

# Pelapukan Sebagai Faktor Kerusakan Batu Andesit Dalam Struktur Bangunan Penyusun Candi Prambanan

Emmanuelle Litanía Lutters<sup>1)</sup>, Bernadeth Chiquita Phoebe Sri Palupi<sup>2)</sup>, Frigorius Noyansa Batuk<sup>3)</sup>, Heristama Anugerah Putra<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3,4)</sup> Prodi Arsitektur Fakultas, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Darma Cendika

---

## Abstrak

Bangunan candi merupakan simbol awal dari masuknya agama Hindu Budha di Indonesia. Candi berfungsi sebagai tempat untuk berdoa dan memuja Tuhan atau Dewa. Oleh karena itu, seluruh candi yang ada di Indonesia dikelola dan dilestarikan serta dirawat oleh Kementerian Pariwisata. Tidak sedikit bangunan candi saat ini dalam kondisi rusak karena faktor alam yakni pelapukan. Cuaca merupakan masalah utama kehancuran candi-candi di Indonesia terutama pada bangunan candi yang menggunakan bahan utama berupa batu andesit. Ciri utama lokasi terbangunnya candi yang menggunakan material batu andesit biasanya berada di dekat sungai dan tidak jauh dari gunung berapi. Lokasi ini adalah tempat di mana adanya perubahan cuaca yang sangat ekstrim dan dapat membuat percepatan proses pelapukan batuan Andesit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik penyusunan batu andesit pada bangunan Candi Prambanan guna untuk menemukan solusi apabila terjadi kerusakan akibat pelapukan yang terjadi pada material utama batu andesit. Studi ini menggunakan metode observasi secara kualitatif di mana sumber informasi didapat dari sumber primer berupa laporan, artikel ilmiah dan buku mengenai Candi Prambanan dan batu andesit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh cuaca dapat mempengaruhi keadaan bangunan. Namun terdapat berbagai cara untuk menanggulangi kerusakan akibat pengaruh cuaca tersebut, seperti dilakukan restorasi dan juga pembersihan pada area candi serta dilakukan pemugaran secara menyeluruh.

**Kata-kunci** : pelapukan, Batu Andesit, Candi Prambanan, perubahan cuaca, kerusakan

---

## Abstract

*The temple building is an early symbol of the entry of the Hindu-Buddhist religion in Indonesia. The temple is a place to pray and worship God or Gods. So that all temples in Indonesia are managed, preserved and cared for by the Ministry of Tourism. Not a few temple buildings are currently damaged due to natural factors, namely weathering. Weather is the main problem in destroying temples in Indonesia, especially in temple buildings that use the main material as andesite stone. The main feature of the location where the temple is built using andesite stone material is usually near the river and not far from the volcano. This location is a place where there are very extreme weather changes and can accelerate the weathering process of Andesite rocks. This study aimed to determine the characteristics of the composition of andesite stone in the Prambanan temple building to find a solution in the event of damage due to weathering that occurs in the main material of andesite stone. This study uses a qualitative observation method where information is obtained from primary sources through reports, scientific articles and books about the Prambanan temple and andesite stones. The results of this study indicate that the influence of weather can affect the state of the building. However, there are various ways to overcome the damage caused by the weather, such as restoration and cleaning of the temple area and thorough restoration.*

**Keywords** : weathering, Andesite Stone, Prambanan Temple, weather changes, damage

---

## Kontak Penulis

Heristama Anugerah Putra  
Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik,  
Universitas Katolik Darma Cendika  
Jl. Dr. Ir. Soekarno No. 201 Surabaya, 60117  
Telp: - Fax: 031-5939625  
E-mail : [heristama.putra@ukdc.ac.id](mailto:heristama.putra@ukdc.ac.id)

## Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang mampu memberikan dampak bagi perkembangan kemajuan teknologi bahan atau material konstruksi bangunan di dunia. Hal ini dikarenakan negara Indonesia termasuk dalam negara yang memiliki keanekaragaman budaya dan tradisi yang sudah mengakar dari zaman dahulu hingga sekarang. Dengan demikian, dapat dikatakan Indonesia merupakan negara heterogen. Salah satu kemajuan teknologi bahan konstruksi pada zaman dahulu yakni banyaknya bangunan candi peninggalan beberapa kerajaan besar di bumi Nusantara pada zaman dulu seperti kerajaan Kutai Kertanegara ataupun kerajaan Mataram kuno. Pada zaman dulu candi memiliki untuk berbagai kegiatan yaitu sebagai tempat tinggal raja, pemujaan dewa, pemandian, maupun penyimpanan abu jenazah raja. Setiap candi memiliki keunikan dalam hal bentuk bangunan dan material yang digunakan, hal ini tergantung dari masing-masing dari adat setempat dan lokasi terbangunnya bangunan candi tersebut. Bangunan candi berawal dari penyebaran beberapa agama di Nusantara atau yang sekarang disebut Indonesia yaitu agama Hindu dan Buddha. Untuk itu bentuk bangunan candinya pun berbeda-beda antara candi Hindu dengan candi Buddha. Lokasi terbangunnya candi tersebar di beberapa pulau di Indonesia dan terbanyak berada di Pulau Jawa.

Tersebaranya beberapa bangunan candi yang telah terbangun sejak zaman sejarah di hampir seluruh pulau Jawa dipengaruhi faktor lokasi dan lingkungan serta adat setempat. Bentuk bangunan candi sendiri memiliki ciri khas masing-masing, pada Candi Buddha memiliki karakteristik bentuk bangunan yang melebar kesamping dengan proporsi yang besar atau melebar. Sementara itu, pada bangunan candi Hindu memiliki karakteristik bentuk bangunan yang meninggi ke atas dan ramping pada seluruh bentukannya. Penggunaan material candi dilihat dari lokasi terbangunannya terlihat dari sebagian besar bangunan candi yang berada di Jawa Tengah menggunakan material batu andesit atau batu sungai hal ini dikarenakan banyak candi di provinsi ini yang dibangun dekat dengan aliran sungai atau dekat dengan gunung berapi. Sementara itu, candi yang berada di provinsi Jawa Timur banyak menggunakan material batu bata merah yang banyak ditemukan di area persawahan jauh dari gunung berapi. Berdirinya suatu candi di suatu lokasi ditinjau terkait akan kedekatan dengan sumber material yang digunakan (Poernama dan Putra, 2022).

Bangunan candi di Indonesia yang terbangun pada zaman sejarah hingga kini masih banyak yang bertahan dengan kokoh. Namun, tidak sedikit pula bangunan candi yang hanya menyisakan puing dan reruntuhan akibat adanya perang ataupun adanya gangguan alam seperti gempa bumi dan gunung meletus. Untuk itu beberapa bangunan candi yang ada di Indonesia terus dilakukan perawatan dan pemugaran untuk mengembalikan dan menyempurna-

kan kembali wujud dan bentuk bangunan seperti semula. Selain itu alasan utama dilakukan perbaikan dan pemugaran adalah untuk mengembalikan seperti semua kearifan lokal suatu budaya yang lahir di negara Indonesia. Salah satu bangunan candi yang sudah dilakukan pemugaran dan hingga kini dikelola oleh pemerintah di bawah kementerian pendidikan dan kebudayaan adalah Candi Prambanan. Candi Prambanan atau yang biasa juga dikenal sebagai candi Roro Jonggrang ini merupakan candi Hindu terbesar di Indonesia yang di bangun pada abad ke 9 masehi. Secara geografis Candi Prambanan terletak 17 KM ke arah Utara dari Yogyakarta. Lokasi terbangunnya Candi Prambanan terletak di tempat yang mudah di jangkau, sehingga kerap kali ramai pengunjung yang ingin melihat keindahan dari Candi Prambanan. Pada zaman dahulu Candi Prambanan difungsikan sebagai pusat pembelajaran agama Hindu. Material yang digunakan dalam pembangunan candi disesuaikan dengan ketersediaan bahan dan ada kaitannya dengan tingkat kesakralan pada bangunan candi yang akan didirikan (Alam, 2020).

Candi Prambanan merupakan salah satu candi peninggalan kerajaan Mataram kuno. Candi Prambanan terletak pada ketinggian 154 m di atas permukaan laut. Bentuk dari bangunan dan denah Candi Prambanan adalah persegi panjang dengan memiliki karakteristik bentuk bangunan semakin keatas semakin mengecil. Selain bangunan utama dari Candi Prambanan terdapat juga halaman luar dan tiga pelataran, yaitu *Jaba* (pelataran luar), *Tengahan* (pelataran tengah) dan *Njeron* (pelataran dalam). Di luar dari tiga pelataran utama dari bangunan utama Candi Prambanan terdapat juga halaman luar yang merupakan area terbuka yang mengelilingi pelataran luar. Candi Prambanan yang secara geografis terletak dekat dengan aliran sungai membuat bahan utama untuk pembangunannya menggunakan batu andesit. Hal ini dikarenakan kemudahan dalam pencarian sumber material dan akses kedekatan jarak terhadap lokasi terbangunnya candi pada zaman dahulu. Terkait lokasi terbangunnya dan akibat adanya gangguan alam pada jaman dahulu perlu diketahui terkait karakteristik pola dasar penyusunan batuan andesit dari Candi Prambanan sebagai material utama dalam proses pembangunannya. Selain itu setelah diketahuinya pola penyusunan batu andesit pada Candi Prambanan diharapkan kedepannya dapat dengan cepat menemukan percepatan pembangunan apabila terjadi kerusakan pada candi yang disebabkan oleh hal serupa. Batu andesit masuk termasuk dalam kategori *medium strength* yang memiliki kuat tekan yang cukup baik sehingga dapat digunakan sebagai material bahan bangunan (Ridwan, 2018).

### *Pembentukan Batuan Andesit pada Daerah Prambanan*

Kaitan dalam analisa petrografi terhadap batuan andesit secara menyeluruh merupakan susunan dari plagioklas, klinopiroksen, gelas dan mineral opak serta beberapa

mengandung hornblende (Padaga, 2015). Plagioklas sendiri merupakan mineral penyusun utama kerak bumi. Plagioklas masuk dalam mineral tektosilikat dalam kelompok feldspar. Plagioklas mengandung Kalsium (Ca) maupun Natrium (Na). Secara umum ciri dari plagioklas memiliki warna yang relatif terang atau abu-abu. Klinopiroksen terdiri atas augit, diopsit, pigeonit, aegirin, heden bergit, jedgeit, spodemen, aegirin-augit, walasnit. Mineral opak adalah mineral dari jenis magnetit dan ilmenit. Biasanya mineral opak berwarna metalik gelap. Mineral ini banyak dijumpai pada tanah tanah yang berbatuan induk basaltik (Allen, 1989). Hornblenda merupakan mineral pembentuk batuan. Hornblenda terdiri atas tiga molekul yakni silikat kalsium-besi-magnesium, silikat aluminium-besi-magnesium, dan sebuah silikat besi-magnesium. Karakteristik pada batuan andesit memiliki kuat tekan, porositas dan tingkat ketahanan aus (Dermawan, 2011). Batuan andesit tersusun dari mineral-mineral dengan tingkat resistensi yang baik diantaranya hornblende, plagioklas, sanidin, andesine, mineral opak dan kuarsa (Ghaffar, dkk, 2017).



**Gambar 1.** Candi Prambanan

#### *Sifat Batuan Andesit pada Candi Prambanan*

Pemilihan material untuk bangunan Candi Prambanan dipengaruhi oleh lingkungan sekitar pembangunan candi. Pada dasarnya candi merupakan bangunan yang sakral dengan fungsi keagamaan untuk menyembah dewa dan berdoa, sehingga bangunan candi harus kuat dan tahan lama dengan penggunaan material yang kokoh. Secara keseluruhan, batu andesit memiliki 5 jenis warna yang berbeda, sehingga dapat dinyatakan bahwa warna dari batu andesit sangat beragam dengan mayoritas jenis warna batuan yang ditemukan adalah abu-abu agak kebiruan. Selain itu, setiap jenis batu andesit juga memiliki besaran rongga yang berbeda-beda. Khusus pada Candi Prambanan terdapat 2 jenis struktur bangunan yang terbuat dari batu andesit, yaitu masif dan vesikuler. Untuk vesikuler biasanya batuan tersebut lebih banyak mengeluarkan gas saat pembentukannya, sehingga lebih banyak rongga. Sementara itu, pada jenis masif memiliki lebih sedikit rongga. Batu andesit memiliki massa jenis sebesar 2,11 – 2,36 g/cm<sup>3</sup>. Batuan andesit pada bangunan Candi Prambanan juga memiliki tekstur porfiritik. Tekstur

porfiritik sendiri merupakan sebuah tekstur yang dihasilkan dari pencampuran butiran kasar dengan butiran yang lebih halus. Pada Candi Prambanan terdapat tanah pengisi sebagai pemberi beban yang baik dengan variasi pasir untuk memberikan kuat geser yang prositif pada pasangan batu candi (Purwoko, 2018). Batuan andesit memiliki karakteristik sebagai bahan baku konstruksi yang layak untuk bagian konstruksi sebuah pondasi termasuk dalam kategori sedang dikarenakan memiliki sifat penyerapan air dalam kategori berat dan sedang (Karim dan Suriadi, 2019). Air hujan menjadi faktor utama akibat terjadinya proses pelapukan pada batuan andesit Candi Prambanan hal ini terlihat berubahnya bentuk pori yang bertambah lebar dan tidak beraturan (Warmada dan Hapsari, 2019).



**Gambar 2.** Batu dengan tekstur porfiritik

#### *Uji densitas pada Batu Andesit*

Pada uji densitas terhadap batu andesit memiliki 2 jenis sampel yang berbeda yaitu sampel satuan lava andesit basaltan hornblenda dan intrusi andesit basaltan piroksen. Densitas kedua batu ini diukur dengan menggunakan rumus massa jenis ( $\rho=m/v$ ). Dari hasil pengukuran Densitas, nilai rata rata satuan lava andesit basaltan hornblenda terbesar didapat 2.590 kg/m<sup>3</sup>, sementara nilai densitas keringnya rata rata berkisar 2.504,67-2590 kg/m<sup>3</sup> (Pinasthi dan Hendratno, 2016). Lalu untuk sampel kedua, batuan intrusi andesit basaltan piroksen, nilai densitas terendah diperoleh dengan rata rata 2.504 kg/m<sup>3</sup> (Pinasthi dan Hendratno, 2016). Sementara nilai densitas keringnya rata rata 2535,75 kg/m<sup>3</sup> (Pinasthi dan Hendratno, 2016). Rendahnya nilai densitas pada kedua sampel diatas disebabkan oleh pelapukan yang memberikan perubahan pada fenokris menjadi mineral sekunder.

#### *Uji tekan pada Batu Andesit*

Uji lain yang dilakukan pada batu andesit yaitu dengan melakukan uji kuat tekan. Dari hasil pengujian kuat tekan, nilai kuat tekan dari satuan lava andesit basaltan hornblenda rata rata yaitu 55,532 MPa, sedangkan nilai kuat tekan dari intrusi andesit basaltan piroksen rata rata 52,136 MPa (Pinasthi dan Hendratno, 2016). Lava andesit

basaltan memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar dibanding intrusi andesit basaltan piroksen (Pinasthi dan Hendratno, 2016). Nilai tekan dari kedua jenis batu andesit tersebut cenderung rendah. Hal ini dipengaruhi oleh kekar gerus. keberadaannya dapat menurunkan kuat tekan karena kekar mengurangi kerapatan batuan.

#### *Nilai ketahanan aus pada Batu Andesit*

Ketahanan aus kedua sampel dihitung dengan menggunakan persamaan  $Ax10/BJxLxW$  A = Selisih berat sebelum dan setelah diauskan,

BJ = Berat Jenis,

L = Luas permukaan bidang aus (dalam satuan mm<sup>2</sup>)

W = Waktu pengausan (dalam menit)

Dengan menggunakan rumus di atas maka didapatkan bahwa nilai ketahanan aus dari satuan lava andesit basaltan hornblenda adalah 0,0264 mm/menit, sedangkan nilai ketahanan aus dari intrusi andesit basaltan piroksen memiliki nilai 0,0301 mm/menit (Pinasthi dan Hendratno, 2016). Semakin kecil nilai ketahanan aus menandakan semakin kuatnya jenis batuan menahan abrasi.

#### **Metode**

Metode yang digunakan adalah metode observasi. Metode Observasi ini sendiri merupakan metode pengumpulan data sesuai dengan pengamatan yang dilakukan. Pengamatan dilakukan dengan turun ke lapangan dan dapat juga melalui data primer berupa pencarian literatur. Metode observasi dilakukan dengan cara melakukan pengamatan yang kemudian dilakukan pencatatan secara sistematis terkait perihal yang akan diteliti. Proses dalam tahap pengamatan ini adalah dengan pengumpulan data yang dilakukan dengan pencatatan berbagai informasi di lapangan. Berdasarkan pengertian di atas, metode observasi dapat diartikan untuk mencari cara guna memperoleh data didasarkan pada pengamatan penelitian terhadap benda atau sebuah peristiwa sebagai objek penelitiannya. Jenis penelitian sendiri dilakukan secara deskripsi kualitatif. Peneliti menggunakan penelitian jenis kualitatif dengan mengumpulkan data-data yang dihasilkan oleh para peneliti yang kemudian diolah untuk mencari kesimpulan lainnya terkait karakteristik batuan andesit dari Candi Prambanan.

#### **Hasil dan Pembahasan**

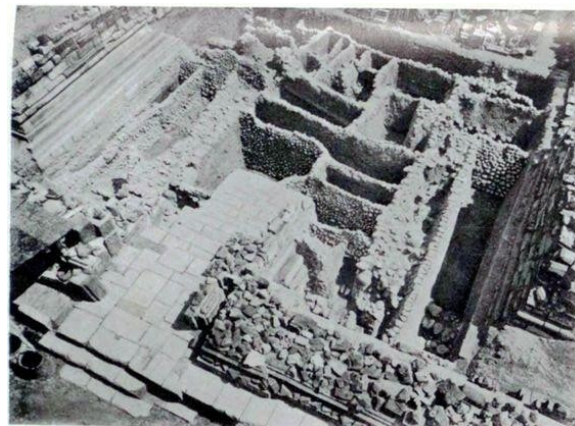
Dari permasalahan utama yang dapat disimpulkan dalam kaitannya terhadap jenis batuan andesit sebagai struktur bangunan Candi Prambanan adalah pelapukan. Faktor penyebab terjadinya pelapukan yang terjadi pada batu andesit Candi Prambanan juga bervariasi, mulai dari pelapukan biasa hingga pelapukan kuat. Selain itu juga terdapat faktor pelapukan lain yang terjadi pada bangunan Candi Prambanan yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal berasal dari sifat batuan itu

sendiri yang tentunya berbeda setiap batu, seperti struktur, komposisi tiap batu, tekstur, dan lebar atau bentuk rongga. Untuk faktor eksternal biasanya berasal dari cuaca, panas dan curah hujan. Telah disebutkan sebelumnya bahwa batuan andesit jenis vesikuler memiliki banyak rongga, dengan begitu air hujan akan mudah masuk dan menyebabkan proses pelapukan pada batu andesit Candi Prambanan akan semakin mudah terjadi. Namun, bukan berarti batuan andesit jenis masif tidak mudah melapuk. Tekstur porfiritik pada batuan dengan komposisi yang beragam akan lebih rentan terhadap proses pelapukan, sehingga batuan dengan struktur masif sekalipun dapat mengalami pelapukan (Martini dan Chesworth, 1992).

Pelapukan dapat diperlambat dengan berbagai cara. Pada Batuan Candi Prambanan pelapukan terjadi karena lumut yang tumbuh di area candi. Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan berbagai cara salah satunya dengan melakukan pembersihan batuan candi. Ada pula beberapa hal yang dapat memperlambat proses pelapukan batuan, misalnya menggunakan lapisan kedap air, penahan kapilarisasi air tanah, lapisan saringan, dan sistem drainase. Upaya perlindungan terhadap air hujan adalah dengan metode olesan/semprotan dan dengan bahan zat penolak air.

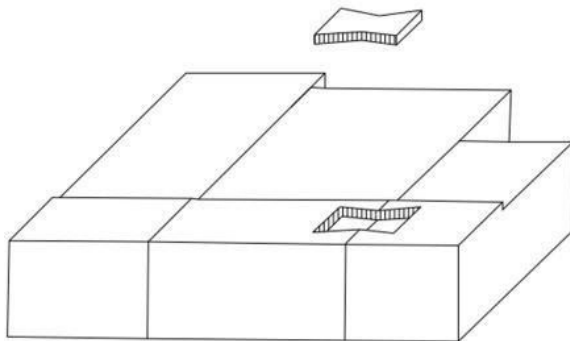


**Gambar 3.** Pondasi Candi Prambanan

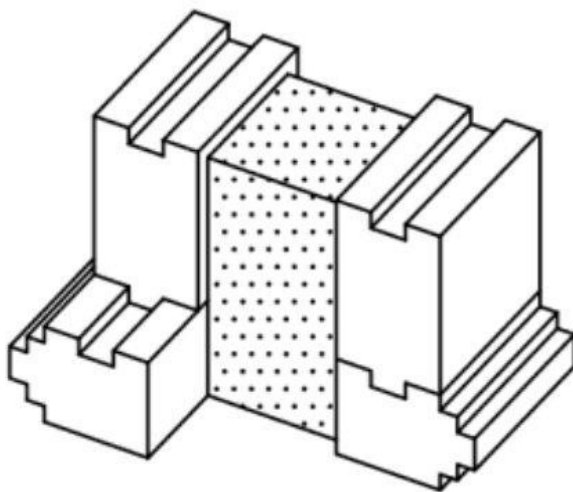


**Gambar 4.** Pondasi batu tuf ditutup batu andesit

Terdapat 240 kompleks candi yang mengelilingi dan berada dekat di sekitar bangunan utama Candi Prambanan. Pondasi Candi Prambanan tersebut juga menggunakan bahan batu Andesit. Tidak hanya Candi Prambanan saja, namun sebagian besar candi di Indonesia juga ditemukan menggunakan pondasi dengan material batu Andesit. Hal ini dikarenakan candi yang menggunakan material batu andesit lokasinya berada dekat dengan aliran sungai atau berada di daerah dataran tinggi pegunungan. Namun, ternyata pondasi pada Candi Prambanan tidak seluruhnya batu Andesit, melainkan di bawah batu Andesit terdapat batu tuf. Lalu, di bawah batu tuf juga terdapat kerikil serta pasir.



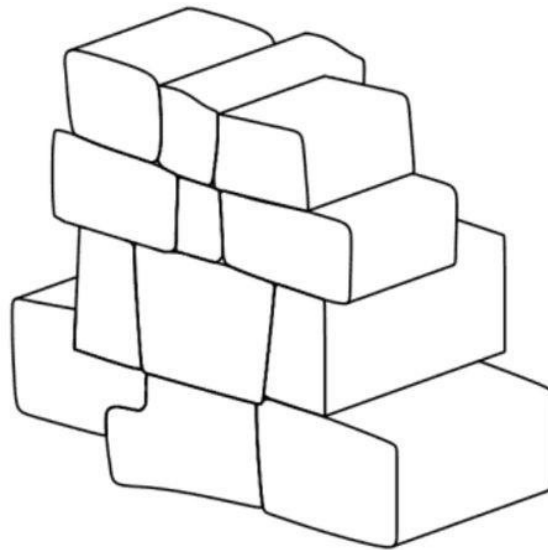
**Gambar 5.** Teknik penyambungan ekor burung pada batuan



**Gambar 6.** Teknik penyambungan 3 lapis

Selain digunakan untuk pondasi, batu andesit dapat digunakan untuk bagian badan candi. Candi Prambanan sendiri memiliki 3 struktur utama yaitu kepala, badan dan kaki. Kepala candi adalah atap dari candi tersebut, badan candi digunakan sebagai tempat untuk sembahyang dan kaki candi biasanya berupa undak-undakan yang terdapat juga pondasi dari Candi Prambanan. Selain digunakan untuk bagian badan candi, batu andesit juga dipakai untuk arca yang ada pada Candi Prambanan. Penyusunan batu Andesit pada Candi Prambanan juga ada berbagai macam teknik. Teknik pembangunan batu andesit pada Candi

Prambanan dipasang atau ditata sedemikian rupa agar meminimalisir pergeseran atau kerobohan pada candi.



**Gambar 7.** Teknik penyambungan banyak tak beraturan

## Penutup

Kesimpulan yang dapat ditarik adalah, batu andesit merupakan batu yang cukup kuat, namun untuk mempertahankan kualitasnya dari hamparan suhu dan iklim secara intens dalam kurun waktu yang cukup lama dibutuhkan berbagai cara dalam perawatannya. Dengan demikian, perawatan batu andesit untuk menghindari dari proses pelapukan adalah dengan cara menggunakan lapisan kedap air, penahan kapilarisasi air tanah, lapisan saringan, dan sistem drainase. Dalam penataannya pada candi pun batu andesit tidak dibuat asal. Tetap memperhatikan teknik-teknik pemasangan yang tepat agar batu andesit dapat berdiri dengan kokoh. Permasalahan tentu tidak lepas dalam hal ini. Pelapukan dapat diatasi dengan perawatan yang baik pada batu andesit sendiri.

## Daftar Pustaka

- Alam, B.P (2020). Pilihan Material Bangunan Pada Candi. *Jurnal Human Narratives*, 2(1), 33-38. DOI: <https://doi.org/10.30998/hn.v2i1.579>
- Allen, B.L dan Hajek, B.F. (1989). *Mineral Occurrence in Soil Environments*. (Dixon, J.B. & Weed, S.B., editors). Soil Sci. Soc. America, Madison, Wisconsin, USA
- Dermawan, M.H. (2011). Model Kuat Tekan, Porositas dan Ketahanan Aus Proporsi Limbah Peleburan Besi dan Semen Untuk Bahan Dasar Paving Blok. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, 13(1), 41-50. DOI: <https://doi.org/10.15294/jtsp.v13i1.1325>
- Ghaffar, L, A., Alfaridzi Sammana, L., & Wisonir. (2017). Identifikasi Kualitas Andesit Sebagai Bahan Bangunan Berdasarkan Analisis Petrografi Dan Nilai Kuat Tekan Batuan Daerah Gunung Berjo, Kab. Sleman, Yogyakarta. Hal. 1-7.

- Karim, R., & Suriadi, S. (2019). Kajian Karakteristik Batuan Beku Andesit Sebagai Bahan Bangunan di Daerah Sulamadaha Kecamatan Ternate Barat Kota Ternate. *Jurnal Dintek*, 12(2), 1-9.
- Martini, I.P dan Chesworth, W. (1992). *Weathering, Soils & Paleosols: Developments in Earth Surface Processes 2*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Padaga, H.C (2015). Mineral Plagioklas. Laboratorium Bahan Galian Sie. Petrologi.
- Poernama, J.A. dan Putra, H.A. (2022). Penggunaan Bahan Batuan Berdasarkan Lokasi Terbangun: Studi Kasus Candi di Jawa Tengah dan Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Arsitektur*, 12(1), 1-11.
- Pinasthi, M., & Hendratno, A. (2016). Studi Geologi dan Kualitas Andesit di Daerah Hargorojo, Kecamatan Bagelen, Kabupaten Purworejo Sebagai Bahan Bangunan. S1 Skripsi. Universitas Gajah Mada.
- Purwoko, F. (2018). Perilaku Pasangan Batu Candi Prambanan Terhadap Gaya Geser Dengan Pengisi Lempung dan Variasi Penambaha Pasir (10%, 20%, dan 30%). *Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 15-30. DOI: <https://doi.org/10.47200/jts.v13i1.836>
- Ridwan, P., dkk. (2018). Identifikasi Karakteristik dan Kualitas Andesit Sebagai Bahan Bangunan Daerah Batujajar, Kecamatan Batujajar Timur, Kabupaten Bandung Barat. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 2(3), 193-200.
- Warmada, I., & Hapsari, T. (2015). Petrogenesis dan Proses Pelapukan Batuan Penyusun Candi Prambanan Berdasarkan Analisis Petrografi dan Geokimia. Seminar Nasional Kebumian ke-8 (pp. 754-767). Yogyakarta, Indonesia: Grha Sabha Pramana, Universitas Gajah Mada