**BUDAYA KETAHANAN GEMPA PADA ARSITEKTUR MASJID
TRADISIONAL INDONESIA**
Earthquake Resilience Culture in Indonesian Traditional Mosques Architecture

Ratri Wulandari

Universitas Telkom

Jalan Telekomunikasi, Terusan Buah Batu, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

e-mail: wulandarir@telkomuniversity.ac.id

Naskah diterima: 17-02-2021 - Revisi terakhir: 08-06-2021
Disetujui terbit: 28-06-2021 - Tersedia secara *online*: 30-06-2021

Abstract

This research aimed to study the structure of traditional mosques in Indonesia in relation to the culture in constructing earthquake-resistant architecture on earthquake-prone areas. The research was conducted in qualitative descriptive manner by studying the construction of traditional mosques in Indonesia, the comparison of the construction's character to the construction of mosques in non-prone areas, the condition of traditional mosques before and after the earthquake. Javanese mosques have different construction system than mosques on less earthquake areas. The structure relatively authentic, it is more resistant to earthquake than those that has undergone changes. It was concluded that large architectures such as mosques also have a construction tradition in relation to earthquake resistance.

Keywords: *earthquake; construction resilience; traditional mosques*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mempelajari struktur masjid tradisional di Indonesia dalam kaitannya dengan budaya membangun arsitektur tahan gempa di daerah rawan gempa. Penelitian dilakukan secara kualitatif deskriptif dengan mempelajari konstruksi masjid tradisional, perbandingan karakter konstruksi dengan konstruksi masjid di daerah minim gempa, serta kondisi masjid tradisional sebelum dan setelah terkena bencana gempa 2009. Pengamatan dilakukan melalui data primer dan data sekunder jurnal dan laporan. Masjid Jawa memiliki sistem konstruksi yang berbeda dengan masjid di daerah minim gempa. Struktur yang relatif masih otentik, lebih tahan terhadap gempa dibandingkan dengan masjid yang strukturnya telah mengalami perubahan. Disimpulkan bahwa arsitektur besar seperti masjid pun memiliki tradisi membangun terkait ketahanan terhadap gempa.

Kata kunci: gempa; ketahanan bangunan; masjid tradisional

PENDAHULUAN

Lanskap kepulauan Indonesia didominasi oleh pegunungan (berapi), perbukitan, danau, dan sungai. Terdapat dua akibat dari keadaan geologis ini, yang pertama adalah tanahnya sangat subur, yang kedua adalah paparan terhadap gempa bumi, tanah longsor, banjir, dan erupsi gunung berapi (Tjahjono 2003). Bahkan, Indonesia adalah negara yang mengalami paling banyak gempa bumi jika dibandingkan dengan negara lain di dunia (Nguyen et al. 2015).

Dalam arsitektur, ketahanan gempa sering kali identik dengan arsitektur tradisional yang dinilai memiliki ketahanan struktur terhadap gempa. Bentuk arsitektur tradisional yang sering diteliti dan dinilai tahan gempa adalah rumah panggung. Bentuk rumah panggung kemudian menjadi contoh bentuk budaya tahan gempa dalam arsitektur tradisional. Sementara itu, isu yang sama belum pernah dibahas pada tipologi bangunan lain, misalnya pada bangunan publik dan religius seperti masjid. Oleh karena itu, pembahasan mengenai struktur masjid terkait ketahanan gempa perlu dilakukan untuk menambah pengetahuan terhadap budaya membangun arsitektur tahan gempa.

Berbagai penelitian sebelumnya tentang masjid tradisional Indonesia banyak membahas asal usul bentuk, pemaknaan, tipologi, cangkang arsitektur, dan konstruksi atas (kolom hingga atap). Sementara itu, konstruksi bawah (bagian kaki bangunan) dan transformasinya serta keterkaitannya dengan kegempaan dan ketahanan gempa belum pernah dibahas. Sejarah, simbolisme, dan aspek budaya masjid tampaknya lebih menarik perhatian para peneliti daripada struktur fisiknya (Wahby 2007). Teori-teori terkait asal mula dan sejarah masjid Jawa telah banyak ditulis oleh para peneliti dan akademisi. Beberapa peneliti yang berusaha menjelaskan asal mula masjid Jawa di antaranya K. Hidding, H.J. de Graaf, W.F. Stutterheim, Claude Guillot, Sutjipto Wirjosuparto, J.P. Rouffer, G.F. Pijper, Hugh O'Neil, Slamet Muljana (Budi 2004), dan Wahby. Sementara itu, terdapat beberapa peneliti yang mempelajari sisi bentuk, ornamen, dan arsitektur (Guillot 1985; Kalus & Guillot 2002; Budi 2004; Handinoto & Hartono 2007; Wahby 2007; Haris 2010; Hakim 2011; Suganda *et al.* 2011; Kartika *et al.* 2017; Ayuningdiah 2017; Rahman n.d.). Belum ada satu pun yang membahas masjid dari sisi struktur dan budaya membangun arsitektur tahan gempa.

Konstruksi masjid Indonesia, khususnya di Jawa, dibagi menjadi tiga era: era transisi (15M--1700); era kolonisasi Belanda (1700--1945); era kontemporer (1945--sekarang) (Lee 2006). Periode transisi adalah periode pergeseran dari Jawa-Hindu ke Jawa Islam. Pada periode ini, masyarakat Jawa menciptakan bangunan ibadah baru untuk memenuhi kebutuhan agama baru yang tidak memiliki referensi sebelumnya, yaitu hanya terdapat kuil batu untuk menaruh patung dan kegiatan ibadah dilakukan di lahan terbuka di depannya (Wahby 2007). Objek penelitian ini adalah masjid yang dibangun antara tahun 1500--1800 atau masjid dari era transisi dan era awal kolonisasi, dengan asumsi bahwa masjid dari era ini cenderung dibangun dengan pengetahuan lokal dan budaya lokal.

Karakteristik umum arsitektur masjid Jawa disarikan dari berbagai sumber dengan variasi elemennya, antara lain (1) denah persegi; (2) atap bertumpuk antara 3--5; (3) masjid utama dikelilingi kolam atau parit; (4) dikelilingi dinding atau pagar; (5) secara struktur, konstruksi atap ditopang empat kolom yang disebut Soko Guru (dikenal juga

sebagai sistem rong-rongan dalam arsitektur vernakular Jawa); (6) penggunaan bedug untuk panggilan salat, belum dikenal minaret; (7) serambi yang ditambahkan kemudian; (8) lantai pada beberapa masjid ditinggikan tanpa panggung.

Masjid tradisional Indonesia memiliki perbedaan bentuk di setiap daerah. Beberapa kumpulan variasi masjid daerah dibahas oleh Aboebakar (1955). Perbedaan ini kemungkinan terjadi karena pengaruh masjid Jawa yang telah diterjemahkan ke dalam budaya daerah dan dibangun berdasarkan aturan setempat (Sadali 1979). Di Sumatra dan Kalimantan, masjid dibangun di atas struktur panggung, seperti halnya arsitektur tradisionalnya. Sementara itu, di bagian Timur, masjid dibangun di atas tanah. Demikian pula bentuk atapnya seringkali menyesuaikan dengan budaya membangun masing-masing. Di Halmahera, Ternate, Tidore, dan kepulauan Maluku Utara, versi lain atap masjid yang bertumpuk lahir dari teknik tradisional konstruksi rumah (O'Neill 1994). Adapun konstruksi atap menggunakan sistem soko guru dengan 4 tiang atau 1 tiang. Konsep ruang secara umum antara masjid-masjid Indonesia sama dengan masjid Jawa dengan ruang utama dan serambi. Contoh variasi bentuk tersebut tampak pada gambar 1 berikut.

Gambar 1. Variasi Arsitektur Masjid Tradisional Indonesia (Sumber: Aboebakar, 1955).

Masjid-masjid tradisional di Indonesia dibangun menggunakan struktur kayu pada awalnya, dengan sistem sambungan *cathokan-purus* (takik dan lubang/pen). Khusus masjid Jawa, atapnya menggunakan bentuk serupa Joglo Pangrawit dengan sistem rangka bawah berupa rong-rongan (umpak, kolom, balok kili, tumpang sari) dan rangka atap menggunakan usuk peniyung yang dipasang memusat dari puncak atap (molo). Sistem konstruksi ini dinilai memiliki ketahanan terhadap guncangan gempa.

Penelitian ini bertujuan mempelajari struktur masjid tradisional di Indonesia dalam kaitannya dengan budaya membangun arsitektur tahan gempa di daerah rawan gempa. Penelitian dilakukan secara kualitatif deskriptif melalui analisis perbandingan

dengan mempelajari bentuk konstruksi masjid tradisional, perbandingan karakter konstruksi dengan konstruksi masjid di daerah minim gempa, serta kondisi masjid tradisional sebelum dan setelah terkena bencana gempa 2009. Data gempa 2009 diambil karena merupakan kategori gempa besar yang berlangsung di berbagai daerah di Indonesia dan memberikan dampak cukup berat pada sektor infrastruktur. Pengamatan dilakukan melalui data primer dan data sekunder berupa jurnal dan laporan.

METODE

Metode yang digunakan untuk pengambilan data adalah pengumpulan data-data historis dari arsip terkait masjid tradisional, literatur berupa artikel jurnal tentang struktur dan konstruksi masjid tradisional Indonesia, catatan dan studi literatur terkait kegempaan di Indonesia, data dan studi tentang arsitektur tradisional dan respons bangunan terhadap gempa, survei dan wawancara lapangan pada masjid Manonjaya. Studi kasus masjid terdampak gempa mengambil data laporan gempa 2009 dan survei lapangan di Manonjaya.

Pembahasan terbagi menjadi tiga bagian, yaitu (1) pembahasan konstruksi masjid Jawa dari struktur lantai, penahan atap (rong-rongan), penyusun atap dan karakternya dalam merespons gempa; (2) konstruksi masjid di daerah minim gempa dibandingkan dengan masjid Jawa; (3) data tingkat kerusakan masjid tradisional pada gempa 2009 dan kaitannya dengan konstruksi masjid.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa literatur yang membahas konstruksi masjid tradisional menyebutkan bahwa konstruksi masjid Jawa memiliki struktur utama berupa soko guru yang mengadopsi pendopo (Kalus & Guillot 2002; Budi 2006; Handinoto & Hartono 2007; Wahby 2007; Haris 2010). Bagian bawah soko guru (kolom) ditopang oleh pedestal (umpak). Struktur yang digunakan pada masjid Jawa umumnya adalah struktur kayu. Sementara itu, konstruksi sambungan kayu menggunakan sistem *cathokan*-purus (takik dan lubang/pen), yang dinilai lebih responsif terhadap goncangan gempa.

Masjid Demak, secara tradisi membangun, meneruskan pengetahuan dari era Majapahit. Pada rekonstruksi bangunan Majapahit melalui sketsa (Tribinuka 2014), ditunjukkan struktur atap tanpa rangka seperti masjid Demak dan struktur bawah berupa tanah yang dipadatkan (dengan lapisan pasir tebal) dengan umpak di atasnya menopang kolom. Struktur bawah ini serupa dengan stuktur rumah Joglo di Kawasan Kotagede yang disebut dengan struktur brug (Jogja Heritage Society and UNESCO 2007). Kemungkinan besar struktur brug digunakan pada struktur masjid Jawa.

Konstruksi pendopo joglo memiliki dua tipe sambungan dasar soko guru-umpak,

yaitu sambungan dengan purus dan tanpa purus (Maer 2008). Dua model ini menghasilkan respons yang berbeda terhadap gempa. Struktur yang benar adalah yang menggunakan purus sehingga struktur merespons beban gempa dengan perilaku elastis penuh. Dari penelitian tersebut diketahui pula bahwa sambungan berpurus merupakan konstruksi asli umpak, sementara yang tanpa purus merupakan modifikasi baru. Hal ini tampak dari lubang pada umpak yang merupakan tempat untuk purus soko guru.

Naik ke bagian atas struktur, ketahanan gempa pada konstruksi Joglo dibuktikan melalui uji struktur utama Joglo, yaitu, rong-rongan yang terdiri atas kolom, balok kili, dan tumpang sari (Prihatmaji 2007). Sistem ini serupa dengan konstruksi yang digunakan pada struktur utama masjid Jawa. Pengujian dilakukan di laboratorium dengan menggunakan model berskala (membuat sistem rangka sebagai benda uji dengan mengikuti desain asli, tetapi bukan ukuran sebenarnya). Dari hasil pengujian tersebut disimpulkan bahwa sistem rong-rongan, dengan sambungan lentur *cathokan*-purus, memiliki kestabilan pada pembebanan gempa frekuensi tinggi dan akselerasi rendah-ringgi.

Gambar 2 adalah potongan Masjid Agung Demak. Empat kolom utama (soko guru) yang menopang atap atas yang dikelilingi oleh dua belas kolom samping (sokorowo) yang menopang lapisan kedua atap dan pada sisi luar bangunan terdapat kolom-kolom lain yang lebih kecil yang menopang tingkat atap terendah. Penggunaan soko guru di sebagian besar masjid Jawa, beberapa menggunakan soko tunggal (satu tiang), memiliki peran yang sama dengan yang digunakan pada rumah adat Jawa, yaitu untuk menopang struktur atap utama.

Gambar 2. Potongan Masjid Demak dan Masjid Kudus (Sumber: Sumalyo, 2000).

Kolom utama bermaterial kayu memiliki diameter yang lebar untuk menopang ketinggian yang ditempatinya. Diameter yang besar berfungsi untuk mengurangi efek lentur yang mungkin ditimbulkan oleh ketinggian. Kolom penyangga memiliki dimensi yang lebih kecil karena lebih pendek sehingga risiko bengkok lebih ringan. Di dasar kolom ada umpak. Kolom tersebut tidak langsung menyentuh tanah. Semua kolom berdiri di atas tumpuan dengan sistem sambungan purus. Bagian Masjid Kudus pada gambar

menunjukkan sistem prinsip yang sama dengan Masjid Agung Demak.

Sebelum masjid Jawa dibangun, masyarakat telah mengenal tiga kelompok metode konstruksi rangka atap, yaitu (1) rangka infleksi atau rangka dengan kelenturan dalam merespons guncangan, yang telah digunakan sejak lama; (2) selanjutnya terdapat rangka dengan empat sisi tanpa kasau pinggul, digunakan sejak abad ke-9; (3) berbagai bentuk rangka memusat, abad ke-13 (Dumarçay 1985).

Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa prinsip utama struktur masjid Jawa terletak pada empat kolom utama yang membentuk sudut persegi (Dumarçay 1985). Di atas kolom utama adalah rangka yang di atasnya berdiri balok melintang yang menopang tiang mahkota (ander) yang berisi kasau yang berputar/memusat. Strukturnya dibangun sebagai berikut: bagian atas dipasang pada setidaknya empat kolom utama yang menopang kerangka kompleks yang berfungsi sebagai pelat dinding untuk punggungan. Balok melintang dipasang ke rangka ini. Di tengah balok silang, tiang mahkota menopang punggungan yang dipasang kasau berputar yang dipasang di alasnya pada pelat dinding. Di ujungnya, sebagian kasau disilangkan dengan batang besi yang menopang rangka pada bagian kedua atap (Dumarçay 2005). Terkadang pemingkalian ini didukung oleh kaki yang berdiri di atas balok silang. Ini berfungsi juga untuk mengontrol ketinggian kasau.

Sistem atap pertama (asal) yang digunakan sangat kaku, tetapi sistem konstruksi atap tidak berkembang secara radikal. Pada abad ke-18 varian struktur baru dari rangka memusat diperkenalkan (evolusi pertama). Pada evolusi pertama, tumpang sari digantung dengan balok (M), ander ditempatkan di tengah, di bagian atas empat kolom. Hal ini memungkinkan struktur untuk menahan guncangan gempa bumi pada skala tertentu (Dumarçay 1985). Dengan menanggihkan dukungan kasau lapis kedua, keseluruhan struktur atap menjadi lebih fleksibel untuk bereaksi terhadap gerakan lateral yang terjadi di atasnya. Evolusi kedua terjadi pada abad ke-19. Dengan pengaruh Eropa, struktur kembali ke sistem yang kaku. Dengan menjaga balok kili di atas kolom tengah, kasau tegak lurus dengan tumpang sari sehingga dipasang kasau panggul (N). Kasau panggul ini tidak diperlukan pada rangka memusat yang menggunakan usuk peniyung. Akan tetapi, sistem ini mengurangi panjang kasau yang cenderung panjang pada rangka memusat murni. Meski sebagian konstruksi atap joglo telah berubah, pada prinsipnya sistem struktur tiga dimensi ini mampu menahan gaya lateral gempa, seperti telah dijelaskan sebelumnya.

Gambar 3. Isonometri *Crown Post* (Puncak Atap) Masjid Agung Demak–Asal, Evolusi Pertama, Evolusi Kedua (Sumber: Dumarçay, 1985).

Selanjutnya, sebagai pembanding, pada bagian ini dilakukan studi banding bentuk konstruksi terhadap contoh masjid di Asia dari tempat minim resiko gempa. Hal ini diperlukan untuk memahami apakah keragaman langgam arsitektur dan teknologi konstruksi juga terkait dengan situasi geologi, yang pada akhirnya memengaruhi budaya membangun setempat dalam merespons bencana gempa. Semenanjung Malaysia, Kalimantan Barat, dan sebagian Timur Thailand berada pada bagian stabil dari lempeng Sunda sehingga dikarakteristikan sebagai daerah dengan tingkat regangan dan seismik rendah. Thailand tidak memiliki sejarah gempa dengan magnitudo tinggi dan tidak dianggap aktif secara seismik (Petersen et al. 2007).

Gambar 4. Peta Seismik Asia Tenggara dan India (Sumber: Petersen *et al*, 2007).

Berdasarkan peta kegempaan pada gambar 4 menimbang kedekatan budaya dan ketersediaan data terkait masjid tradisional, contoh masjid diambil dari Thailand, Malaysia, dan India Selatan. Sejauh ini terdapat dua masjid di kawasan Asia Tenggara

yang telah dipelajari oleh para peneliti. Dua masjid tersebut adalah Masjid Kampung Laut di Malaysia dan Surau Aur di Thailand. Contoh dari Malaysia tidak digunakan karena secara struktur sangat mirip dengan masjid di Sumatra dengan paparan gempa cukup besar, sementara Malaysia memiliki tingkat kerawanan gempa rendah. Di Thailand dan Malaysia masjid memiliki bentuk yang mirip dengan masjid tradisional di Indonesia. Kemiripan ini mungkin terjadi karena kedekatan budaya. Sementara di India Selatan, masjid berukuran lebih besar, dengan struktur batu dan bertingkat. Masjid bertingkat tidak ditemui pada masjid tradisional di Indonesia.

Dalam kasus ini, masjid yang diambil sebagai contoh masjid dari kawasan seismik rendah adalah Masjid Surau Aur di Patani, Thailand, dan Masjid Mithkalpalli, India Selatan. Surau Aur berlokasi di Kampung Aur, wilayah Patani, Thailand. Patani adalah Pelabuhan perikanan di Selatan Thailand yang merupakan salah satu pusat perdagangan Islam besar di Asia Tenggara (Bougas 1992). Masjid ini diperkirakan berusia 200 tahun (Bougas 1992). Masjid asalnya terbagi ke dalam tiga bagian: serambi yang menempel pada bagian depan masjid, ruang ibadah, dan ruang tambahan samping. Pada gambar 5 tampak bahwa ruang ibadah dan ruang samping masih ada, tetapi serambi sudah tidak ada, digantikan dengan teras kecil. Bagian utama masjid memiliki denah persegi panjang, tertutup, struktur berdinding dengan dimensi 5m x 8m. Dinding bagian luar terbuat dari panel kayu *chengal* (*Balanocarpus heimii*) yang merupakan jenis kayu keras dan tahan lapuk. Dinding agak miring (condong) ke bagian dalam.

Surau Aur berdiri di atas panggung rendah. Sistem panggung dibuat dengan menanamkan tiang-tiang kayu ke dalam tanah ke fondasi batu. Saat ini pedestal beton digunakan untuk menggantikan tiang kayu. Ruang ibadah memiliki 14 kolom dan 11 kaki panggung. Sementara itu, bangunan samping memiliki 7 kolom dan 8 kaki panggung. Surau Aur menggunakan sistem konstruksi yang sama sekali berbeda dari masjid Jawa. Atapnya tidak piramidal, meskipun bertumpuk, melainkan menggunakan atap pelana. Tampak dari gambar 5 bahwa Surau Aur menggunakan seri dari sistem struktur portal (rangkaian struktur 2 dimensi) dengan penggunaan kolom utama di setiap portal. Sementara itu, masjid Jawa menggunakan struktur *space frame* atau struktur tiga dimensi. Namun, struktur Surau Aur menampilkan sistem struktur tipikal Asia Tenggara, yaitu struktur kayu panggung, yang diambil dari arsitektur tradisionalnya.

Figure 2. Surau Aur, Prayer Hall (from the East).

Gambar 5. Surau Aur (Sumber: Bougas, 1992).

Sistem portal memiliki batasan pada penggunaannya. Sistem portal baik digunakan pada bangunan dengan denah persegi panjang, tetapi tidak dapat digunakan dengan sempurna pada denah persegi karena akan terdapat pembagian struktur. Untuk menciptakan ruang terbuka yang lebar dengan penggunaan kolom minimum dan interior vertikal yang luas, masyarakat Jawa menciptakan struktur inti. Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa kasau berfungsi sebagai pengikat tiga dimensi. Sistem tersebut lebih unggul dalam memberikan kestabilan jika dibandingkan dengan portal dua dimensi. Selain itu, tiang panggung Surau Aur ditanam ke dalam tanah, baik itu pada masa awal pembangunannya, maupun saat ini. Hal tersebut tidak sesuai dengan kaidah struktur seismik yang harus lentur dan fleksibel.

Contoh masjid lain dari wilayah tidak rawan gempa diambil dari India Selatan. Pertimbangan mengambil contoh dari daerah ini adalah karena secara kesejarahan, Indonesia menerima pengaruh budaya dari India Selatan. Selain itu, diperoleh data bahwa terdapat masjid tua bermaterial kayu pada elemen strukturnya dan India merupakan wilayah yang pada dasarnya secara geologis tidak termasuk ke dalam daerah rawan gempa. Masjid yang diambil sebagai contoh adalah masjid di Ma'bar atau Malabar di daerah pantai di kota Calicut, wilayah Kerala, India. Di Kerala terdapat pelabuhan kuna

yang mempreservasi masjid milik penduduk muslim India, yaitu masjid Mithqalpalli. Desain masjid di daerah ini berbeda dari masjid di India Utara.

Secara umum, masyarakat India menggunakan batu dan bata untuk struktur bangunan mereka. Masjid-masjid lain di India dibangun menggunakan batu dan bata. Masjid Mithqalpalli terdiri atas beberapa lantai dan dibangun dengan menggunakan struktur kayu di bagian lantai atasnya. Masjid ini juga memiliki atap berundak, tetapi berbeda dari bentuk atap masjid Jawa. Undakan atap pada masjid ini digunakan sebagai ruangan. Total lantai pada awal pembangunannya adalah 5 lantai, saat ini menjadi 4 lantai. Bentuk struktur masjid di Kerala mengikuti sistem tradisional bangunan permukiman dan kompleks kuil besar (Shokoohy 1991).

Fig. 6.10 Mithqalpalli, transverse section B-B, also showing the elevation of the *mihrāb* and the *minbar*.

Gambar 6. Denah, Potongan, dan Interior Masjid Mithqalpalli (Sumber: Shokoohy, 1991, 2003).

Gambar 7. Masjid Mithqalpalli (Sumber: Krishnakumar, 2014).

Masjid Mithqalpalli dibangun sekitar abad 14. Masjid ini terdiri atas ruang ibadah dan ruang depan dengan ruang wudu di lantai dasar. Struktur aslinya berdiri di atas plin yang sekarang menjadi tangga dengan 4 anak tangga di sekeliling 3 sisi bangunan, kecuali di sisi Timur. Dari denah yang disajikan dapat dilihat bahwa masjid menggunakan sistem struktur modular dengan denah simetris (Shokoohy 1991). Jarak antardinding penahan diukur dengan baik. Denah terbagi menjadi dua bagian, yaitu ruang depan dan ruang ibadah. Ruang depan berukuran 9,20 m x 15,35 m, kolom-kolom penyangga lantai atas (lantai dua) terbuat dari satu balok kayu yang diikat dengan braket kayu kecil yang menopang balok kayu tebal yang di atasnya terdapat dua set kasau. Ruang ibadah berbentuk bujur sangkar dan memiliki ukuran 15,35 mx 15,35 m. Ada empat baris kolom penyangga langit-langit kayu yang berfungsi juga sebagai lantai atas. Jarak antartiang adalah 3,54 m, sedangkan jarak antara kolom dengan tembok sekitar 1,77 m. Pengaturan ini memainkan peran penting dalam memberikan dukungan untuk struktur atap berjenjang dan tampilan luar bangunan (Shokoohy 2003). Dinding terbuat dari batu yang berfungsi sebagai dinding penyangga atap yang didukung oleh kolom kayu. Atapnya dibangun dari struktur kayu.

Masjid Mithqalpalli dibangun sebelum masjid Jawa pada abad ke-14, sedangkan masjid Jawa mulai muncul pada awal abad ke-15. Masjid ini memiliki konstruksi kayu dalam strukturnya, tetapi menggunakan dinding penahan sebagai penyangga alasnya. Berbeda dengan masjid di Jawa yang keseluruhan strukturnya menggunakan konstruksi kayu. Secara struktur, konstruksi dinding penahan bersifat tidak fleksibel dalam menahan gaya lateral gempa. Dari perbandingan ini tampak perbedaan struktur dan konstruksi masjid Jawa yang rawan gempa dan masjid India yang minim gempa.

Masjid Mithqalpalli juga memiliki konsep tata ruang yang berbeda dengan masjid Jawa. Konsep tata ruang masjid Jawa adalah *grand interior volume*, sedangkan masjid India Selatan tidak (Wahby 2007). Rongga pada atap berjenjang masjid Mithqalpalli digunakan sebagai ruang aktivitas, sedangkan atap berjenjang khas Jawa merupakan

lambang kedudukan atau status yang lebih tinggi. Atap berjenjang Jawa juga dibuat untuk memberikan kesan vertikalitas dan ruang interior yang luas.

Setelah melakukan perbandingan jenis struktur dan konstruksi dari masjid Jawa dengan masjid di daerah lain yang minim gempa, dilakukan pencatatan terhadap masjid tradisional berkonstruksi serupa joglo yang mengalami dampak gempa tahun 2009 dan data gempa Yogyakarta tahun 2006. Pencatatan dan analisis ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kerusakan pada masjid tradisional pascakejadian gempa. Hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan fakta bahwa masjid tradisional mungkin sudah tidak original lagi struktur konstruksinya akibat dari renovasi dan perbaikan yang dilakukan sebelumnya.

Pada gempa Yogyakarta tahun 2006, laporan awal kerusakan dan perhitungan kehilangan dari Pertemuan ke-15 *The Consultative Group on Indonesia (CGI)* tidak menyebutkan adanya kerusakan parah pada masjid. Pada laporan CGI tersebut, dikatakan bahwa kerusakan terparah terdapat pada perumahan dan bangunan sektor swasta (Bappenas 2006). Untuk kasus masjid, diperoleh data bahwa masjid Kauman Yogya terdampak dengan tingkat kerusakan menengah (Jogja Heritage Society and UNESCO 2007). Maksud dari data tersebut adalah bahwa kerusakan terjadi pada level struktur, tetapi tidak menyebabkan bangunan roboh. Kerusakan terdapat pada dinding bata yang mengalami retakan, yang kemudian diperbaiki dengan metode injeksi. Struktur atap masjid tetap berdiri dan stabil. Kestabilan konstruksi atap, dinding, kolom, fondasi, menjadi parameter tingkat kerusakan. Dari 5 masjid tua di Yogya, 2 di antaranya mengalami kerusakan ringan tidak ada kerusakan struktur yang berisiko bangunan roboh; 2 masjid lain mengalami kerusakan sedang, berupa kerusakan struktur tetapi bangunan tidak roboh; dan satu lagi tidak mengalami kerusakan. Masjid terakhir adalah masjid kecil dengan struktur bata.

Sementara itu, pada kejadian gempa tahun 2009 di Sumatra, tercatat 9 masjid lama terdampak gempa di Kota Padang dan Kabupaten Pariaman. Masjid-masjid tersebut telah berusia 100 tahun dan secara konstruksi masih menggunakan sistem soko guru (Wongso, Arnawati, dan Wijayanto 2009). Kebanyakan masjid tersebut telah mengalami perubahan pada bangunan atau renovasi. Kerusakan dibagi ke dalam tingkat kerusakan berat, sedang, dan ringan. Kategori kerusakan berat diberikan dengan kriteria kerusakan pada elemen struktur, antara lain atap rusak atau roboh; dinding retak hingga runtuh; minaret runtuh; struktur bengkok atau retak. Pada kerusakan sedang terjadi retakan di berbagai bagian elemen masjid. Masjid-masjid tua yang diambil sebagai studi kasus mengalami kerusakan berat dan ringan. Jika dilihat dari perbandingan kondisi masjid di awal pembangunan dan setelah gempa, tampak bahwa telah terjadi banyak perubahan secara fisik. Hal ini dapat menjadi salah satu alasan mengapa masjid-masjid tersebut mengalami kerusakan berat

dan ringan.

Pada tahun 2009 gempa terjadi juga di Jawa Barat yang berdampak pada masjid Manonjaya. Setelah gempa 2009, masjid mengalami kerusakan besar dan baru selesai direnovasi 3 tahun pascagempa dengan perubahan desain dan struktur. Masjid Agung Manonjaya telah mengalami banyak perubahan sejak didirikannya pertama kali. Perubahan tampak pada tampilan foto tahun 1800-an, 1992 (pasca renovasi akibat gempa), 2010 (pascagempa 2009) (Zainuddin 2014). Pada foto pascagempa tampak bahwa kerusakan yang terjadi cukup parah dengan kerusakan pada bagian dinding dan atap. Atap tidak roboh, tetapi dilakukan pembongkaran oleh pihak pengurus masjid. Secara keseluruhan konstruksi masjid yang rusak adalah hasil renovasi tahun 1992. Kerusakan parah pascagempa dapat diakibatkan oleh konstruksi yang tidak kuat dan tidak responsif terhadap gempa pada saat renovasi. Tabel perbandingan kondisi pra dan pascagempa masjid-masjid di Padang dan Tasikmalaya tersebut dapat dilihat pada tabel 1 lampiran.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis struktur dan konstruksi masjid dari daerah geografis yang berbeda dengan karakter geologis rawan gempa dan tidak rawan gempa, diketahui bahwa karakteristik struktur dan konstruksi masjid di Indonesia yang rawan gempa berbeda dengan masjid di daerah tidak rawan gempa yang diwakili Thailand dan India Selatan. Perbedaan terdapat pada sistem struktur yang digunakan, yaitu portal 2 dimensi modular dan rangka 3 dimensi. Masjid tradisional Indonesia dengan tipologi masjid Jawa menggunakan rangka 3 dimensi yang memiliki kelenturan, sementara masjid di Thailand menggunakan portal 2 dimensi yang bersifat kaku, dan masjid di India Selatan menggunakan modul dinding penahan yang dikombinasikan dengan sistem konstruksi kayu. Perbedaan sistem struktur ini berpengaruh terhadap bentukan denah dan wujud bangunan secara 3 dimensi. Meskipun terdapat kemiripan bentuk yang mungkin muncul karena kedekatan budaya antara masjid di Thailand dengan masjid tradisional Indonesia, secara sistem struktur terdapat perbedaan mendasar. Terkait dengan kegempaan, masjid Thailand dan India Selatan secara struktur tidak dirancang khusus untuk menghadapi risiko gempa. Sementara itu, masjid Jawa dibangun dengan mempertimbangkan risiko gempa melalui model konstruksi fleksibel seperti yang dimiliki arsitektur tradisional Indonesia, khususnya struktur dan konstruksi rumah Joglo.

Pada arsitektur tradisional Indonesia terdapat sistem struktur dan konstruksi yang memiliki karakteristik responsif terhadap gempa. Budaya ketahanan gempa tecermin pada arsitektur tradisional Indonesia yang berupa tradisi membangun dengan material fleksibel dan konstruksi yang mampu menahan guncangan gempa. Hal yang sama muncul pada arsitektur Islam, dalam hal ini masjid.

DAFTAR PUSTAKA

- Aboebakar, H. 1955. *Sedjarah Mesdjid Dan Amal Ibadah Di Dalamnya*. Banjarmasin: Toko Buku Adil.
- Ayuningdiah, Annisha. 2017. "Pengaruh Belanda Dalam Arsitektur Masjid Agung Di Priangan 1800-1942." In *Prosiding Seminar Heritage IPLBI*, 441–48. <https://doi.org/https://doi.org/10.32315/sem.1.a441> Pengaruh.
- BAPPENAS. 2006. "Preliminary Damage and Loss Assessment Yogyakarta and Central Java Natural Disaster."
- Bougas, Wayne. 1992. "Surau Aur : Patani Oldest Mosque." *Archipel* 43: 89–112.
- Budi, Bambang Setia. 2004. "A Study on the History and Development of the Javanese Mosque Part 1 : A Review of Theories on the Origin of the Javanese Mosque." *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 3 (1): 189–95.
- . 2006. "A Study on the History and Development of the Javanese Mosque Part 3 : Typology of the Plan and Structure of the Javanese Mosque and Its Distribution." *Journal of Asian Architecture and Building Engineering* 5 (2): 229–36.
- Dumarçay, Jacques. 1985. "La Charpenterie Des Mosquées Javanaises." *Archipel* 30 (L'Islam en Indonésie II): 21–30.
- . 2005. *Construction Techniques in South and Southeast Asia: A History*. Leiden: Brill.
- Guillot, Claude. 1985. "La Symbolique de La Mosquée Javanaise. A Propos de La « Petite Mosquée » de Jatinom." *Archipel* 30 (L'Islam en Indonésie II): 3–19.
- Hakim, Abdul. 2011. "Akulturasi Budaya Bangunan Masjid Tua Cirebon Studi Pada Masjid Kaliwulu, Plered." *SUHUF Jurnal Pengkajian Al-Qur'an Dan Budaya* 4 (2): 289–â.
- Handinoto, and Samuel Hartono. 2007. "Pengaruh Pertukangan Cina Pada Bangunan Mesjid Kuno Di Jawa Abad 15-16." *DIMENSI TEKNIK ARSITEKTUR* 35 (1): 23–40.
- Haris, Tawalinuddin. 2010. "Masjid-Masjid Di Dunia Melayu Nusantara." *Suhuf* 3 (2): 279–307.
- Jogja Heritage Society, and UNESCO. 2007. *Pedoman Pelestarian Bagi Pemilik Rumah Kawasan Kotagede, Yogyakarta, Indonesia*. Jakarta: UNESCO.

- Kalus, Ludvik, and Claude Guillot. 2002. "La Jérusalem Javanaise et Sa Mosquée Al-Aqsâ. Texte de Fondation de La Mosquée de Kudus Daté 956/1549." *Archipel* 63: 27–56.
- Kartika, Nyai, Yasraf Amir Piliang, and Imam Santosa. 2017. "Budaya Visual Tionghoa Pada Masjid Merah Panjunan Cirebon." *Malaysian Journal of Creative Media, Design and Technology* 1 (6): 1–23.
- Lee, H S. 2006. "The Continuity of Pre-Islamic Motifs in Javanese Mosque Ornamentation, Indonesia." *PQDT - UK & Ireland*. Oxford Brookes University.
- Maer, Bisatya W. 2008. "Respon Pendopo Joglo Yogyakarta Terhadap Getaran Gempa Bumi." *Dimensi Teknik Arsitektur* 36 (1): 1–9.
- Nguyen, Ngoc, Jonathan Griffin, Athanasius Cipta, and Phil R Cummins. 2015. "Indonesia's Historical Earthquakes Modelled Examples for Improving the National Hazard Map."
- O'Neill, Hugh. 1994. "South-East Asia." In *The Mosque: History, Architectural Development and Regional Diversity*. London: Thames and Hudson.
- Petersen, Mark, Stephen Harmsen, Charles Mueller, Kathleen Haller, James Dewey, Nicolas Luco, Anthony Crone, David Lidke, and Kenneth Rukstales. 2007. "Documentation for the Southeast Asia Seismic Hazard Maps." Virginia.
- Prihatmaji, Yulianto P. 2007. "Perilaku Rumah Tradisional Jawa 'Joglo' Terhadap Gempa." *Dimensi Teknik Arsitektur* 35 (1): 1–12.
- Rahman, Fadly. n.d. "Masjid-Masjid Tua Di Priangan: Sebuah Tinjauan Visualisasi Tinggalan Sejarah Islam" 1.
- Sadali, Ahmad. 1979. "In Search of an Islam–Initiated Architectural Identity in Indonesia." In *The Islamic Architecture Journal*, edited by Jonathan G. Katz. Philadelphia: Aga Khan Award for Architecture.
- Shokoohy, Mehrdad. 1991. "Architecture of the Sultanate of Ma'bar in Madura, and Other Muslim Monuments in South India." *Journal of the Royal Asiatic Society* 1 (1): 31–92. <https://doi.org/10.1017/S1356186300000055>.
- . 2003. *Muslim Architecture of South India: The Sultanate of Ma'bar and the Traditions of Maritime Settlers on the Malabar and Coromandel Coasts (Tamil Nadu, Kerala and Goa)*. Routledge.
- Suganda, Dadang, Reiza D. Dienaputra Tanti R. Skober Kunto Sofianto, Agusmanon Yuniadi Widyo Nugrahanto N. Kartika, and Fadly Rahman. 2011. *Visualisasi*

Tinggalan Sejarah Islam Di Tatar Sunda 1600 – 1942 (Edisi Priangan). Sastra Unpad Press.

Tjahjono, Gunawan. 2003. “Dwellings in Indonesia: Tradition, Resilience, and Change.” In *Asia’s Old Dwellings: Tradition, Resilience, and Change*. Oxford University.

Tribinuka, Tjahja. 2014. “Rekonstruksi Arsitektur Kerajaan Majapahit Dari Relief, Artefak, Dan Situs Bersejarah.” In *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI 2014*, 19–24.

Wahby, Ahmed E. I. 2007. “The Architecture of the Early Mosques and Shrines of Java : Influences of the Arab Merchants in the 15th and 16th Centuries ?” Otto-Friedrich-Universität Bamberg by.

Wongso, Jonny, Dyah Arnawati, and Punto Wijayanto. 2009. “Damaged Heritage Rapid Assessment (Penilaian Cepat Kerusakan Pusaka).” Padang.

Zainuddin. 2014. “Sejarah Masjid Agung Manonjaya.” *Jurnal Lektur Keagamaan* 12 (2): 543–64.