.7
20	Tibo	D	119°22′22″	−2°44′53″	3000	45.8	38.4	32.8	41.0	33.5	38.3
21	Lombosang	D	119°56′48″	−5°18′48″	2700	57.5	49.4	45.8	53.1	38.1	48.8
22	Bantemario	D	120°2′26″	−3°24′33″	3400	45.8	37.4	31.6	41.4	29.2	37.1
23	Binohoe	D	122°11′27″	−1°3′50″	2518	54.4	46.6	38.9	48.9	46.3	47.0
24	Sangihe-Sisi	D	125°24′27″	+2°46′54″	1770	62.4	59.1	48.4	56.2	58.9	57.0
25	Rinjani 1	B	116°27′36.3″	−8°24′44.9″	3520	69.3	70.0	66.2	67.1	58.5	66.2
26	Rinjani 2	B	116°34′7.9″	−8°25′40.6″	2157	70.5	71.2	67.5	68.0	59.4	67.3
27	Ruteng	C	120°31′18″	−8°38′12″	2100	67.5	67.7	65.2	63.9	57.5	64.4
28	Lembata	C	123°23′3″	−8°32′38″	1590	71.5	71.9	68.1	67.7	63.7	68.6
29	Timau	C	123°56′15″	−9°34′46″	1685	70.6	70.1	66.9	67.2	60.9	67.1
30	Mutis	C	124°13′43″	−9°33′39″	2347	69.5	69.1	66.1	66.9	60.8	66.5
31	Alor	C	125°1′13″	−8°13′14″	1700	72.5	70.6	67.6	66.9	61.9	67.7
32	Erekebo	E	135°51′36″	−3°51′15″	3700	23.9	21.9	17.6	22.9	24.6	22.2
33	Puncak Jaya 1	E	137°9′23″	−4°4′37″	4700	10.6	9.3	7.4	10.8	13.7	10.4
34	Puncak Jaya 2	E	137°18′41″	−3°45′27″	4020	22.6	22.3	20.1	22.2	27.7	23.0

Notes: †indicated in Fig. 2; *mean of 5 years; **for comparisons; ***sites for reference

Pada Tabel 1, dilakukan perbandingan fraksi langit cerah yang dapat menggantikan Observatorium Bosscha. Observatorium Bosscha mengalami cuaca ekstrim pada tahun 2010. Dalam pembahasan fraksi, nilai di Lembang turun sampai 29% dari rata-rata 50% dari 4 tahun sebelumnya. Jadi, rata-rata fraksi pada Lembang hanya 46% (kotak biru pada Tabel 1). Dibandingkan dengan lokasi di Jawa, Bali, dan NTB (kotak ungu pada Tabel 1) yang memiliki fraksi sekitar 60-70%, lalu di Sulawesi (kotak orange pada Tabel 1) yang memiliki fraksi sekitar 47-57%, dan yang terakhir di NTT (kotak hijau pada Tabel 1) yang memiliki fraksi sekitar 64-70% dan setiap wilayah mengalami degradasi pada tahun 2010 (sekitar 5%).



Gambar 27. Fraksi Malam per Tahun dari 1996 - 2010; (A) Sumatra, (B) Jawa, Bali, dan NTB, (C) NTT, (D) Sulawesi, (E) Papua. Perbandingan antara lokasi tiap daerah (garis selain merah) dengan Lembang (garis merah) (Sumber: Clear sky fraction above Indonesia: an analysis for astronomical site selection, T. Hidayat : 2012)

Total langit cerah (fotometrik) dan langit transisi (spektroskopik) dari 1996 sampai 2010. Pada bagian pegunungan Jawa dan NTB, mempunyai fraksi malam 25 - 75% per tahun dan jumlah malam cerah sampai 78% per tahun. Pada bagian Sumatra, mempunyai fraksi malam 10 – 55% per tahun dan jumlah malam cerah sampai 58% per tahun. Pada bagian Sulawesi mempunyai fraksi malam 18 – 70% per tahun dan jumlah malam cerah sampai 73% per tahun. Pada bagian NTT, mempunyai fraksi malam 55 – 65% per tahun dan jumlah malam cerah sampai 68%. Terakhir, Papua mempunyai fraksi malam 4 – 55% per tahun dan jumlah malam cerah sampai 58%.

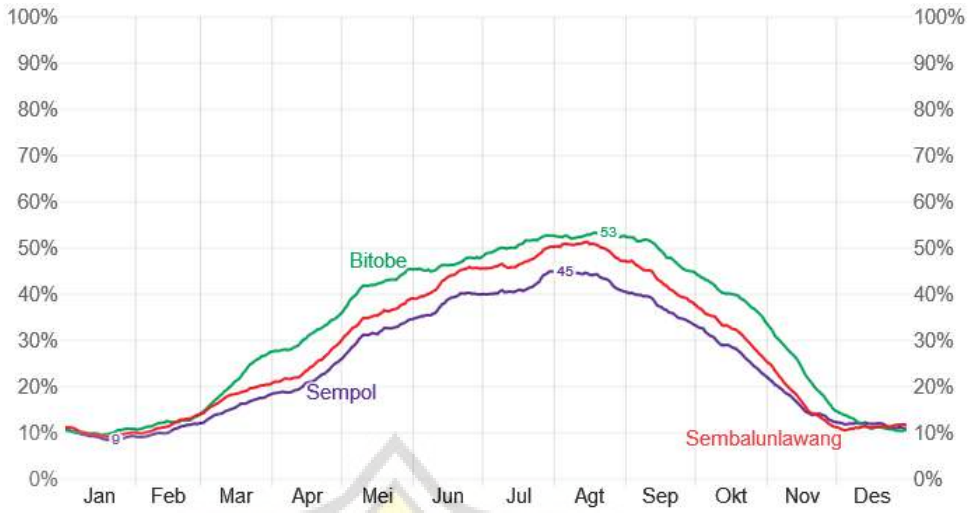
Malam spektroskopik berkontribusi dibawah 5%. (Hidayat et al., 2012)

Tabel 4. Rata-rata 15 tahun fraksi malam dengan satuan persentase (Sumber: Clear sky fraction above Indonesia: an analysis for astronomical site selection, T. Hidayat : 2012)

Sites	Cl.	Tr.	Op.	Usable	σ*
(4) Sawu**	65.0	4.1	30.9	69.1	5.9
(3) Kupang**	61.6	4.6	33.7	66.3	6.0
(29) Timau	58.6	4.6	36.7	63.3	6.3
(12) S. Waingapu	58.2	4.5	37.3	62.7	7.8
(31) Alor	57.1	5.6	37.4	62.6	6.3
(30) Mutis	57.1	4.7	38.2	61.8	6.5
(26) Rinjani 2	56.2	5.5	38.3	61.7	6.1
(27) Ruteng	56.3	5.1	38.5	61.5	6.9
(25) Rinjani 1	55.1	5.6	39.3	60.7	6.0
(11) E. Sumbawa	55.2	5.2	39.5	60.5	8.2
(14) Wetar	54.3	5.6	40.1	59.9	7.3
(13) Sirung	54.4	5.1	40.6	59.4	7.3
(28) Lembata	54.3	4.9	40.8	59.2	7.5
(19) West Ijen	49.8	5.9	44.3	55.7	6.3
(24) Sangihe-Siau	44.8	8.0	47.1	52.9	8.7
(23) Binolus	39.4	8.0	52.6	47.4	8.5
(10) Lembang**	33.8	5.5	60.7	39.3	8.2
(22) Rantemario	25.1	6.1	68.8	31.2	8.8
(18) Kerinci	24.1	6.5	69.4	30.6	3.8
(20) Tibo	22.5	6.2	71.3	28.7	7.8
(21) Lombosang	38.3	6.0	71.3	28.7	8.6
(15) Sinabung	13.0	4.7	82.3	17.7	4.4
(16) Sibayak	12.3	4.5	83.2	16.8	4.0
(17) Silimapuluh	12.2	4.5	83.2	16.8	3.9
(32) Erekebo	9.3	5.2	85.5	14.5	5.3
(34) P. Jaya 2	8.9	5.4	85.6	14.4	3.5
(33) P. Jaya 1	2.9	4.0	93.0	7.0	3.0

Notes: *Standard deviation of usable night; **Reference site; Cl. = clear, Tr. = Transitional, Op. = opaque; the number in the bracket corresponds to the site number (see Table 3).

Dibandingkan dengan daerah Jawa dan NTB (kotak ungu di Tabel 2), daerah lain memiliki fraksi yang bagus, yaitu NTT. Sedangkan Sulawesi fraksinya dibawah Jawa, NTB dan NTT.

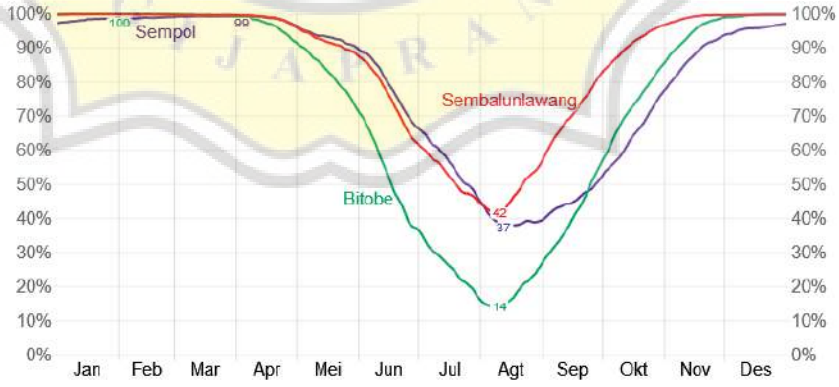


Gambar 28. Perbandingan Peluang Langit yang lebih Cerah 2022**.** Persentase waktu saat langit cerah, sebagian besar cerah, atau sebagian berawan (yaitu, kurang dari 60% langit tertutup awan). Sempol (Jawa), Sembalunlawang (NTB), Bitobe (NTT). (Sumber: Weatherspark)

Tabel 5. Perbandingan Peluang Langit Cerah 2022. Sempol (Jawa), Sembalunlawang (NTB), Bitobe (NTT) (Sumber: Weatherspark)

Langit yang Lebih Cerah	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Sempol	9%	11%	16%	21%	32%	38%	42%	44%	37%	28%	16%	12%
Bitobe	10%	12%	22%	31%	42%	47%	51%	53%	49%	39%	23%	12%
Sembalunlawang	10%	12%	18%	25%	36%	43%	47%	50%	42%	32%	17%	11%

Maka, Jawa, NTB dan NTT merupakan tiga alternatif yang terbaik karena mempunyai malam fotometrik yang lebih dan kering dibandingkan lokasi daerah yang lain.

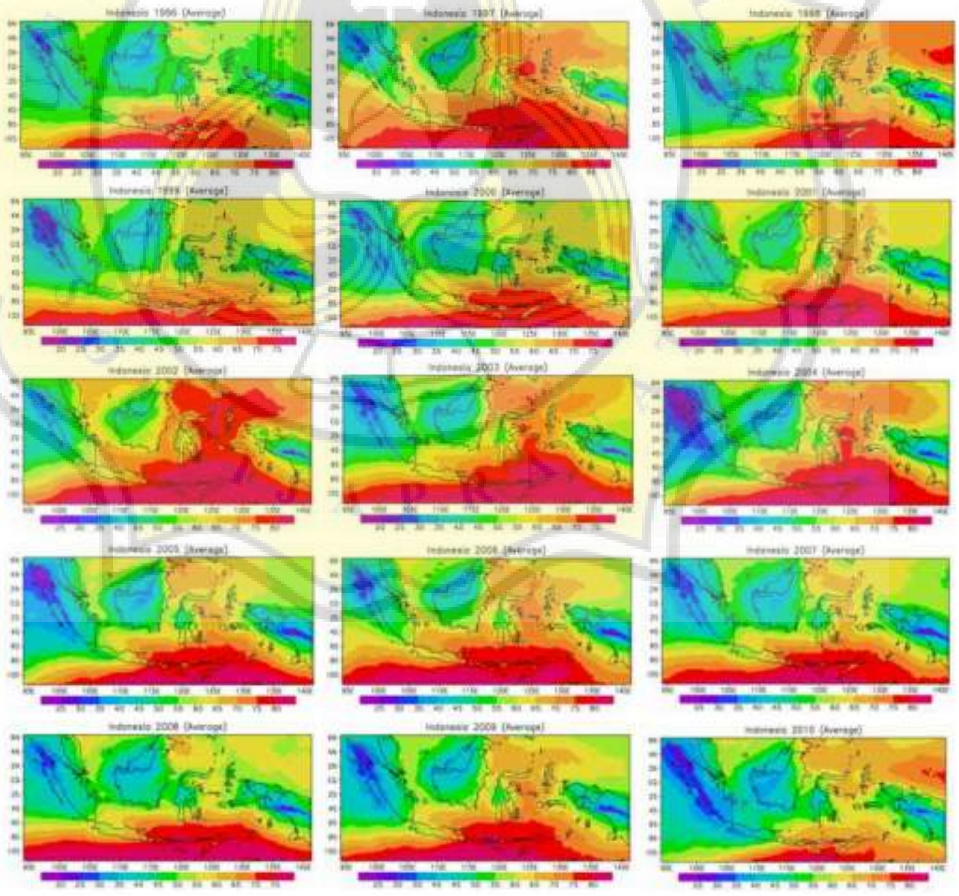


Gambar 29. Perbandingan Peluang Kondisi Panas dan Lembab 2022. Persentase waktu yang lembab , menyengat, atau panas dan lembab (yaitu, titik embun lebih besar dari 18°C). Sempol (Jawa), Sembalunlawang (NTB), Bitobe (NTT). (Sumber: Weatherspark)

Tabel 6. Perbandingan Peluang Kondisi Panas dan Lembab 2022. Sempol (Ijen), Sembalunlawang (Rinjani), Bitobe (Timau). (Sumber: Weatherspark)

Hari Lembab dan Panas	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Sempol	30,4hr	27,7hr	30,8hr	29,6hr	28,8hr	23,5hr	17,2hr	12,1hr	13,8hr	20,2hr	26,3hr	29,7hr
Bitobe	31,0hr	28,0hr	30,9hr	28,9hr	25,5hr	15,5hr	7,8hr	5,8hr	12,5hr	22,8hr	28,4hr	30,9hr
Sembalunlawang	31,0hr	28,0hr	30,9hr	29,6hr	28,4hr	22,4hr	16,1hr	14,7hr	21,4hr	28,4hr	29,7hr	30,9hr

Di samping itu, Jawa merupakan kepulauan yang dekat dengan ibukota sehingga pusat kawasan teknologi dan sains dapat terjangkau dengan para mahasiswa, peneliti, institut, dan pusat pemerintahan. Sedangkan NTB merupakan tempat pusat wisatawan para penduduk internasional, ini bisa menjadi potensi wisata penelitian astronomi atau taman wisata gelap. Terakhir NTT, merupakan tempat yang jadi rencana lahan LAPAN untuk membuat observatorium nasional. Tempat ini masih minim polusi cahaya dan penduduknya masih sedikit sehingga ini menjadi sangat optimal dalam pengamatan astronomi.



Gambar 30. Rata-rata fraksi langit cerah per tahun di Indonesia dari 1996-2010. Dapat dilihat bahwa bagian Tenggara secara konstan cerah. (Sumber: Clear sky fraction above Indonesia: an analysis for astronomical site selection, T. Hidayat : 2012)

Maka, dari daerah NTT diambil yang terbaik yaitu, Timau. Dari daerah NTB diambil yang terbaik yaitu, Rinjani 2 dan yang Jawa yaitu, Ijen.

Di samping fraksi cerah langit, pemilihan alternatif kawasan juga didasari oleh kriteria lahan observatorium dan beberapa faktor kawasan yang mendukung, penilaian pemilihan kawasan sebagai berikut;

Tabel 7. Penilaian Alternatif Kawasan untuk Astronomi (Sumber: Analisis Pribadi)

Kriteria/Lokasi	Timau (Kec. Amfoang Tengah, Kab. Kupang, NTT)	Rinjani 2 (Kec. Sembalun, Kab. Lombok Timur, NTB)	Sempol (Kec. Ijen, Kab. Bondowoso, Jawa Timur)
Fraksi Cerah Langit	5	4	3
Dataran Tinggi	2	3	4
Jarak Permukiman Padat	5	2	3
Aksesibilitas	3	3	4
Infrastruktur Sistem Jaringan	2	4	3
Keberadaan Institut/Penduduk sebagai User	2	3	5
Total	19	19	22

*) Nilai; 5=Sangat Ideal, 4=Ideal, 3=Netral, 2=Tidak Ideal, 1=Sangat Tidak Ideal

Konklusi, Ijen merupakan daerah lebih dari 65% per tahun dengan 10% ketidakpastian mempunyai langit cerah paling banyak dibandingkan dengan lokasi-lokasi lainnya. Mengingat bahwa daerah cerah sebagian besar berlokasi dibawa lintang 5°S dimana bagian tanah dari pulau kecil.

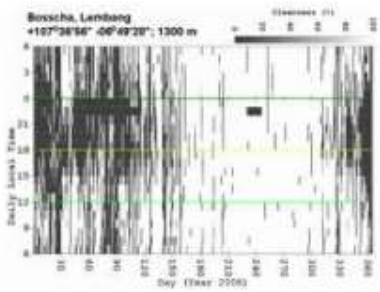
Di tempat tropis seperti Indonesia, ditemukan bahwa semakin tinggi daerahnya (pegunungan), maka semakin sering kehadiran awan. Daerah gunung di Jawa Timur secara sistematis lebih kering daripada di pesisir. Kawasan Gunung Ijen pada tinggi 2340 mdpl masih minim polusi cahaya dan polusi udara karena jauh dari permukiman, sehingga langitnya baik untuk pengamatan astronomi namun masih bisa dijangkau oleh para institut atau pengunjung karena adanya jaringan infrastruktur yang mewadahi untuk aksesibilitas.

Sedangkan, Observatorium Bosscha di Lembang, Bandung, sudah dikepung oleh permukiman sehingga polusi cahaya sudah meningkat. Disamping peningkatan polusi cahaya, adanya kenaikan suhu median kurang lebih 2° serta langit yang tambah berpolusi dan sudah dinobatkan sebagai cagar budaya pada tahun 2004. (Wibawa,

2017)

Tabel 8. Frekuensi yang didapat dari inspeksi visual langit diatas Lembang (Sumber: Clear sky fraction above Indonesia: an analysis for astronomical site selection, T. Hidayat : 2012)

	Visual obs.
Clear	278
Mainly clear	51
Mostly cloudy	176
Cloudy	241
χ^2	



Frekuensi bulan Mei-Juli 2010 , data diatas diklasifikasi menjadi 4 bagian (Steinbring et al. 2010) mendapatkan total 746 frekuensi (Tabel 3), namun jika dihitung malam hari saja, 256 frekuensi. (Hidayat et al., 2012)

Menurut *National Geographic* Indonesia bagusnya, observasi objek langit dilaksanakan pada gelap gulita kalau tidak magnitudo 22, sama ketika Observatorium terbangun. Skor keburaman kini ada penurunan pada 18 magnitudo. Dengan kata lain, angkasa pada daerah Observatorium Bosscha 40 kali tambah cerah dari saat Bosscha terbangun. (Nurfarida et al., 2017)

2.2.1.2. Fenomena dan Isu di Lapangan

Fenomena terkait fraksi pada tahun 2010, fraksi menurun antara 48% (Tabel 1), begitupun Observatorium Bosscha mengalami cuaca ekstrim pada tahun itu. Fraksi Jawa Timur yang cerah per bulan, dari April sampai September antara 48% sampai 66%. Mulai berubah pada bulan Oktober sampai Desember, dimana fraksi langit dibawah 20% yang diakibatkan oleh fenomena monsoon Asia. (Hidayat et al., 2012)

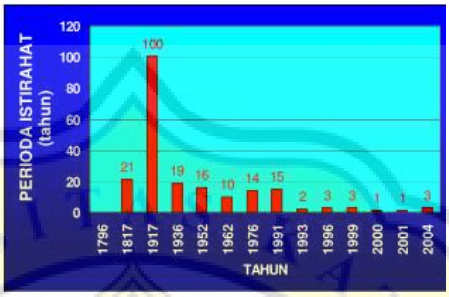
Lalu ada fenomena terkait astronomi yang sering terjadi di kawasan Ijen, yaitu *Milky Way* atau jua yang seringkali dipanggil Bima Sakti. Fenomena ini seringkali dapat dilihat dengan mata telanjang saat cuaca sedang cerah.

Terkait isu di lapangan, pada kawasan menuju Ijen sebuah tanjakan yang membentuk belokan huruf S kurang lebih 3 km sekaligus sering rusak karena terguyur air hujan. (Admin, 2022).

Namun, ada beberapa isu yang perlu diperhatikan seperti gunung vulkanik Ijen itu sendiri. Sebelumnya, Gunung Ijen pernah erupsi. Erupsi yang dulu berlangsung adalah freatik serta magmatik. Erupsi freatik seringkali berlangsung dikarenakan

Kawah Ijen sampai bersentuhan mewujudkan uap bertekanan besar secara langsung maupun tidak langsung antara air dan magma, membuat letusan.

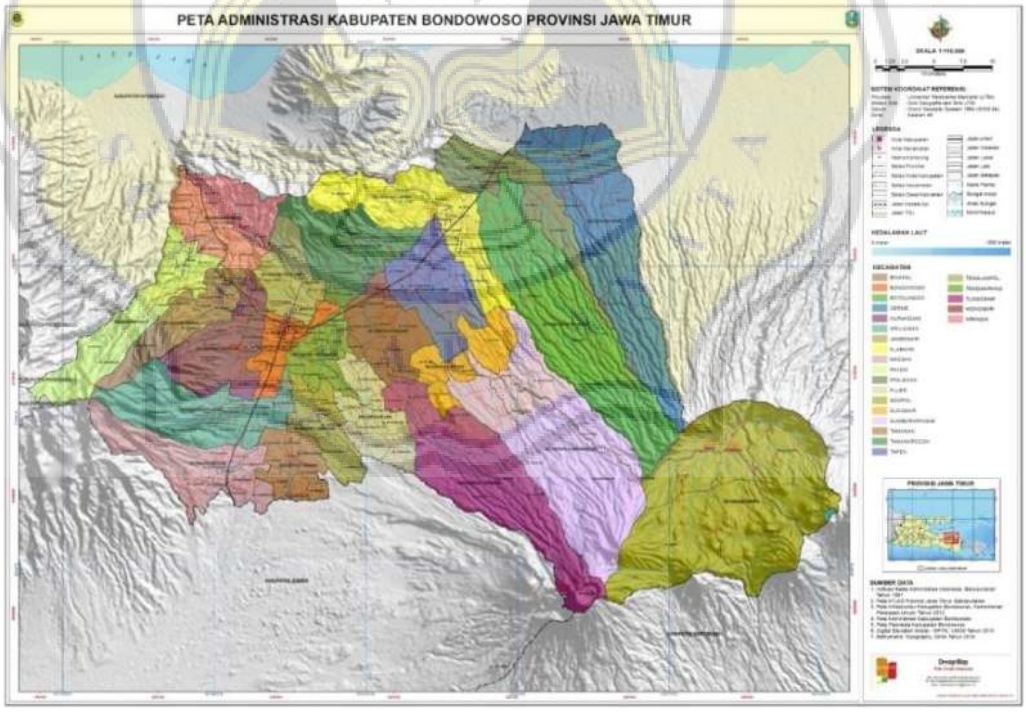
Sejarah aktivitasnya menunjukkan bahwa letusan freatik telah terjadi setiap satu hingga tiga tahun sejak 1991. Di sisi lain, siklus letusan 1917-1991 tercatat setiap 6 sampai 16 tahun. Letusan mematikan terbesar terjadi pada tahun 1817. Letusan freatik terakhir terjadi pada tahun 1993, menghasilkan kolom asap hitam setinggi 1000 m. (K. Bondowoso, 2018)



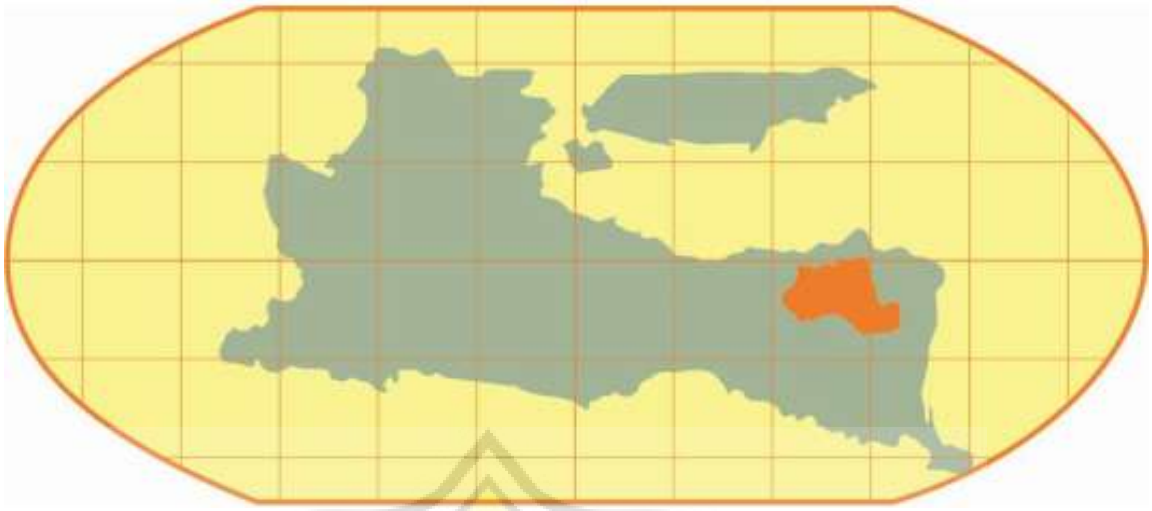
Gambar 31. Periode Istirahat Gunung Ijen (Sumber: Perencanaan Kontinjensi Kabupaten Bondowoso dalam Menghadapi Ancaman Letusan Gunung Ijen, BNPB : 2011)

2.2.2. Tata Ruang Kawasan

- **Wilayah Kabupaten Bondowoso**



Gambar 32. Peta Administrasi Kabupaten Bondowoso (Sumber: Pemerintah Kabupaten Bondowoso : 2021)



Gambar 33. Peta Wilayah Kabupaten Bondowoso dalam Peta Jawa Timur (Sumber: Kabupaten Bondowoso dalam Angka 2019, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso : 2019)

Kabupaten Bondowoso merupakan kabupaten di Jawa Timur pada sisi timur Pulau Jawa. Ibukota kabupaten merupakan Bondowoso. Kabupaten Bondowoso mempunyai luas daerah 1.560,10 km^2 dan geografisnya terletak di titik 113°48'10" - 113°48'26" BT hingga 7°50'10" - 7°56'41" LS. (B. P. S. Bondowoso, 2019a)

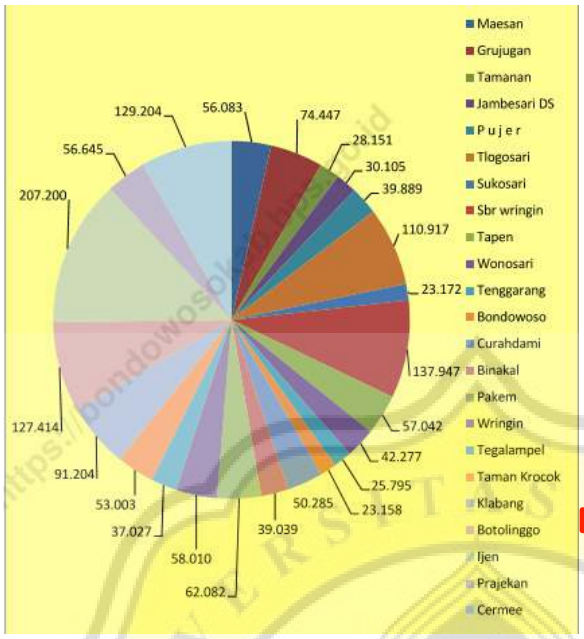
Kabupaten Bondowoso mempunyai temperatur kurang lebih 15,40 °C sampai 25,10 °C, serta jauh lebih dingin dikarenakan berada di tengah pegunungan Kendeng Utara, dan puncak seperti Gunung Raung serta Gunung Ijen pada sisi timur. Pada sisi barat terdapat gunung Hyang, yang menjulang ke atas adalah Gunung Argopuro, Gunung Krincing dan Gunung Kilap. Pada sisi utara adalah Gunung Alas Sereh, Gunung Biser dan Gunung Bendusa.

Kabupaten Bondowoso bisa diklasifikasi tiga daerah. Sisi barat adalah gunung-gunung (sebagian dari Pegunungan Iyang), sisi tengah adalah dataran tinggi serta perbukitan, dan sisi timur adalah gunung-gunung (bagian dari Dataran Tinggi Ijen). Sesuai administratif, Kabupaten Bondowoso dikategorikan 23 kecamatan, 10 kecamatan, serta 209 kampung. (Timur, n.d.)

Batasan Kabupaten Bondowoso merupakan:

- Utara : Kabupaten Situbondo
- Barat : Kabupaten Situbondo dan Kabupaten Probolinggo
- Selatan : Kabupaten Jember
- Timur : Kabupaten Situbondo dan Kabupaten Banyuwangi

Tabel 9. Luas Wilayah menurut Kecamatan di Kabupaten Bondowoso (km^2), 2018 (Sumber: Kabupaten Bondowoso dalam Angka 2019, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso : 2019)



	Kecamatan *District*	Ibukota Kecamatan *Capital of Subdistrict*	Luas (Km^2) *Total Area*	Persentase *Percentage*
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	Maesan	Maesan	56,083	3,59
2	Grujugan	Taman	74,447	4,77
3	Tamanan	Tamanan	28,151	1,80
4	Jambesari DS	Jambesari	30,105	1,93
5	Pujer	Kejayan	39,889	2,56
6	Tlogosari	Pakisan	110,917	7,11
7	Sukosari	Sukosari Lor	23,172	1,49
8	Sumber Wringin	Sbr wringin	137,947	8,84
9	Tapen	Tapen	57,042	3,66
10	Wonosari	Wonosari	42,277	2,71
11	Tenggarang	Tenggarang	25,795	1,65
12	Bondowoso	Dabasah	23,158	1,48
13	Curahdami	Curahdami	50,285	3,22
14	Binakal	Binakal	39,039	2,50
15	Pakem	Patemon	62,082	3,98
16	Wringin	Wringin	58,010	3,72
17	Tegalampel	Sekarputih	37,027	2,37
18	Taman Krocok	Taman Krocok	53,003	3,40
19	Klabang	Klabang	91,204	5,85
20	Ijen	Ijen	207,200	13,28
21	Botolinggo	Lumutan	127,414	8,17
22	Prajekan	Prajekan Lor	56,645	3,63
23	Cermee	Cermee	129,204	8,28
	Bondowoso		**1 560,100**	**100,00**

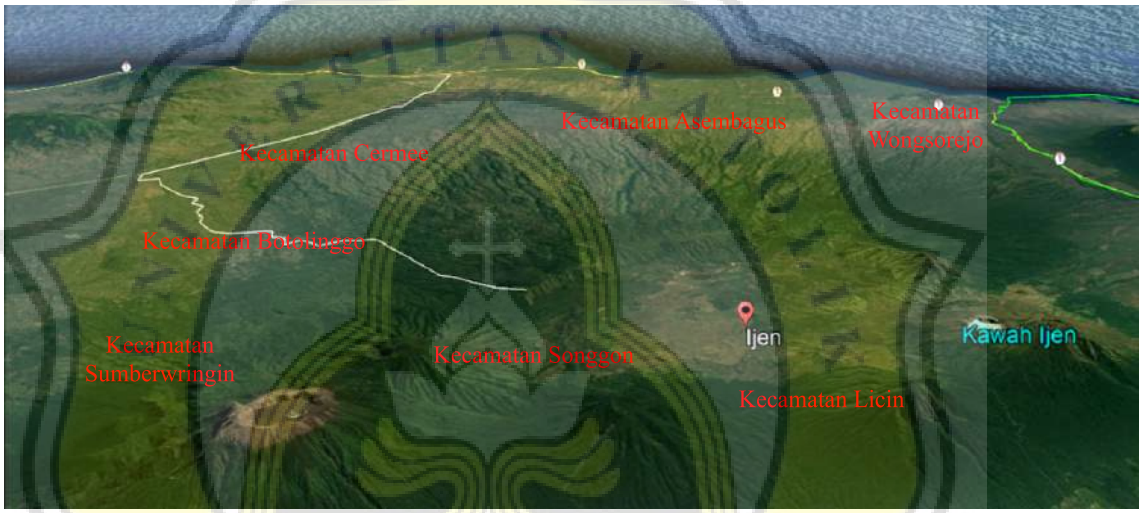
- **Kawasan Kecamatan Sempol yang Dipilih Berdasarkan Analisis**

Gambar 34. Peta Wilayah Kecamatan Ijen (Sumber: Kecamatan Ijen dalam Angka 2019, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso : 2019)

Kecamatan Ijen adalah satu dari 23 kecamatan pada Kabupaten Bondowoso dan terletak rata-rata 64 km sebelah Timur ibukota Kabupaten Bondowoso. Sesuai geografis, batas wilayah pada sisi;

- Utara : Kecamatan Arjasa, Kabupaten Situbondo
- Barat : Kecamatan Sukosari dan Kecamatan Klabang
- Selatan : Kecamatan Temuguruh, Kabupaten Banyuwangi
- Timur : Kecamatan Glagah, Kabupaten Banyuwangi

Kecamatan Ijen memiliki luas daerah 217.20 km^2 dengan 6 kampung yakni kampung Sempol, Kali Anyar, Kalisat, Jampit, Sumber Rejo, Kali Gedang serta mempunyai 32 desa/pedukuhan, 32 RW dan 81 RT.



Gambar 35. Lokasi Kawasan Kecamatan Ijen yang dipilih untuk Perencanaan Bangunan (Sumber: Analisis Pribadi)

Tabel 10. Luas Wilayah Kecamatan Ijen di Kabupaten Bondowoso (km^2), 2018 (Sumber: Kabupaten Ijen dalam Angka 2019, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso : 2019)

	Kecamatan *District*	Desa *Village*	Kelurahan *Village*
	(1)	(3)	(4)
1	Maesan	12	-
2	Grujugan	11	-
3	Tamanan	9	-
4	Jambesari DS	9	-
5	P u j e r	11	-
6	Tlogosari	10	-
7	Sukosari	4	-
8	Sbr wringin	6	-
9	Tapen	9	-
10	Wonosari	12	-
11	Tenggarang	11	1
12	Bondowoso	4	7
13	Curahdami	11	1
14	Binalal	8	-
15	Pakem	8	-
16	Wringin	13	-
17	Tegalampel	7	1
18	Taman Krocok	7	-
19	Klabang	11	-
20	Ijen	6	-
21	Botolinggo	9	-
22	Prajekan	7	-
23	Cermee	15	-
	Bendowoso	**209**	**10**

	Desa	Tinggi (m)	Luas (km^2)	Jarak Kantor Desa ke Kantor Kecamatan
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	Sempol	1 130	15,96	0,3
2	Kalianyar	870	40,28	3
3	Kalisat	1 100	9,16	2
4	Jampit	1 354	71,24	7
5	Sumber Rejo	1 260	30,31	9
6	Kaligedang	1 022	50,25	9,5
	Jumlah	**X**	**217,2**	**x**

Kawasan yang dipilih untuk perencanaan bangunan di perbatasan Kecamatan Ijen, berhimpitan dengan wilayah kecamatan Licin, Wongsorejo, Asembagus, Cermee, Botolinggo, Sumberwringin, dan Songgon seperti pada Gambar 35. Lokasi berada di dalam kawasan wisata gunung vulkanik dan hutan nasional sesuai dengan kriteria pemilihan tempat untuk observatorium (Lihat bagian 2.2.1.1.). (B. P. S. Bondowoso, 2019b)

2.2.2.1. Peraturan yang Berkait

Berdasarkan Perda Kabupaten Bondowoso No. 19 Tahun 2017 tentang RDTR dan Peraturan Zonasi Wilayah Bondowoso 2017-2037;

Syarat aturan zonasi bagi perda untuk aplikasi yang berkaitan sama penyelenggaraan peraturan UU perda kalau tidak pusat; dan pemberian jasa profesional yang bermanfaat bagi masyarakat luas dan untuk layanan sumber daya manusia.

Kawasan dengan subzona RTH Cagar Budaya dan Ilmu Pengetahuan untuk pemerintahan lokal memiliki ketentuan sebagai berikut;

a. KDB <80%
b. KLB 0,8 kalau tidak 1 lantai
c. KDH >20%
d. Densitas bangunan maksimal 10 buah/hektar
e. GSB 15 meter bagi jalan kolektor primer, 12 meter bagi kolektor sekunder, 9 meter bagi lokal primer serta 7 meter bagi lokal sekunder
f. Ketinggian bangunan <7 m
g. Jarak bebas antar bangunan >3m

2.2.2.2. Karakteristik Kawasan dan Bangunan Sekitar

Gambar 36. Karakteristik Bangunan sekitar Kawasan yang dipilih. Dari kiri; 1. Desa Kaligedang, 2. Desa Jampit, 3. Desa Kalisat, 4. Desa Kalianyar, 5. Desa Sempol, 6. Desa Sumber Rejo, 7. PT Medco Energy Geothermal, 8. TWA Kawah Ijen (Sumber: Analisis Pribadi)

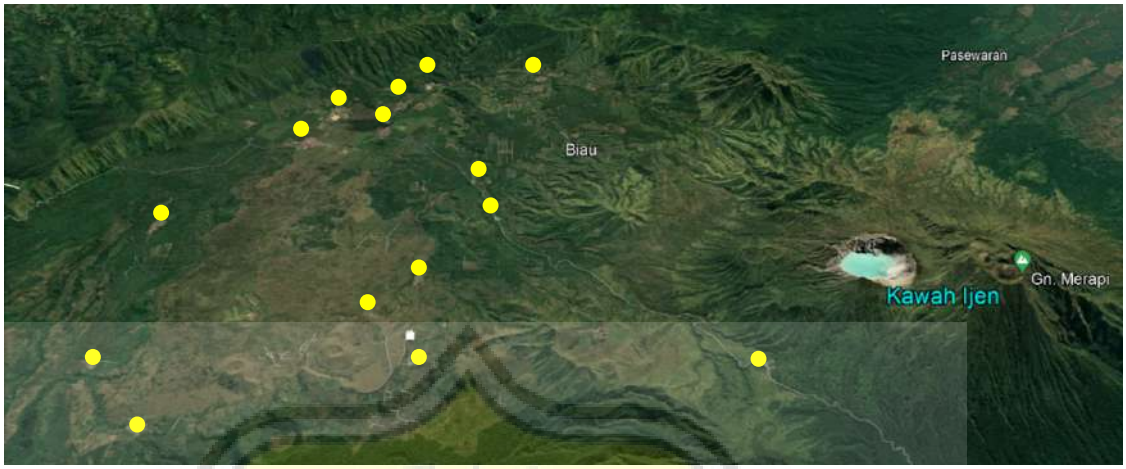
Bangunan-bangunan sekitar hanya ada beberapa desa kecil yang tersebar sehingga masih tergolong permukiman yang tidak padat untuk menjauhi polusi cahaya yang berlebihan, (Lihat bagian 2.2.1.1.) sesuai dengan kriteria lahan.

Tabel 11. Jumlah Sensus Penduduk menurut Kecamatan di Kabupaten Bondowoso 2020 (Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso)

Kecamatan	Hasil Sensus Penduduk 2020 per Kecamatan (Jiwa)		
	Laki-laki	Perempuan	Laki+Perempuan
	2020	2020	2020
Kabupaten Bondowoso	382 226	393 925	776 151
Maesan	23 858	24 218	48 076
Grujugan	18 438	18 676	37 114
Tamanan	19 015	19 399	38 414
Jambesari DS	17 884	18 202	36 086
Pujer	19 672	20 554	40 226
Tlogosari	22 642	23 062	45 704
Sukosari	7 560	7 967	15 527
Sumber Wringin	16 856	17 375	34 231
Tapen	16 418	17 622	34 040
Wonosari	19 511	20 251	39 762
Tenggarang	21 043	21 596	42 639
Bondowoso	37 492	38 930	76 422
Curahdami	16 607	16 533	33 140
Binakal	8 369	8 661	17 030
Pakem	11 354	11 754	23 108
Wringin	19 727	20 349	40 076
Tegal Ampel	13 126	13 035	26 161
Taman Krocok	8 100	8 611	16 711
Klabang	8 932	9 446	18 378
Ijen	6 027	5 869	11 896
Botolinggo	14 780	15 157	29 937
Prajekan	12 485	13 096	25 581
Cermee	22 330	23 562	45 892

Kawasan dikelilingi taman hutan lindung dekat dengan Gunung Ijen yang

sekarang berfungsi menjadi wisata alam dimana pengunjung kesana untuk *hiking, camping* & *hunting*.



Gambar 37. Titik Permukiman Lokasi Kawasan yang dipilih (Sumber: Analisis Pribadi)

Karakteristik kawasan sekitar meliputi;

- **Flora**

Keanekaragaman hayati di Taman Wisata Alam Kawah Ijen sangat besar. Jenis vegetasi di Cagar Alam/Taman Alam Kawah Ijen secara umum diklasifikasikan berdasarkan elevasi di atas permukaan laut sebagai berikut:

1. Daerah dengan ketinggian 1.000 – 2.500 m disebut *High Mountain Rain Forest* (Hutan Hujan Pegunungan Tinggi)

   Karena kawasan tersebut adalah bagian paling banyak dari wilayah Taman Wisata Alam Kawah Ijen, zona transisi Hutan Hujan Pegunungan dan Hutan Hujan Sub Alpin, maka tanaman ditemukan bercampur dengan Hutan Hujan Pegunungan dan Hutan Hujan Tropis Sub Alpin. Jenis tanaman utama adalah *Asteraceae* (*Eidelweiss*) serta *Ericaceae* (*Vaccinium*).

2. Daerah dengan tinggi 2.500 – 4.000 m disebut dengan *Sub Alpine Rain Forest* (Hutan Hujan Sub Alpin)

   Tanaman Hutan Hujan Sub-Alpin pada wilayah Taman Wisata Alam Kawah Ijen, kawasan Gunung Merapi dengan tinggi kurang lebih 2.800 meter diatas permukaan laut, sangat kecil. Vegetasi didominasi oleh tanaman keras dan semak karena kondisi lingkungan yang merugikan dan peningkatan dampak campuran sulfur.

Ada jua Hutan Gunung Kering serta Semak Alpin. Hutan Gunung Kering dikuasai oleh Cemara (*Casuarina junghuniana*), sama semak mudah hangus terkena

api di dasarnya. Sementara semak Alpin ada pada langit barisan pepohonan pegunungan tertinggi. Perdunya biasa dikuasai kelompok dari famili *Ericaceae* seperti *Vaccinium* dan tanaman *Schima*, *Potentilla* serta *Hypericum*.

Delapan puluh enam macam tumbuhan seperti perdu, epifit, perdu, tanaman bawah, pohon serta rerumputan telah teridentifikasi di kawasan TWA Kawah Ijen. Macam pohon dominan merupakan Cemara (*Casuarina junghuniana*), persebarannya adil serta karakteristik tanaman dataran tinggi.

- **Fauna**

Macam-macam fauna terdapat pada wilayah Taman Wisata Alam Kawah Ijen antara sebagai berikut; Harimau bintang/Macan tutul (*Panthera pardus*), Kucing kuwuk/Kucing congkok (*Felis bengalensis*), Ajak (*Cuon alpinus*), Lutung budeng (*Trachypithecus auratus*), Bajing terbang totol (*Petaurista elegans*), Bajing tanah bergaris tiga (*Lariscus insignis*) dan Tupai pohon/tanah/terbang (*Sciuridae niger*), Muncak (*Muntiacus muntjak*), Jelarang hitam (*Ratufa bicolor*), Babi kutil (*Sus verrucosus*), Garangan jawa (*Herpestes javanicus*), Musang luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*).

Ada seratus tujuh macam burung, dua puluh satu di antaranya hanya ditemukan disini. Burung langka sebagai berikut: Walik kepala-ungu (*Ptylinopus porphyreus*), Cekakak jawa (*Halcyon cyanoventris*), Sepah gunung (*Pericrocotus miniatus*), Cucak gunung (*Pycnonotus bimaculatus*), Kipasan bukit (*Rhipidura euryura*), Ayam hutan hijau (*Gallus varius*).

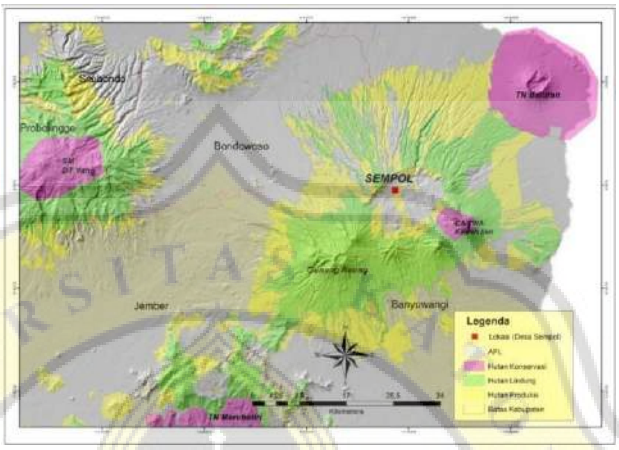
- **Potensi Obyek Daya Tarik Wisata Alam (ODTWA)**

Pariwisata pada wilayah Cagar Alam/Taman Wisata Alam Kawah Ijen sudah dikunjungi oleh pengunjung daerah dan luar negeri. Tempat pariwisata sebagai berikut:

1. Paltuding, *view* sangat bagus terutama pegunungan di sekitarnya ; Gunung Merapi, Gunung Ijen, Gunung Widodaren, Gunung papak dan Gunung Ranti. Ada juga penginapan ala *guest house* dan beberapa warung makan.
2. Pondok Bunder, ada angin dingin serta *view* bagus. Disini bisa merasakan pemandangan Gunung Raung, Gunung Rante, Perkebunan Kalisat, Perkebunan Belawan, Perkebunan Lijen, Kawah Wurung, Gunung Roti dan Gunung Pakpak.
3. Panorama Gunung-Gunung sama Danau Kawah Ijen, lubang besar serta paling

asam sedunia. (Jatim, n.d.)

- **Kawasan Lindung**
  - Hutan lindung, konservasi, dan produksi di sekeliling kawasan Ijen seluas 13.360,91 Ha ;
  - Lahan kritis di Kecamatan Ijen seluas 933,97 Ha



Gambar 38. Kawasan Hutan Lindung dan Hutan Produksi (Sumber: Balai BKSDA Jawa Timur)

Tabel 12. Luas Kawasan Perhutanan (Ha) dan Fungsinya menurut Kecamatan di Kabupaten Bondowoso 2018 (Sumber: Kabupaten Bondowoso dalam Angka 2019, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso : 2019)

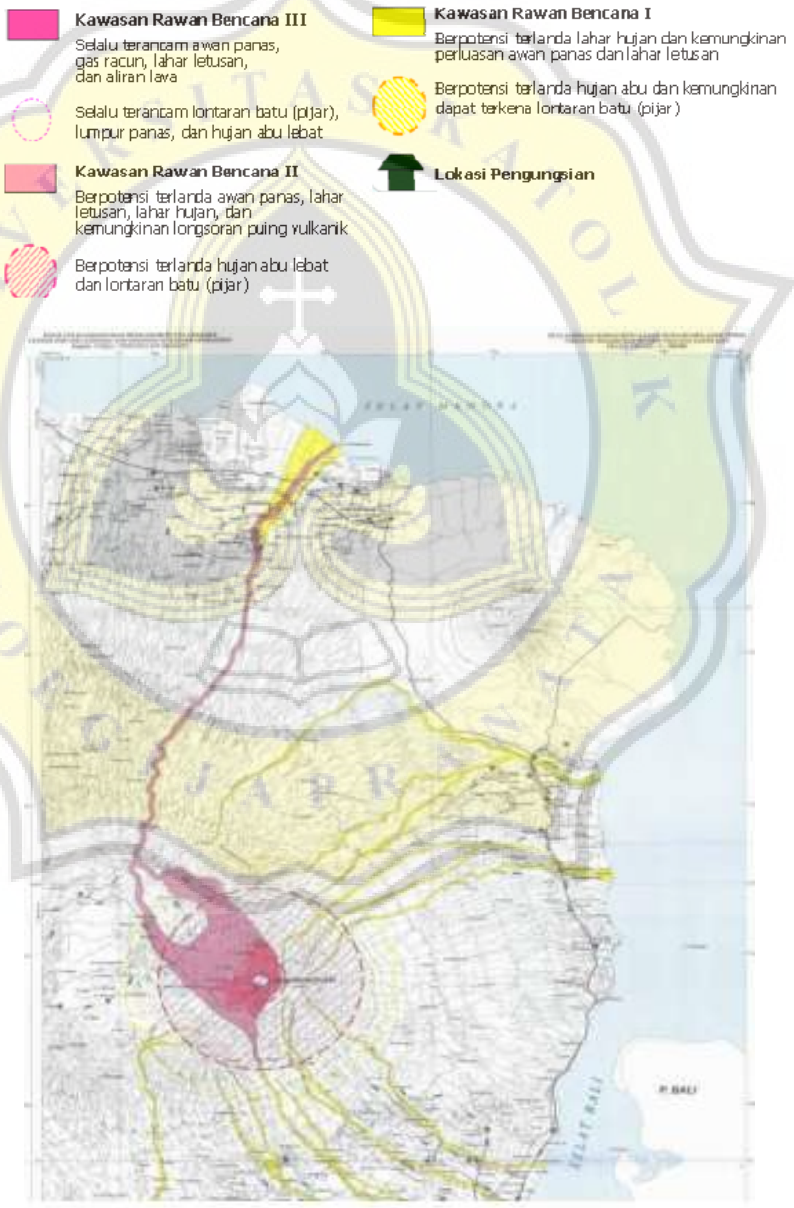
Kecamatan/ *Subdistrict* (1)	Luas Hutan/ *Forest Area* (2)	Hutan/Forest Produksi *Production* (3)	Lindung *Protection* (4)	Lainnya/ *Others* (5)
1 Maesan	3 081,60	948,50	2 133,10	-
2 Grujugan	2 834,68	966,68	1 868,00	
3 Tamanan	-	-	-	
4 Jambesari DS				
5 P u j e r	15,80	15,80	-	
6 Tlogosari	8 124,32	2 471,34	5 652,98	
7 Sukosari	6,93	6,93	-	
8 Sbr wringin	8 833,31	6 452,19	2 381,12	
9 Tapen	578,00	578,00	-	
10 Wonosari	28,30	28,30	-	
11 Tenggarang	-	-	-	
12 Bondowoso	19,00	19,00	-	
13 Curahdami	2 118,11	1 342,21	775,90	
14 Binakal	483,50	483,50	-	
15 Pakem	112,80	112,80	-	
16 Wringin	2 606,07	702,67	1 903,40	
17 Tegalampel	595,73	595,73	-	
18 Taman Krocok	1 519,00	1 519,00	-	
19 Klabang	2 536,58	1 377,28	1 159,30	
20 Botolinggo	4 753,30	2 964,70	1 788,60	
21 Ijen	13 360,91	5 594,91	7 766,00	
22 Prajekan	2 043,15	1 025,75	1 017,40	
23 Cermee	5 843,63	1 614,83	4 228,80	
Bondowoso	**59 494,72**	**28 820,12**	**30 674,60**	

Kecamatan *Sub District* (1)	Luas Lahan Kritis *Critical Land Area* 2017 (2)	2018 (3)
1. Maesan	178,00	121,69
2. Grujugan	146,00	230,65
3. Tamanan	-	-
4. Jambesari DS	-	-
5. P u j e r	-	2,60
6. Tlogosari	-	39,13
7. Sukosari	115,00	46,85
8. Sumber wringin	62,00	172,46
9. Tapen	50,00	54,91
10. Wonosari	77,00	-
11. Tenggarang	-	-
12. Bondowoso	-	-
13. Curahdami	148,00	323,85
14. Binakal	114,00	110,91
15. Pakem	424,00	1 333,72
16. Wringin	850,00	1 768,02
17. Tegalampel	546,00	884,55
18. Taman Krocok	1,227,00	544,94
19. Klabang	475,00	1 470,48
20. Botolinggo	936,00	909,69
21. Ijen	752,00	933,97
22. Prajekan	698,00	108,02
23. Cermee	2 011,09	98,99
Bondowoso	**8 675,09**	**9 155,33**

- **Kawasan Rawan Bencana**

Berdasarkan pemetaan Pusat Vulkanologi dan Meteorologi, Badan Geologi – Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, kawasan rencana bencana erupsi Gunung Ijen, Kecamatan Ijen termasuk;

- Kawasan Rawan Bencana II dalam radius 6 km berpotensi tertimpa aliran awan panas, lahar erupsi, lahar hujan, abu vulkanik, tanah longsor runtuhan vulkanik serta potensi longsoran batuan yang panas sekali. Meliputi Desa Kaligedang (kurang lebih 1600 jiwa) dan Desa Sumberrejo (kurang lebih 1600 jiwa) di Kecamatan Sempol – Kabupaten Bondowoso (K. Bondowoso, 2018)



Gambar 39. Kawasan Ruang Bencana Gunung Ijen (Sumber: PVMBG)

Kawasan Rawan Bencana II (KRB-II) merupakan wilayah dimana dapat terkena dampak mendung panas, erupsi kepundan, arus kepundan, lemparan batuan (lampu panas), serta hujan abu deras. Daerah tersebut dibagi 2 daerah:

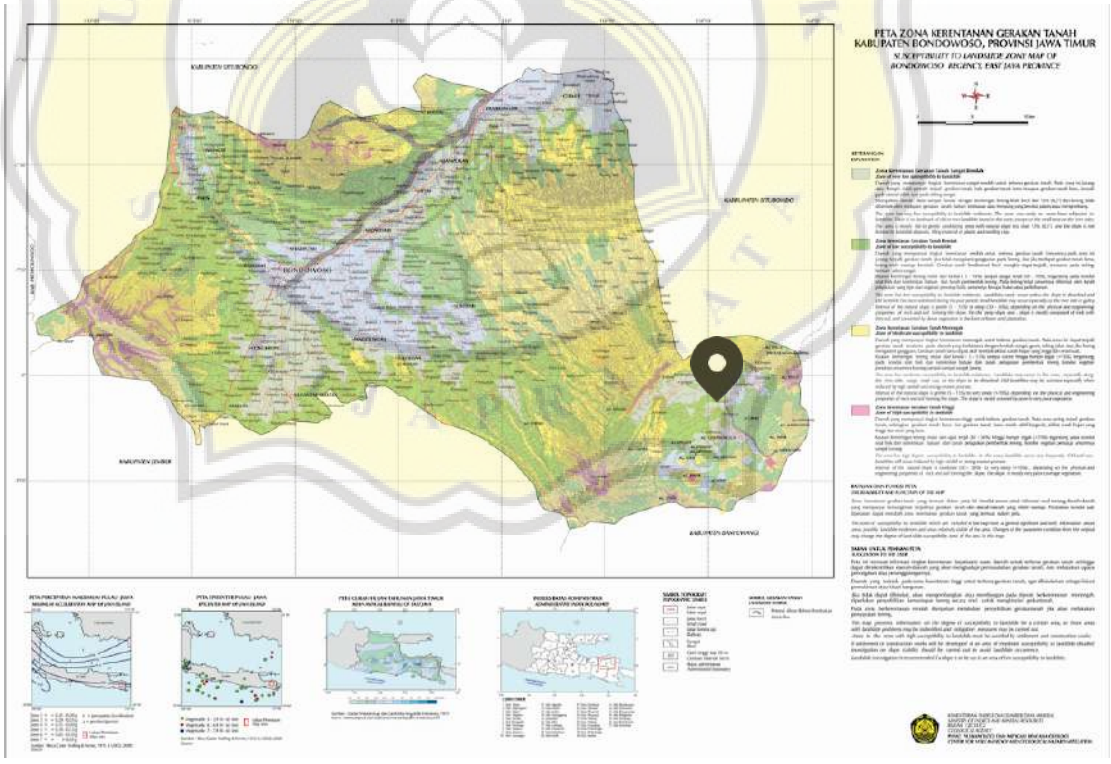
a. Daerah yang potensi bahaya arus seperti mendung panas, base surge, arus kepundan, serta arus kepundan (erupsi).

b. Daerah potensi bencana yang disebabkan oleh benda terlempar atau benda jatuh, seperti lemparan batu (bola lampu pijar) atau abu yang banyak.

Deskripsi Kawasan Rawan Bencana II (KRB-II) berdasarkan oleh morfologi gunung api, terutama daerah sekitar puncak dan lereng, serta riwayat aktivitas gunung api masa lalu.

Jika erupsi pada waktu depan melebihi daripada erupsi sebelumnya kalau tidak jika terjadi pencampuran magma, penyebaran awan panas dapat terjadi, mengakibatkan letusan hebat yang secara dramatis mengubah morfologi gunung berapi. Kawasan Rawan Bencana II (KRB-II) memiliki luas 80 km^2. (Badan Geologi, 2014)

- **Kawasan Lindung Geologi**



Gambar 40. Kawasan Zona Kerentanan Pergerakan Tanah (Sumber: PVMBG)

- Kawasan zona kerentanan pergerakan tanah di Kecamatan Sempol rendah dan menengah

- Kawasan rawan lindu, rob, serta longsoran pada Kecamatan Sempol

Ada 3 macam bencana alam seringkali berlangsung pada banyak sedikit wilayah rawan bencana, yaitu banjir, tanah longsor, dan gempa bumi.

Tabel 13. Jumlah Bencana Alam yang terjadi menurut Kecamatan di Kabupaten Bondowoso Tahun 2011-2018 (Sumber: Kabupaten Bondowoso dalam Angka 2019, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso : 2019)

	Kecamatan *Subdistrict*	Tanah Longsor / *Landslide*		
		2011	2014	2018
	(1)	(8)	(9)	(10)
1	Maesan	0	1	0
2	Grujugan	0	2	0
3	Tamanan	0	0	0
4	Jambesari DS	0	0	1
5	P u j e r	0	0	0
6	Tlogosari	1	4	1
7	Sukosari	0	0	0
8	Sbr wringin	0	0	1
9	Tapen	0	1	0
10	Wonosari	0	0	1
11	Tenggarang	0	0	0
12	Bondowoso	2	1	1
13	Curahdami	0	1	1
14	Binakal	0	2	1
15	Pakem	5	1	0
16	Wringin	0	3	2
17	Tegalampel	0	0	0
18	Taman Krocok	0	0	1
19	Klabang	1	5	1
20	Ijen	2	0	3
21	Botolinggo	0	0	2
22	Prajekan	0	1	1
23	Cermee	0	0	0
	Bondowoso	**11**	**22**	**17**

	Kecamatan *Subdistrict*	Banjir / *Flood*			Gempa Bumi / *Earthquake*		
		2011	2014	2018	2011	2014	2018
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Maesan	0	0	1	0	0	1
2	Grujugan	0	2	3	0	0	0
3	Tamanan	0	0	0	0	0	0
4	Jambesari DS	0	0	0	0	0	0
5	P u j e r	1	1	0	0	0	0
6	Tlogosari	1	0	0	0	0	0
7	Sukosari	0	0	1	0	0	0
8	Sbr wringin	0	0	0	0	0	1
9	Tapen	2	1	1	0	0	0
10	Wonosari	1	0	1	0	0	0
11	Tenggarang	0	0	0	0	0	0
12	Bondowoso	0	1	0	0	0	0
13	Curahdami	0	1	0	0	0	0
14	Binakal	0	0	0	0	0	0
15	Pakem	3	5	2	0	0	0
16	Wringin	6	6	7	0	0	0
17	Tegalampel	0	0	0	0	0	0
18	Taman Krocok	0	0	0	0	0	0
19	Klabang	2	5	0	0	0	0
20	Ijen	1	0	0	0	0	0
21	Botolinggo	0	3	3	0	0	0
22	Prajekan	0	1	3	0	0	0
23	Cermee	0	0	0	0	0	0
	Bondowoso	**17**	**26**	**22**	**0**	**0**	**2**

- **Kawasan Peruntukan Lahan Rakyat**
  - Kawasan pertanian lahan tanaman sayuran seluas kurang lebih 1.096 Ha
  - Kawasan pertanian lahan tanaman obat-obatan seluas kurang lebih 58.879,01 m^2
  - Tanaman pangan jagung; hortikultura alpukat, kentang, dan kubis; perkebunan kopi; peternakan kambing dan domba

Tabel 14. Luas Kawasan Hortikultura menurut Kecamatan di Kabupaten Bondowoso 2018 (Sumber: Kabupaten Bondowoso dalam Angka 2019, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso : 2019)

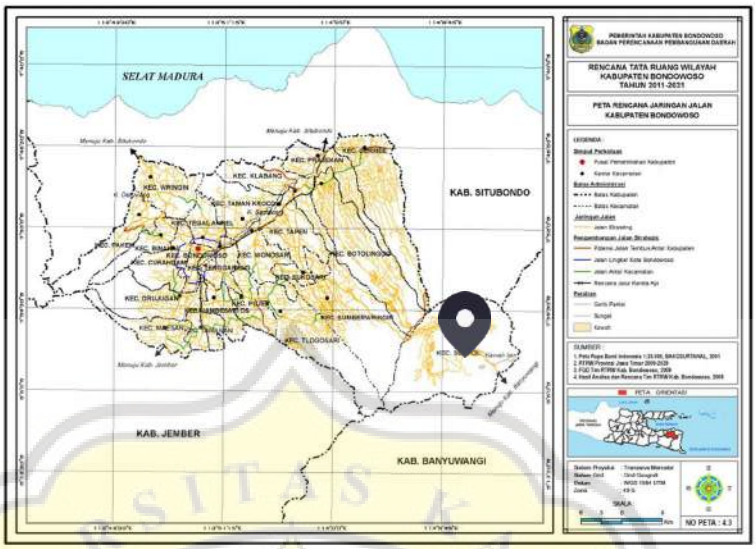
Kecamatan *Subdistrict*	Bawang Merah *Shallot*	Cabai kecil *Chilli*	Kubis Cabbage	Ketimun Cucumber	Labu Siam *Chayote*	Tomat Tomato
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1 Maesan	4	434	-	-	-	10
2 Grujugan	47	133	-	-	-	4
3 Tamanan	-	217	-	-	-	4
4 Jambesari DS	4	61	-	-	-	-
5 P u j e r	3	163	2	1	-	14
6 Tlogosari	1	23	-	-	2	4
7 Sukosari	-	41	7	4	-	8
8 Sbr wringin	15	52	38	-	3	38
9 Tapen	3	38	-	3	-	4
10 Wonosari	-	171	-	-	-	2
11 Tenggarang	1	51	-	-	-	1
12 Bondowoso	1	31	-	-	-	-
13 Curahdami	-	243	-	-	-	-
14 Binakal	-	24	-	-	-	-
15 Pakem	3	5	-	-	-	-
16 Wringin	9	5	-	-	-	-
17 Tegalampel	1	27	1	-	-	1
18 Taman Krocok	2	96	-	-	-	2
19 Klabang	6	17	-	-	-	4
20 Ijen	-	38	1 058	-	-	-
21 Botolinggo	-	27	-	-	-	-
22 Prajekan	7	17	-	-	-	1
23 Cermee	3	66	-	6	-	1
Bondowoso	**110**	**1 980**	**1 106**	**14**	**5**	**98**

Kecamatan *Subdistrict*	Jahe *Ginger*	Laos *Laos*	Kencur	Kunyit *Turmeric*	Temu Lawak	Temu Ireng
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(8)
1 Maesan	4 000	-	100	8 000	700	200
2 Grujugan	1 500	-	-	125 000	-	-
3 Tamanan	1 000	125	150	860	800	70
4 Jambesari DS	2 000	-	-	3 800	-	-
5 P u j e r	6 000	-	-	500	-	-
6 Tlogosari	15 000	2 000	100	2 355	1 200	750
7 Sukosari	25 000	-	-	10 000	800	1 500
8 Sbr wringin	12 000	6 000	1	3 100	3 000	2 000
9 Tapen	9 500	-	-	5 500	700	-
10 Wonosari	250	50	-	500	-	-
11 Tenggarang	1 000	1 600	730	1 212	-	-
12 Bondowoso	100	50	-	250	-	-
13 Curahdami	1 000	-	-	2 000	400	700
14 Binakal	110	400	150	3 000	1 000	1 100
15 Pakem	-	8 000	200	3 000	950	1 300
16 Wringin	25 000	4 100	900	20 885	-	-
17 Tegalampel	1 000	1 500	-	2 200	600	700
18 Taman Krocok	1 500	250	-	6 000	500	-
19 Klabang	24 000	12 000	3 000	15 000	1 200	800
20 Botolinggo	20 000	500	-	3 150	6 000	900
21 Ijen	20 000	500	-	5 000	500	400
22 Prajekan	2 000	-	-	50 000	800	800
23 Cermee	250 000	1 000	-	4 250 000	1 600	1 300
Bondowoso	**421 960**	**38 075**	**6 330**	**4 521 312**	**20 750**	**12 520**

- **Kawasan Peruntukan Industri Kecil**
  - Industri makanan tahu-tempe/kerupuk
  - Industri barang selep tepung
- **Kawasan Peruntukan Pertambangan**
  - Gypsum dan belerang
- **Kawasan Peruntukan Permukiman**
  - Kawasan perkampungan yang terintegrasi sama holtikultura dan terletak di dalam kawasan hutan
- **Kawasan Strategis**
  - Kawasan strategis fungsi ekonomi; agropolitan, minapolitan, industri rumah tangga, wisata terpadu
  - Kawasan strategis fungsi penggunaan teknologi tinggi; pertambangan mineral (potensi gypsum sintetis), panas bumi (geotermal Blawan-Ijen dan Raung),
  - Kawasan strategis untuk fungsi kelestarian lingkungan; pelestarian Kawah Ijen, CA Ceding, Kawah Ijen – Merapi – Ungup-Ungup, & Pancuran Ijen 1 & II, Suaka Marga Satwa Dataran Tinggi Hyang (Argopuro).
  - Kawasan strategis fungsi pertahanan dan keamanan; wilayah pelaksanaan ketentaraan Dodilapur Bondowoso, Taman dan Gunung Merapi.

2.2.2.3. Sistem Jaringan dan Utilitas Kawasan

- **Sistem Jaringan Transportasi Darat**



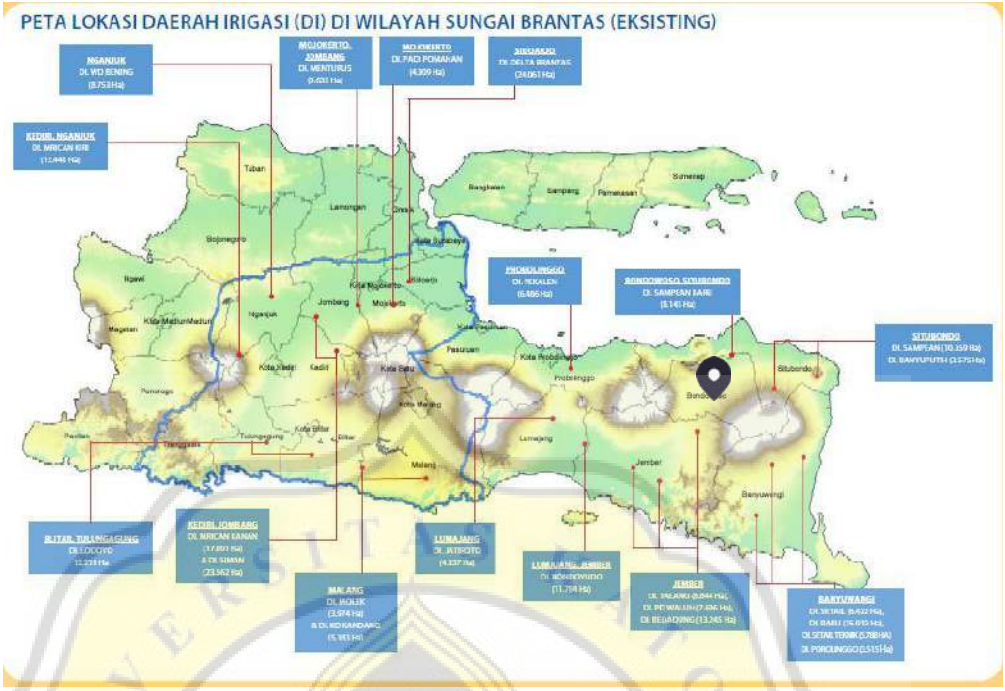
Gambar 41. Peta Rencana Jaringan Jalan Kabupaten Bondowoso (Sumber: Pemerintah Kabupaten Bondowos BPPD)

Tabel 15. Jumlah Jenis Permukaan Jaringan Jalan di Kecamatan Tahun 2018 (Sumber: Kecamatan Ijen dalam Angka 2019, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso : 2019)

	Desa	Jenis Permukaan Jalan			
		Aspal	Sirtu	Tanah	Lainnya
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Sempol	5	1	1	-
2	Kalianyar	7	-	2	-
3	Kalisat	1	7	-	-
4	Jampit	3	12	-	-
5	Kaligedang	-	5	3	-
6	Sumber Rejo	-	-	10	-
	Jumlah	**16**	**25**	**16**	-

- Rencana jaringan jalan dan jembatan, ruas jalan pada antar desa kecamatan Ijen sebagai jaringan jalan strategis nasional rencana untuk menghubungkan mobilitas penduduk.
- Ada akses yang leluasa sesuai kriteria lahan (Lihat bagian 2.2.1.1.). Jalan raya utama akses sudah bermaterial aspal dengan lebar kurang lebih 6 meter. Akses jalan bisa dilewati 2 mobil kecil berpapasan.

- **Sistem Jaringan Sumber Daya Air**



Gambar 42. Peta Lokasi Daerah Irigasi Kabupaten Bondowoso (Sumber: DPUAIR Jatim)

- Jaringan air baku untuk kebutuhan air minum merupakan PDAM
- Daerah Irigasi (DI) Kabupaten di bawah yurisdiksi pemerintahan kabupaten, DI Sampean Baru di perbatasan Bondowoso dan Situbondo

- **Sistem Jaringan Energi**

Tabel 16. Jumlah Pengguna dan Produksi Daya Listrik dan Fungsinya (Sumber: Kecamatan Bondowoso dalam Angka 2019, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso : 2019)

Tahun/*Year*	Daya Terpasang *Installed Capacity* (VA)	Produksi Listrik *Production* (KWh)	Listrik Terjual *Electricity Sold* (KWh)	Susut/Hilang *Shrinked* (KWh)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2014	120 499 800	185 591 498	163 404 662	11,17%
2015	129 730 500	193 811 461	174 084 504	10,18%
2016	134 784 050	198 640 577	185 041 102	9,98%
2017	144 016 950	206 785 700	189 857 707	8,19%
2018	154 469 250	214 978 076	198 117 763	8,51%

	Golongan Tarif *Fare Classification*		Pelanggan *Customers*	Daya Terpasang *Contracted Capacity* (VA)	Terjual *Sold* (KWH)
	(1)		(2)	(3)	(4)
1.	Sosial/*Social*		7 199	8 941 150	10 851 140
2.	Rumah Tangga/*Household*		181 216	112 111 200	138 417 100
3.	Usaha *Business*		5 282	14 107 300	18 562 712
4.	Industri *Industry*		112	13 661 300	16 484 301
5.	Gedung Kantor *Offices*		403	2 206 450	5 815 700
6.	Jalan *Street*		560	3 386 850	8 198 503
7.	Khusus		9	55 000	99 529
Jumlah/*Total*		2018	194 781	154 469 250	198 428 985
Jumlah/*Total*		2017	183 129	144 016 950	189 857 707

- Jaringan pembangkit tenaga PLN
- Rencana PLTS, PLTMH, PLTA skala besar pada Kecamatan Sempol secara teknis dan kelayakan memenuhi syarat.

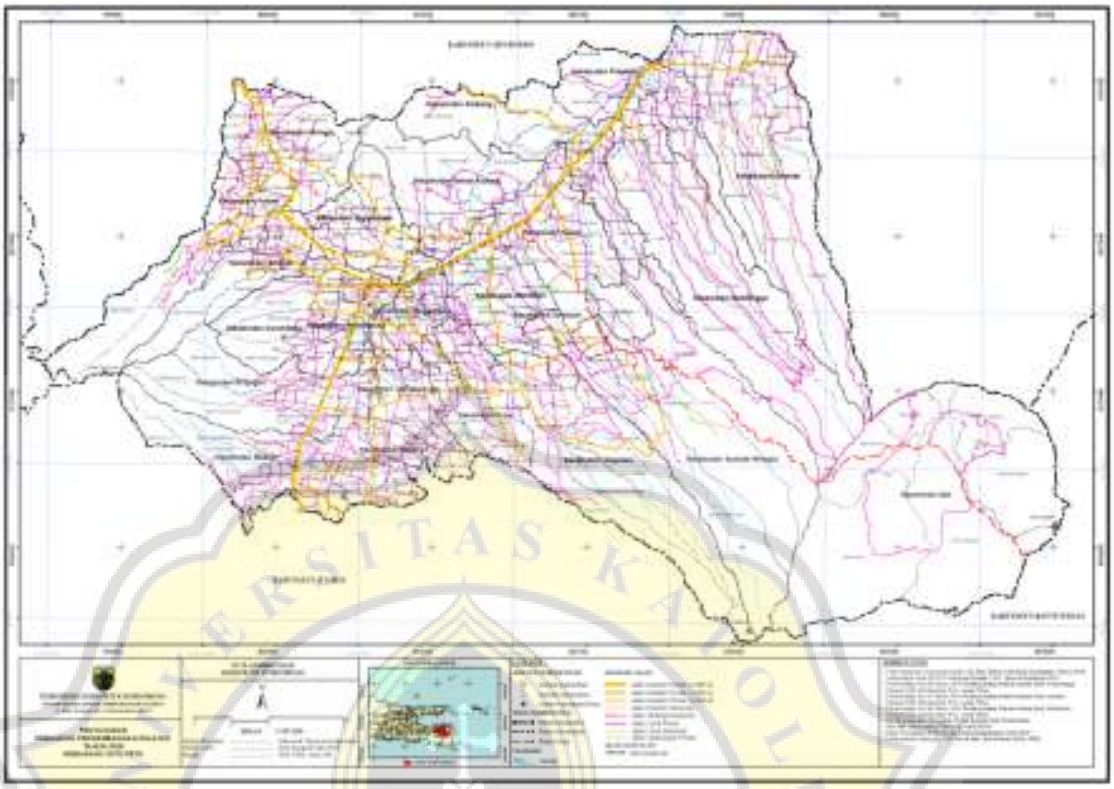
Tabel 17. Jumlah Pengguna Daya Listrik dan Fungsinya (Sumber: Kecamatan Ijen dalam Angka 2019, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso : 2019)

	Kecamatan *Subdistrict*	2016	2017	2018
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	Maesan	10 791	11 641	12 150
2	Grujugan	9 102	9 672	11 342
3	Tamanan	9 219	9 736	10 043
4	Jambesari DS	6 469	6 850	6 912
5	P u j e r	8 862	9 299	10 174
6	Tlogosari	7 587	8 243	9 121
7	Sukosari	3 579	3 782	4 000
8	Sbr wringin	5 718	6 167	6 949
9	Tapen	766	7 997	7 601
10	Wonosari	9 933	10 462	12 101
11	Tenggarang	9 414	9 843	10 463
12	Bondowoso	22 341	23 138	23 901
13	Curahdami	10 652	11 337	12 051
14	Binakal	3 201	3 357	4 170
15	Pakem	5 117	5 441	5 185
16	Wringin	7 549	7 988	8 418
17	Tegalampel	4 944	5 218	5 416
18	Taman Krocok	3 047	3 204	3 642
19	Klabang	4 778	4 979	5 398
20	Botolinggo	5 247	5 597	5 294
21	Ijen	2 571	2 929	3 122
22	Prajekan	6 531	6 823	7 124
23	Cermee	8 628	9 462	10 204
	Jumlah/*Total*	172 890	183 129	194 781

	Desa	PLN	NON PLN	Jumlah
	(1)	(2)	(3)	(4)
1	Sempol	660	1	661
2	Kalianyar	408	690	1.098
3	Kalisat	652	-	652
4	Jampit	-	544	544
5	Sumber Rejo	-	502	502
6	Kaligedang	-	537	537
	Jumlah	1 720	2.274	3 994

- **Sistem Jaringan Telekomunikasi**
  - Pengembangan jaringan komunikasi
- **Sistem Prasarana Pengelolaan Lingkungan**
  - Sistem jaringan air minum berada di pembekalan air bersih dengan wujud perpipaan serta non/telaga bor, pompa serta dikelola perusahaan air minum serta masyarakat
  - Sistem pengelolaan persampahan dengan prinsip 3R, TPA di pusat kecamatan dan TPS di setiap wilayah kecamatan
  - Sistem jaringan air kotor serta sanitasi berada di pembersihan kotoran padat sistem gabungan antar individu dan kolektif, sistem IPAL, dan pengakomodasian fasilitas serta satuan pembangunan penanganan lumpur tinja mandiri maupun komunal.
  - Sistem jaringan drainase merupakan sistem jejala alami di kawasan pedesaan.
  - Pengembangan jalur evakuasi banjir yang dimodelkan pada jaringan jalan daratan Ijen.

2.2.2.4. Sistem Pergerakan Kota



Gambar 43. Peta Administrasi Kabupaten Bondowoso (Sumber: Penyusunan Kebijakan Pengembangan Wilayah Tahun 2020 Kebijakan Satu Peta, Pemerintah Kabupaten Bondowoso : 2021)

Sistem pergerakan Kabupaten Bondowoso tergolong menjadi beberapa jaringan mobilitas penduduk untuk berbagai macam, misal wisata, perdagangan, pertanian, pertambangan dan perindustrian.

Tabel 18. Jarak Kecamatan ke Ibukota Kabupaten (Sumber: Kecamatan Ijen dalam Angka 2019, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso : 2019)

	Kecamatan *Subdistrict*	Ibukota Kecamatan *Capital of Subdistrict*	Jarak ke Ibukota Kabupaten / *Distance to Regency Capital*
	(1)	(2)	(3)
1	Maesan	Maesan	13,00
2	Grujugan	Taman	7,00
3	Tamanan	Tamanan	15,00
4	Jambesari DS	Jambesari	10,00
5	P u j e r	Kejayan	12,00
6	Tlogosari	Pakisan	17,00
7	Sukosari	Sukosari Lor	22,00
8	Sbr wringin	Sumber Wringin	27,00
9	Tapen	Tapen	16,00
10	Wonosari	Wonosari	10,00
11	Tenggarang	Tenggarang	2,00
12	Bondowoso	Dabasah	2,00
13	Curahdami	Curahdami	3,00
14	Binakal	Binakal	7,00
15	Pakem	Patemon	18,00
16	Wringin	Wringin	16,00
17	Tegalampel	Sekarputih	2,00
18	Taman Krocok	Taman Krocok	12,00
19	Klabang	Klabang	19,00
20	Ijen	Ijen	74,00
21	Botolinggo	Tumutan	25,00
22	Prajekan	Prajekan Lor	24,00
23	Cermee	Cermee	32,00

- **Sistem Pergerakan Kawasan**

Tabel 19. Jumlah Kendaraan Bermotor dan Jenisnya menurut Desa di Kecamatan Ijen (kiri) Jumlah Kendaraan Tidak Bermotor dan Jenisnya menurut Desa di Kecamatan Ijen (kanan) (Sumber: Kabupaten Ijen dalam Angka 2019, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso : 2019)

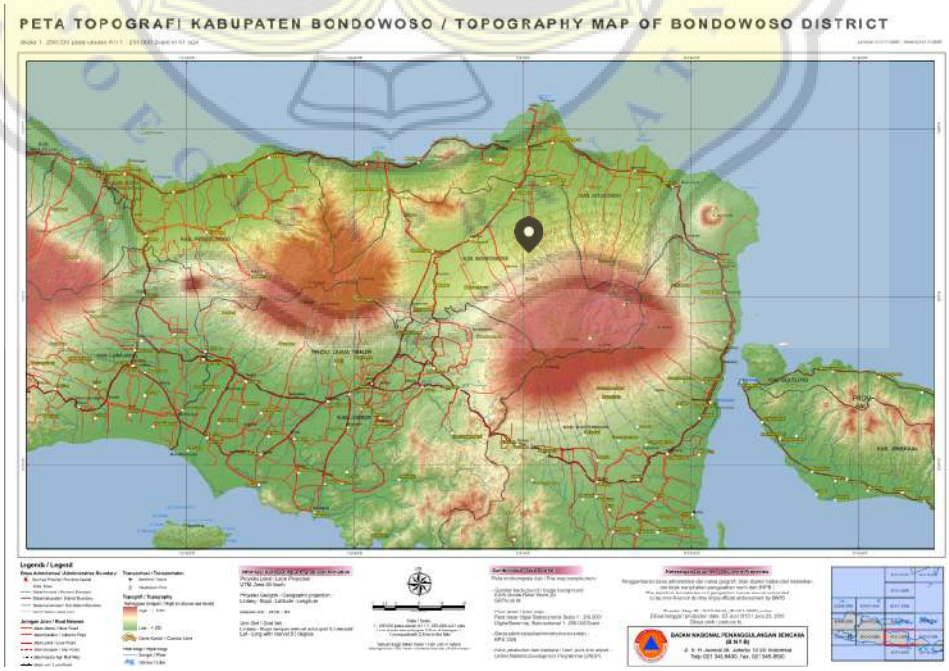
	Desa	Bus Mini	Truk	Pick - up	Station	Sedan	Sepeda Motor
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	Sempol	3	12	6	10	-	112
2	Kalianyar	5	14	7	26	1	132
3	Kalisat	2	9	4	11	-	91
4	Jampit	1	17	8	17	-	102
5	Kaligedang	2	10	9	15	-	92
6	Sumber Rejo	6	14	6	12	-	82
	Jumlah	**19**	**65**	**40**	**91**	**1**	**611**

	Desa	Becak	Delman	Cikar	Sepeda Ontel
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Sempol	-	-	-	72
2	Kelianyar	-	-	-	102
3	Kalisat	-	-	-	82
4	Jampit	-	-	-	97
5	Kaligedang	-	-	-	81
6	Sumber Rejo	-	-	-	58
	Jumlah	**-**	**-**	**-**	**492**

Sistem pergerakan Kecamatan Ijen tergolong menjadi beberapa jenis mobilitas penduduk untuk berbagai aktivitas. Penduduk menggunakan beberapa jenis kendaraan bermotor maupun yang tidak bermotor.

2.2.2.5. Kondisi Kontur, Iklim, Geologi, dan Kosmik

1. **Topografi**



Gambar 44. Peta Topografi Kabupaten Bondowoso (Sumber: BNPB, 2010)

Kabupaten Bondowoso merupakan daerah gunung serta bukit sebanyak 44,4%, dataran rendah 30,7% & dataran tinggi 24,9% yang mempunyai tinggi dpl antara lain: (K. Bondowoso, 2018)

- 0 – 100 M = 51.015,27 km^2 (3,27%)
- 100 – 500 M = 766.165,11 km^2 (49,11%)
- 500 – 1000 M = 308.119,75 (19,75%)
- 1000 M = 434.799,87 km^2 (27,87%)

Disamping itu, kontur kurang lebih 40° antara lain :

- 0° – 2° = 190.83 km^2 (12,23%)
- 3° – 15° = 568.17 km^2 (36,42%)
- 16° – 40° = 304.70 km^2 (19,53%)
- >40° = 496.40 km^2 (31,82%)

Tabel 20. Tinggi Wilayah diatas Permukaan Laut menurut Kecamatan di Kabupaten Bondowoso, 2018 & Luas Wilayah Kecamatan menurut Klasifikasi Lereng (Sumber: Kabupaten Bondowoso dalam Angka 2019 & Pemetaan Daerah Rawan Longsor dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis Studi Kasus Kabupaten Bondowoso, Badan Pusat Statistik Kabupaten Bondowoso & Moch. Fauzan Dwi Harto : 2019 & 2017)

	Kecamatan *Subdistrict*	Ibukota Kecamatan *Capital of Subdistrict*	Tinggi/*Height* (meter)
	(1)	(2)	(3)
1	Maesan	Maesan	386,00
2	Grujugan	Taman	357,00
3	Tamanan	Tamanan	345,00
4	Jambesari DS	Jambesari	345,00
5	P u j e r	Kejayan	371,00
6	Tlogosari	Pakisan	475,00
7	Sukosari	Sukosari Lor	529,00
8	Sbr wringin	Sumber Wringin	700,00
9	Tapen	Tapen	184,00
10	Wonosari	Wonosari	253,00
11	Tenggarang	Tenggarang	240,00
12	Bondowoso	Dabasah	253,00
13	Curahdami	Curahdami	247,00
14	Binakal	Binakal	238,00
15	Pakem	Patemon	500,00
16	Wringin	Wringin	502,00
17	Tegalampel	Sekarputih	240,00
18	Taman Krocok	Taman	225,00
19	Klabang	Klabang	162,00
20	Ijen	Ijen	1130,00
21	Botolinggo	Lumutan	128,00
22	Prajekan	Prajekan Lor	54,00
23	Cermee	Cermee	116,00

	Kecamatan Sub Districts	Kemiringan / Slope				Jumlah
		0° - 2°	2° - 15°	15° - 40°	Di Atas 40°	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Maesan	879,60	2.644,60	537,60	1.546,50	5.608,30
2.	Grujugan	1.206,20	1.648,50	936,40	3.653,60	7.444,70
3.	Tamanan	1.529,55	1.267,85	17,70	-	2.815,10
4.	Jambesari DS	1.632,30	1.378,20	-	-	3.010,50
5.	P u j e r	1.534,60	2.277,60	90,90	85,80	3.988,90
6.	Tlogosari	-	5.545,70	1.848,00	3.697,20	11.091,70
7.	Sukosari	-	2.317,27	-	-	2.317,27
8.	Sbr wringin	-	4.276,43	1.081,80	6.436,50	11.794,73
9.	Tapen	48,06	4.687,30	527,00	441,10	5.704,20
10.	Wonosari	363,50	3.864,20	-	-	4.227,70
11.	Tenggarang	2.281,70	297,80	-	-	2.579,50
12.	Bondowoso	1.717,60	598,20	-	-	2.315,80
13.	Curahdami	234,70	3.144,30	1.649,59	-	5.028,59
14.	Binakal	-	200,00	517,51	3.186,40	3.903,91
15.	Pakem	-	2.195,70	1.843,20	2.171,30	6.208,20
16.	Wringin	-	1.354,80	2.162,40	2.283,80	5.801,00
17.	Tegalampel	257,40	1.826,20	1.619,15	-	3.702,75
18.	Taman Krocok	-	1.640,30	1.381,95	2.278,10	5.300,35
19.	Klabang	1.237,00	2.618,70	2.642,70	2.622,00	9.120,40
20.	Ijen	2.660,05	4.838,20	4.116,40	1.134,30	12.751,45
21.	Sempol	-	4.150,40	6.451,30	10.118,30	20.720,00
22.	Prajekan	-	391,85	571,10	4.699,60	5.664,55
23.	Cermee	3.500,80	3.662,30	472,00	5.285,30	12.920,40
	Jumlah /Total	19.083,00	56.816,90	30.470,31	49.679,80	156.010,00

Medan seperti itu tidak menyebabkan isolasi fisik, ekonomi atau sosial. Apalagi bila berbagai bidang tersebut didukung oleh infrastruktur seperti jalan dan jembatan.

Beberapa kecamatan ada di ketinggian antara 100 m dan 1000 m dpl. Sebagai

contoh, beberapa kecamatan di wilayah Ijen berada pada ketinggian 1000-1500 meter di atas permukaan laut. Secara umum, geografi kabupaten dapat dikategorikan sebagai berikut:

a. Sedangkan kemiringan lereng rata-rata 40°
b. Kabupaten Bondowoso terdiri dari daerah pegunungan, perbukitan dan dataran dengan ketinggian dari atas permukaan laut

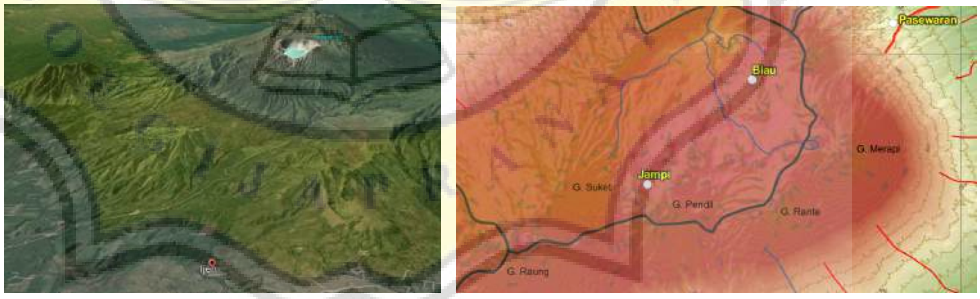
- **Topografi Kawasan**

  Titik Sempol merupakan -8,007° lintang, 114,149° bujur, dan 1.103 meter ketinggian.

  Medan dengan jarak 3 km, Sempol memiliki perbedaan elevasi yang besar, dengan perbedaan elevasi maksimum 741 meter dan elevasi rata-rata 1.198 mdpl. Pada 16 km memiliki alternatif besar (2.913 meter). 80 km termasuk perbedaan (3.272 meter).

  Daerah pada 3 km Sempol diisi pohon (53%), produksi (27%), serta semak-semak (13%), pada 16 km diisi pohon (67%) serta produksi (20%), serta pada 80 km dengan air (50%) dan pohon (26%).

  Kontur kawasan Sempol yang dipilih memiliki kelerengan yang cukup curam karena diatas dataran tinggi dekat Gunung Ijen dengan ketinggian 1050 - 1500 mdpl. Berdasarkan kawasan yang diambil, kontur yang ada memiliki kelerengan sekitar 2º - >40º.



Gambar 45. Topografi Kawasan yang dipilih (Sumber: Analisis Pribadi)

2. Iklim

Di Sempol, musim hujan biasanya panas dan berawan; musim kemarau biasanya panas, lembab, dan berawan sebagian; dan hangat sepanjang tahun. Suhu biasanya bervariasi antara 14°C dan 27°C sepanjang tahun, tetapi jarang turun di bawah 12°C atau di atas 29°C.

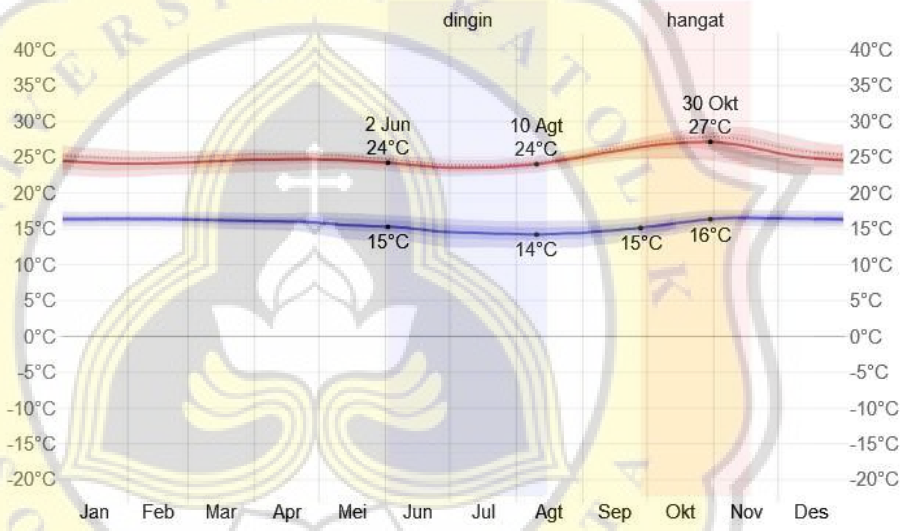
Berdasarkan nilai pariwisata, waktu terbaik tahun di Sempol untuk kegiatan

dalam cuaca hangat adalah dari awal Mei hingga awal November. (Weatherspark, 2022)

- **Suhu Rata-Rata**

  Musim kemarau terjadi dengan durasi 1,7 bulan, pada 27 September hingga 18 November, memiliki temperatur tinggi setiap harinya kurang lebih >26 °C. Bulan paling panas di Sempol pada bulan November, memiliki suhu kurang lebih maksimum 26 °C serta suhu minimal 16 °C.

  Musim dingin terjadi dengan durasi 2,4 bulan pada 2 Juni hingga 15 Agustus, memiliki temperatur tinggi setiap harinya kurang lebih <24°C. Bulan paling dingin di Sempol pada bulan Juli, memiliki suhu kurang lebih minimum 14 °C serta temperatur maksimum 24 °C.



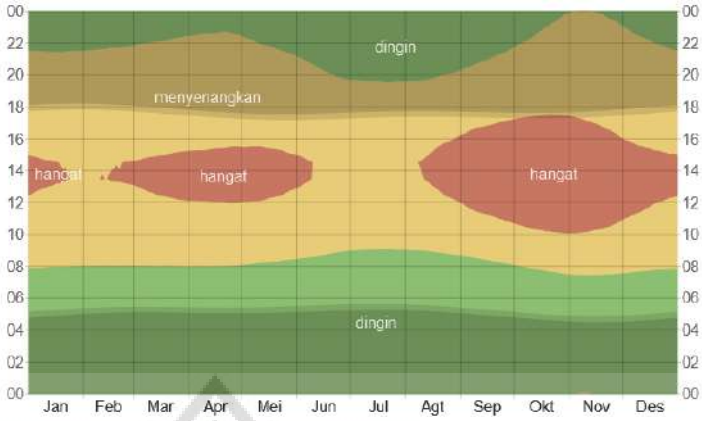
Gambar 46. Rata-rata suhu Tertinggi dan Terdingin di Sempol. Suhu rata-rata harian tertinggi (garis merah) dan terdingin (garis biru), dengan pita persentil ke-25 hingga ke-75 dan ke-10 hingga ke-90. Garis putus-putus tipis adalah suhu rata-rata yang dirasakan. (Sumber: Weatherspark)

Tabel 21. Rata-rata Suhu Udara Menurut Bulan di Kecamatan Sempol Tahun 2022 (Sumber: WeatherSpark)

Rata-rata	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Tinggi	24°C	24°C	24°C	25°C	25°C	24°C	24°C	24°C	26°C	27°C	26°C	25°C
Suhu	20°C	20°C	20°C	20°C	20°C	19°C	18°C	19°C	20°C	21°C	21°C	20°C
Rendah	16°C	16°C	16°C	16°C	16°C	15°C	14°C	14°C	15°C	16°C	16°C	16°C

Bagan di bawah ini menunjukkan profil singkat temperatur kurang lebih setiap jamnya sepanjang tahun. Garis horizontal merupakan hari, garis vertikal merupakan jam, serta warna merupakan temperatur kurang lebihnya pada jam

serta hari itu. (Weatherspark, 2022)



Gambar 47. Suhu rata-rata per jam di Sempol. Suhu rata-rata per jam, diberi kode warna ke dalam pita. Lapisan berbayang menunjukkan malam dan aram sipil. (Sumber: Weatherspark)

- **Presipitasi**

Waktu hujan merupakan waktu sama curah hujan air yang seimbang dengan 1 milimeter atau lebih. Peluang waktu lembab pada Sempol berganti-ganti selama setahun.

Musim hujan terjadi dengan durasi 5,3 bulan pada 14 November hingga 22 April, mempunyai peluang hari hujan sebesar 39%. Bulan terbasah di Sempol merupakan Januari, memiliki kurang lebih 21,6 hari curah hujan serta curah hujan minimal 1 mm.

Musim kemarau terjadi dengan durasi 6,7 bulan pada tanggal 22 April sampai 14 November. Waktu terkering di Sempol adalah Agustus, kurang lebih 2.2 hari serta curah hujan lebih dari 1 milimeter.

Hari hujan membedakan hanya hujan, hanya salju, atau kombinasi keduanya. Hari terbasah di Sempol merupakan Januari, kurang lebih 21,6 hari. Sesuai klasifikasi tersebut, hujan adalah realitas curah hujan yang umum selama setahun, kemungkinan besar 72% dari waktu pada tanggal 20 Januari. (Weatherspark, 2022)

Gambar 48. Peluang presipitasi di Sempol. Persentase hari di mana berbagai jenis presipitasi diamati, tidak termasuk jumlah jejak: hujan saja, salju saja, dan campuran (baik hujan maupun salju turun pada hari yang sama). (Sumber: Weatherspark)

Tabel 22. Jumlah Hari Hujan Menurut Bulan di Kecamatan Sempol Tahun 2022 (Sumber: WeatherSpark)

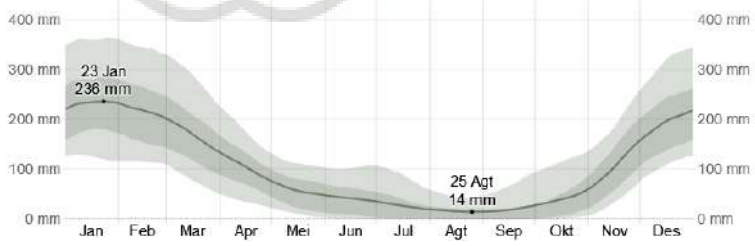
Hari	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Hujan	21,6hr	19,2hr	17,7hr	12,7hr	8,1hr	5,4hr	3,6hr	2,2hr	2,6hr	5,5hr	12,6hr	19,6hr

- **Curah Hujan**

Ini memuat curah hujan kumulatif setiap *shift* 31 hari yang berkumpul di sekeliling selama setahun untuk menunjukkan ragam intra-bulan, bukan hanya total bulanan. Sempol melewati ragam musim yang luar biasa pada curah hujan setiap bulan.

Hal ini berlaku bahkan untuk bulan terkering. Musim hujan di Sempol adalah Januari, dengan curah hujan rata-rata 234 mm.

Bulan terbasah di Sempol adalah Agustus, dengan rata-rata curah hujan 15 mm. (Weatherspark, 2022)



Gambar 49. Rata-rata curah hujan di Sempol. Curah hujan rata-rata (garis padat) terakumulasi selama periode geser 31 hari yang berpusat pada hari tersebut, dengan pita persentil ke-25 hingga ke-75 dan ke-10 hingga ke-90. Garis putus-putus tipis adalah curah salju rata-rata yang sesuai. (Sumber: Weatherspark)

Tabel 23. Jumlah Curah Hujan Menurut Bulan di Kecamatan Sempol Tahun 2022 (Sumber: WeatherSpark)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Curah Hujan	234,1mm	218,8mm	169,1mm	105,5mm	55,9mm	41,2mm	25,9mm	15,0mm	17,6mm	39,0mm	101,4mm	196,2mm

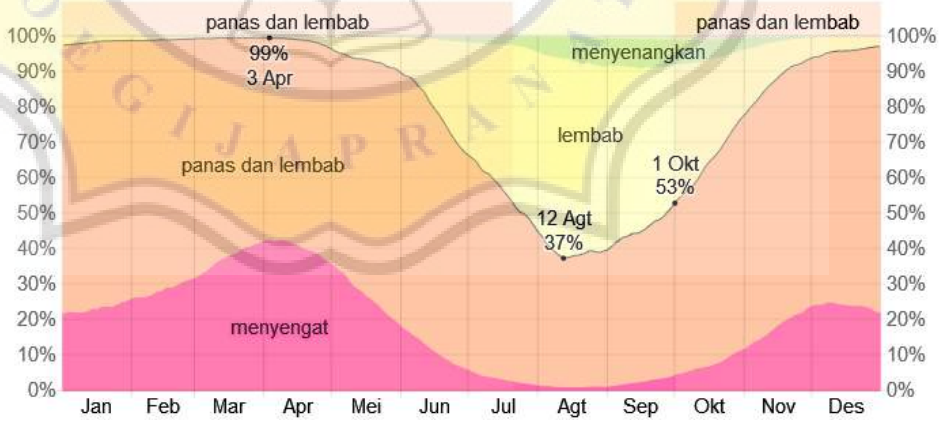
- **Kelembaban**

Sesuaikan kelembaban yang nyaman dengan titik embun untuk mengetahui apa benar peluh terangkat dari kulit serta menyejukan badan. Semakin rendah titik uap lembab, semakin kering rasanya; semakin tinggi titik embun, semakin basah rasanya. Tidak seperti temperatur, yang beragam dari siang ke malam, titik uap lembab biasanya berganti lebih lama, sehingga malam menjadi lebih dingin, tetapi hari hujan biasanya diikuti oleh malam hujan.

Sempol melewati ragam musim yang ekstrim dengan lembab yang terasakan.

Musim yang paling panas serta lebih basah terjadi berdurasi 9,6 bulan pada 1 Oktober hingga 20 Juli, tetapi level kenyamanan untuk musim ini di atas 53%, dengan cuaca yang sangat basah, panas, dan kering sepanjang hari, pengap atau tidak nyaman. Bulan terbasah dan terpanas di Sempol adalah Maret, dengan setidaknya 30,8 hari yang panas dan lembab.

Waktu yang memiliki hari lembab serta panas tersedikit pada Sempol merupakan Agustus, berdurasi lebih dari 12,1 hari lembab serta panas kalau tidak kemungkinan buruk. (Weather Spark, 2022)



Gambar 50. Tingkat kenyamanan kelembaban di Sempol. Persentase waktu yang dihabiskan pada berbagai tingkat kenyamanan kelembaban, yang dikategorikan menurut titik embun.. (Sumber: Weatherspark)

Tabel 24. Jumlah Hari Lembab dan Panas Menurut Bulan di Kecamatan Sempol Tahun 2022 (Sumber: WeatherSpark)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Hari Lembab dan Panas	30,4hr	27,7hr	30,8hr	29,6hr	28,8hr	23,5hr	17,2hr	12,1hr	13,8hr	20,2hr	26,3hr	29,7hr

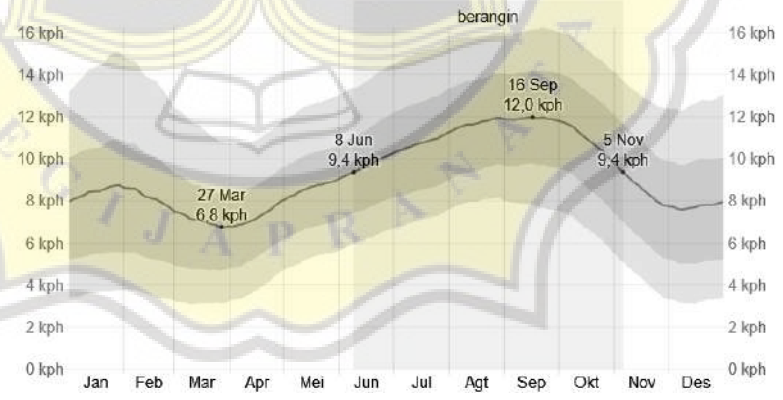
- **Angin**

Mencakup vektor angin kurang lebih setiap jam pada rentang yang lebar (kecepatan serta arah) 10 meter pada tanah. Angin terjadi pada beberapa tempat tergantung dengan kondisi tanah daerah serta alasan lainnya, serta kecepatan dan arah angin sesaat dapat berubah secara signifikan dari kurang lebihnya setiap jam.

Di Sempol, kecepatan angin mengalami variasi musim yang signifikan sepanjang tahun.

Musim berangin terjadi dengan durasi 4,9 bulan pada 8 Juni hingga 5 November yang memiliki kecepatan angin kurang lebihnya melebihi 9,9 mph. Waktu berangin paling tinggi pada Sempol merupakan September, memiliki kecepatan angin kurang lebih 12 km/jam.

Periode angin tenang adalah 7,1 bulan dalam setahun, dari 5 November hingga 8 Juni. Waktu berangin paling tinggi pada Sempol merupakan Maret, memiliki kecepatan angin kurang lebih 7,0 kilometer setiap jam.



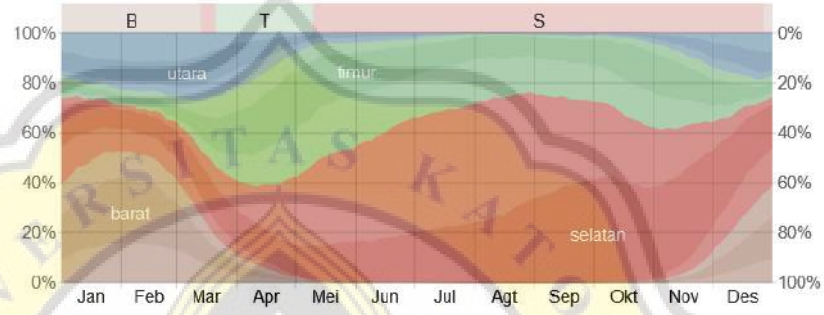
Gambar 51. Kecepatan angin rata-rata di Sempol. Rata-rata kecepatan angin per jam rata-rata (garis abu-abu tua), dengan pita persentil ke-25 hingga ke-75 dan ke-10 hingga ke-90.. (Sumber: Weatherspark)

Tabel 25. Kecepatan angin rata-rata menurut Bulan di Kecamatan Sempol Tahun 2022 (Sumber: WeatherSpark)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Kecepatan angin (kph)	8.4	8.2	7.0	7.3	8.6	9.7	10.8	11.7	11.9	10.9	8.6	7.8

Rata-rata yang utama dari arah angin per jam di Sempol beragam selama setahun.

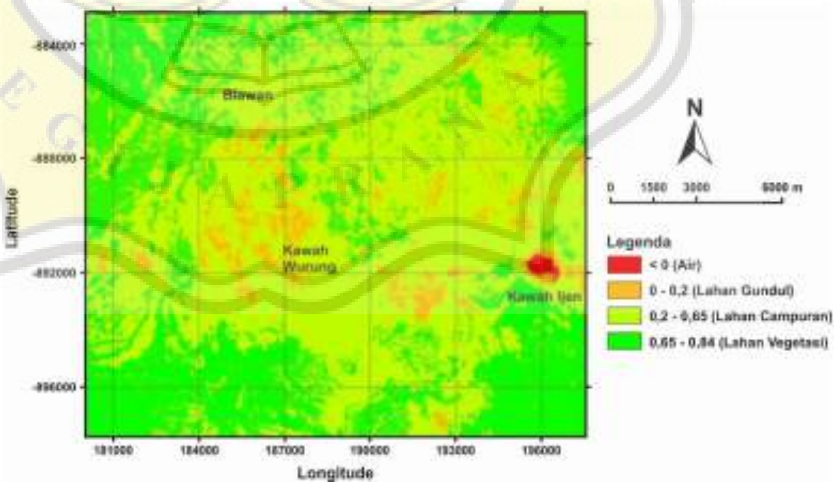
Angin yang seringkali dari selatan berdurasi 1,1 minggu, pada 13 Maret sampai 21 Maret serta berdurasi 7,5 bulan, (10 Mei - 27 Desember), memiliki nilai 76% saat 29 Agustus. Angin yang seringkali dari timur berdurasi 1,6 bulan, pada 21 Maret sampai 10 Mei, dengan puncaknya 50% pada 2 Mei. Durasi 2,5 bulan, pada 27 Desember hingga 13 Maret, paling sering bertiup dari barat, mencapai puncaknya 40% pada 1 Januari. (Weather Spark, 2022)



Gambar 52. Arah angin di Sempol. Persentase waktu arah angin rata-rata berasal dari masing-masing dari empat titik mata angin, tidak termasuk waktu ketika kecepatan angin rata-rata kurang dari 1,6 km/jam. Area berwarna terang di perbatasan adalah persentase jam yang dihabiskan di arah tengah tersirat (timur laut, tenggara, barat daya, dan barat laut). (Sumber: Weatherspark)

3. Geologi

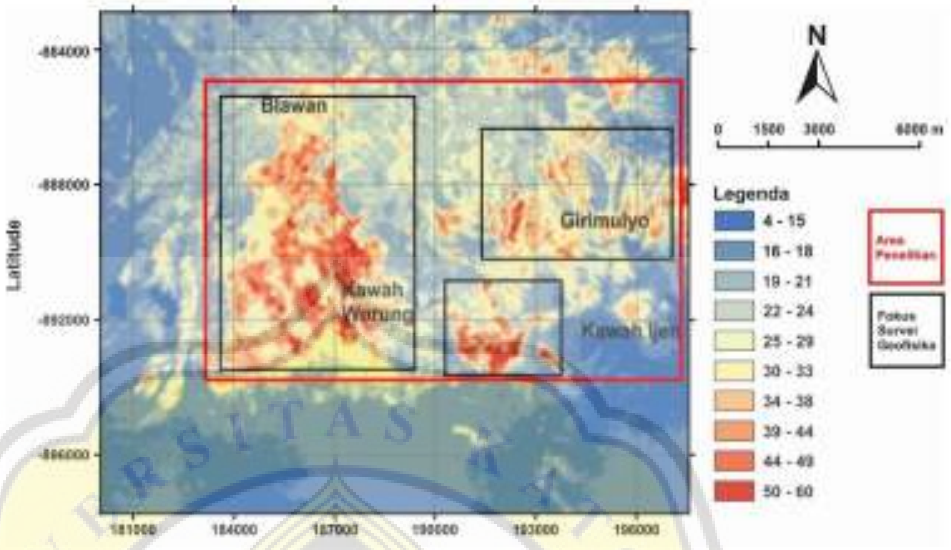
- **Suhu Tanah**



Gambar 53. Hasil pengolahan NDVI dari data hasil citra area (Sumber: Penentuan Suhu Permukaan Tanah Kawah Wurung – Ijen Jawa Timur menggunakan Citra Landsat 8 Sebagai Studi Pendahuluan Dalam Survei Eksplorasi Panas Bumi, S. A. Ermanto : 2017)

Terlihat kategori tanah bertanaman rapat, gundul, dan yang ditutupi air. Warna

hijau mengindikasikan vegetasi rapat, sedangkan yang campur vegetasi dan gundul berwarna kuning, dan lahan gundul berwarna oranye, dan yang terakhir yang ditutupi air berwarna merah.



Gambar 54. Peta LST (*Land Surface Temperature*) area (Sumber: Penentuan Suhu Permukaan Tanah Kawah Wurung – Ijen Jawa Timur menggunakan Citra Landsat 8 Sebagai Studi Pendahuluan Dalam Survei Eksplorasi Panas Bumi, S. A. Ermanto : 2017)

Nilai Suhu Permukaan Tanah di daerah kawasan berkisar antara 30ºC dan 60ºC. Sebagian besar wilayah kompleks Ijen memiliki LST berwarna biru antara 20º - 25°C. Sebaran LST tertinggi terdapat di kawah Wurung dan Kawah Girimulyo yang berwarna merah (30º - 60ºC). Wilayah LST yang lebih rendah berada di sekitar Pegunungan Ijen, ditunjukkan dengan warna biru (4º - 18ºC). Kawasan Kawah Wurung memiliki LST yang relatif tinggi karena terdapat dua sesar yang memungkinkan cairan panas tersebut berada dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan wilayah Girimulyo memiliki LST yang relatif tinggi karena merupakan kawasan Gunung Widodaren (gunung berapi aktif). (Ermanto et al., 2017)

- **Suhu Air**

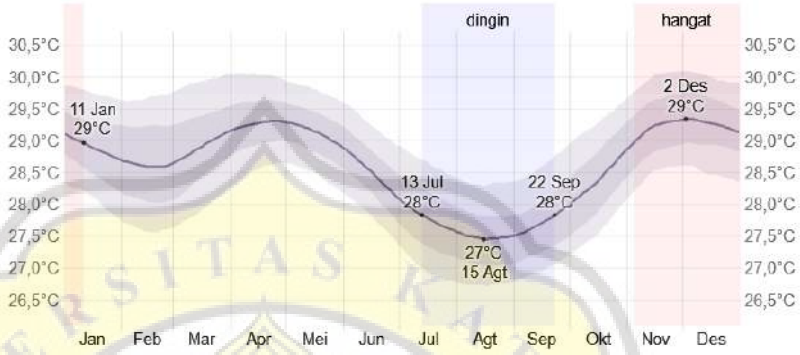
Sempol berada pada sisi badan air luas (misalnya, laut, kalau tidak danau besar). Menyajikan temperatur permukaan kurang lebih air dalam rentang yang luas.

Temperatur air kurang lebih menunjukkan ragam musim yang besar selama setahun.

Periode terpanas terjadi dengan durasi 2,2 bulan, pada 4 November

hingga 11 Januari, memiliki temperatur kurang lebih >29 °C. Bulan paling panas di Sempol merupakan April, memiliki suhu kurang lebih 29 °C.

Musim air dingin terjadi dengan durasi 2,3 bulan pada 13 Juli hingga 22 September, memiliki temperatur kurang lebih <28 °C. Bulan paling dingin di Sempol merupakan Agustus, memiliki suhu kurang lebih 27 °C. (Weatherspark, 2022)

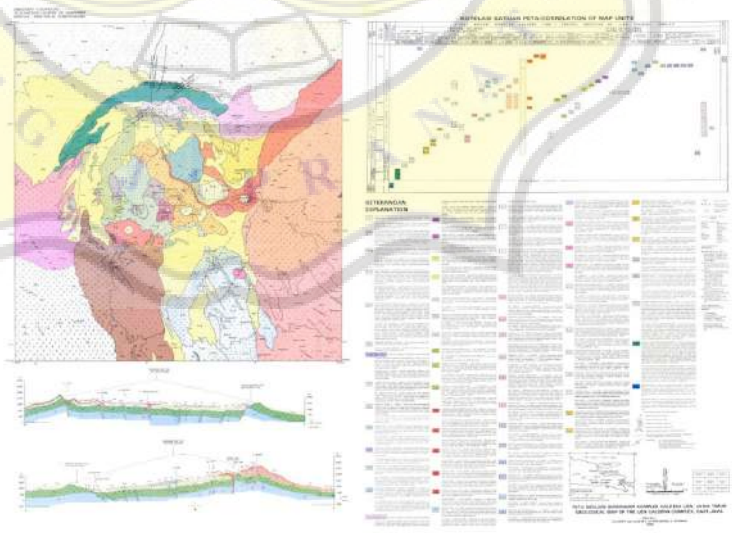


Gambar 55. Rata-rata Suhu Air di Sempol. Suhu air rata-rata harian (garis ungu), dengan pita persentil ke-25 hingga ke-75 dan ke-10 hingga ke-90. (Sumber: Weatherspark)

Tabel 26. Suhu air rata-rata menurut Bulan di Kecamatan Sempol Tahun 2022 (Sumber: WeatherSpark)

Air	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Suhu	29°C	29°C	29°C	29°C	29°C	28°C	28°C	27°C	28°C	28°C	29°C	29°C

- **Klasifikasi Tanah**



Gambar 56. Peta Geologi G. Kawah Ijen (Sumber: PVMBG)

Dapat dilihat di gambar atas pada kawasan Ijen, memiliki variasi tanah

dan mempunyai karakteristiknya masing-masing. Secara geologis dan ekologis, wilayah Kecamatan Ijen rawan bencana, kekeringan, longsor dan erosi tanah, diperparah dengan praktik pembukaan dan pembakaran hutan untuk perluasan kebun/ladang.

4. Kosmik

- **Matahari**

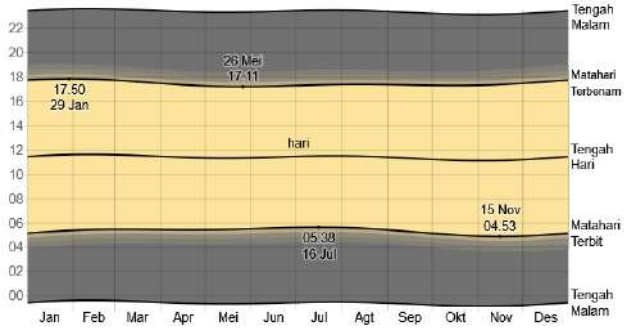
Panjang hari di Sempol sangat bervariasi sepanjang tahun, 35 menit dari 12 jam per hari. Durasi sinar matahari terpendek pada tahun 2022 pada 21 Juni berdurasi 11 jam 39 menit. Durasi paling panjang pada 22 Desember berdurasi 12 jam dan 36 menit tengah hari.

Gambar 57. Jam Siang dan Malam di Sempol. Jumlah jam matahari terlihat (garis hitam). Dari bawah (paling kuning) ke atas (paling abu-abu), pita warna menunjukkan: siang hari penuh, senja (sipil, laut, dan astronomi), dan malam penuh. (Sumber: Weatherspark)

Tabel 27. Durasi Jam Siang Hari menurut Bulan di Kecamatan Sempol Tahun 2022 (Sumber: WeatherSpark)

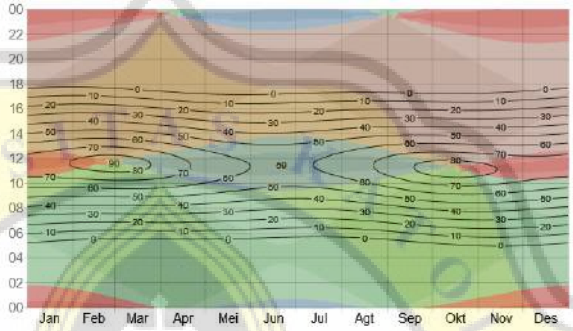
Jam	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Siang Hari	12,5j	12,4j	12,1j	11,9j	11,7j	11,7j	11,7j	11,9j	12,1j	12,3j	12,5j	12,6j

Matahari terbit terawal pada jam 04.53, 15 November, serta terlambat 45 menit kemudian jam 05.38, tanggal 16 Juli. Surya terbenam terawal pada jam 17:11, tanggal 26 Mei, serta surya terbenam terakhir berdurasi 39 menit kemudian jam 17:50 pada 29 Januari.



Gambar 58. Matahari Terbit dan Terbenam dengan Malam di Sempol. Hari dengan matahari sepanjang tahun 2022. Dari bawah ke atas, garis hitam tersebut adalah matahari tengah malam sebelumnya, matahari terbit, siang matahari, matahari terbenam, dan tengah malam matahari berikutnya. Siang, senja (sipil, laut, dan astronomi), dan malam ditandai dengan pita warna dari kuning hingga abu-abu. (Sumber: Weatherspark)

Bagan berikut adalah representasi ringkas dari elevasi matahari per jam (derajat surya pada langit) serta azimuth (sumbu kompas) setiap hari. Garis horizontal merupakan hari, serta garis vertikal merupakan jam. Warna latar belakang jam tertentu dalam waktu itu memperlihatkan azimuth surya. Garis iso hitam merupakan kemiringan ketinggian surya konstan.



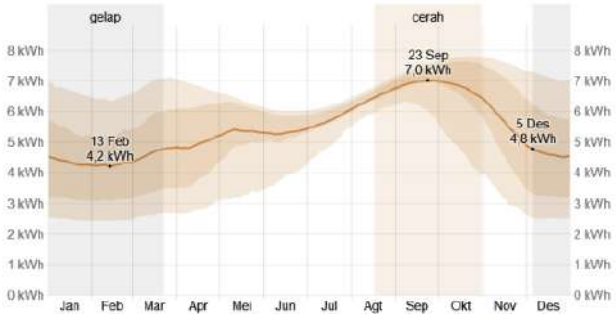
Gambar 59. Ketinggian *Solar & Azimuth* di Sempol. Ketinggian *Solar & Azimuth* selama 2022. Garis hitam adalah garis elevasi matahari konstan (sudut matahari di atas cakrawala, dalam derajat). Warna latar belakang mengisi menunjukkan azimuth (bantalan kompas) matahari. Daerah berwarna ringan di batas-batas titik kompas kardinal menunjukkan arah menengah tersirat (timur laut, tenggara, barat daya, dan barat laut). (Sumber: Weatherspark)

Berdasarkan energi matahari, jumlah gelombang pendek matahari harian sampai tanah pada daerah lebar, memiliki mempertimbangkan ragam musim dalam seharian, elevasi Surya pada cakrawala, serta terserap pada awan serta konstituen atmosfer lain. Gelombang spektrum termasuk cahaya tampak serta sinar UV merupakan gelombang pendek.

Tingkat sehari kurang lebih energi matahari spectrum pendek tunduk pada sedikit variasi musiman sepanjang tahun.

Musim cerah terjadi dengan durasi 2,4 bulan pada 17 Agustus hingga 30 Oktober, memiliki masukan energi gelombang pendek kurang lebih >6,5 kWh setiap meter persegi setiap harinya. Bulan tercerah di Sempol pada September, kurang lebih 7,0 kWh.

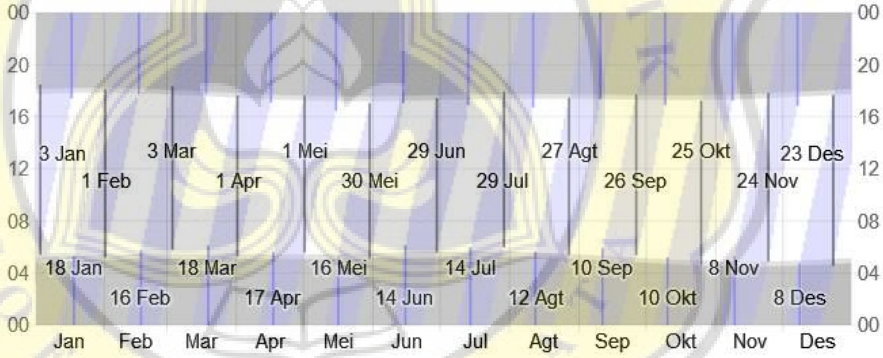
Periode gelap tahunan terjadi dengan durasi 3,5 bulan, pada 5 Desember hingga 22 Maret, dan rata-rata kurang dari 4,8 kWh energi gelombang pendek per meter persegi per hari. Bulan tergelap di Sempol adalah Februari, dengan rata-rata 4,3 kWh. (Weatherspark, 2022)



Gambar 60. Rata-rata kejadian sinar matahari gelombang pendek per bulan di Sempol. Energi matahari gelombang pendek rata-rata harian mencapai tanah per meter persegi (garis oranye) pada pita persentil ke-25 hingga ke-75 dan ke-10 hingga ke-90. (Sumber: Weatherspark)

- **Bulan**

Analisa sederhana pada tanggal-tanggal bulan penting di tahun 2022. Garis horizontal merupakan hari, garis vertikal merupakan jam, serta daerah berwarna memperlihatkan waktu ketika bulan pada cakrawala. Garis abu-abu vertikal (bulan baru) serta garis biru (bulan purnama) memperlihatkan fase utama bulan. (Weatherspark, 2022)



Gambar 61. Bulan Terbit, Tenggelam & Fase di Sempol. Waktu saat bulan berada di atas cakrawala (area biru muda), dengan bulan baru (garis abu-abu tua) dan bulan purnama (garis biru) diindikasikan. Lapisan berbayang menunjukkan malam dan aram sipil. (Sumber: Weatherspark)

- **Awan/Fraksi Langit Cerah**

Di Sempol, nilai rata-rata tutupan awan menunjukkan ragam musim yang besar selama setahun.

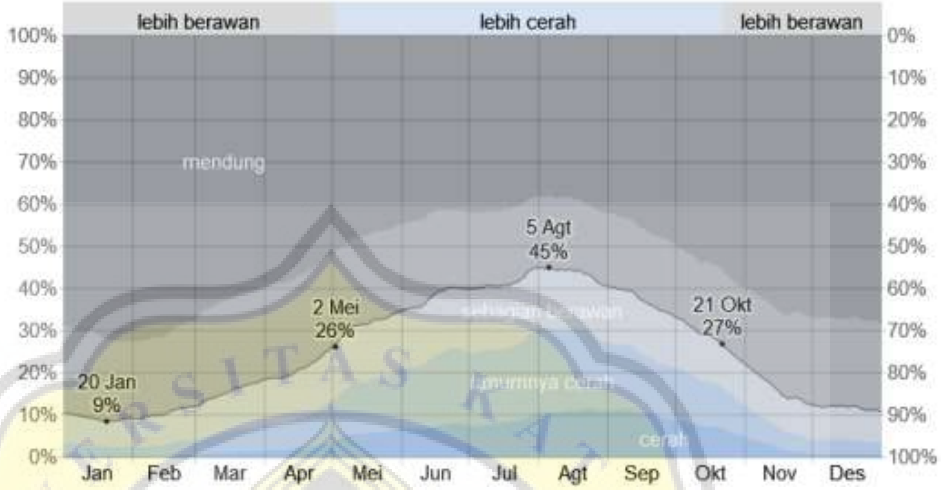
Periode terang tahunan pada Sempol pada 2 Mei serta terjadi dengan durasi 5,6 bulan, selesai pada 21 Oktober.

Bulan tercerah pada Sempol merupakan Agustus, dengan kurang lebih 44% cerah, dominan cerah, kalau tidak sebagian mendung.

Durasi paling mendung pada 21 Oktober berdurasi 6,4 bulan, selesai 2

Mei.

Bulan termendung pada Sempol merupakan Januari, memiliki kurang lebih 91% kemungkinan akan berawan kalau tidak sebagian besar mendung. (Weatherspark, 2022)



Gambar 62. Kategori Tutupan Awan di Sempol. Persentase waktu yang dihabiskan di setiap pita tutupan awan, yang dikategorikan menurut persentase langit yang tertutup awan. (Sumber: Weatherspark)

Tabel 28. Persentase Bagian Cerah dan Berawan Menurut Bulan di Kecamatan Sempol Tahun 2022 (Sumber: WeatherSpark)

Bagian	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
Lebih berawan	91%	89%	84%	79%	68%	62%	58%	56%	63%	72%	84%	88%
Lebih cerah	9%	11%	16%	21%	32%	38%	42%	44%	37%	28%	16%	12%

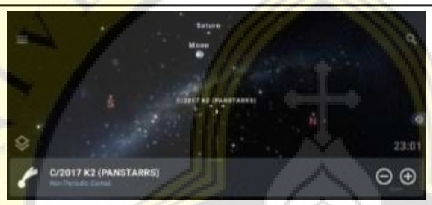
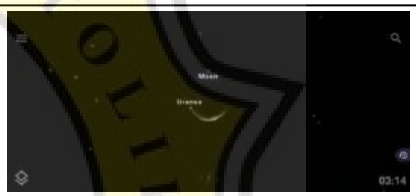
- **Astronomi**

Penemuan-penemuan fenomena astronomi dari kawasan yang terpilih akan diklasifikasikan berdasarkan waktu terjadinya fraksi langit yang paling cerah, yaitu dari bulan April sampai September (Lihat bagian 1.1.2.) sampai 60-70%

Fenomena astronomi bulan Mei sampai Agustus antara lain sebagai berikut; (Budianto, 2022)

Tabel 29. Fenomena astronomi dari bulan April sampai September 2022 (Sumber: Analisis Pribadi)

27 Mei 2022	14 – 15 Juni, 13 – 14 Juli 2022
Okultasi Venus oleh Bulan	Bulan Purnama Super/*Super Thunder Moon*/*Buck Moon*
Benda langit lebih kecil menghalangi benda langit yang lebih besar. Ini menyebabkan Bulan berfase sabit.	Bulan berada di titik terdekatnya Bumi. Berlangsung 14 Juni 2022 jam 18.51 WIB dan 14 Juli pukul

Pernah terjadi 30 Juni 2011 dan 18 September 2017, dan akan terjadi lagi 14 September 2026 dan 27 Mei 2039.	01.37 WIB. Melihat ke arah Tenggara hingga Barat Daya untuk menyaksikan
 Gambar 63. Okultasi Venus oleh Bulan (Sumber : Aplikasi)	 **Gambar 64**. Bulan Purnama Super (Sumber: Aplikasi)
14 Juli 2022	25 Juni 2022
Komet C/2017 K2	Okultasi Uranus oleh Bulan
Usai *Supermoon*, ada komet yang melintas sedang menuju ke matahari terlihat pukul 23.00 di langit arah selatan di atas konstelasi Scorpius, terletak di antara Saturnus dan bintang yang brilian Arcturus.	Okultasi ini dapat disaksikan dimana bulan berfase Sabit Akhir di wilayah Indonesia. Pernah terjadi 15 Juli, 8 September 2006 dan 28 November 2006 dan akan terjadi 8 April, 5 Mei, dan 29 Juni 2030.
 **Gambar 65**. Komet C/2017 K2 seusai Bulan Purnama Super (Sumber : Aplikasi)	 **Gambar 66**. Okultasi Uranus oleh Bulan (Sumber: Aplikasi)
13 – 14 Agustus 2022	
Puncak Hujan Meteor Perseid	
Intensitas hujan meteor Perseid mencapai 100 meteor/jam. Namun di wilayah Indonesia cukup beragam, dimana mencapai 36 meteor/jam di Pulau Rote dan 61 meteor/jam di Sabang. Titik radian terbit dari Arah Timur Laut antara pukul 23.00 sampai 01.00. Dapat disaksikan 25 menit ketika titik radiannya berkulminasi di arah Utara.	
 Gambar 67. Hujan Meteor Perseid (Sumber: Aplikasi)	