

APLIKASI PENGUKURAN VENTILASI ALAMI

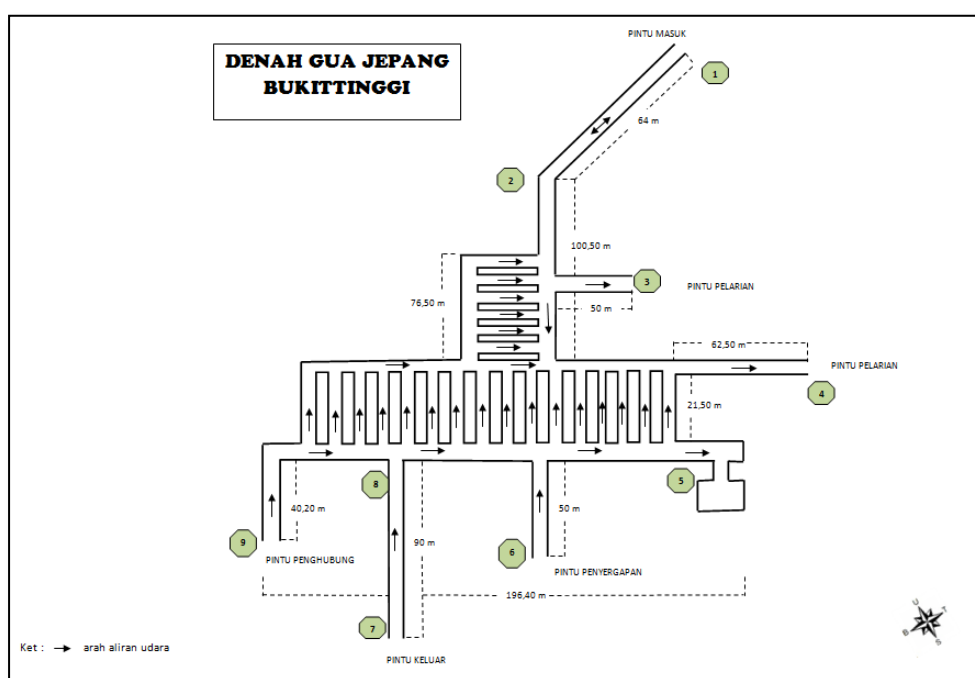
Oleh : Darius Agung Prata, ST

Widyaiswara Muda Balai Pendidikan dan Pelatihan Tambang Bawah Tanah, Sawahlunto

Udara yang mengalir dalam terowongan di bawah tanah sangat penting untuk mengatur tingkat kenyamanan yang ada di lingkungan tersebut. Berdasarkan beberapa literatur, kenyamanan manusia yang berada di daerah tropis berkisar antara temperatur efektif 20°C sampai dengan 26°C . Kegiatan pengukuran yang dilakukan di Gua Jepang Bukit Tinggi dimaksudkan untuk mengetahui hubungan antara ventilasi alami yang menjadi sumber ventilasi objek wisata ini dengan tingkat kenyamanan pengunjung berdasarkan temperatur efektif. Dari hasil pengukuran didapatkan rata-rata temperatur efektif yang ada di dalam terowongan berkisar antara $16,1^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $24,4^{\circ}\text{C}$.

1. Pendahuluan

Gua Jepang yang berlokasi di Bukit Tinggi Sumatera Barat merupakan suatu konstruksi terowongan yang dibuat pada masa penjajahan Jepang sekitar tahun 1944. Terowongan-terowongan ini dibangun sedemikian rupa di punggung bukit yang berbatasan dengan Ngarai Sianok. Konstruksi terowongan-terowongan ini dirancang dengan menerapkan prinsip-prinsip



Gambar 1. Denah Gua Jepang Bukittinggi

pengaliran udara secara alami. Dengan adanya kontur yang berbeda elevasi, beberapa mulut terowongan dibangun untuk mendukung mengalirnya udara secara alami ke terowongan bagian dalam yang berisi ruangan-ruangan untuk berbagai keperluan.

Lokasi gua Jepang ini sangat menarik untuk teliti, terutama untuk memberikan pengetahuan dan keterampilan dalam bidang pengukuran ventilasi, serta contoh yang sangat nyata mengenai prinsip-prinsip mengalirnya udara secara alami. Untuk mengetahui pola aliran ventilasi yang mengalir di dalam terowongan-terowongan inilah dilakukan pengambilan data guna menguji apakah udara yang mengalir secara alami di dalam terowongan memenuhi kriteria kebutuhan udara bagi pengunjung objek wisata ini.

2. Ventilasi Alami dan Kenyamanan Manusia

Mengalirnya udara di dalam suatu terowongan dapat disebabkan dua faktor. Pertama adalah udara yang mengalir secara alami (natural), dan berikutnya adalah udara mengalir dengan bantuan kipas angin. Ventilasi alami terjadi akibat adanya perbedaan tekanan udara antara mulut terowongan dan bagian dalam terowongan yang menyebabkan udara mengalir. Sedangkan ventilasi buatan menggunakan prinsip yang sama dengan bantuan alat yang dinamakan kipas angin yang bertujuan untuk menimbulkan perbedaan tekanan antara dua titik di depan dan dibelakang kipas angin. Agar udara di dalam suatu terowongan dapat mengalir secara alami ada beberapa kondisi yang harus dipenuhi dalam hubungannya dengan konstruksi yang dibuat. Berikut ini adalah beberapa persyaratan agar udara dapat mengalir secara alami di dalam suatu terowongan :

1. Terowongan bukan merupakan terowongan buntu
2. Adanya perbedaan elevasi antara mulut terowongan dan bagian dalam tambang serta mulut udara keluar
3. Adanya perbedaan temperatur di dalam dan di luar tambang

Suhu tubuh manusia normal berdasarkan prinsip pengontrolan thermostatik menjaga kondisi suhu tubuh berkisar pada 37°C. Dalam proses menjaga suhu tubuh ini manusia akan berkeringat bila terlalu panas dan akan mengigil bila terlalu dingin. *Lippsmeier 2003*, menunjukkan beberapa penelitian mengenai suhu yang nyaman untuk orang-orang yang berada di daerah tropis dalam tabel 1.

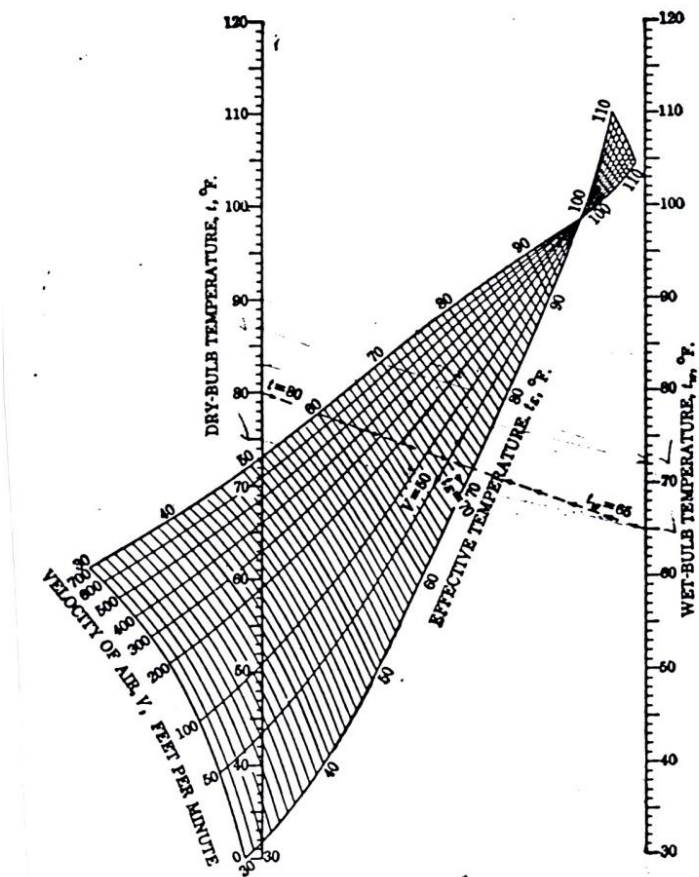
Kenyamanan manusia di daerah tropis menurut *Karsono, 2007*, berkisar dalam rentang suhu ruangan 23,4°C sd 19,4°C dengan kelembaban berkisar antara 30-70%. Sedangkan dalam survei yang dilakukan pada pekerja di perkantoran Jakarta didapatkan angka kenyamanan dapat di rasakan bila suhu berkisar pada 26,4 °C. Kenyamanan manusia dalam kondisi ruang juga berhubungan dengan

kelembaban udara yang berlangsung dalam lingkungan tersebut. Sebagaimana terlihat dari tabel 1 di atas, berdasarkan penelitian (Mom 194, dalam Karsono) di daerah Bandung pada tahun 1936-1940 terlihat bahwa kenyamanan dapat dicapai pada temperatur efektif antara 20-26°C.

Untuk mengetahui kenyamanan pengunjung di dalam Gua Jepang Bukit Tinggi, maka temperatur yang sebaiknya di gunakan adalah temperatur efektif. Hal ini dikarenakan udara yang ada di dalam terowongan ventilasi merupakan udara bergerak yang bersumber dari ventilasi alami.

Tabel 1. Temperatur Efektif Untuk Beberapa Daerah Iklim Tropis di Dunia

Pengarang	Tempat	Kelompok Manusia	Batas Kenyamanan
ASHRAE	USA Selatan (30 ⁰ LU)	Peneliti	20,5°C - 24,5°C TE
Rao	Calcutta (22 ⁰ LU)	India	20,0°C - 24,5°C TE
Webb	Singapura (Khatulistiwa)	Malaysia, China	25,0°C - 27,5°C TE
Mom	Indonesia (Khatulistiwa)	Indonesia	20,0°C - 26,0°C TE
Ellis	Singapura (Khatulistiwa)	Eropa	22,0°C - 26,0°C TE



Gambar 2. Nomograph Temperatur Efektif (Mc Elroy dalam Hartman 1997)

Temperatur efektif adalah kondisi dimana manusia merasa lingkungan tempatnya berada yang berhubungan dengan temperatur terasa nyaman. Untuk menghitung temperatur efektif selain temperatur cembung kering dan temperatur cembung basah, maka diperlukan juga data kecepatan udara yang mengalir. Temperatur efektif dapat dicari dengan melakukan plotting ke dalam nomograph temperatur efektif pada gambar 1.

3. Peralatan dan Prosedur

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan ini adalah sebagai berikut :

a. Pengukuran kecepatan udara

i. Peralatan

Menggunakan anemometer digital merk Kestrel 1000 untuk kecepatan di atas 0,4 m/s dan smoke detektor merk Sibata untuk kecepatan udara di bawah 0,4 m/s

ii. Prosedur pengukuran menggunakan smoke tube

- Pengukuran dilakukan dengan metode *fixed point* (dengan membagi terowongan menjadi beberapa titik dan mengambil data pada titik yang mewakili bidang-bidang khayal tadi).
- Smoke tube di posisikan di ujung penggaris yang memiliki skala 1-30 cm
- Smoke tube disemprotkan sehingga asap dari tube keluar (stopwatch di start)
- Bila ujung asap telah sampai pada skala 30 cm, stopwatch di matikan
- Kalkulasi waktu yang terbaca apabila jarak yang ditempuh hingga 1 meter.

iii. Prosedur pengukuran menggunakan anemometer

- Pengukuran dilakukan dengan metode *fixed point* (dengan membagi terowongan menjadi beberapa titik dan mengambil data pada titik yang mewakili bidang-bidang khayal tadi).
- Anemometer diatur dalam mode pengambilan kecepatan udara maximum
- Anemometer di posisikan hingga pembacaan pada alat menjadi stabil.
- Bila angka kecepatan udara sudah tidak berubah dalam waktu kurang lebih 1 menit, catat angka terakhir yang dibaca.

b. Pengukuran elevasi dan tekanan

i. Peralatan

Elevasi diukur dengan menggunakan peralatan GPS merk Garmin tipe 76CSx

ii. Prosedur

- Hidupkan GPS sebelum mulai masuk ke dalam terowongan
- Tunggu hingga pembacaan alat menjadi stabil
- Catat angka yang terbaca untuk elevasi dan temperatur

c. Pengukuran temperatur dan kelembaban

Temperatur dan kelembaban diukur dengan menggunakan sling psikrometer merk Sibata

i. Peralatan

Pengukuran temperatur dan kelembaban dilakukan dengan menggunakan sling psikrometer merk Sibata.

ii. Prosedur

- Rakit dan posisikan sling psikrometer pada bagian tengah-tengah terowongan.
- Tetesi air bagian ujung temperatur cembung basah
- Putar bagian kipas dari sling psikrometer kira-kira tiga kali putaran penuh
- Tunggu hingga putaran berhenti
- Catat temperatur embung kering dan cembung basah yang terbaca.

4. Hasil Pengukuran

Pengukuran dilakukan antara pukul 12.30 WIB sampai pukul 15.30 WIB. Cuaca pada saat pengukuran dalam kondisi hujan di awal pengukuran. Hasil pengukuran yang dilakukan dapat dilihat sebagai berikut :

1. Pintu masuk (titik no 1 dari gambar 1)
Suhu udara kering $26,3^{\circ}\text{C}$, suhu udara basah $25,6^{\circ}\text{C}$ kecepatan udara $0,24$ m/s, dengan temperatur efektif $24,4^{\circ}\text{C}$
2. Pintu pelarian (titik no 3 dari gambar 1)
Suhu udara kering $23,8^{\circ}\text{C}$, suhu udara basah $23,5^{\circ}\text{C}$ kecepatan udara $0,45$ m/s, dengan temperatur efektif $21,4^{\circ}\text{C}$
3. Pintu pelarian (titik no 4 dari gambar 1)
Suhu udara kering $22,4^{\circ}\text{C}$, suhu udara basah $22,2^{\circ}\text{C}$ kecepatan udara $1,30$ m/s, dengan temperatur efektif $16,1^{\circ}\text{C}$
4. Dapur (titik no 5 dari gambar 1)
Suhu udara kering $22,9^{\circ}\text{C}$, suhu udara basah $22,6^{\circ}\text{C}$ kecepatan udara $0,18$ m/s, dengan temperatur efektif $22,3^{\circ}\text{C}$
5. Pintu penyergapan (titik no 6 dari gambar 1)
Suhu udara kering $23,3^{\circ}\text{C}$, suhu udara basah $23,2^{\circ}\text{C}$ kecepatan udara $0,42$ m/s, dengan temperatur efektif $21,2^{\circ}\text{C}$
6. Pintu keluar (titik no 7 dari gambar 1)
Suhu udara kering $24,0^{\circ}\text{C}$, suhu udara basah $23,7^{\circ}\text{C}$ kecepatan udara $0,33$ m/s, dengan temperatur efektif $22,2^{\circ}\text{C}$

7. Pintu penghubung (titik no 9 dari gambar 1)

Suhu udara kering $24,3^{\circ}\text{C}$, suhu udara basah $23,8^{\circ}\text{C}$ kecepatan udara $0,60\text{ m/s}$, dengan temperatur efektif $21,4^{\circ}\text{C}$

5. Kesimpulan

Dari hasil pengukuran yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengukuran yang dilakukan didapatkan bahwa udara yang mengalir secara alami di dalam terowongan gua Jepang mengalir dari pintu no 1 menuju pintu no 3 dan sebagian dari pintu no 1 ini mengalir menuju pintu no 4. Udara juga masuk melalui pintu no 9,7 dan 6 menuju ke pintu no 4.
2. Diketahui bahwa pintu masuk udara yang terukur paling besar mensuplai udara adalah pintu no 9 dimana di terowongan ini didapatkan kecepatan udara hingga $0,6\text{ m/s}$. Sedangkan pintu udara keluar dengan debit terbesar adalah pintu pelarian no 3. Udara yang mengalir di dalam terowongan ini sangat dipengaruhi oleh jumlah pengunjung yang masuk. Sebagaimana yang tercatat pada saat pengukuran kecepatan udara di pintu masuk mengalami pembalikan arah pada saat ada pengunjung yang berada di sekitar stasiun ukur no 2.
3. Temperatur efektif yang tercatat dari hasil pengukuran yang dilakukan berkisar antara $16,1^{\circ}\text{C}$ hingga $24,4^{\circ}\text{C}$. Range ini masih berada di antara rentang nyaman berdasarkan penelitian *Mom*. Dan tercatat satu lokasi dengan temperatur efektif di bawah standar yaitu di lubang pelarian yang memang dirasa cukup dingin bila berada di daerah ini dalam waktu agak lama.

6. Saran

Dari hasil pengukuran yang didapatkan, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhitungkan lebih akurat mengenai data-data elevasi, dimensi terowongan, tekanan barometrik dengan menggunakan peralatan dan metode yang lebih sesuai dan presisi. Sehingga akan didapatkan keakuratan data yang lebih tinggi. Dengan diketahuinya data yang lebih akurat, perilaku udara yang mengalir di dalam terowongan terowongan dapat disimulasikan dengan lebih baik.

7. Daftar Pustaka

Georg Lippsmeier; Alih Bahasa, Syahmir Nasution, 2003, “ Bangunan Tropis”Erlangga, Jakarta

Karyono, Tri Harso, 2007, “Dari Kenyamanan Termis Hingga Pemanasan Bumi : Suatu Tinjauan Arsitektur Dan Energi”, Pidato Pengukuhan Guru Besar Tetap, Universitas Tarumanegara, Jakarta

Hartman L, Ramani R.V, Mutmansky JM, Wang YJ, 1997, “Mine Ventilation and Air Conditioning third Edition”, John Wiley and Sons Inc, New York