



2.18% PLAGIARISM
APPROXIMATELY

Report #12204941

Adaptasi Kinerja Bangunan Rumah Tinggal pada Iklim Tropis Lembap dengan Model Atap Kinetik oleh : Mufidah 1, 2*) LMF. Purwanto 2) Ridwan Sanjaya 2) 1)Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya 2)Program Studi Doktor Arsitektur, Fakultas Arsitektur dan Desain, Unika Soegijapranata Semarang *correspondence author: mufidah@untag-sby.ac.id

Abstrak Kenyamanan termal adalah suatu kondisi termal dimana penghuni dapat merasakan nyaman beraktifitas di dalam ruangan. Salah satu cara untuk mendapatkan kenyamanan termal ini dilakukan dengan desain pasif, yaitu bangunan didesain supaya dapat beradaptasi terhadap perubahan iklim di luar bangunan, misalnya dengan pengolahan fasad bangunan agar dapat memasukkan angin dan menghalangi radiasi matahari. Karena iklim di luar selalu mengalami perubahan, maka desain yang direncanakan harus tanggap terhadap perubahan iklim tersebut, dalam hal ini digunakan pendekatan arsitektur kinetik. Pergerakan oleh bagian dari elemen bangunan ini berfungsi sebagai upaya untuk memasukkan unsur iklim yang dibutuhkan serta membatasi unsur iklim yang tidak dibutuhkan ke dalam bangunan. Metode penelitian ini diawali dari kajian pustaka tentang kenyamanan termal rumah tinggal di tropis lembap serta penerapan prinsip desain pasif sebagai adaptasi bangunan terhadap perubahan



iklim. Selanjutnya analisa luasan ventilasi berdasarkan kebutuhan kenyamanan termal di dalam bangunan. Terakhir adalah perencanaan sistem kinerja bangunan secara otomatis dengan menggunakan sensor suhu dan kelembapan dengan Arduino. Hasil dari penelitian ini adalah rancangan rangkaian kerja penerapan desain kinetik pada atap bangunan, berdasarkan sensor suhu dan kelembapan di dalam ruang. Harapannya pada penelitian selanjutnya, dapat dilanjutkan dengan eksperimen untuk menerapkan konsep desain kinetik pada atap di rumah tinggal kecil. Kata kunci: kenyamanan termal adaptif, adaptasi bangunan, arsitektur kinetik

PENDAHULUAN Pada masa pandemic covid-19, semakin banyak waktu yang dihabiskan penghuni untuk bekerja atau beraktifitas di dalam rumah, sehingga faktor kenyamanan termal di dalam rumah tinggal menjadi hal yang penting. Jika kondisi nyaman ini tercapai, maka penghuni dapat melaksanakan aktivitasnya dengan baik, produktif dan tetap sehat. Berdasarkan SNI 03-6572-2011 (2011) standart kenyamanan termal untuk orang Indonesia umumnya : 250C 10C dan kelembaban udara relatif 55 % 10 % Terdapat dua pendekatan model kenyamanan termal, yaitu model kenyamanan termal statis dan model kenyamanan termal adaptif. Model kenyamanan termal statis berdasarkan pada angka standart kenyamanan termal pada bangunan, dimana penghuni hanya



sebagai penikmat kenyamanan termal bangunan. Pendekatan desain ini lebih mudah dicapai dengan cara aktif, dengan menambahkan peralatan pengkondisian udara, sehingga kenyamanan termal tidak akan terpengaruh oleh perubahan iklim di luar bangunan. Sedangkan model kenyamanan termal adaptif, berdasarkan pertimbangan bahwa manusia mempunyai kemampuan untuk beradaptasi terhadap perubahan termal, dengan proses adaptasi dibagi menjadi tiga kategori, yaitu adaptasi pola perilaku, adaptasi fisiologis, dan adaptasi psikologis (Yao et al., 2009; de Dear et al. dalam Alfata, 2011). Adaptasi pola perilaku adalah upaya yang dilakukan penghuni untuk mendapatkan kondisi nyaman, contohnya jika ruangan terasa panas, penghuni secara refleks mengipaskan tangan pada bagian badan, mengenakan baju tipis yang menyerap keringat dan membuka jendela agar angin dari luar bangunan mengalir masuk ke dalam bangunan. Sebaliknya, jika ruangan terasa dingin, maka secara refleks penghuni akan menutup jendela atau menggunakan baju tebal. Dalam penelitian ini pola perilaku penghuni untuk mendapatkan kenyamanan termal tersebut diupayakan secara otomatis dapat dikerjakan oleh sistem dalam bangunan, sehingga penghuni dapat tetap berkonsentrasi melaksanakan aktivitasnya dengan lingkungan termal yang selalu nyaman. Penyelesaian desain yang



memaksa bangunan dapat beradaptasi dengan iklim di luar dinamakan perancangan pasif, kelebihan desain ini adalah tidak membutuhkan pengadaan peralatan yang mahal dan biaya operasional untuk mendapatkan kenyamanan termal cukup murah. Oleh karena itu, penyelesaian desain secara pasif ini lebih tepat diterapkan pada rumah tinggal sederhana, karena mampu menghemat biaya dengan memanfaatkan energi alam untuk memperoleh kenyamanan pada bangunan. Hal ini sesuai dengan rekomendasi dalam penelitian Alfata (2011) tentang perencanaan rumah tinggal melalui strategi passive low energy design, sehingga dapat mendorong upaya konservasi energi pada bangunan rumah tinggal. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka dalam penelitian ini akan mempelajari adaptasi kinerja bangunan rumah tinggal pada iklim tropis lembap dengan model atap kinetik. Kinerja bangunan yang akan dipelajari lebih difokuskan pada kenyamanan termal, dengan menambahkan aliran udara ke dalam bangunan, hal ini sesuai dengan pendapat Koerniawan et al., (2020) bahwa kenyamanan termal penghuni di iklim tropis lembap dapat dimanipulasi dengan mengatur kecepatan angin kepada kondisi tertentu. Obyek yang diangkat dalam penelitian ini adalah rumah tinggal tipe kecil, karena dengan ukuran lahan yang kecil ini, akan semakin sulit mendapatkan ventilasi alami ke dalam



bangunan, karena hampir semua sisi bangunan berbatasan dengan bangunan disebelahnya. Sisi bangunan yang tidak berhimpitan langsung dengan bangunan tetangga hanya pada sisi depan, itupun akan semakin sulit mendapatkan aliran udara jika jalan di depan bangunan tidak terlalu lebar. Oleh karena itu, fasad kinetik yang akan dipelajari dalam penelitian ini diterapkan pada bagian atap bangunan, karena atap bangunan mempunyai permukaan yang lebih luas dibandingkan fasad bangunan dan bagian ini tidak terhalangi oleh bangunan disekitarnya. Hal ini sesuai dengan penelitian Nugraha (2018) tentang efektifitas ventilasi pada hunian padat, dengan mengoptimalkan kondisi iklim dan bentuk atap pada bangunan rumah tinggal. Besaran lubang ventilasi pada atap berkaitan dengan besarnya sirkulasi udara yang direncanakan di dalam ruangan untuk mendapatkan kenyamanan termal, tentunya sesuai dengan kenaikan suhu udara di dalam ruangan tersebut. Semakin besar suhu dan kelembapan udara, maka jumlah aliran udara yang dibutuhkan untuk mendapatkan kenyamanan termal akan semakin meningkat (Aynsley, 1977). Konsep ini sesuai dengan penelitian Yeny & Hidayat (2019) tentang penggunaan ventilasi atap untuk mengukur kenyamanan termal pada ruang-ruang kelas, yang menunjukkan hasil bahwa semakin banyak ventilasi pada ruangan kelas, maka ruangan tersebut akan



menjadi lebih dingin. Karena keberadaan suhu dan kelembapan udara di dalam ruangan tidak konstan, maka kebutuhan aliran udara juga selalu berubah. Ini yang menyebabkan besaran lubang ventilasi juga berubah, mengikuti naik turunnya suhu dan kelembapan ruangan. Oleh karena itu, dibutuhkan desain ventilasi yang dapat bergerak otomatis sesuai luasan yang dibutuhkan. Untuk menjawab kebutuhan ini, maka pendekatan desain yang digunakan adalah arsitektur kinetik. Ini sesuai dengan penelitian Sari & Andoni (2019) yang menggunakan jalusi adaptif vertikal sebagai bentuk penerapan teknologi dalam arsitektur, yang mampu berperan aktif, otomatis dan beradaptasi dalam merespon perubahan iklim. Rumusan permasalahan yang akan dipelajari dalam penelitian ini adalah bagaimana rangkaian kerja desain atap kinetik berdasarkan sensor suhu dan kelembapan di dalam ruang? Permasalahan kedua adalah bagaimanakah perhitungan luasan outlet untuk setiap peningkatan suhu ruang dalam? Harapan dari penelitian ini berguna sebagai alternatif untuk mendapatkan kenyamanan termal di dalam rumah tinggal tipe kecil, dengan mengoptimalkan energi angin dari luar. Selain itu penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar dalam penelitian lebih lanjut tentang penerapan desain atap kinetik. METODE PENELITIAN 1377955162259 Bagan 1. Skema metode



penelitian (Sumber: analisa penulis) Bagan 1 menunjukkan metode penelitian yang direncanakan dalam tiga tahap, pertama adalah studi literatur tentang kajian desain ventilasi atap pada bangunan rumah tinggal. Tahap kedua adalah analisa perhitungan luas ventilasi berdasarkan peningkatan suhu dan kelembapan udara, dengan cara menentukan hitungan kebutuhan aliran udara untuk kenyamanan termal, berdasarkan suhu dan kelembapan udara di ruangan. Besaran aliran udara ini sebagai dasar penentuan luasan lubang ventilasi pada outlet di atap bangunan. Tahap ketiga adalah merancang rangkaian kerja desain atap kinetik berdasarkan sensor suhu dan kelembapan udara di ruang dalam. Penelitian ini tidak menggunakan pengukuran lapangan, karena penekanan dalam penelitian ini adalah mendesain rangkaian kerja antara perubahan iklim di dalam bangunan, desain Arduino serta pergerakan kinetik pada ventilasi di atap bangunan. Hasil dari penelitian ini akan dilanjutkan dengan penelitian eksperimen, sebagai penerapan konsep desain kinetik pada atap rumah tinggal tipe kecil. Penelitian pada tahap lanjutan inilah yang akan dilakukan pengukuran lapangan, agar eksperimen yang diterapkan pada bangunan sesuai dengan kenyataan. ANALISA DAN DISKUSI HASIL Eksplorasi Desain Ventilasi Atap Eksplorasi desain atap yang direncanakan dalam penelitian ini dibatasi pada



model atap pelana, karena paling mudah dan murah untuk diterapkan pada rumah tinggal tipe kecil. Berdasar penelitian Amri & Syukur (2017) yang menganalisa aliran angin pada atap dengan kemiringan 0o , 15o , 30o , 45o , dan 60o menunjukkan bahwa semakin besar kemiringan atap, maka semakin banyak bidang atap yang mendapatkan tekanan udara positif dari arah datangnya angin, sedangkan daerah bagian belakang bangunan memiliki tekanan udara paling rendah (gambar 1). Hal ini sangat penting untuk merencanakan detail ventilasi pada atap, sesuai dengan peranan ventilasinya sebagai inlet atau outlet. Karena prinsip aliran udara di dalam bangunan adalah dari zona bertekanan tinggi menuju zona bertekanan rendah (Nugraha, 2018). Gambar 1. Visualisasi tekanan udara berdasar perbedaan kemiringan atap (Sumber: Amri & Syukur, 2017)

Rumah tinggal tipe kecil hanya memiliki fasad pada bagian dinding depan, maka bagian ini yang direncanakan sebagai inlet, sedangkan outlet direncanakan pada bagian atap bangunan, karena bagian atap ini tidak terhalangi oleh bangunan disekitarnya. Selanjutnya optimasi desain ventilasi direncanakan dengan penyebaran distribusi outlet, agar pola aliran udara dapat merata pada seluruh bagian bangunan. Dengan memperbesar perbandingan lubang outlet dengan inlet, maka kecepatan aliran udara akan semakin besar (Gambar 3, Rumus 1 dan



Tabel 2). Beberapa hasil penelitian Nugraha (2018) tentang efektifitas ventilasi di perumahan padat, antara lain dengan tidak meletakkan orientasi bukaan pada wind shadow karena zona ini tidak menghisap angin, mengatur perbandingan outlet dan inlet, luasan bukaan minimal 50% dari luasan lantai ruangan, layout ruangan cukup satu lapis agar ventilasi silang lebih mudah tercapai.

1266729137702 Gambar 2. Eksperimen desain outlet, untuk memperbesar aliran udara (Sumber: Bainbridge & Haggard, 2012) Gambar 2 menunjukkan alternatif pengolahan outlet ventilasi untuk mempercepat aliran udara di dalam bangunan. Dengan luasan outlet lebih besar daripada inlet, akan memperbesar kecepatan aliran udara di dalam ruang. Posisi outlet lebih tinggi daripada inlet, menjadikan distribusi aliran udara lebih merata secara vertikal, namun kecepatannya lebih rendah (Bainbridge & Haggard, 2012). Penelitian lain oleh Satwiko (2004) membuktikan beberapa strategi untuk menghasilkan ventilasi silang secara vertikal yang merata pada bangunan adalah dengan desain atap pada kemiringan 15o dan 45o, penempatan cerobong asap terintegrasi dengan ruang di dalam bangunan, menambahkan saluran berlubang di lantai (floor tunnel). Strategi desain pasif ini berhasil mendapatkan kenyamanan termal melalui efek pendinginan fisiologis. Analisa Perhitungan Luas Ventilasi dan Kenyamanan



Termal Salah satu indikasi kenyamanan termal dalam bangunan ditunjukkan oleh komposisi suhu udara, kelembapan dan aliran udara di dalam ruangan. Semakin tinggi pemanasan yang terjadi dalam ruangan, maka suhu akan semakin tinggi dan kenyamanan termal tidak tercapai. Strategi adaptasi yang paling efektif untuk mendapatkan kenyamanan termal adalah dengan menambah kecepatan angin di dalam bangunan (Nugraha, 2018). Kecepatan angin ini akan meningkatkan laju evaporasi pada kulit manusia untuk memberikan efek sejuk, artinya dengan suhu yang sama, penghuni akan merasakan nyaman (Koerniawan et al., 2020). Selanjutnya Sugini (2014) menuliskan untuk menentukan luas bukaan yang dibutuhkan dalam ruangan, dapat dihitung jika diketahui debit udara yang dibutuhkan dan kecepatan angin yang dipersyaratkan dalam ruangan. Rumus yang digunakan adalah laju aliran udara dalam ruangan yang dihitung berdasarkan perkalian efektifitas bukaan, luas bukaan inlet dan kecepatan angin (SNI 03-6572-2011, 2011; Satwiko, 2008). $Q = C_v \cdot A \cdot V$ Rumus 1 dimana : Q = laju aliran udara, m^3 / detik A = luas bebas dari bukaan inlet, m^2 V = kecepatan angin, m / detik C_v = effectiveness dari bukaan (C_v dianggap sama dengan 0,5 ~ 0,6 untuk angin yang tegak lurus dan 0,25 ~ 0,35 untuk angin yang diagonal) Nilai C_v harus dikalikan dengan konstanta yang



menunjukkan perbandingan proporsi inlet dan outlet, untuk nilai-nilai konstanta tersebut disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 : Konstanta Perbandingan Proporsi Inlet dan Outlet Perbandingan Luas Inlet dan Outlet Pengali Cv Perbandingan Luas Inlet dan Outlet Pengali Cv 1 : 1 1,00 1 : 5 1,40 1 : 2 1,00 2 : 1 0,63 1 : 3 1,27 4 : 1 0,35 1 : 4 1,35 4 : 3 0,86 Sumber : Boutet dalam (Satwiko, 2008)

Berdasarkan rumus 1, dapat dihitung luasan inlet (A), jika nilai laju atau debit aliran udara dan kecepatan angin sudah didapatkan. Jika konstanta perbandingan inlet dan outlet dianggap 1, maka luasan inlet yang didapatkan sama dengan luasan outlet. Jika ingin memperbesar aliran udara, maka luasan outlet didesain lebih besar dari luasan inlet (Tabel 1). Standart laju udara pada rumah tinggal disajikan dalam tabel 2, sedangkan besarnya kecepatan angin dihitung menggunakan rumus 2 atau grafik 1. Tabel 2 : Kebutuhan Laju Udara pada Rumah Tinggal FUNGSI SATUAN KEBUTUHAN UDARA LUAR MEROKOK TIDAK MEROKOK Rumah Tinggal a. Ruang duduk (m³/min)/kamar 0,30 b. Ruang tidur (m³/min)/kamar 0,75 0,30 c. Dapur (m³/min)/kamar 0,75 3,00 d. Toilet (m³/min)/kamar 0,30 1,50 e. Garasi (Rumah) (m³/min)/mobil - 3,00 f. Garasi bersama (m³/min)/m² 1,50 0,45 Sumber : SNI 03-6572-2011 (2011) Perhitungan kebutuhan aliran udara untuk mencapai kenyamanan termal di dalam ruangan,



dihitung menggunakan rumus yang disusun Macfarlain dalam Aynsley (1977) atau menggunakan grafik pada gambar 3. Grafik tersebut merupakan ilustrasi dari rumus 2 yang menunjukkan kebutuhan aliran udara dalam ruang, berdasarkan suhu udara dan kelembapan tertentu. Grafik tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan kecepatan angin berbeda-beda dan berbanding lurus dengan peningkatan suhu udara dan kelembapan di dalam ruangan (Aynsley, 1977).
 $WSC = 0.15 (DBT - 27.2 + 0.56 ((RH - 60)/10))$ Rumus 2 dimana : WSC = kecepatan angin yang dibutuhkan di dalam ruang, m /detik DBT= dry bulb temperature , oC RH= relative humidity, % 2591689175084 Gambar 3. Grafik kecepatan angin di dalam ruang untuk mencapai kenyamanan termal (Sumber: Aynsley, 1977) Suhu (DBT) dan kelembapan udara (RH) di dalam ruangan, didapatkan dari kondisi eksisting yang dicatat menggunakan sensor. Kemudian dihitung menggunakan rumus 2 untuk mendapatkan kecepatan angin (WSC) yang disyaratkan agar ruangan menjadi nyaman. Nilai WSC di rumus 2 ini adalah sama dengan nilai V pada rumus 1. Karena nilai V dan Q sudah ada, maka bisa dihitung luasan ventilasi (A) menggunakan rumus 1. Desain Rangkaian Kerja Atap Kinetik Berdasarkan Sensor Suhu dan Kelembapan Tahap selanjutnya adalah analisa untuk merangkai data suhu dan kelembapan di dalam ruang, untuk



menggerakkan besaran lubang ventilasi outlet yang berada di atap. Karena kondisi suhu dan kelembapan di dalam ruangan selalu berubah, maka kebutuhan aliran udara juga berubah, ini berpengaruh pula pada besaran lubang ventilasi di atap. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah sistem yang dapat merangkai secara otomatis, sehingga penghuni dapat tetap merasa nyaman di dalam ruangan. Penelitian oleh Sari & Andoni (2019) tentang self-kinetic jalusi menunjukkan peranan desain arsitektur dalam merespon iklim dengan menggunakan aliran udara. Konsep self kinetic jalusi ini berupa jalusi adaptif yang merupakan kombinasi penerapan dari konsep respon iklim dan adaptasi dalam arsitektur. Jalusi adaptif ini memperbaiki kualitas ventilasi alami dengan menjaga kelajuan angin agar stabil, dengan bergerak kinetis menutup ketika terjadi laju angin yang kencang dan membuka kembali pada situasi yang normal. Penelitian lain oleh Nurjannah & Alfata (2020) tentang prototip perangkat peneduh otomatis pada jendela. Penelitian ini menjelaskan eksperimennya secara detil, agar pengembangan sistem mekanis dan kontrol, dapat bekerja dengan sinkron dan baik. 18199101707046 Bagan 2 menunjukkan rangkaian kerja sistem yang direncanakan pada bangunan, dengan menggunakan Arduino UNO sebagai alat yang dapat mengukur sensor suhu dan kelembapan dalam ruangan (Suryono,



2018). Sensor suhu dan kelembaban yang digunakan adalah DHT11, selanjutnya dengan menggunakan software Arduino IDE untuk memasukkan perhitungan berdasarkan rumus 2 dan rumus 1. Cara kerjanya, setelah input kedua data diterima dan kemudian disimulasikan oleh Arduino berdasarkan rumus yang diberikan, maka outputnya berupa perintah pada servo agar melakukan rotasi. Rotasi baling-baling inilah yang dihubungkan pada atap kinetik, sehingga besaran rotasi tersebut tergantung pada seberapa besar kebutuhan memasukkan aliran udara (gambar 4) . Bagan 2. Rangkaian kerja atap kinetik berdasar sensor suhu dan kelembapan ruang (Sumber : analisa penulis) Gambar 4. Rangkaian Arduino dan Servo (Sumber : dokumen penulis) Desain rangkaian kerja yang disusun dalam penelitian ini berdasarkan sistem kontrol otomatis, agar penghuni tidak perlu mengontrol secara manual. Menurut Rachman, T. (2016) dalam (Friadi & Junadhi, 2019) menjelaskan bahwa sistem kontrol adalah sistem pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa variable atau parameter sehingga berada pada suatu nilai atau range tertentu. Penelitian serupa dilakukan oleh Friadi & Junadhi (2019) tentang sistem kontrol intensitas cahaya, suhu dan kelembaban udara, menggunakan DHT11 sebagai sensor gabungan besaran suhu dan kelembaban relatif. Sensor suhu dan kelembaban DHT11 memiliki tegangan



masukan : 5 Vdc, dengan rentang temperatur :0-50 C kesalahan 2 C dan kelembapan : 20-90% RH 5% RH error. 2381885221000 Gambar 5. Contoh DHT11 (Sumber: Friadi & Junadhi, 2019) Desain Ventilasi Atap Kinetik Setelah menentukan sistem rangkaian kerja yang menghubungkan sensor suhu dan kelembapan udara eksisting, perhitungan kebutuhan aliran udara dan motor penggerak, maka perlu dipelajari tentang desain ventilasi pada atap, agar sistem yang direncanakan dapat bekerja maksimal. Tahap pertama adalah penentuan posisi ventilasi pada atap dan peranan ventilasi tersebut sebagai inlet atau outlet. Adanya lubang ventilasi pada atap, menyebabkan terjadinya efek venturi, yang menyedot udara dari bawah naik ke atas atap (Lechner, 2015). Desain ini dapat mengoptimalkan aliran udara, namun rawan terjadi zona mati jika ruangan di lantai bawah cukup lebar tanpa lubang ventilasi keluar (Gambar 6). Gambar 6. Ventilasi atap menyebabkan efek venturi (sumber: Lechner, 2015) 18059391625385 Pada gambar 7 menunjukkan dua model ventilasi pada atap, dengan posisi yang sama namun sudut kemiringan kisi-kisi ventilasi berbeda. Pada kemiringan kisi yang terjal, lubang ventilasi atap berperan sebagai outlet pada kedua sisi bangunan. Sedangkan pada kemiringan kisi yang landai, maka lubang ventilasi menjadi inlet (sesuai arah datang angin) dan di sisi bangunan



yang berbeda, lubang ventilasi menjadi outlet. Pada gambar kedua ini, luas bukaan outlet harus lebih besar daripada luar inlet agar kecepatan angin dalam ruangan semakin besar (Rumus 1, Tabel 1). 4179973217025 Gambar 7. Ventilasi pada atap, bisa berperan sebagai inlet atau outlet (Lechner, 2015) Detil pada lubang ventilasi sangat menentukan keberadaan aliran udara di dalam bangunan. Gambar 8 menunjukkan perbedaan detil pada ventilasi, pada gambar di kanan, walaupun ventilasi menghadap arah datangnya angin, namun detil ventilasi membuat zona tersebut bertekanan negatif, sehingga angin tidak bisa masuk ke dalam bangunan (Passe & Battaglia, 2015). 2228026171606 Gambar 8. Detil ventilasi menentukan arah aliran udara (Sumber: Passe & Battaglia, 2015) Karena desain ventilasi ini harus dibuat fleksibel dan mudah dalam operasional, maka diperlukan detail desain ventilasi yang ringan, sederhana dan cukup mudah digerakkan oleh motor servo. Berikut adalah contoh-contoh penerapan detail ventilasi pada fasad bangunan yang digerakkan oleh motor, namun masih diperlukan penelitian lebih lanjut dengan mencoba sistem tersebut mampu dikendalikan oleh servo atau tidak. 21071445359683818326171188 Gambar 9. Detail ventilasi dengan motor penggerak (Sumber: Lechner, 2015) Kesimpulan Desain atap kinetik merupakan salah satu penerapan desain pasif pada



bangunan, sebagai adaptasi bangunan terhadap iklim. Penggunaan desain atap kinetik dengan dikendalikan sensor otomatis, memungkinkan penghuni merasakan kenyamanan termal di dalam bangunan dengan biaya operasional rendah. Penerapan ventilasi silang pada rumah tinggal tipe kecil lebih efektif dengan mengoptimalkan keberadaan ventilasi di atap, dengan penentuan yang peranan ventilasi tersebut sebagai inlet atau outlet. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang perhitungan aliran udara di dalam ruang dan besarnya rotasi servo untuk menggerakkan bidang ventilasi pada atap. Dalam penelitian lanjutan tersebut diperlukan eksperimen pada rangkaian Arduino serta simulasi digital tentang kenyamanan termal di dalam bangunan. DAFTAR REFERENSI: Alfata, M. N. (2011). STUDI KENYAMANAN TERMAL ADAPTIF RUMAH TINGGAL DI KOTA MALANG, Studi Kasus : Perumahan Sawojajar 1- Kota Malang. Jurnal Permukiman, 6(1), 9 17. Amri, S. B., & Syukur, L. O. A. (2017). Analisis Aliran Angin Pada Atap Miring Melalui Uji Simulasi Flow Design. Langkau Betang: Jurnal Arsitektur, 4(2), 136. <https://doi.org/10.26418/lantang.v4i2.23252> Aynsley, R. M. (1977). Architectural Aerodynamics. Applied Science Publishers. Bainbridge, D., & Haggard, K. (2012). Passive solar architecture: heating, cooling, ventilation, daylighting and more using natural flows.

13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 In Choice Reviews Online (Vol. 13 49, Issue 05). Chelsea Green Publishing. <https://doi.org/10.5860/choice.49-2689> Friadi, R., & Junadhi, J. (2019). 7 Sistem Kontrol Intensitas Cahaya, Suhu dan Kelembaban Udara Pada Greenhouse Berbasis Raspberry Pi. Journal of Technopreneurship and Information System (JTIS), 2(1), 30 37. <https://doi.org>



/10.36085/jtis.v2i1.217 Koerniawan, M. D., Aziiz, A. D., Ardiani, N. A., & Suhendri, S. (2020). Kenyamanan Termal Pekerja di Iklim Tropis-Lembap Indonesia (Issue August). ITB Press. Lechner, N. (2015). Heating, Cooling, Lighting, Sustainable Methods for Architects. John Wiley & Sons, Inc. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf> Nugraha, D. (2018). Efektivitas Ventilasi Rumah Lingkungan Padat Di Perumnas Depok Timur. 01(01), 27-31. Nurjannah, A., & Alfata, M. N. F. (2020). Prototype of automated shading device: preliminary development. *Engineering Journal*, 24(4), 229-238. <https://doi.org/10.4186/ej.2020.24.4.229> Passe, U., & Battaglia, F. (2015). Designing Spaces for Natural Ventilation. In *Designing Spaces for Natural Ventilation*. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9780203583470> Sari, W. E., & Andoni, H. (2019). Self-Kinetic Jalousie Sebagai Penerapan Teknologi Climate Responsive-Adaptable Architecture. *Modul*, 19(2), 119. <https://doi.org/10.14710/mdl.19.2.2019.131-138> Satwiko, P. (2004). **2 3** Solar-Wind Generated Roof Ventilation System (SiVATAS) for a Warm-Humid Climate. *International Journal of Ventilation*, 3(3), 209-218. <https://doi.org/10.1080/14733315.2004.11683915> Satwiko, P. (2008). FISIKA BANGUNAN. Penerbit Andi. <http://e-journal.uajy.ac.id/10816/SNI-03-6572-2011>. (2011). **5 6** Tentang Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung (pp. 1-55). <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132100514/pendidikan/perencanaan-pendingin.pdf> Sugini. (2014). Kenyamanan Termal Ruang, Konsep dan Penerapan pada Desain. *Graha Ilmu*. Suryono. (2018). Teknologi Sensor, konsep Fisis dan Teknik Akuisisi Data Berbasis Mikrokontroler. Undip Press. **4**



Yao, R., Li, B. **1 4**, & Liu, J. (2009). **1 4 8 9 10 11 12** A theoretical adaptive model of thermal comfort - Adaptive Predicted Mean Vote (aPMV). **1** Building and Environment, 44(10), 2089-2096. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.02.014>

Yeny, A., & Hidayat, M. S. (2019). KAJIAN PENGGUNAAN VENTILASI ALAMI TERHADAP KENYAMANAN TERMAL RUANG KELAS (Studi Kasus : Sdn Pondok Jagung 1 Tangerang Selatan). Vitruvian, 8(3), 141. <https://doi.org/10.22441/vitruvian.2019.v8i3.005>



Sources

PLAGIARISM 2.18%

1	link.springer.com	0.6%		2	e-journal.uajy.ac.id	0.53%	
3	e-journal.uajy.ac.id	0.53%		4	cyberleninka.org	0.48%	
5	jurnalsaintek.uinsb..	0.41%		6	infrabangunantr.b...	0.41%	
7	garuda.ristekbrin.g..	0.39%		8	centaur.reading.ac..	0.34%	
9	idp.springer.com	0.34%		10	civil.cqu.edu.cn	0.34%	
11	www.researchgate..	0.34%		12	users.encs.concord..	0.34%	
13	www.biorxiv.org	0.18%		14	#10928390	0.12%	
15	#10837500	0.12%		16	#10883106	0.12%	
17	jurnal.polgan.ac.id	0.12%		18	#10883012	0.12%	
19	#10843304	0.12%		20	#10904014	0.12%	
21	#10973922	0.12%		22	#10973724	0.12%	
23	#10973952	0.12%		24	#10973974	0.12%	
25	#10023984	0.12%					