

# APLIKASI RESILIENSI ARSITEKTUR TROPIS PADA RENOVASI DISAIN MASJID (STUDI KASUS DISAIN MASJID BAITUL HIKMAH – LOSARI BREBES)

**Eddy Prianto, Septana, Bambang Suyono dan M.Sahid**

<sup>a</sup> Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

<sup>b</sup> Laboratorium Teknologi Bangunan Arsitektur JAFT UNDIP

<sup>a</sup> E-mail: eddyprianto@arsitektur.undip.ac.id

## INFO ARTIKEL

### Riwayat Artikel:

Diterima : 28 November 2017

Disetujui : 2 Desember 2017

### Kata Kunci :

Renovasi, Resiliensi, Masjid, Arsitektur Tropis, Aspek hujan, Aspek sinar matahari dan Aspek sirkulasi udara

## ABSTRAK

Pemahaman Resiliensi dalam ilmu rekayasa keteknikan khususnya pada Ilmu Arsitektur untuk daerah tropis sebenarnya bukan hal yang baru. Kebertahanan suatu disain karena factor iklim sudah puluhan tahun terkonsep dan aplikasinya dikenal dengan “Design with Climate “. Maraknya pembangunan masjid di berbagai tempat tentunya akan menambah kenyamanan beraktifitas dalam menjalankan ibadahnya bilamana kegiatan didalamnya tidak terganggu oleh dampak cuaca ekstrem, bilamana element disain bagian bangunan ini didisain tanggap terhadap factor cuaca.

Dalam kegiatan perencanaan kembali disain masjid di desa negla kecamatan Losari Kabupeten Brebes ini, dikemas menjadi kegiatan pengabdian kepada masyarakat mengaplikasikan beberapa hasil penelitian sebelumnya dan kajian refeseni lain dari konsep Resiliensi pada suatu bangunan.

Ada 2 (dua) aspek pendekatan disain, yaitu kajian disain masjid dan kajian resiliensi arsitektur tropis bangunan masjid.

Dan hasilnya adalah secara prinsip aplikasi disain berkonsep resiliensi iklim tropis yang diterapkan ada pada respond hujan, pancaran sinar matahari yang berlebihan dan mengoptimalkan sirkulasi udara, yang teraplikasi pada selubung bangunan masjid.

## ARTICLE INFO

### Article History

Received : November 28, 2017

Accepted : December 2, 2017

### Key words:

Renovation, Resilience, Mosque, Tropical Architecture, Rainfall, Sun radiations and Air Movement

## ABSTRACT

*Resilience in engineering especially in Architectural Science for the tropics is not a new matter. Sustainable designs responds to the have been applied since last decades known as "Design with Climat". The development of mosques as place of worship must provide indoor comfortable environment by designing the building with the climate factors to be taken into considerations.*

*The redesign of the mosque in the Losari village, Kabupeten Brebes was a community service activity to apply some previous research results about the concept of Resiliency in a building.*

*Two design approaches carried out to analyse of mosque existing design and resiliency of tropical architecture.*

*The result showed the concept of resilient tropical architecture to tackle sun radiations and rainfall excessively and optimising indoor air movement through the building envelope.*

## 1. PENDAHULUAN

Kegiatan pengembangan/ penambahan bangunan yang sudah ada sering kita sebut dengan istilah renovasi. Menurut kamus bahasa, istilah renovasi adalah memperbaharui/ meremajakan gedung, bangunan dan sebagainya (KBBI, 2017). Atau dapat dikatakan proses renovasi adalah usaha untuk memperbaiki dan bahkan melengkapi dari suatu bentuk yang sudah ada. Dua hal persepsi dari pemahaman bentuk yang sudah ada dan kini akan diperbaiki : Pertama, dapat mengandung pemahaman adanya kerusakan atau ketidak sempurnaan disain yang menyebabkan kerusakan dari suatu sebab. Kedua, dapat mengandung pemahaman bahwa disain tersebut telah terbukti mencoba merespon penyebab eksternal. Hal kedua inilah dapat kita katakan sebagai bentuk resiliensi bagian bangunan, terhadap apa? Tentunya terhadap penyebab-penyebab kerusakan/ penyebab eksternal.

Kerusakan yang ditemukan pada masjid Baitul Hikmah yang berlokasi di desa Negla Kecamatan Losari Kabupaten Brebes ini, bukan saja karena usia bangunan itu sendiri, tapi kerusakan lain yang makin memperparah kondisi bangunannya adalah kebocoran dan tampias dari air hujan, kondisi ruang yang cenderung gelap pada siang hari (kurangnya pencahayaan sinar matahari, sehingga pemakaian penerangan buatan menjadi handalan pada kegiatan siang hari), lembab dan basah pada malam hari dan panas pada siang hari pada bagian interiornya karena sirkulasi udara alami kurang/terganggu.

Diawali suatu permohonan bantuan disain kembali dari Panitia Pembangunan Masjid Baitul Hikmah dipertengahan tahun 2017, mereka membutuhkan suatu document sebagai pedoman teknis perencanaan dan pelaksanaan pengembangan pembangunannya yang akan direalisasi dalam waktu dekat ini.

Setelah dilakukan survey lapangan, kesepakatan perubahan total tampilan bangunan akhirnya disepakati dalam perencanaan masjid ini, karena kami akan menekankan aplikasi konsep kebertahanan iklim tropis dalam mengatasi dampak hujan, panas dan minimnya sirkulasi udara, disamping prinsip utama perencanaan disain masjid tidak tertinggal. Tampilan disain

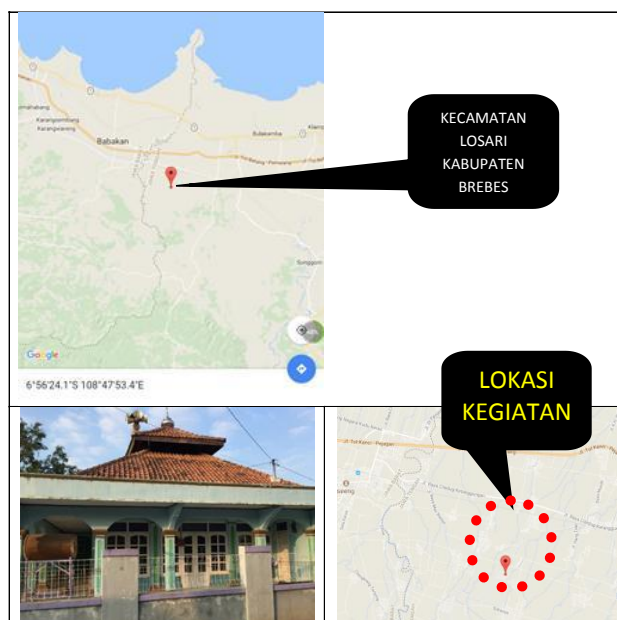
baru masjid menjadikan trandmark bagi lingkungannya juga diharapkan pada kegiatan renovasi disain masjid ini.

Bagaimana mewujudkan disain masjid yang resiliensi iklim tropis ? menjadi tujuan utama dalam pembahasan makalah ini, yang tersusun dari dua pertanyaan pengamatan :

Pertama : Faktor iklim apa saja yang menyebabkan suatu bangunan perlu 'bertahan'?

Kedua : Bagian element-element disain masjid yang mana saja yang perlu tanggap/ bertahan ?

Ketiga : bagaimana akhir bentuk disain dariterapan resiliensi arsitektur tropis untuk sebuah masjid?



**Gambar 01:**  
Lokasi (sumber google map) dan tampilan masjid pada kondisi eksisting)

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Faktor yang Mempengaruhi Resiliensi

Pemahaman istilah Resiliensi dalam psikologi adalah suatu perkembangan kebertahanan diri manusia yang merupakan proses perkembangan manusia yang sehat – suatu proses dinamis dimana terdapat pengaruh dari interaksi antara kepribadian seorang individu dengan lingkungannya dalam hubungan yang timbal balik. Hasilnya ditentukan berdasarkan keseimbangan antara *faktor resiko*, kejadian dalam hidup yang

menekan *dan faktor protektif* (Glantz dan Johnson, 2002).

#### a. Faktor Risiko

Faktor risiko dapat berasal dari kondisi budaya, ekonomi, atau medis yang menempatkan individu dalam risiko kegagalan ketika menghadapi situasi yang sulit. Faktor risiko menggambarkan beberapa pengaruh yang dapat meningkatkan kemungkinan munculnya suatu penyimpangan hingga keadaan yang lebih serius lagi. Trait risiko merupakan predisposisi individu yang meningkatkan kelemahan individu pada hasil negatif. Efek lingkungan, dimana lingkungan atau keadaan dapat berhubungan atau mendatangkan risiko. Hubungan antar beberapa variabel risiko yang berbeda akan membentuk suatu rantai risiko. Berbagai macam situasi dapat diidentifikasi sebagai faktor risiko, yang muncul baik pada level individual, keluarga, komunitas maupun lingkungan yang lebih luas. Faktor-faktor risiko utama yang banyak disebutkan dalam berbagai literatur antara lain kehilangan pekerjaan, kemiskinan, perceraian, kematian, penyakit kronis dan kemandulan.

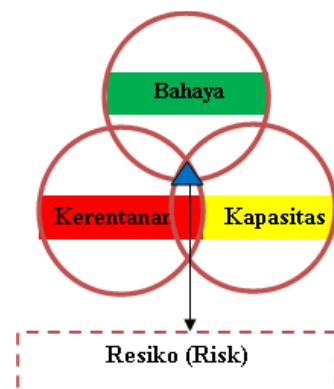
Dalam ranah bidang teknik arsitektur (mungkin) dapat diberikan contoh sebagai berikut : rasa ketidak nyamanan, kerusakan bangunan, pemborosan energy, rasa kejenuhan, rasa kebisingan, rasa kesilauan, dan sebagainya.

Konsep Resiko ala Zeji Mandala dapat dikatakan suatu kondisi “merugikan” dari sebuah kemunculan (*exposure*) sampai tekanan (*stress*) terkait dengan perubahan lingkungan dan sosial karena kurang/tidak adanya kapasitas untuk beradaptasi. Kerentanan (*Vulnerability*) merupakan “kerugian” yang dapat dinyatakan melalui kerusakan dan kehilangan karena bahaya (*hazard*) tertentu untuk daerah tertentu dan pada periode tertentu. Berdasarkan perhitungan matematis , resiko adalah produk dari bahaya dan kerentanan (Mandala 2013)

- Bahaya (*Hazard*) merupakan Kejadian “luar biasa/diluar kebiasaan” yang mampu mengganggu, mengurangi atau menghilangkan kondisi kenyataan yang ada, sehingga mengakibatkan kerugian (lost/cost) pada aspek terkait.

- Kapasitas merupakan Performa (ukuran) yang menyatakan kemampuan “atribut tertentu” dari “sebuah kondisi (ruang)” dalam mendukung tercapainya kelangsungan “system” kehidupan.

Dideskripsikannya oleh Zeji Mandala (Mandala, 2013) untuk skala kota, maka suatu kota memiliki tingkat resiko tinggi ketika kota tersebut mengalami permasalahan-permasalahan kota seperti: Kemacetan lalu lintas, Kemiskinan, Bencana alam, Pencemaran lingkungan dan sebagainya. yang menimbulkan bahaya dan kota tersebut kurang adanya kapasitas dalam beradaptasi untuk menyelesaikan masalah yang menimbulkan kerentanan terhadap masyarakatnya sehingga perlu adanya inovasi untuk menyelesaikan masalah perkotaan tersebut.



**Gambar 02:**  
Konsep Resiko (Risk) dioilustrasikan oleh Zeji (Mandala, 2013)

#### b. Faktor Protektif

Faktor-faktor protektif merupakan hal-hal potensial yang digunakan sebagai alat untuk merancang pencegahan dan penanggulangan berbagai hambatan, persoalan, dan kesulitan dengan cara-cara yang efektif (Maddi dan Khoshaba, 2005). Terdapat empat jalur potensial yang digunakan oleh faktor-faktor protektif untuk mengubah efek merugikan dari faktor risiko, yaitu:

- Mereduksi dampak dari faktor risiko ;
- Mereduksi rantai negatif dari sebuah kejadian yang menekan;
- Memelihara dan mengembangkan self-esteem dan self-efficacy; serta
- Membuka diri terhadap kesempatan-kesempatan baru (Norman, 2000).

Dalam ranah bidang teknik arsitektur misalnya dapat diberikan contoh sebagai

berikut : Pertama, Dalam mereduksi suasana ketidaknyamanan karena panasnya sinar matahari, maka struktur dinding bangunan dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti ketebalan dinding, pelapisan material, pengecatan dan lain sebagainya. Kedua, aspek kemudahan pemeliharaan bangunan dapat dilakukan dengan pemilihan/ pemasangan yang mudah dijangkau, Ketiga, Mereduksi factor kerusakan atap dengan cara pemilihan bahan, penentuan sudut bidang atap dan lain sebagainya.

## 2.2. Beberapa penelitian resiliensi pada bidang arsitektur dan kota

- Dalam publikasi artikel penelitiannya Tapan K. Dhar dan Luna Khirfan, yang berjudul “Kerangka kerja multi-skala dan multi dimensi untuk meningkatkan ketahanan bentuk perkotaan terhadap perubahan iklim”, diusulkan perlunya satu set variabel yang berpotensi memengaruhi ketahanan bentuk perkotaan, dimana variabel tersebut menggarisbawahi karakteristik fisik, spasial, dan fungsional bentuk perkotaan dan perubahannya seiring waktu. (Tapan and Luna 2017).
- Sedangkan E. Sharifia dan J. Bolanda dalam publikasi artikel penelitian berjudul “Ketahanan panas di ruang publik dan aplikasinya di perkotaan yang sehat dan rendah karbon”, digaris bawahi bahwa ruang publik dengan lebih banyak tajuk pohon dan lanskap alam memiliki ketahanan lebih terhadap tekanan panas dimana aktivitas di luar ruangan menurun setelah ambang termal netral 28-32 ° C. Dan ruang publik tahan panas dapat menyediakan lingkungan luar berkinerja tinggi dalam konteks perubahan iklim. (Sharifia and Bolanda 2017)
- Cantatore Elena, De Fino Mariella dan Fatiguso Fabio dalam artikelnya yang berjudul “Ketahanan energi kota-kota bersejarah: tinjauan seni terhadap pendekatan baru”, disampaikan oleh mereka bahwa strategi "berkelanjutan" perbaikan termal ruang luar dapat dicapai

dengan kemampuan dinamis untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim (Cantatore et all, 2017)

## 2.3. Arsitektur tropis lembab

Mendasari pada permasalahan yang ditemukan di lapangan/ kondisi kerusakan fisik masjid yang ada, maka kami terlebih dulu mengkaji pada beberapa referensi terkait dan bahkan yang utama dalam kajian pustaka ini adalah aplikasi disain dari suatu hasil penelitian yang dilakukan laboratorium Teknologi Bangunan Departement Asitektur Fakultas Teknik Undip.

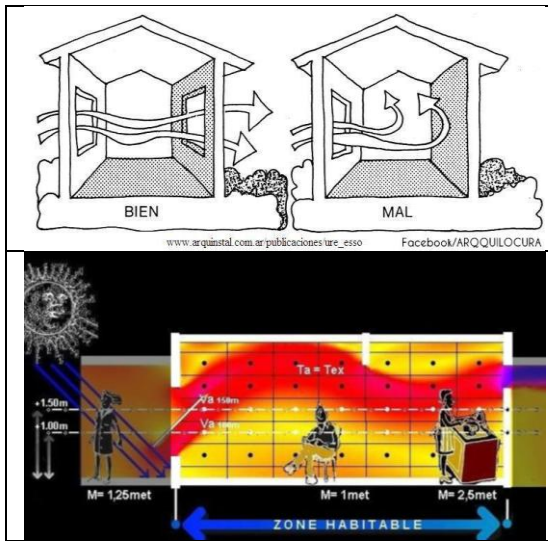
Beberapa pengaruh element-elemen iklim tropis yang kami sering garis bawahi dalam setiap perancangan arsitektur (Prianto, 2003) dan ataupun dari beberapa sumber referensi lainnya (Olgay, 1973) (Lippsmeier, 1994), (Robert dan Gillespie 1995), (Soegijanto, 1998), (Prianto et all, 2001), (Frick dan Darmawan 2007), (Karyono, 2010) dan (Liebard dan Andre, 2010) bahwa kondisi yang berpengaruh dalam perancangan bangunan pada iklim tropis lembab adalah sebagai berikut :

- a. Kenyamanan Thermal** (Brager dan Dear 2001), (Gallo et all, 1988) (Prianto dan Depecker, 2003) dan (Perini dan Maglioco, 2014)

Kenyamanan termal dalam suatu ruangan didaerah tropis dapat diperoleh dengan : Pertama dengan cara mengurangi total beban panas dari panas udara eksterior ke dalam ruangan, misalnya dengan cara memberikan aliran udara yang cukup yang akan membawa panas keluar ruangan. Kedua, mencegah radiasi panas dari pancaran sinar matahari yang berlebihan, baik radiasi langsung matahari maupun tidak langsung yang kena dinding bangunan. Ketiga, Kesuaian kondisi ruangan terhadap aktifitas pelaku dalam ruangan.

Pada disain masjid ini, dari permasalahan eksisting masjid Baitul Hikmah, ternyata kondisi sensasi ruangnya masuk kedalam kriteria tidaknyaman. Hal ini diantaranya dikarenakan; Pertama, Dalam ruangan tidak didapatkan aliran udara yang cukup dan sSejauh ini, solusi praktisnya adalah dengan digunakannya fan untuk mendapatkan aliran udara buatan.. Kedua, jumlah orang yang

melakukan ibadah cenderung bertambah saat berjamaah. Bertambahnya orang memnambah beban panas dalam ruangan.

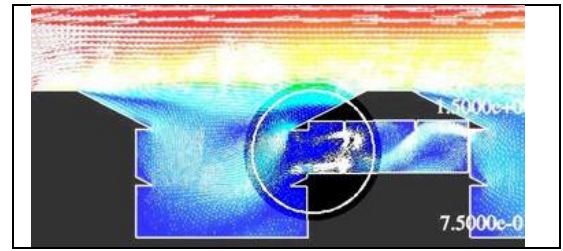
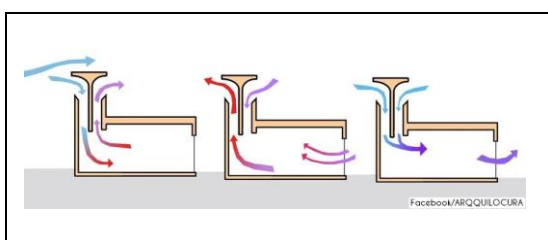


**Gambar 03:**  
**Penyebab ketidaknyamanan termal karena tidak adanya sirkulasi udara (atas) (www.arquinstal.com.ar), kualitas gerakan udara tergantung aktifitas dalam ruangan (bawah) (Prianto, 2002)**

**b. Aliran Udara Melalui Bangunan (I Chand, 1998), (Brager dan Dear 2001), (Prianto dan Depecker, 2002) :**

Salah satu prinsip terjadinya aliran udara adalah adanya perbedaan tekanan udara dan temperatur antara udara di dalam dan diluar ruangan dan bahkan perbedaan ketinggian letak lubang ventilasi dan disain arsitekturnya juga mempengaruhi pola gerakan udara (Prianto, 2002).

Keberadaan tower atau menara dalam disain masjid ini dapat menciptakan pola gerakan udara vertikal karena terjadinya perbedaan tekanan/ suhu udara antara ruang luar dan dalam. Dalam penelitian Prianto (Prianto, 2003), disimpulkan bahwa keberadaan balkon atau tritisan yang lebar akan memperbaiki kualitas udara masuk menjadi lebih dingin.

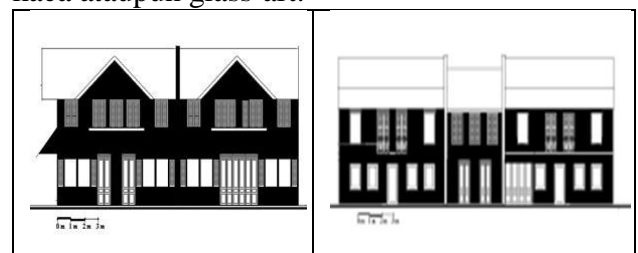


**Gambar 04:**  
**Terbentuknya aliran udara karena perbedaan tekanan/suhu luar (atas), Kualitas udara menjadi lebih sejuk bila melewati balkon /tritisan lebar/daerah bayangan (bawah). (Prianto, 2002)**

**c. Kesilauan dan Penerangan alami (Robert dan Gillespie 1995), (Prianto et al. 2001), dan (Karyono, 2010) :**

Intensitas dan pantulan cahaya matahari yang kuat merupakan gejala dari karakter daerah beriklim tropis. Cahaya yang terlalu kuat dan kontras yang terlalu besar (brightness) dirasakan kurang menyenangkan atau membuat ketidak nyaman visual. Tingkat pencahayaan minimum untuk bangunan beribadah menurut standart SNI 03-6375-2001 sebesar 200 lux dengan tingkat renderasi warna 1 atau 2 dan bilamana suatu aktifitas tertentu dalam masjid membutuhkan tingkat pencahayaan lebih tinggi, maka dapat digunakan penerangan setempat. (SNI, 2001).

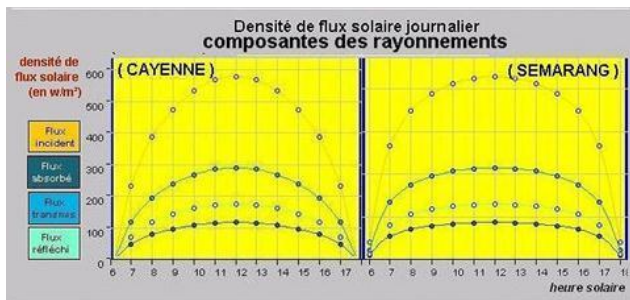
Hubungan antara porosite dinding/pelobangan dinding dan tingkat pencahayaan alami dalam ruangan, biasanya proporsi 30% luas dinding sudah cukup intensitas penerangannya untuk pemukiman daerah tropis lembab (Prianto, 2001). Suatu strategi disain yang inovatif, bilamana pelubangan dinding melebihi 60%, namun panas pancaran sinar matahari tidaklah mengganggu kenyamanan termal dalam ruangan. Solusi pemakaian pilihan material kaca ataupun glass-art.



**Gambar 05:**  
**Proporsi porosite skala perumahan sebesar 30%-40% (Prianto, 2001)**

**d. Temperatur** (Soegijanto 1998), (Brager and Dear 2001), (Prianto 2013)

Wilayah khatulistiwa adalah daerah yang paling panas, dengan menerima radiasi matahari terbanyak. Temperatur maksimum dicapai 1 hingga 2jam setelah tengah hari karena saat itu radiasi matahari langsung bergabung dengan udara yang sudah panas. Karakter umum dari temperature daerah tropis dapat dilihat pada diagram dibawah ini :



**Gambar 06:**  
**Profil intensitas temperature harian kota Semarangf (Prianto, 2001)**

Bagian atas sebuah masjid (atap) merupakan bidang bangunan yang akan selalu terkena pancaran sinar matahari sepanjang hari. Pilihan warna dan jenis material sangat memengaruhi dampak termal pada bagian bawah bangunan (Prianto, 2010).

Hasil penelitian Prianto dan kawan-kawan, bahwa, pilihan material untuk kota semarang yang paling baik adalah genteng beton (Prianto, 2007).

**e. Presipitasi (Curah Hujan),** (Robert dan Gillespie 1995), (Prianto, 2011), (Prianto, 2012)

Presipitasi terbentuk oleh kondensasi atau sublimasi uap air.Presipitasijatuh sebagai hujan, gerimis, hujan es, atau hujan salju. Curah hujan didaerah tropis lembab relative tinggi. Ada beberapa skala curah hujan menurut BMG (BMG, 2017) :

- Hujan ringan dengan intensitas ; 0,1-5,0 mm/jam atau 5-20 mm/hari
- Hujan sedang dengan intensitas ; 5,0-10,0 mm/jam atau 20-50 mm/hari
- Hujan lebat dengan intensitas ; 10,0-20 mm/jam atau 50-100 mm/hari

- Hujan sangat lebat dengan intensitas ; >20 mm/jam atau >100 mm/hari

Pada disain masjid ini, dari permasalahan eksisting masjid Baitul Hikmah adalah kebocoran dan kelembaban ruangan karena dinding yang basah. Strategi disaian dalam mengalirkan volume curahan air hujan menjadi solusi dalam disain terbarunya. Kerusakan dinding karena keropos/ dinding lembab dapat diantisipasi dengan peninggian muka lantai atapun pelapisan bahan anti air pada dinding bagian luar bangunan.

**f. Kelembaban Udara**

Kadar kelembaban udara dapat mengalami fluktuasi yang tinggi dan hal ini tergantung pada temperatur udara / iklim mikro.Semakin tinggi temperatur semakin tinggi pula kemampuan udara menyerap air. Keberadaan tanaman atau openspace dalam sekumpulan massa bangunan akan dapat menurunkan temperature udara sekelilingnya (Sharifia and Bolanda 2017). Menurut Prianto (Prianto et al, 2017) peran vegetasi dan openspace dalam skala perkotaan berkontribusi pula pada efisiensi energy dalam bangunan.

3. Kehadiran tanaman dalam halaman masjid sangat disarankan, karena keberadaan daerah bayangan akan memberi efek meningkatnya kualitas udara dan mereduksi kebisingan dari luar.

### 3. METODE PENELITIAN

Tujuan dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah : pertama, mengetahui sejauh ini apakah sajakah elemet disain masjid yang bisa ‘bertahan’ dari pengaruh buruk factor cuaca? Kedua, factor iklim apasajakah di daerah tropis yang memberi dampak langsung pada kerusakan atau menurunnya ‘pertahanan’ disain masjid ? dan ketiga, bagaimana solusi sustainable dari relisensi disain masjid ini ?

Dan manfaat yang diharapkan dari kegiatan tersebut dan pembahasan ini adalah :

- Memberi pengetahuan akademis pada masyarakat/ pengguna bangunan prinsip-prinsip dan aplikasi praktis

- resiliensi sebuah masjid dari iklim tropis lembab.
- Mengetahui secara empiris hubungan antara factor dominan iklim tropis dan element arsitektur dalam mewujudkan dan mengaplikasikan konsep resiliensi masjid di daerah tropis.
- Memberi contoh disain praktis aplikasi praktis resiliensi sebuah masjid dari iklim tropis lembab.



**Gambar 07:**

**Proses pelaksanaan survey, pencatatan kondisi bangunan hingga forum pembahasan perencanaan**

**Alat dan Bahan**

Beberapa alat survey dan alat ukur yang digunakan adalah kini sudah serba digital, seperti alat ukur, pengukuran penerangan, camera hingga kompas.

Sedangkan pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, dalam hal ini obyek sebuah masjid di Brebes ini. Teknik pengamatan dan pengukuran dilakukan pada periode tertentu sesuai instrumen penelitian yang digunakan, dan analisis data bersifat kuantitatif dengan tujuan menemukan fakta. (Prianto et all, 2016), (Sugiyono, 2009)

konsep resiliensi dan disain masjid, baik itu berupa teori-teori terkait melalui studi pustaka/literatur seperti buku, jurnal penelitian, artikel buletin/majalah, serta browsing internet. Kedua, rujukan hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium Teknologi Bangunan Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Undip Semarang.

- Metode observasi dilakukan dengan cara survey lapangan langsung ke masjid Baitul Hikmah di Kecamatan Losari Kabupaten Brebes yang dijadikan studi kasus aplikakasi terapan-terapan hasil penelitian sebelumnya, yang telah dikemas dalam kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat.
- Metode korelasional dilakukan dengan cara menghubungkan atau mengkorelasikan dua atau lebih variabel dari data-data yang telah didapat dalam metode observasi dengan teori yang didapat melalui metode deskriptif, untuk kemudian diujudkjan dalam solusi disain.

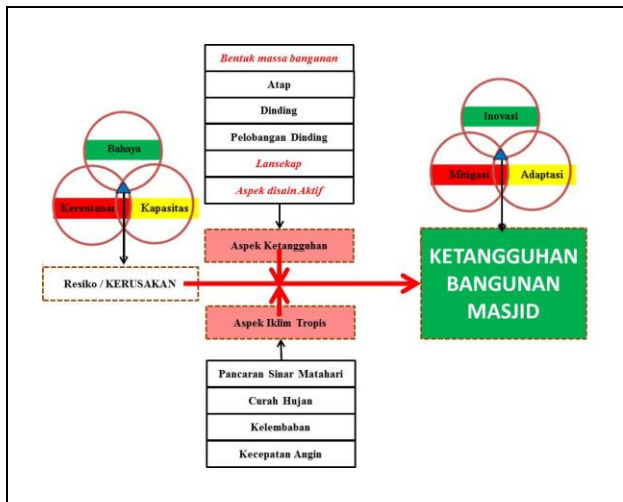


**Gambar 08:**

**Alat-alat yang digunakan**

Metode penelitian yang digunakan dalam ulasan makalah ini adalah sebagai berikut:

- Pemahaman metode deskriptif yang kami lakukan ini, ada dua cara : Pertama suatu tahapan dengan cara mencari data-data mengenai konsep-konsep iklim tropis,



**Gambar 09:**

**Ada 4 (empat) pokok bahasan pengamatan ketahanan bangunan dengan mengadop pola pemikiran Zeji Mandala (Prianto, 2017)**

**Alur Konstruksi Pembahasan**

Pengkajian secara komprehensif antara konsep resiko, aspek ketangguhan bangunan dan aspek iklim tropis, kami jadikan materi untuk menyusun pola pembahasan dalam artikel ini. Kami mengadop langkah yang setara dengan hasil pengamatan sebelumnya (Prianto, et al 2017). Secara diagramatis dapat dilihat pada gambar dibawah ini Dan agar lebih sistematis pola pembahasannya, tersusun dari deskriptif analitis respon dari 5 (lima) pertanyaan sebagai berikut :

- a. Pada bagian bangunan mana yang akan di amati aspek ketangguhan?
- b. Apa bentuk aspek Adaptasi disainnya dari elemen gedung tersebut ?
- c. Apa penyebab kerusakan (Aspek Resiko) yang terjadi ?
- d. Elemet factor iklim apa yang menyebabkan kerusakan bagian tersebut (Faktor Resiko) ?
- e. Bagaimana solusi disain arsitekturnya untuk masjid Baitul Hikmah ini ? (Aspek Inovasi) ?

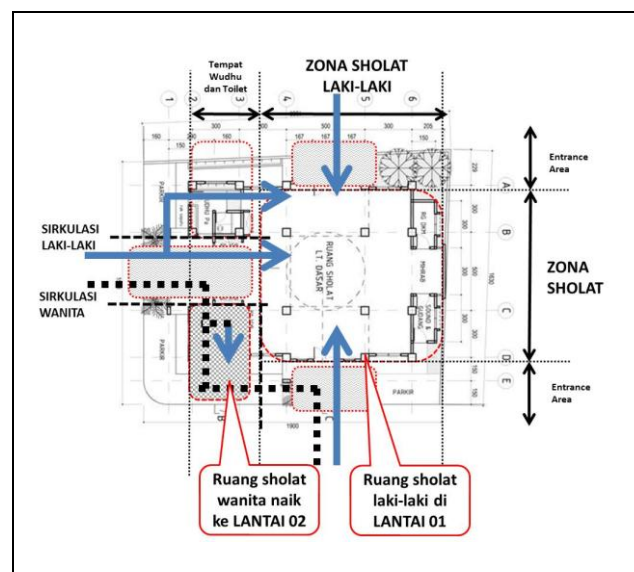
**4. PEMBAHASAN**

Pada bagian ini terdapat 5 (lima) aspek pembahasan, yaitu : 1).Kajian Disain Arsitektural Masjid, 2). Kajian solusi disain tampilan atap masjid, 3). Kajian solusi disain tampilan dinding masjid dan 4) Kajian solusi disain tampilan pelobangan dinding masjid.

**a. Kajian Disain Arsitektural Masjid :**

- ❖ *Oriantasi kiblat*  
Penentuan arah Qiblat sangat penting dalam disain awal sebuah masjid, tidak halnya dengan kegiatan renovasi disain saat ini. Pada kondisi ini, diasumsikan bahwa arah kiblat masjid yang sudah ada ini telah benar karena masjid ini telah berfungsi puluhan tahun. Bberapa referensi menerangkan bahwa penentuan ini akan menentukan arah sholat, orientasi bangunan, zonasi dan pola sirkulasi hingga pada penentuan arah wudhu agar tidak menghadap Qiblat.
- ❖ *Zonasi tata letak ruangan dan sirkulasi*  
Pada bangunan utama masjid, sebenarnya hanay terdapat dua zonasi : zonasi sholat dan zonasi tempat wudhu&toilet. Namun dalam perkembangan fungsi tambahan dari sebuah masjid, dapat pula dikelompokkan menjadi zona kegiatan non sholat dan zona kegiatan non-sholat.dan keduanya menurut beberapa pertimbangan, perlu adanya pembedaan daerah laki-laki dan perempuan.

Secara zonasi ruang dari disain masjid ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

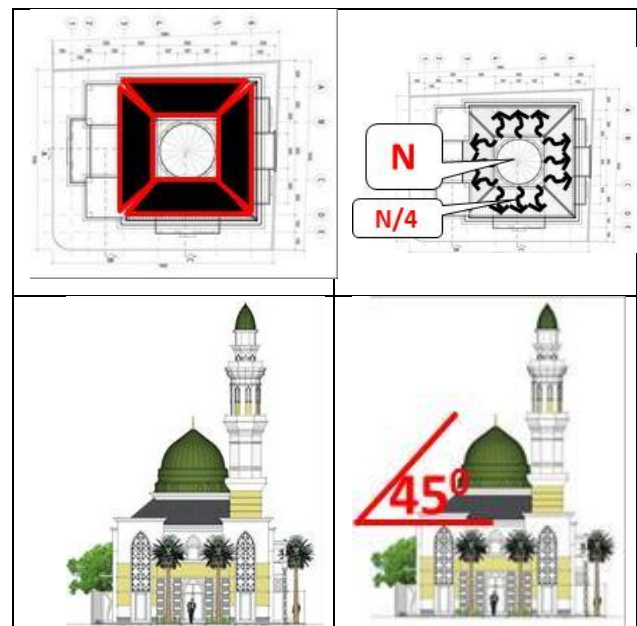


**Gambar 10:**  
**Disain sirkulasi dan atata ruang masjid Baitul Hikmah**



**b. Kajian dan solusi disain tampilan atap : bentuk, bahan dan pilihan warna masjid.**

- ❖ *Resiliensi elemen arsitektur* : Atap masjid pada bagian element bangunan inilah yang dikaji terhadap aspek ketangguhan terhadap factor iklim bagian teratas dari masjid yang selalu tersentuh element iklim tropis.
- ❖ *Aspek Adaptasi yang bagaimana pada elemen gedung tersebut* : Bentuk atap masjid dan mahkota (kubah) didisain dengan bentuk atap yang memiliki kemiringan yang terjal dan bahkan cenderung berbentuk kubah bulat. Begitupula pilihan untuk menara masjidnya.
- ❖ *Aspek Resiko* : Sebagaimana hasil pengamatan pada bangunan masjid eksisting, kerusakan karena kebocoran air hujan, tidak saja dikarenakan kemiringan tapi tempat sambungan antara bangunan awal dan baru, dimana pilihan talangnya sering tidak menampung volume cucuran air hujan. Resiko konstruksi dan kurangnya perawatan sering menyebabkan rusak pada bagian ini.
- ❖ *Faktor Resiko* : faktor iklim yang ‘galak’ terhadap keberadaan atap adalah volume curahan hujan dan pancaran sinar matahari.



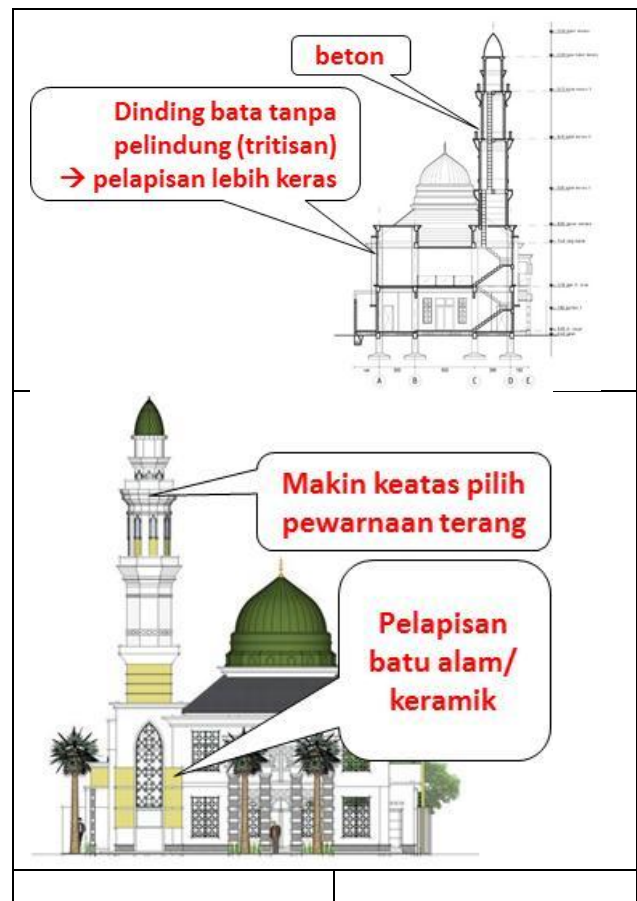
**Gambar 11:**  
**Resiliensi atap tropis : distribusi curah hujan dan kemiringan serta pilihan warna pelapis atap.**

- ❖ *Aspek Inovasi* (bagian dari ketahanan bangunan) : Mencermati kerusakan karena dampak curah hujan dan pancaran panas sinar matahari, maka dalam disaian atap ini :
  - Kemiringan atap pada bangunan utama dibuat menjadi 4 orientasi (depan, belakang, kanan dan kiri)- yaitu aplikasi dari bentuk atap limasan untuk masa segiempat, sehingga volume curahan hujan akan tersebar merata ke bagian tepi bangunan.
  - Kemiringan atap didisain dengan sudut 45 derajat, dengan pertimbangan meminimalisir factor sudut jatuh sinar matahari dari segala bidang atapnya.
  - Pilihan material penutup kubah dengan menggunakan bahana berwarna terang dan gilap. faktor reflesi sinar matahari akan maksimal sehingga mengurangi beban panas dalam bangunan. Pilihan element putih pada bagian atap beton datar dapat berupa cat pelapisan anti bocor yang mempertimbangkan factor reflesi. Hal ini merupakan pilihan solusi dari hasil penelitian sebelumnya (Prianto, 2015).

Dari kajian tersebut diatas, dapat disampaikan bahwa ketangguhan bangunan masjid ini meliputi solusi disain bentuk, bahan dan tampilan atap yang diharapkan mampu menyelesaikan permasalahan-permasalahan kompleks factor iklim. “Ketangguhan element atap suatu bangunan tropis, bukan saja meliputi pilihan bentuk, bahan dan tampilan atap yang mempertimbangkan kualitas dan intensitas pancaran sinar matahari dan curah hujan, serta kecepatan udara sekelilingnya, tapi juga pada tahap peluang memanfaatkan kembali potensi element iklim tersebut”

**c. Kajian dan solusi disain tampilan dinding masjid : bahan dan pilihan pelapisan warna dinding.**

- ❖ *Resiliensi elemen arsitektur* : element bangunan masjid berupa dinding luar inilah yang dikaji terhadap aspek ketangguhan terhadap factor iklim. Konstruksi dinding bagian luar dari bangunan masjid ini menggunakan batu bata.
- ❖ *Aspek Adaptasi yang bagaimana pada elemen gedung tersebut* : Perlindungan dari factor iklim sejauh ini dilakukan dengan pemberian plesteran (penutup batu bata) dan kemudian dilapisi cat tembok warna hijau muda. Pemakaian pelapisan keramik hanya terjadi pada dinding-dinding bagian tempat basah/kamar mandi/ tempat wudhu.
- ❖ *Aspek Resiko* : ragam kerusakan akibat factor iklim adalah pemudaran warna dinding karena terpaan panas atau pilihan kualitas cat tembok (?), lembab/basah karena tampias hujan sehingga dinding keropos dan ditumbuhi lumut serta pengelupasan lapisan dinding.
- ❖ *Faktor Resiko* : faktor iklim yang menyebabkan kerusakan tersebut adalah pancaran sinar matahari dan curah hujan dan kelembaban udara.



**Gambar 12:**  
**Resiliensi dinding tropis : solusi dinding bata tanpa tritisan dan pelapisan dinding dengan batu alam/keramik**

- ❖ *Aspek Inovasi (bagian dari ketahanan bangunan)* : Pertimbangan disain dinding masjid ini mempertimbangkan factor kerusakan dinding yang didominasi factor (aspek pancaran sinar matahari, hujan/kelembaban), tapi satu sisi mempertimbangkan kebutuhan pencahayaan alami. Dan juga mempertimbangkan kebutuhan sirkulasi udara alami. Maka solusi pilihan disain dinding masjid ini adalah :
  - Pilihan konstruksi dinding dibagi menjadi dua hal : konstruksi dinding sebagai pengisi, maka dipakailah batu bata) sedangkan konstruksi dinding sebagai penyangga, digunakanlah beton (terutama untuk menara mawujudnya). Kekerasan bahan dinding, dapat memperlambat sebaran panas kedalam bangunan.

- Pelapisan dinding bata pada bagian luar seyogyanya lebih keras (trasraam) dari pada bagian dalam, agar factor kerusakan keropos dan lembab/lumut dapat diantisipasi. Pilihan pelapisan keramik atau batu alam sangat dianjurkan (Prianto, 2011).
- Pilihan warna terang dan gilap dianjurkan untuk façade menghadap barat dan timur ataupun untuk bagian dinding bagian atas bangunan. Pilihan warna gelap (berwarna) jangan mendominasi dinding yang terkena sinar matahari langsung.

**d. Kajian dan solusi disain tampilan pelobangan dinding : porosite dan perletakan pelobangan dinding.**

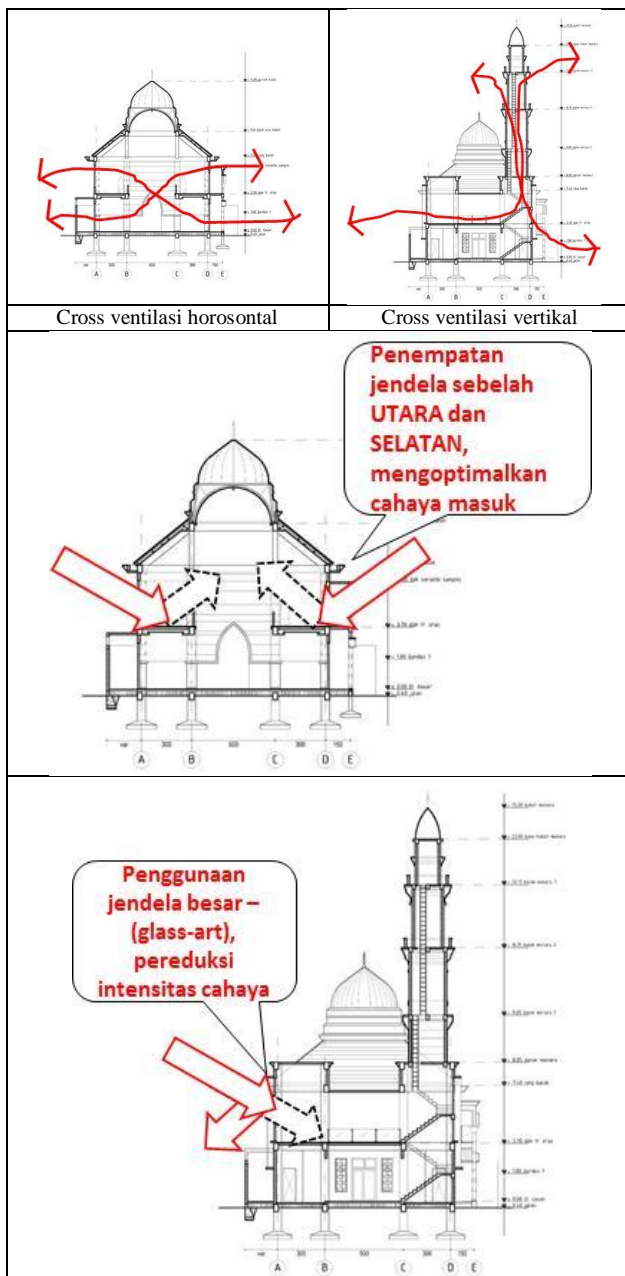
Dua jenis pelobangan dinding pada disain masjid ini terdiri dari bukaan jendela, penempatan roster (pelubangan yang digunakan untuk sirkulasi udara) dan pelobangan hanya untuk penerangan alami (pemasangan glass-art/ yang tidak bisa untuk fungsi sirkulasi udara).

Permasalahan awal keberadaan masjid dari aspek pelobangan adalah minimnya pelobangan dinding sehingga mengalami kurang terangnya bagian interior dari pencahayaan alaminya, sehingga dibutuhkan penerangan buatan pada siang hari dan minimnya sirkulasi udara. Solusi pemasangan alat pendingin ruangan dalam perkembangannya kini juga tidak bisa dipungkiri, karena bukan hanya sensasi termal panas dan dingin, tapi aspek kebisingan serta polusi udara luar sangatlah perlu dipertimbangkan. Kajian terkait resiliensi pelobangan dinding ini :

- ❖ *Resiliensi elemen arsitektur* : element bangunan masjid berupa pelobangan dinding luar inilah yang dikaji terhadap aspek ketangguhan terhadap factor iklim. Keberadaan jendela biasanya tidak lepas dari peran dari tritisan, namun pada disain ini kami tidak mengeksplorasi bentuk tritisan, sehingga solusi disainnya adalah sebagaimana paparan dibawah.
- ❖ *Aspek Adaptasi yang bagaimana pada elemen gedung tersebut* : Bentuk jendela pada umumnya menyesuaikan fungsinya.

Bila mana jendela tersebut hanya berfungsi sebagai penerangan tapi tidak membutuhkan/ buka pelubangan lewatkan sirkulasi udara, pada umumnya bentuk ini disebut jendela mati. Yang terjadi pada kondisi eksisting adalah tidak demikian. Fungsi jendela hidup tapi sirkulasi udara tidak maksimal. Fungsi jendela cukup terbuka tapi sinar matahari/ terang sinar matahari tidak masuk kedalam.

- ❖ *Aspek Resiko* : Secara fisik tidak didapatkan kerusakan pada element jendela, namun ketidak fungsinya jendela lah yang didapatkan pada masjid ini. Karena penempatan tritisan yang terlalu lebar sehingga menutup/ mengurangi intensitas cahaya terang sinar matahari. Pelebaran tritisan atau atap dilakukan karena kebutuhan space tambahan kegiatan masjid.
- ❖ *Faktor Resiko* : sebenarnya bukan factor resiko dari keberadaan jendela, justru memanfaatkan kembali fungsi jendela dari aspek penerangan alami dan optimalisasi sirkulasi udara yang diharapkan.
- ❖ *Aspek Inovasi (bagian dari ketahanan bangunan)* : Keberadaan jendela jendela ditempatkan berdasarkan fungsinya (sebagai lubang penerangan alami dan lubang lintasan sirkulasi udara alami) :
  - Biasanya proporsi dimensi tritisan/pelindung jendela dan luas bukaan dinding adalah signifikan. Makin lebar pelindung, makin luas jendela. Perluasan tritisan untuk kebutuhan penambahan space kegiatan, diatasi dengan penempatan perluasan pada lantai 2. Dengan demikian fungsi jendela dapat didapatkan kembali.
  - Tuntutan disain minimalis (meminimkan dimensi tritisan, diatasi dengan penempatan jendela mati/ penempatan glass art- sehingga penerangan alami masih didapatkan dan tidak terlalu glare/panas.



**Gambar 13:**  
**Optimalisasi pelobangan dinding tropis dengan cara ‘memanfaatkan’ potensi iklim tropis.**

- Penempatan jendela besar diposisikan pada bagian dinding sebelah Utara dan Selatan, agar menghindari dampak negative yang berlebihan dari pancaran langsung sinar matahari pagi/sore.
- Penerapan konsep cross ventilasi dilakukan dua cara : penempatan secara horisontal (jendela saling berhadapan pada sisi-sisi dindingnya) dan penempatan secara vertikal (peran dan fungsi dari menara masjid).

Ketangguhan bangunan dari aspek pilihan bentuk, bahan dan tampilan jendela suatu bangunan yang mampu menyelesaikan permasalahan-permasalahan kompleks factor iklim sebagai solusi dalam menyelesaikan permasalahan kerusakan bangunan di masjid Baitul Hikmah : “Ketangguhan element jendela suatu bangunan tropis tidak selalu usaha mengatasi dampak negative dari element cuaca, tapi menempatkan sebagai ‘potensi’ yang direspond dalam disain”

**5. KESIMPULAN**

- Keberadaan dan kekokohan bangunan masjid Baitul Hikmah hingga kini, merupakan bukti resiliensi bangunan yang telah dibangun beberapa puluh tahun yang lalu : Bangunan yang dirancang dengan atap tumpuk miring/ joglo, pemakaian bahan penutup atap dari genteng tanah liat masih kental konsep arsitektur tropisnya, hanya saja keberadaan bangunan tambahan (selasar dan bangunan sekitarnya yang menyebabkan ketidak lancaran sirkulasi udara dan penerangan alami dalam ruangan.
- Kebertahanan disain bangunan masjid ini secara prinsip ditemukan pada element selubung bangunan : penutup atap, dinding dan pelobangan dinding.
- Ketangguhan bangunan merupakan disain bangunan yang tidak hanya mampu menyelesaikan permasalahan-permasalahan terkait factor iklim (panas, hujan, angin dan kelembaban), namun optimalisasi dan aplikasi dan inovasi aspek disain aktif (perangkat elektronik)
- “Semakin tangguh suatu disain bangunan adalah keseimbangan antara pengentasan dan pendayagunaan factor iklim”.

**Ucapan Terimakasih**

Makalah ini merupakan hasil skim kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat yang dikoordinir Departement Arsitektur Fakultas Teknik (DAFT) dengan dana DIPA Fakultas Teknik Universitas Diponegoro tahun 2017 dengan judul RENOVASI DISAIN MASJID BAITUL HIKMAH DESA NAGLE


KECAMATAN LOSARIO KABUPATEN BREBES – Dengan pendekatan Resiliensi Arsitektur Tropis. Kegiatan ini telah tertuang dalam SK Dekan FT Undip No.170/SK/UN7.3.3/V/2017 tertanggal 15 mei 2017. Untuk itu kami ucapkan terimakasih pada semua yang telah membantu dan memfasilitasi semuanya sehingga terselesaikan penelitian ini.


## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Alain, Liebard, and Andre de Herd. 2010, *Bioclimatic Facades*, London: Somfy.
- Bragar, GS, and R De Dear. 2001, *Climate, Comfort & Natural Ventilation : A new Adaptive comfort standard for ASHRAE Standard 55.* Moving Thermal Comfort Standards into the 21st Century. Windsor UK: Loughborough University, . .
- BMG, 2017, [http://www.bmkg.go.id/BMKG\\_Pusat/Informasi\\_Cuaca](http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Informasi_Cuaca)
- Cantatore , Elena, Mariella De Fino, and Fabio Fatiguso. 2017: *Energy resilience of historical urban districts: a state of art review towards a new approach.* Energy Procedia 111, 426 – 434.
- Frick, Heinz, and Antonius Darmawan. 2007. *Ilmu Fisika Bangunan.* Jogjakarta: Kanisius,
- Glantz, M, and J Johnson. 2002. *Resilience and development positive life adaptation.* USA: Kluwer Academic Publisher,
- I Chand, PK Bhargava, LNV Krishak, 1998, *Effect of Balconies on Ventilation Including Aeromotive Force on Low-rise Buildings.* Building and Environment, 385-396.
- Gallo, C, M Sala, and A.M.M Sayigh. 1988. *Architecture, Comfort and Energy.* Great Britain - UK: Pergamon.
- Katia Perini, Adriano Magliocco. 2014, *Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort.* Urban Forestry & Urban Greening Vol. 13 , 495–506.
- Karyono, Tri Harso, 2010. *Green Arsitektur-Pengantar Pemahaman Arsitektur Hijau di Indonesia.* Jakarta: Rajawali Pers,
- Lippsmeier, Georg. 1994. *Bangunan Tropis.* Jakarta: Erlangga,
- Maddi, S, and D Khoshaba. 2005. *Resilience at work: How to succeed no matter what life throws at you.* USA: American Management Association,
- Mandala, Zeji. 2013. *Resilient Infrastructure: Konsep dan Strategi Perencanaan Pembangunan Transportasi Berkelanjutan - Studi Kasus Kota Curitiba, Brazil.* Master in Urban and Regional Planning, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada,
- Norman, E. 2000. *Resiliency enhancement: Putting the strength perspective into social work practice.* New York: Columbia University Press,
- Olgay, Victor. 1973, *Design with Climate - Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism.* New Jersey - USA: Princeton University Press.
- Prianto, E., Houpert, S., Depecker, P., & Peneau, J.-P. 2001. *Cointribution of Numerical Simulation with SOLENE to find out the Traditional Type Cayenne - Guyana France.* International Journal on Architecture Science , 156-175.
- Prianto, Eddy and Depecker, Patrick, 2003: *Contribution of N3S Numerical Simulation in Investigating the influence of Internal Division Design on Indoor Air Speed.* International Journal on Architecture Science, 114-122.
- Prianto, Eddy, and Patrick Depecker, 2002, *Characteristic of airflow as the effect of balcony, opening design and internal division on indoor velocity: A case study of traditional dwelling in urban living quarter in tropical humid region.* Energy and Buildings, Volume 34, Issue 4,: 401–409.
- Prianto, Eddy, and Patrick Depecker, 2003. *Optimization of Architectural Design Elements in Tropical Humid Region with Thermal Comfort Approach.* Energy and Buildings: 273-280.
- Prianto, Eddy, Jaka Windarta and Bernard Harianja, 2017, *The Role of Vegetation and Open Space in The Energy Efficiency - of Tropical Building,* Advanced Science Letters, Volume 23, Number 3, March, pp. 2211-2214

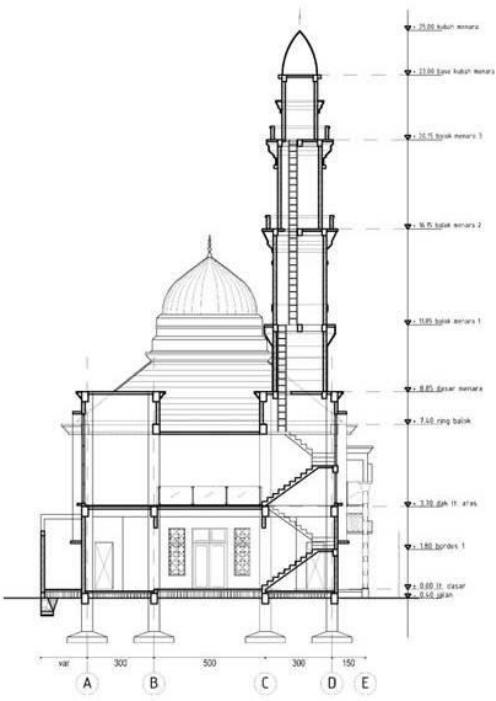
- Prianto, Eddy. 2010, *Effek warna dinding terhadap pemakaian energi listrik dalam rumah tinggal*. RIPTEK, 31-35.
- Prianto, Eddy. 2011, *Effek Penggunaan Batu Alam pada Fasad rumah tinggal terhadap pemakaian energi listrik*. RIPTEK, 53-60.
- Prianto, Eddy. 2012: *Strategi Disain Fasad Rumah Tinggal Hemat Energi*. RIPTEK, 55-65.
- Prianto, Eddy. 2013: *Pilihan Bentuk Tritisan Hemat Energi untuk Kota Semarang*. Riptek, 37-56.
- Prianto, Eddy. Dwiyanto, Agung, 2015, *Profil penutup atap beton dalam efisiensi konsumsi energy listrik pada skala Rumah Tinggal, Jurnal Modul*
- Prianto, Eddy. Suyono, Bambang, Septana dan Sahid, 2017, *Resilient bangunan tropis pada Bangunan Kampus Universitas Diponegoro, Jurnal Modul (in progress)*
- Prianto. E, Wahyudi, E dan Kusumastuti, R.P, 2015, *Metode Pendokumentasian Data Bangunan Kuno di Semarang dengan Kritik Normative (Studi kasus pada Gedung Lawang Sewu)*, Riptek.
- Prianto. E, 2007, *Rumah Tropis Hemat Energi, bentuk keperdulian Global Warming*, Riptek, 1-10.
- Robert, D.Brown, and Terry J Gillespie, 1995. *Microclimatic Lanscape Design*. Canada: John Wiley & Sons,Inc.,
- Soegijanto. 1998. *Bangunan di Indonesia dengan iklim tropis lembab ditinjau dari aspek fisika bangunan*. Bandung: DIKTI
- Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&B*. Bandung: Alfabeta.
- Sharifia, E, and J Bolanda. 2017, *Heat resilience in public space and its applications in healthy and low carbon cities*. Procedia Engineering 180, 2017: 944 – 954,.
- SNI 03-6575-2001, 2001, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatanpada bangunan gedung*. Jakarta.
- Tapan, K. Dhar, and Khirfan Luna. 2017, *A multi-scale and multi-dimensional framework for enhancing the resilience of urban form to climate change*. Urban Climate, 72-91.

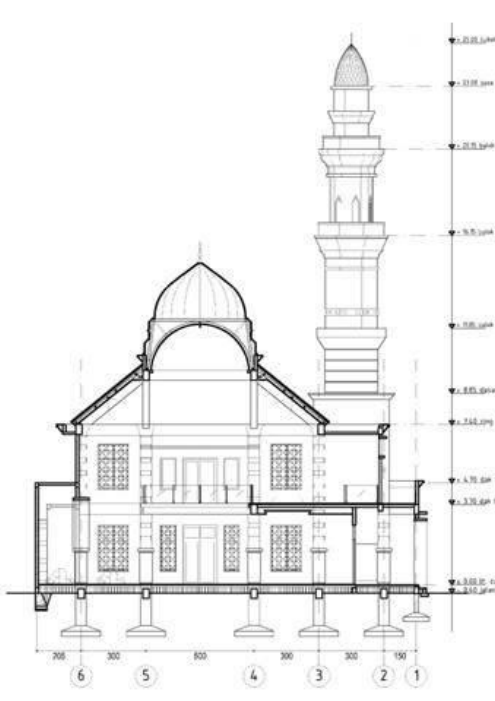
[www.arquinstal.com.ar/publicaciones/ure-esso](http://www.arquinstal.com.ar/publicaciones/ure-esso)  
- facebook/ARQUILCURA

	
	<b>KEGIATAN</b>
	<b>LAPORAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT</b>
	DEPARTEMEN ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG SEMESTER GASAL (September-Februari) 2017/2018
	<b>JUDUL</b>
	<b>RENOVASI DISAIN MASJID BAITUL HIKMAH</b> Desa Negla Kecamatan Losari Brebes, menggunakan konsep Low Coast Energy
	<b>TIM KEGIATAN</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dr.Ir. Eddy Prianto,CES,DEA</li> <li>• Septana Bagus Pribadi,ST,MT</li> <li>• Ir. Bambang Sujono, MT</li> <li>• M.Sahid , ST,MT</li> </ul>
	<b>GAMBAR</b>
	<b>DENAH LANTAI DASAR</b>
<b>HALAMAN</b>	<b>LEMBAR</b>
	<b>01/10</b>



	
<b>KEGIATAN</b>	
<b>LAPORAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT</b>  DEPARTEMEN ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG SEMESTER GASAL (September-Februari) 2017/2018	
<b>JUDUL</b>	
<b>RENOVASI DISAIN MASJID BAITUL HIKMAH</b> Desa Negla Kecamatan Losari Brebes, menggunakan konsep Low Coast Energy	
<b>TIM KEGIATAN</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dr.Ir. Eddy Prianto,CES,DEA</li> <li>• Septana Bagus Pribadi,ST,MT</li> <li>• Ir. Bambang Sujono, MT</li> <li>• M.Sahid , ST,MT</li> <li>• Astrid cs (tim mhs)</li> </ul>	
<b>GAMBAR</b>	
<b>DENAH ATAP</b>	
<b>HALAMAN</b>	<b>LEMBAR</b>
	<b>02/04</b>







			
		<b>KEGIATAN</b>	
		<b>LAPORAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT</b>	
		DEPARTEMEN ARSITEKTUR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG SEMESTER GASAL (September-Februari) 2017/2018	
		<b>JUDUL</b>	
		<b>RENOVASI DISAIN MASJID BAITUL HIKMAH</b> Desa Negla Kecamatan Losari Brebes, menggunakan konsep Low Coast Energy	
		<b>TIM KEGIATAN</b>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dr.Ir. Eddy Prianto,CES,DEA</li> <li>• Septana Bagus Pribadi,ST,MT</li> <li>• Ir. Bambang Sujono, MT</li> <li>• M.Sahid , ST,MT</li> <li>•</li> <li>• Astrid cs (tim mhs)</li> </ul>	
		<b>GAMBAR</b>	
		<b>POTONGAN A-A</b>	
		<b>HALAMAN</b>	<b>LEMBAR</b>
			<b>03/04</b>



**KEGIATAN**

**LAPORAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**

DEPARTEMEN ARSITEKTUR  
 FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO  
 SEMARANG  
 SEMESTER GASAL (September-Februari)  
 2017/2018

**JUDUL**

**RENOVASI DISAIN MASJID BAITUL HIKMAH**  
 Desa Negla Kecamatan Losari Brebes,  
 menggunakan konsep Low Coast Energy

**TIM KEGIATAN**

- Dr.Ir. Eddy Prianto,CES,DEA
- Septana Bagus Pribadi,ST,MT
- Ir. Bambang Sujono, MT
- M.Sahid , ST,MT
- 
- Astrid cs (tim mhs)

**GAMBAR**

**TAMPILAN TAMPAK**

HALAMAN

LEMBAR

**04/04**