

TEROWONGAN AIR BLENDREN DI SITUS TROWULAN (Tinjauan Secara Geohidrologi)

M. Fadhlan S. Intan

I. Pendahuluan

Majapahit adalah sebuah negara besar pada zamannya (1294 - 1520 M), yang pengaruh kekuasaannya melebihi batas mandala Jawa. Dalam kurun waktu 226 tahun, ternyata puncak kejayaannya hanya berlangsung selama 60 tahun, yakni dimulai dari Jayanegara hingga menjelang akhir pemerintahan Raja Hayam Wuruk dengan Gajah Mada sebagai Mahapatih Majapahit (Suhadi 1985).

Majapahit adalah sebuah negara agraris yang perekonomiannya didasarkan pada sistem pertanian padi dengan irigasi di sawah (Soewadji 1980 dalam Sukarjo 1983). Pemerintah kerajaan membuat waduk dan saluran-saluran air untuk persediaan di musim kemarau dari sungai-sungai besar yang letaknya beberapa kilometer dari Trowulan, untuk kepentingan masyarakat dan perekonomian negara.

Pada masyarakat yang bersifat agraris, pertanian memegang peranan penting. Pengembangan negara yang perekonomiannya berdasarkan

pada produksi pertanian dapat dicapai melalui pengelolaan air (Van Liere 1980 dalam Sukarjo 1983).

Letak sumber air sangat mempengaruhi manusia untuk memilih tempat tinggalnya. Lingkungan alam dimana manusia akan memilih dan menentukan tempat tinggalnya banyak bergantung kepada faktor kesuburan tanah dan adanya sumber air (Soejono 1981). Hubungan antara manusia dengan lingkungan alam tidak semata-mata terwujud sebagai suatu hubungan dalam hal manusia mempengaruhi dan merubah lingkungannya (Utomo 1981).

Trowulan sebagai ibukota Majapahit, merupakan suatu dataran rendah yang dibatasi oleh Gunung Penanggungan, Gunung Welirang dan Gunung Anjasmoro, serta berada di antara dua sungai, yaitu Sungai Brangkal dan Sungai Guntung, dimana kedua sungai tersebut bermuara di Sungai Brantas (Riantiningrum 1986).

Situs Trowulan saat ini termasuk dalam wilayah Kecamatan Trowulan dan Kecamatan Sooko, Kab. Mojokerto, Jawa Timur, letaknya ku-

rang lebih 10 km dari kabupaten ke arah tenggara, serta kurang lebih 55 km ke arah barat daya kota Surabaya. Secara geografis daerah ini, terletak di antara dua garis lintang, yaitu $112^{\circ}15'$ - $112^{\circ}35'$ Bujur Timur dan $7^{\circ}25'$ - $7^{\circ}45'$ Lintang Selatan, serta tercantum dalam peta topografi lebar 53/XLI-D (Mojo Agung) berskala 1: 50.000.

Trowulan kini merupakan daerah kering tanpa sumber air yang cukup, padahal penduduknya sebagian besar adalah petani. Memang ada dua sungai yang cukup besar, seperti Sungai Brangkal dan Sungai Gunting yang bermuara di Sungai Brantas, yang volume airnya sangat melimpah pada musim hujan dan sangat sedikit pada musim kemarau dan hanya mengalir di dasar sungai, sementara tebing-tebingnya nampak curam. Apakah keadaan kering ini, juga sama sewaktu Trowulan menjadi ibu-kota Majapahit, belumlah diketahui dengan pasti (Wibowo 1977).

Beberapa ahli yang telah meneliti maupun menulis tentang Trowulan selalu menyebutkan adanya bangunan air, baik itu berupa kolam, waduk, saluran dan lain sebagainya. Arifin (1986) dalam tulisannya berdasarkan hasil potret udara menyatakan, di daerah Trowulan dan sekitarnya ditemukan adanya jalur-jalur yang saling bersilangan tegak lurus dengan arah utara-selatan dan barat-timur, serta jalur-jalur yang agak menyerong (peta 1). Selain itu para peneliti seperti Wibowo (1977), Arifin (1986), MacLaine Pont (1926), Bandono & Sampurno (1980), dan Ratnawati (1991), memberikan asumsi bahwa bangunan air itu berfungsi sebagai saluran irigasi dan sebagai pencegah banjir. Sedangkan Wibowo (1977), Kardono (1981) menyatakan sumber

air untuk bangunan air tersebut, berasal dari sungai-sungai yang terdekat.

Penafsiran dari foto udara yang diperkirakan sebagai jalan raya, ternyata tidak benar, sesuai dengan hasil survei Geomagnetik dan Geoelektrik (Darmo Yuwono 1985 dalam Arifin 1986). Melihat jalur-jalur tersebut, ternyata tidak lurus ke utara ke arah Blendren, tetapi berhenti di daerah Bejijong (di barat) dan kurang lebih 1 km ke arah timur dari Candi Menak Jinggo, serta Trowulan (di utara). Sehingga dapat dikatakan bahwa waduk Segaran adalah waduk terakhir dari suatu sistem pengendali banjir dan pengairan, walaupun pada kenyataannya, bahwa di sisi barat daya waduk Segaran, terdapat suatu saluran yang mengarah ke utara, tetapi dalam peta yang diajukan oleh Wibowo (1977), memperlihatkan hubungan satu sama lainnya dari waduk Boureno hingga ke waduk Blendren (Peta 2).

NC van Setten van der Meer dalam Kusumohartono (1991), menyatakan ada beberapa sarana irigasi sawah, antara lain waduk/dam (*dawuhan*), tanggul/dam (*tambak/tamwak*) kolam/dam/danau (*tameng & tamya*), saluran/ kanal (*welurang*) dan terowongan air (*arung*). Penyebutan sarana irigasi ini didapatkan dari berbagai prasasti. Antara waduk dengan areal persawahan terletak saluran (kanal), yang berfungsi sebagai irigasi persawahan dan sebagai peredam luapan banjir Trowulan. Lebih jauh Kusumohartono menyatakan kata "terowongan air" (*arung*) tidak pernah ditemukan dalam prasasti Jawa Kuna, kecuali dalam prasasti Bali Kuna. Walaupun pada kenyataannya terowongan tersebut banyak ditemukan di Jawa dan oleh MacLaine Pont dalam Kusumohartono 1991, terowongan itu dianggap berfungsi sebagai penyalur air dari su-

ngai atau pun dam ke daerah persawahan yang terdekat, seperti yang terlihat dan tersebar di kawasan sebelah selatan Mojokerto, antara Trowulan dan Gunung Penanggungan.

Hasil pengeboran Tim Hidrologi UGM (1983), menunjukkan jalur-jalur hasil foto udara memiliki lapisan lumpur yang tebal dan dalamnya berkisar antara 2 - 4 meter. Susunan tanah pada jalur-jalur ini berupa lapisan yang bersejang-seling antara Geluh berpasir dan pasir berdebu. Ini jelas menunjukkan adanya proses pengendapan dan di antara lapisan-lapisan ini juga terdapat fragmen bata, gerabah dan keramik asing (Arifin 1986).

Berdasarkan hal tersebut, maka tujuan dari penulisan makalah ini, adalah untuk mengetahui masalah-masalah mengenai sumber air pada terowongan kuno di Situs Blendren, yang berdasarkan penelitian hidrologi. Selain itu juga mencari hubungan antara waduk Segaran dengan waduk dan terowongan kuno Blendren. Data-data hidrologi yang dipakai dalam tulisan ini, diambil dari hasil penelitian penulis yang bekerjasama dengan Bidang Arkeologi Klasik pada penelitian arkeologi di Situs Blendren pada tahun 1990, serta ditunjang dengan beberapa pendapat para ahli yang berkaitan dengan tulisan ini.

II. Data Dasar

1. Lingkungan Situs

Kawasan Trowulan terletak pada ujung kipas aluvial Jatirejo dengan ketinggian antara 30-60 meter di atas permukaan laut, merupakan dataran yang melandai ke arah utara dengan kemiringan 0,45 - 2%. Sungai utama yang mengalir di daerah ini, adalah Sungai Boro dan Sungai Pikan yang menyatu menjadi Sungai Brangkal

dengan arah utara-selatan. Sungai Temon mengalir ke barat laut melalui dataran Candi Tikus, Bajang Ratu dan Segaran.

Berdasarkan kenampakan lapangan, maka tanah di daerah ini, dapat dibagi menjadi:

- a. lapisan tufa yang berwarna putih. Jenis ini terlihat di daerah Kedaton dan Segaran,
- b. tanah campuran dari kerakal, pasir dan kadang-kadang tercampur pecahan bata dan keramik, di atasnya ditutupi oleh pasir (tufa) dengan tebal mencapai 70 cm. Jenis ini terlihat di daerah Candi Bajang Ratu dan Candi Tikus; dan
- c. aluvial Jatirejo, ditemukan di daerah Gading, Ngerjo dan sekitar Candi Limo (daerah Dinoyo). Di atas endapan ini ditemukan tanah pasir yang bersifat lepas, urai dan kadang-kadang terdapat tufa berukuran pasir halus, berwarna putih kekuningan dengan hasil pelapukan berwarna coklat (Sartono dkk. 1991) (Peta 3).

Komposisi lithologi daerah Trowulan dan sekitarnya adalah (1) aluvial endapan rawa dan pantai, tersusun terutama oleh lempung yang kedap air, (2) bantuan vulkanik kuartir tua, (3) aliran lava andesit sampai basal, dan (4) endapan vulkanik muda terdiri dari tufa, lahar, breksi, lava andesit sampai basal.

Berdasarkan Peta Hidrogeologi Indonesia (1984), Trowulan tersusun oleh aluvium dataran yang berbutir kasar hingga sedang (kerikil, pasir dengan sisipan lempungan), mempunyai kelulusan tinggi hingga sedang, lapisan pembawa air tanah (*akifer*) termasuk produktif dengan penyebaran *akifer* yang luas. *Akifer* dengan aliran melalui ruang antar butir dengan keterusan yang sedang, muka air tanah atau tinggi pisometri air tanah dekat atau di atas muka tanah. Debit

sumur umumnya 5 - 10 liter/detik dan di beberapa tempat lebih dari 20 liter/detik. Trowulan termasuk dalam zona batas daerah aliran artesis, juga banyak ditemukan mata air dan ditunjang dengan curah hujan yang mencapai 2000 - 2500 mm/tahun.

2. Teori Dasar

Geohidrologi adalah suatu cabang dari ilmu Geologi yang mempelajari tentang sirkulasi air. Jadi dapat dikatakan, Geohidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang:

- a. Presipitasi (*precipitation*), adalah uap yang mengkondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses siklus hidrologi. Presipitasi dikenal dengan istilah curah hujan, dan satuan yang dipergunakan adalah mm/jam.
- b. Limpasan permukaan (*run-off*), adalah jumlah air yang mengalir di atas permukaan sewaktu hujan turun. Limpasan permukaan inilah yang sering disebut banjir, dan bersifat mengikis permukaan tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan adalah: kemiringan lereng, intensitas curah hujan, daya serap dari soil teratas, dan vegetasi.
- c. Penguapan/Evaporasi (*evaporation*), adalah proses perubahan tingkat wujud dari fase cair ke fase uap. Faktor-faktor yang mempengaruhi evaporasi adalah, temperatur (air dan udara), kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara, luas permukaan air dan komposisi air.
- d. Transpirasi (*transpiration*), adalah penguapan yang diakibatkan oleh tumbuh-tumbuhan, yaitu makin lebat vegetasi maka makin besar pula transpirasi.
- e. Infiltrasi (*infiltration*), adalah proses masuknya air hujan ke dalam lapisan atau strata yang

terdapat pada permukaan tanah dan menembus ke bawah, tetapi sebelumnya air ini terlebih dahulu di absorpsi untuk meningkatkan kelembaban tanah, sedang sisanya akan menembus terus ke bawah dan membentuk air tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi infiltrasi adalah, dalamnya genangan di atas permukaan tanah dan tebal lapisan yang jenuh, kelembaban tanah, pemampatan oleh curah hujan, penyumbatan oleh bahan-bahan yang halus, struktur tanah, dan tumbuh-tumbuhan dan udara yang terdapat dalam tanah.

- f. Air tanah (*ground water*), adalah air yang terdapat di dalam tanah, di dalam ruang-ruang antara butir tanah yang disebut air lapisan dan di dalam rekahan-rekahan batuan disebut air celah/*fissure water*. Faktor-faktor yang mengontrol jumlah air tanah adalah curah hujan, kemiringan permukaan topografi, porositas dan permeabilitas lapisan teratas, jumlah vegetasi dan jumlah air yang tersedia dalam pori-pori batuan.

Selanjutnya yang akan dibahas lebih mendalam adalah air tanah (*ground water*), sedangkan lainnya tidak akan dibicarakan lebih jauh.

Dalam pembahasan air tanah ada yang disebut dengan lapisan lulus air (*permeable layer*) yaitu suatu lapisan yang dapat dengan mudah dilalui air tanah (misalnya lapisan pasir dan kerikil), sedang lapisan tidak lulus air (*impermeable layer*) adalah suatu lapisan yang sulit dilalui oleh air tanah. Lapisan tidak lulus air dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu lapisan kedap air atau *aquiclude* (misalnya lapisan lempung dan *silt*) dan lapisan kebal air atau *aquifuge* (misalnya lapisan batuan). Lapisan lulus air yang jenuh dengan air tanah disebut juga *akifer* (lapisan pengandung air). Reservoir air tanah di-

sebut *akifer* yang dibentuk oleh lapisan yang lulus air dan diapit oleh dua lapisan kedap air.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, bahwa air yang turun dipermukaan sebagian akan meresap ke dalam tanah dan akan menjadi air tanah. Disamping air yang meresap dari permukaan yang disebut dengan *external origin*, maka air tanah dapat juga berasal dari dalam bumi sendiri yang disebut dengan *internal origin*. Air tanah yang berasal dari peresapan air permukaan disebut air meteorik (*meteoric water*), sedang air connate (*connate water*) adalah air tanah yang berasal atau terbentuk pada batuan sedimen sewaktu batuan tersebut terbentuk. Selanjutnya air tanah yang berasal atau terbentuk pada waktu kristalisasi magma disebut dengan air juvenil (*juvenil water*). Dari ketiga jenis air tanah tersebut (air meteorik, air connate dan air juvenil), maka pemasok terbanyak untuk air tanah adalah air meteorik.

Mengenai zona air tanah, daerah yang paling atas dimana pori-pori di antara partikel-partikel terisi oleh udara disebut dengan *zone of aeration* atau *vadoose water zone*. Pada zone ini, air akan terus turun ke bawah dan akan terkumpul pada zona dibawahnya dan disebut dengan *zone of saturation*. Air yang mengalir pada *zone of aeration* disebut dengan "*air vadoose*". Di antara kedua zona ini (*zone of aeration* dan *zone of saturation*) disebut dengan *zone of intermitten saturation*. Bagian teratas dari *zone of saturation* disebut muka air tanah tetap (*water table*). Sedangkan di atas *zone of intermitten saturation* disebut muka air tanah tidak tetap. Pembagian zona tersebut terletak pada lapisan pembawa air (*akifer*) yang terletak di atas lapisan kedap air (*impermeable*). Air tanah yang terdapat di bagian ini juga disebut air tanah bebas. Sedangkan air tanah yang terletak di bawah lapisan yang

kedap air disebut air tanah tertekan. Apabila air tanah tertekan ini muncul dipermukaan, maka akan menjadi mata air artesis.

Dalam hal pengembangan air, maka air tanah dapat diklasifikasikan yang disesuaikan dengan keadaan kondisi air tanah tersebut, yaitu (1) air tanah dalam dataran alluvial, (2) air tanah dalam kipas detrital, (3) air tanah dalam terras dilluvial (4) air tanah di kaki gunung api, dan (5) air tanah di zona retakan.

Air tanah merupakan suatu sumber daya yang dapat diperbarui, sehingga tanpa disadari oleh banyak orang dimanfaatkan semena-mena. Tetapi alam pun mempunyai batas kemampuan daya dukung dan kerusakan tata air akibat pemanfaatan yang keliru di banyak tempat, sehingga mengubah sifat air yang dapat diperbarui tersebut. Pengelolaan air tanah berubah menjadi penambangan air, sama dengan sifat barang tambang yang hanya dapat dipergunakan satu kali saja.

Kondisi dan kualitas air tanah di suatu daerah tergantung pada kondisi geografis (letak, iklim dan kedudukan terhadap muka air laut) dan geologinya (sifat-sifat lapisan pembawa air, misalnya kelulusan, reservoir dan komposisi).

Air tanah juga akan menghanyutkan bahan-bahan yang berukuran halus dan juga melarutkan bahan perekat di antara butiran, sehingga akan memperlemah ikatan butiran-butiran tanah. Adanya suatu sungai yang mengalir pada suatu daerah, maka persediaan dan kemungkinan pengembangan cadangan air tanah diharapkan lebih besar.

III. Analisis Geohidrologi

Berdasarkan hasil pengamatan secara umum, menunjukkan bahwa Situs Blendren,

tersusun secara berurutan atas beberapa lithologi, yaitu:

1. pasir, lanau dan lempung dengan sisipan kerikil hitam,
2. endapan teras dan talus,
3. lempung abu-abu liat mengandung lensa pasir,
4. lempung tufaan dengan sisipan pasir dan kerikil,
5. endapan teras dan talus,
6. lempung tufaan dengan sisipan pasir dan kerikil, dan
7. lempung abu-abu liat mengandung lensa pasir.

Selanjutnya dilakukan pengamatan yang lebih rinci dari tiap-tiap lapisan tanah di sekitar terowongan kuno dan di kotak galian A4 & A5, dengan metode pengukuran *atas ke bawah*, yang dimulai dari lapisan teratas hingga ke dasar kotak sedalam 320 cm. Kemudian dilanjutkan dengan metode pengukuran dari bawah ke atas, dari lapisan teratas kotak galian hingga ke lapisan atas yang sebenarnya atau lapisan penutup (*overburden*).

Tatanan stratigrafi yang berdasarkan atas hasil pengukuran dari atas ke bawah adalah:

- 0 - 40 cm : lempung berwarna coklat kehitaman.
- 40 - 150 cm : lempung lanauan berwarna merah kecoklatan.
- 150 - 215 cm : pasir lempungan berwarna merah kecoklatan
- 215 - 275 cm : lempung abu-abu liat berwarna abu-abu kehitaman.
- 275 - 320 cm : lempung tufaan padat berwarna merah hitam kecoklatan.

Tatanan stratigrafi yang berdasarkan atas hasil pengukuran dari bawah ke atas adalah:

- 0 - 40 cm : napal berwarna kuning kecoklatan.
- 40 - 150 cm : lempung lanauan berwarna merah kecoklatan
- 150 - 200 cm : lempung berwarna coklat kehitaman.

Selanjutnya, kedua data hasil pengukuran tersebut di atas, kemudian digabungkan dalam suatu tatanan stratigrafi yang dimulai dari lapisan penutup (*overburden*) hingga ke dasar kotak galian sedalam 500 cm, yaitu:

- 0 - 45 cm : lempung berwarna coklat kehitaman.
- 45 - 160 cm : lempung lanauan berwarna merah kecoklatan
- 160 - 200 cm : napal berwarna kuning kecoklatan.
- 200 - 240 cm : lempung berwarna coklat kehitaman.
- 240 - 330 cm : lempung lanauan berwarna merah kecoklatan
- 330 - 395 cm : pasir lempungan berwarna merah kecoklatan
- 395 - 455 cm : lempung abu-abu liat berwarna abu-abu kehitaman
- 455 - 500 cm : lempung tufaan padat berwarna merah hitam kecoklatan.

Sedangkan pada lubang terowongan kuno, urutan perlapisannya adalah sebagai berikut:

1. air bening berminyak dan berbau
2. pasir dan lumpur
3. pasir halus (1/6 - 2 mm)
4. kerikil (granule 2 - 4 mm)

5. kerakal (peble 4 - 64 mm)
6. lempung tufaan padat
7. cobble (64 - 256 mm).

Pada urutan perlapisan tersebut di atas, ternyata butir (2) hingga butir (5), adalah lapisan yang sengaja dibuat, dengan tujuan sebagai penyanging air.

Hasil pengamatan muka air tanah terhadap 15 buah sumur di sekitar terowongan kuno, diketahui bahwa tinggi muka air tanah atau pismoetri air tanah rata-rata 3,75 - 4,25 meter.

Terowongan kuno yang tampak pada dinding pematang, memiliki penutup bagian atas dari susunan bata yang terdiri dari lima lapis bata. Lebar bagian atas 85 cm dan terdiri dari 3 baris bata, 2 baris disusun membujur dan 1 baris lagi disusun melintang. Terowongan kuno ini berorientasi barat laut-tenggara dengan kemiringan 30°. Setelah diukur ketinggian antara terowongan pada dinding pematang dengan terowongan di kotak A3, menghasilkan data bahwa, tiap 1 meter terdapat selisih 0,5 cm lebih tinggi ke arah tenggara. Dengan demikian air dalam terowongan mengalir dari arah tenggara menuju baratlaut. Terowongan kuno berbentuk persegi dan bagian atas (penutup) berundak tiga, membentuk segienam. Mulut terowongan persegi panjang berukuran tinggi 150 cm dan lebar 35 cm (Peta 4) (lihat foto). Dalam usaha menelusuri untuk mengetahui panjang terowongan kuno tersebut, ternyata panjang terowongan hanya sampai pada lokasi industri bata, sedangkan pada kotak galian A4 & A5 tidak ditemukan lagi struktur bata, sehingga diperkirakan struktur bata tersebut berbelok arah tetapi sampai saat ini belum diketahui.

IV. Penutup

1. Hasil analisis hidrologi yang diperoleh adalah mengenai tatanan stratigrafi Situs Blendren (regional), tatanan stratigrafi sekitar terowongan kuno (lokal), tinggi pismoetri air tanah pada 15 buah sumur di sekitar terowongan kuno, bentuk dan ukuran serta arah dari terowongan kuno, bentuk dan ukuran serta arah dari terowongan kuno tersebut, bentuk dan ukuran serta arah dari terowongan kuno tersebut, dan yang terakhir adalah urutan perlapisan dari terowongan kuno. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis tersebut di atas, maka ditarik suatu asumsi bahwa:

- a. Penempatan terowongan kuno, adalah dengan cara memotong lapisan kedap air. Lapisan kedap air yang dimaksud adalah lempung tufaan padat.
- b. Sumber air yang dimanfaatkan dalam terowongan kuno, adalah air tanah yang terletak di bawah lapisan kedap air (lempung tufaan padat) yang disebut dengan air tanah tertekan. Apabila air tanah tertekan ini muncul kepermukaan tanah, akan menjadi mata air artesis.

Asumsi tentang sumber air pada terowongan kuno Blendren, ternyata sesuai pula dengan pendapat Bugie Kusumohartono peneliti dari Balai Arkeologi Yogyakarta dan Sunarso Simun peneliti dari Fak. Geografi UGM Yogyakarta yang menyatakan bahwa pada daerah yang agak kering dengan kemiringan tertentu, dimungkinkan dijumpainya terowongan yang berfungsi sebagai "penjemput" air tanah. Te-

rowongan tersebut secara horizontal menembus dinding miring dari bukit-bukit padas untuk mencapai urat air tanah yang mengalir di sebelah dalam dinding tersebut. Teknologi kuna ini dijumpai di daerah Kediri dan daerah-daerah lainnya, yang diperkirakan berasal dari periode kuna, dan mirip dengan teknologi kuna di Qanat, Asia Barat (Kusumohartono, 1991).

2. Berdasarkan atas penempatan terowongan kuna Blendren dan sumber air untuk terowongan tersebut, maka asumsi yang diajukan bahwa, waduk Blendren dan terowongannya tidak berhubungan dengan waduk Segaran. Seperti yang dinyatakan oleh Wibowo (1977), bahwa waduk-waduk tersebut saling terkait, yang dimulai dari waduk Baureno hingga ke waduk Blendren. Tidak adanya hubungan antara waduk dan terowongan

kuno Blendren dengan waduk Segaran telah terlihat pada hasil potret udara yang diajukan oleh Arifin (1986) yaitu jalur barat (Z1) terhenti di daerah Bejijong, sedang jalur ke arah timur terhenti di Z2 (± 1 km ke arah timur dari Candi Menak Jonggo), untuk jalur utara terhenti di Trowulan.

Jadi, kalau waduk dan terowongan kuna Blendren itu berhubungan dengan waduk Segaran (seperti yang dinyatakan oleh Wibowo maka seharusnya ada terowongan yang menghubungkan kedua tempat tersebut yang melewati daerah Wringin Lawang, Jati Pasar, Jati Sumber, Wate Sumpak, Kedung Maling dan Blendren. Jika di lapangan, terowongan tersebut tidak dapat terlihat dengan nyata, maka minimal dapat terdeteksi oleh alat geomagnetik dan geoelektrik.

DAFTAR PUSTAKA

Arifin, Karina

- 1986 "Sisa-sisa Bangunan Air Zaman Kerajaan Majapahit Trowulan", dalam *PIA IV*. Jakarta: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional

Bemmelen, R.W. van

- 1949 *The Geology of Indonesia*, Vol. Ia. Martinus Nijhoff, de Haque Nederland.

Utomo, Bambang Budi

- 1981 Persebaran Yoni di Kedu. Skripsi Sarjana FSUI Jakarta.

Eriawati, Y.

- 1991 "Pemanfaatan Tanah & Batuan dalam Pembuatan Artefak di Situs Trowulan", dalam *AHPA II*. Jakarta: Puslit Arkenas.

Eriawati, Y. & Arfian S.

- 1989 *Laporan Penelitian Situs Trowulan, Mojokerto, Jawa Timur*. Jakarta: Bidang Arkeometri Puslit Arkenas (belum diterbitkan).

Intan, M. Fadhlani S.

- 1990 *Situs Trowulan, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur*. Jakarta: Laporan Penelitian Bidang Arkeometri Puslit Arkenas.

Kusumohartono, B.

- 1991 "Aspek Adaptasi dalam Subsistensi Sawah pada Jaman Indonesia Kuna di Jawa", dalam *AHPA II*. Jakarta: Puslit Arkenas.

Lobeck, A.K.

- 1939 *Geomorphology*. McGraw-Hill Book Company inc. New York and Company.

Poespowardoyo, R.S.

- 1984 *Peta Hidrogeologi Indonesia-lambar X Kediri (Jawa)*. Dit.GTL., Ditjend. Pertambun, Departemen Pertambangan & Energi Bandung.

Ratnawati, Lien Dwiari

- 1991 "Peranan Sawah di Majapahit", dalam *AHPA II Trowulan 1988*. Jakarta: Puslit Arkenas.

Riatiningrum, Siwi

- 1986 "Penyajian Data Temuan Alur-Alur pada Struktur Bangunan Candi Tikus", dalam *PIA IV*. Jakarta: Puslit Arkenas.

Sartono & Bandono

- 1991 "Kehancuran Majapahit dari Pandangan Geologi", dalam *AHPA II*. Jakarta: Puslit Arkenas.

Satari, Soejatmi

- 1980 "Beberapa Data Sebagai Sumbangan Untuk Penelitian Bekas Kraton Majapahit", dalam *PIA I*. Jakarta: Puslit Arkenas.

Satari, Soejatmi

- 1991 "Landasan Timbul dan Berkembangnya Ekonomi Jaman Majapahit", dalam *AHPA II*. Jakarta: Puslit Arkenas.

Soejono, R.P.

- 1981 *Sejarah Nasional Indonesia I*. Jakarta: Proyek Inventarisasi & Dokumentasi Sejarah Nasional 1981/1982.

Soeroso, M.P.

- 1989 "Masalah Sampah dan Air Bersih di Ibukota Majapahit", dalam *PIA V*. Jakarta: Ikatan Ahli Arkeologi Indonesia.

Suhadi, M.

- 1985 "Beberapa Jenis Pajak pada Jaman Majapahit", dalam *REHPA II*. Jakarta: Puslit Arkenas.

Sukarjo, A.

- 1983 "Beberapa Catatan Tentang Temuan Sumur Kuna di Trowulan", dalam *PIA III*. Jakarta: Puslit Arkenas.

Suyono, S. & Kensaku, T.

- 1980 *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita Jakarta-AITP Tokyo, Japan.

Wibowo, A.S.

- 1977 "Fungsi Kolam-Buatan di Ibukota Majapahit", dalam *Majalah Arkeologi th I(2)*. Jakarta: FSUI.
- 1983 "Nagarakartagama dan Trowulan", dalam *Berkala Arkeologi th IV(1)*. Yogyakarta: Balai Arkeologi Yogyakarta.



Saluran Air Blendren, Trowulan