

Efektivitas Strategi Hybrid pada Hunian di Lingkungan Perumahan Perkotaan Padat Jakarta

Tatyana Kusumo
University of Edinburgh

Abstract

Penggunaan pendingin ruangan (AC) di iklim tropis hari ini merupakan hal yang tidak dapat dihindari dan memiliki implikasi yang besar pada penggunaan energi. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pentingnya strategi desain pasif untuk memperbaiki praktik perumahan urban di Jakarta saat ini. Hibrida antara pendekatan kontemporer dan vernakular diajukan sebagai solusi untuk menjawab kompleksitas dari kehidupan urban Jakarta. Penelitian ini menunjukkan fakta tentang konteks iklim dan pendekatan tradisional yang ada, serta analisis dari studi kasus rumah hibrida. Selain itu, pentingnya pendekatan pasif dan penggunaan pendingin ruangan yang efisien di perumahan urban Jakarta turut di lampirkan. Penelitian ini mengulas implikasi dari penyediaan kenyamanan dan konservasi energi dari penggunaan dari pendingin ruangan dan disimpulkan sebagai rekomendasi strategi desain, kemudian di lakukan uji coba prototipe dengan menggunakan simulasi software IES Virtual Environment. Hasil simulasi antara rumah tipikal, rumah hibrida dan prototype lalu dibandingkan. Berdasarkan simulasi, terdapat tiga parameter yang cukup signifikan dalam meningkatkan pengadaan kenyamanan dan efisiensi pendingin udara yang patut untuk di pertimbangkan sebagai strategi desain dalam mengakomodasi gaya hidup urban di perumahan Jakarta.

As mechanical cooling is inevitable in modern tropical living and has a large impact on energy conservation, this work aims to investigate the significance of passive design strategies to improve the current practice of urban housing in Jakarta. The hybrid between contemporary and vernacular approaches has been proposed as a solution of addressing the complexity of urban living in Jakarta. It presents the fact of the climate context and traditional approaches and an analysis of a hybridize house case study. Additionally, the importance of passive approaches and efficient mechanical cooling systems in urban neighborhood of Jakarta are presented. It reviews the implication on the provisions of comfort and energy conservation of air-conditioning that are summarized as design strategies, which are recommended to be tested as the prototype model using IES VE software. The results are then compared across the typical house, hybrid house and the prototype. Based on the simulation, there are three parameters which are significant to improve the comfort provisions and increase air-conditioning efficiency. These parameters should be considered on housing strategies to accommodate a hybrid lifestyle of living in Jakarta towards sustainable development. In addition to these three parameters, other ambiguous parameters that might have the potentials to initiate further research are explored in order to increase the comfort range percentage.

Keywords : Passive Design, Thermal Comfort, Tropical Architecture, Urban Residential, IES VE

Pendahuluan

Kawasan perluasan metropolitan Jakarta (JABODETABEK) merupakan pasar perumahan urban terbesar di Indonesia dan salah satu pasar properti dengan pertumbuhan paling cepat di dunia¹. Permintaan akan perumahan menyebabkan kota Jakarta memperluas kelilingnya ke daerah seperti Bogor, dan Bekasi² dengan berjalannya ratusan proyek perumahan skala kecil

dengan populasi yang padat, mixed-income, mixed-use districts and the large number of urban residents³. Hal tersebut mempengaruhi pilihan akan rumah tipikal yang terbatas (seperti tanah, orientasi, dan lingkungan sekitar). Sehingga berdampak pada penggunaan iklim mikro buatan seperti Air-Conditioner yang secara global telah menjadi solusi instan karena sejak awal, fokus perancangan (baik perkotaan, perumahan) lebih

bertujuan pada pengadaan rumah dan infra-struktur. Berbeda halnya dengan suasana atau lingkungan yang nyaman secara termal. Karena pengadaan Air-Conditioner telah dilihat sebagai gambaran dari kemodernan dan telah mengubah standar termal sebagai "thermal modernity"⁴. Akibat dari permintaan listrik yang berlebihan, wacana mengenai arsitektur dengan energi terbarukan dan hemat energi mengarah pada membuat area dengan AC menjadi lebih efisien dengan pendekatan climate responsive design⁵. Sehingga this contemporary of urban living memiliki dampak yang besar bagi lingkungan, climate change dan menipisnysumber daya alam.

Secara iklim, Jakarta memiliki kondisi diluar zona nyaman hamper sepanjang waktu, namun harus di sadari bahwa temperature diatas 30°C dapat dikatakan nyaman apabila penghuni menggunakan kipas angin⁶. Jakarta merupakadataran rendah yang terletak di 6°10'48"S, 106°49'48"E area akuator dengan iklim panas-lembab. Memiliki kelembaban tinggi antara 80%-90% dengan dua musim dalam setahun, musim kering dan musim hujan. Temperatur rata-rata berada pada rentang 27.2°C hingga maksimum rata-rata 33.3°C. Sedangkan untuk temperature netral untuk kenyamanan termal adalah 26.66°C⁷ hingga 28.5°C^{8,9,10,11}. Satu-satunya kemungkinan untuk menciptakan efek dingin adalah dengan meningkatkan ventilasi alami. Pergerakan angin mampu meningkatkan kondisi nyaman dengan menurunkan temperatur yang diterima 2°C atau lebih dengan kecepatan angina untuk kenyamanan hingga 2m/s. Hal ini dapat dicapai sebagai contoh dengan mengaplikasikan ventilasi silang yang mampu menurunkan temperature yang diterima hingga 1-2°C lebih dingin atau dengan penggunaan kipas angin *ceiling* sehingga tempera-

ture yang dirasakan lebih dingin hingga 6°C¹²..

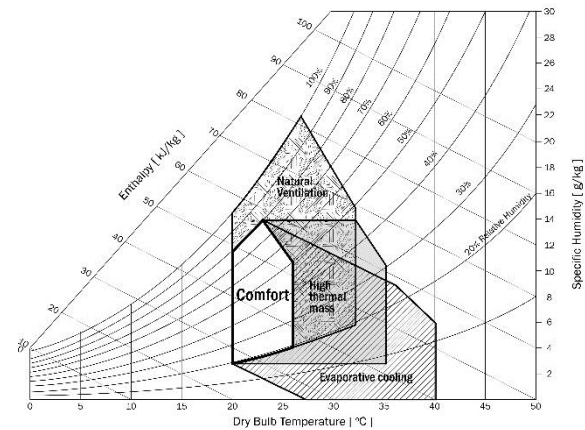


Figure 1 Grafik Psikometrik Kenyamanan oleh Givony (UN-Habitat 2014)

Sebaliknya, arsitektur tradisional di Indonesia mampu menyediakan lingkungan dalam ruangan yang nyaman¹³ dengan bersikap sensitif terhadap iklim dan pendekatan keberlanjutan sebagai solusi, sebagaimana hal ini merupakan proses *trial and error* untuk memenuhi kebutuhan akan pencahayaan yang nyaman¹⁴. Karena harus dipahami bahwa iklim tropis masih berada dalam rentang kenyamanan manusia dan sangat berpotensi untuk menciptakan bangunan yang tidak bersandar pada teknologi untuk menciptakan kenyamanan bagi penghuninya¹⁵. Sebagai tambahan, keberhasilan dari arsitektur tradisional tidak dapat dipisahkan dengan adanya penyediaan kondisi termal yang berbeda-beda.

Adanya kemungkinan lingkungan termal yang berbeda-beda mampu memberikan kenyamanan dengan menciptakan kesempatan adaptif dengan kualitas ruang yang berbeda. Karena setiap orang memiliki pengalaman termal yang berbeda dengan kondisi lingkungan luar yang berbeda pula dan adaptasi perilaku merupakan hal potensial mengenai bagaimana orang yang berbeda dalam mencapai kenyamanan termal mereka¹⁶

Dengan melihat hal-hal tersebut sebagai fenomena dan potensial, riset ini bertujuan untuk mencari pendekatan hibrida antara *passive design* dan adaptasi penggunaan teknologi

Korespondensi: Tatyana Kusumo
Afiliasi : University of Edinburgh
E-mail : tatyanakusumo@yahoo.fr
Donor : Chevening Scholarship
University of Edinburgh

yang efisien untuk meminimalisir dampak negatif yang tak terhidarkan dari gaya hidup modern di iklim tropis Jakarta

Metodologi

Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi iklim tropis perkotaan Jakarta dan rentang kenyamanan termal yang akan dijadikan parameter desain dan penilaian. Setelah itu, strategi desain pasif arsitektur tradisional dianalisa sebagai parameter dasar konfigurasi desain tropis yang telah diteliti pada penelitian sebelumnya. Dengan tujuan untuk memperbaiki perumahan perkotaan kontemporer, maka karakteristik dan tantangannya akan dianalisa terlebih dahulu. Selanjutnya, untuk memahami pendekatan hibrida, ada empat studi kasus yang akan diteliti melalui pendekatan perancangan. Kemudian dikombinasikan dengan studi pustaka untuk menyelesaikan strategi perancangan yang akan digunakan untuk simulasi prototipe yang diterapkan pada kasus rumah tropis perkotaan yang dipilih. Simulasi menggunakan perangkat lunak IES VE dengan menganalisa beberapa aspek yang mempengaruhi kenyamanan. Ada parameter yang tidak mungkin diuji dengan perangkat lunak, oleh karena itu parameter ini tetap ambigu dan berpotensi untuk diuji dengan metode lain. Lalu hasilnya merupakan perbandingan antara rumah tipikal yang akan dijadikan dasar prototipe, studi kasus yang dipilih, dan model prototipe terhadap kinerja bangunan.

Studi Kasus Rumah Hibrid dan Parameter Desain Pasif

Studi Kasus

Berdasarkan penelitian sebelumnya, strategi perancangan dibuat berdasarkan studi kasus (1. Rumah Kampung oleh Avianti dan Terry Armand, 2. Rumah Tangkuban Perahu oleh Adi Purnomo, 3. Rumah Kayu oleh Yusing dan Kristophorus, dan 4. Wisnu House oleh Djuhara + Djuhara) dan review literatur. Pemilihan studi kasus didasarkan pada kesadaran arsitek terhadap hibriditas antara iklim modern dan iklim tropis Jakarta untuk

menghemat energi (Lampiran 1) dengan pendekatan yang berbeda untuk mencapai kenyamanan di daerah perkotaan tropis dengan keterbatasan penggunaan pendinginan mekanik, dan beberapa tanpa pemasangan AC.

Parameter Desain Pasif

Studi literatur mengenai desain pasif merupakan penelitian terpisah¹⁷ dengan fokus pada parameter di bawah ini (1. Rasio luas lantai (*Floor Area Ratio*), 2. Massa dan Zona bangunan, 3. Konstruksi atap, 4. *Window-to-Wall Ratio*, 5. Perangkat teritisan, 6. Lansekap dan 7. Sistem pendingin udara) pada konteks iklim tropis dalam menjaga kenyamanan termal serta penggunaan teknologi yang efisien.

Strategi Desain

Kategori terpilih difokuskan pada pendekatan pasif yang signifikan dalam arsitektur tradisional untuk merespons iklim tropis. Selanjutnya, studi kasus rumah hibrida dianalisa untuk menemukan pendekatan desain iklim dengan konteks tropis perkotaan dalam tantangan dan strategi perumahan kontemporer. Oleh karena itu, ada beberapa aspek yang dianggap sebagai faktor utama dalam mempengaruhi desain pendekatan iklim di perumahan perkotaan Jakarta, yaitu: 1. Rasio Luas Lantai (*Floor Area Ratio*), 2. Massa dan Zoning Bangunan, 3. Konstruksi Atap, 4. *Window-to-Wall Ratio*, 5. Perangkat teritisan (*Shading Device*), 6. Lansekap, dan 7. Sistem pendingin ruangan. Strategi yang dipilih dipelajari untuk memaksimalkan potensi iklim tropis perkotaan Jakarta sehingga mempengaruhi dalam penggunaan pendinginan mekanis yang lebih rendah. Di bawah ini, studi kasus sebagai bangunan hibrida yang mewakili praktik bangunan tradisional dan kontemporer dianalisis berdasarkan aspek yang dipilih (Lampiran 3) dan akan diuji di bawah ini sebagai prototipe.

1. Sampel Rumah Tipikal



Figure 2 Rumah Tipikal - IES modelling

Sampel rumah yang diambil didasarkan pada kriteria lingkungan penelitian sebelumnya. Bangunannya menghadap Utara-Selatan dan berada di Jakarta Barat dengan luas area 184m². Cakupan lantai dasar adalah 127m² (70%) dan rasio luas area 1. Tidak ada zonasi yang jelas antara area pribadi dan area umum yang dapat dilihat dari zona kamar tidur. Letaknya berada terpisah di area depan dan belakang sehingga penggunaan lantai dasar maksimum. Atapnya berbentuk pelana yang meliputi rasio teritisan 0,3.

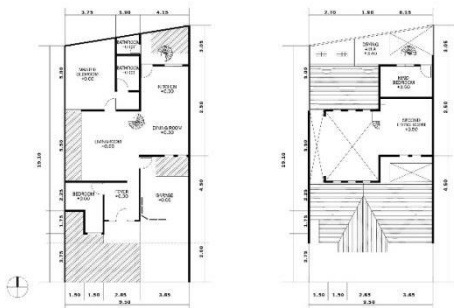


Figure 3 Rumah Tipikal – Denah

Material	U-value (W/m ² K)	Width (mm)	Density (kg/m ³)	Conductivity (W/mK)	Specific heat (J/kg K)
Roof					
Clay roof	1.915				
Clay tile		10	1922	0.69	590
Cavity		30	-	-	-
Gypsum ceiling		9	950	0.16	840
Floor					
Ground floor	0.5				
Ceramic tile		10	2390	1.5	730
Concrete screed		20	2000	0.753	656.9
Soil		.500	1300	0.837	1046
First floor	3.9				
Ceramic tile		9	2390	1.5	730
Concrete screed		20	2000	0.753	656.9
Reinforced concrete		150	2300	2.3	1000
Cavity		150			
Gypsum ceiling		9	950	0.160	840
Wall					
	1.58				
Plaster		10	1250	0.431	1088
Lightweight brick		110	950	0.2700	840
plaster		10	1250	0.431	1088
Glazing					
Clear glass 6mm	3.6	6	-	0.62	

Figure 4 Rumah Tipikal – Spesifikasi Material

2. Simulasi Prototipe

2.1 Rasio Luas Lantai (Floor Area Ratio) dan Massa dan Zona bangunan

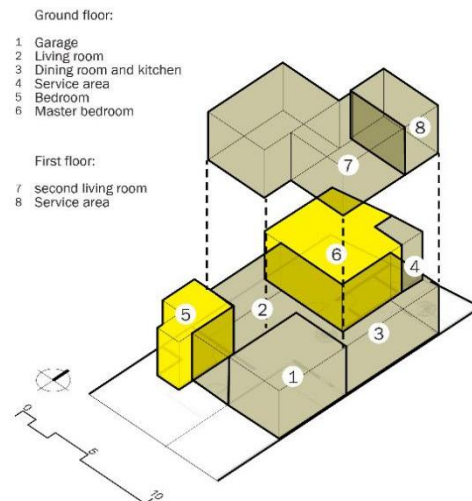


Figure 5 Prototipe – Rasio Luas Lantai & Massa dan Zona Bangunan

Zonasi yang diusulkan ditujukan untuk zona publik dan privat dengan memfokuskan area privat (seperti Kamar tidur) di lantai pertama dan area publik

di lantai dasar. Karena rasio area lantai tidak maksimum, maka kamar tidur ditambahkan sebagai kebutuhan kamar tidur di perumahan perkotaan. Selanjutnya, dengan mengelompokkan ruang terbuka dan tertutup secara horizontal untuk memaksimalkan ruang tanpa partisi untuk mengakomodasi aliran udara dan penerangan. Halaman ini menggunakan celah bangunan atau terowongan udara 600mm - 1200mm untuk memberikan eksposur angin dari area depan rumah.

Changing variable		Maximum Temperature (°C)	% of hours Temperature < 28.5 °C	Wind velocity (m/s)
Floor area ratio	Ground floor:			
	1. Garage	32.62	67.4	0 - 0.35
1.2	2. Living room	33.36	65.6	0.35-1.06
	3. Dining room and kitchen	33.36	53.9	0.35 -1.22
Ground floor coverage	4. Service area	32.23	66.6	0-0.35
	5. Service area 2	32.23	52.3	0-0.35
54%				
Landscape %	First floor:			
	6. Bedroom 1	35.14	60.9	0-0.35
46%	7. Bedroom 2	33.66	41.1	0-0.35
	8. Living room	-	-	0-1.06
	9. Master bedroom	35.23	-	0-0.35
	10. Master bathroom	35.23	-	0-0.35
	Roof:			
		49.54		

Figure 6 Prototipe – Hasil Rasio Luas Lantai & Massa dan Zona Bangunan

Konfigurasi massa dan zonasi bangunan dimaksudkan untuk mencapai aliran udara yang lebih maksimal dan suhu yang lebih rendah. Oleh karena itu, perubahan variabel bangunan massa diuji untuk memeriksa suhu dan aliran udara di dalam ruang. Hasil di atas menunjukkan persentase jam pada kisaran suhu udara di bawah 28,5°C adalah 53,3% dengan kecepatan angin rata-rata di lantai dasar 0,71% dan 0,35% di lantai satu.

2.2 Konstruksi Atap

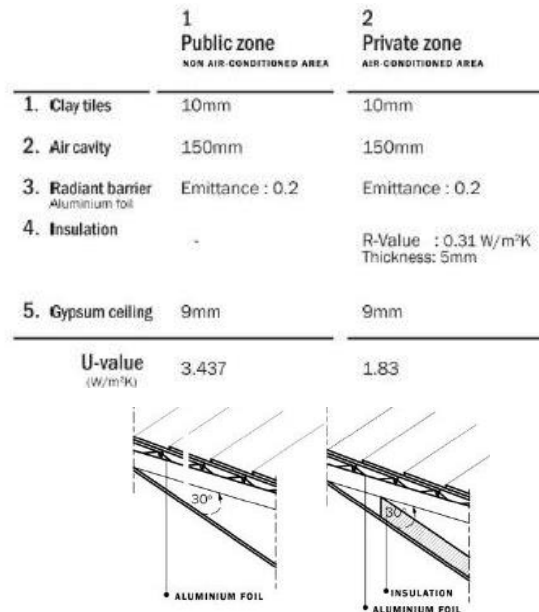


Figure 7 Prototipe – Konstruksi Atap

Sudut atap eksisting adalah 20° dengan bahan baku dan konstruksi pada gambar 4. Sistem 'atap sejuk' atau *cool roof* diusulkan dengan menggunakan nilai albedo 0,6 pada permukaan luar untuk memantulkan radiasi matahari. Kemudian, konstruksi material yang diusulkan adalah penambahan penghalang dan insulasi radiasi untuk meningkatkan kinerja atap (detail sifat material di bawah) dengan sudut atap 30° sebagai kemiringan yang efisien terhadap aliran udara dan penyerapan panas. Karena tidak ada parameter pantulan matahari (albedo) pada IES, nilai albedo disubstitusi dengan *absorptance solar* 0.4 karena nilai reflektansi matahari yang direkomendasikan adalah 0,6. Selanjutnya, bahan dan konstruksi yang diusulkan diterapkan. Ada penambahan aluminium foil sebagai penghalang bercahaya dengan emiten 0,2. Di daerah ber-AC seperti kamar tidur, insulasi ditambahkan untuk meminimalisir penyerapan panas. Hasilnya menunjukkan bahwa suhu rata-rata di bawah 28,5°C adalah 52% dengan suhu atap puncak 40,83°C.

Existing variable	Rooms	Maximum Temperature (°C)	% of hours Temperature < 28.5 °C
Roof albedo value	Ground floor:		
	1.Garage	32.87	39.1
	2.Living room	33.29	64.3
0.6	3.Dining room and kitchen	33.29	64.3
	4. Service area	32.42	50.2
Radiant barrier	5.Service area 2	32.42	50.2
	0.2		
Landscape %	First floor:		
	6.Bedroom 1	33.45	37.3
	7.Bedroom 2	33.38	48.1
19.5%	8.Living room	33.01	60.8
	9.Master bedroom	33.56	44.7
inclination	10.Master bathroom	33.39	44.5
	30°		
	Roof:	40.83	

Figure 8 Prototype – Hasil Konstruksi Atap

2.3 Window-to-Wall Ratio (WWR)

Penyesuaian ini bertujuan untuk mencapai pencahayaan yang lebih baik dan kecepatan angin dalam ruangan. WWR dari skema yang ada adalah antara 0-14% dengan rata-rata 4,46%. WWR yang diusulkan di tempat umum dan publik adalah 11% dan 42% untuk mencapai penerangan yang memadai. Namun di kamar mandi, WWR kurang dari 6% karena tingginya privasi. WWR yang diusulkan untuk mencapai *Average Daylight Factor* sebesar 1,3% dan kecepatan angin rata-rata 0,77 m/s dan 0-0,56 m/s di lantai dasar dan di lantai pertama.

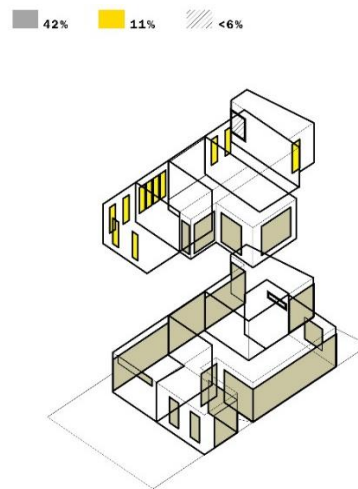


Figure 9 Prototype – WWR

Changing variable	Rooms	WWR (%)	Daylight Factor (DF)	Wind velocity (m/s)
Ground floor:				0.77
1.Garage			0.34	0.56
2.Living room		42	1.91	0.84
3.Dining room and kitchen			0.69	0.84
4.Bathroom		6*	0.02	0 - 0.56
5. Service area		42	0.46	0 - 0.56
6.Service area 2			0.77	0 - 0.28
First floor:				0-0.56
7.Bedroom 1		11	1.88	0 - 0.56
8.Bedroom 2		11	1.03	0.56
9.Living room		42	3.20	0.84
10. Master bedroom		11	1.37	0.56
11.Master bathroom		3.8*	0.48	0.56

* High privacy and low occupancy

Figure 10 Prototype – Hasil WWR

Rasio teritisan sampel rumah tipikal adalah 0,3 yang mengelilingi dinding. Karena kepadatan lingkungan perkotaan yang tinggi, rumah sering memiliki lebih sedikit paparan sinar matahari karena naungan bangunan tetangga, oleh karena itu, prioritas teritisan di lantai dasar adalah perlindungan dari hujan, dan di lantai pertama adalah perlindungan dari radiasi matahari. Selain itu, konfigurasi massa dan lahan petak kecil perlu mempertimbangkan kemungkinan dan efektivitas rasio naungan yang membuat naungan dari Selatan, Timur dan Barat memiliki rasio yang kurang dari pada sisi Utara yang memungkinkan untuk mencapai rasio rekomendasi maksimum. Oleh karena

itu, rasio naungan yang diusulkan pada fasad Utara adalah 1; Selatan tidak ada karena menempel pada dinding tetangga, sisi Barat dan Timur menggunakan rasio yang ada 0,3 karena juga ditutup dengan dinding tetangga. Berdasarkan simulasi, penyesuaian pada rasio shading hanya menaikkan kisaran suhu yang diinginkan sebesar 0,4% yang terjadi pada lantai atas.

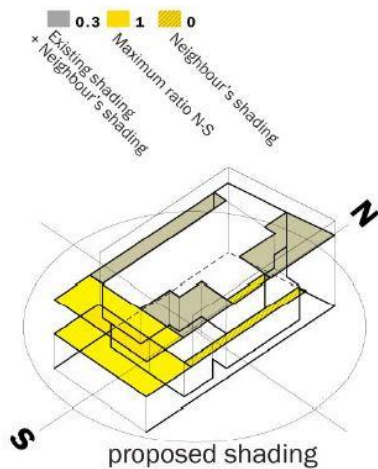


Figure 11 Prototype - Rasio Tritisan

Changing variable	% of hours
Rooms	Temperature < 28.5 °C
Ground floor:	
1.Garage	66.2
2.Living room	67.1
3.Dining room and kitchen	67
4. Service area	66.6
5.Service area 2	66
First floor:	
6.Bedroom 1	46.2
7.Bedroom 2	43.2
8.Living room	61.3
9. Master bedroom	54.5
10.Master bathroom	58.6

Figure 12 Prototype - Hasil Rasio Tritisan

2.5 Lansekap

Berdasarkan usulan massa dan zonasi, penyediaan lansekap berdasarkan skema yang di-

usulkan telah mencapai 26,3% yang lebih tinggi dari pada rekomendasi lanskap minimum (19,5%). Nilai albedo tinggi untuk lapisan lanskap diusulkan dengan kombinasi penanaman rumput dan pohon untuk meminimalisasi panas dan radiasi matahari yang diterima. Dalam simulasi, ada batasan untuk memodelkan angin dan albedo dari lapisan lanskap dan pepohonan. Masukan *groundcover* adalah dengan menetapkan nilai *absorbans* sebesar 0,75 dan *R-value* 0,015 W/m²K sebagai sifat rumput. Strategi ini menunjukkan peningkatan kisaran suhu di bawah 28,5°C hanya 0,1%.

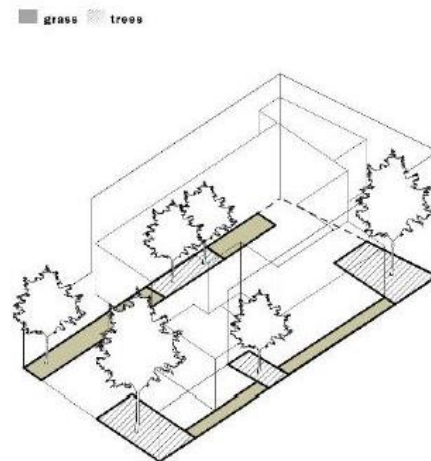


Figure 13 Prototype - Lanskap

Changing variable	% of hours	Relative Humidity (%)
Rooms	Temperature < 28.5 °C	
Ground floor:		
Landscape %	1.Garage	66.2
	2.Living room	67
	3.Dining room and kitchen	67
Ground cover	4. Service area	66.6
	5.Service area 2	66.1
Grass & trees	2	
	First floor:	
Albedo emittance	6.Bedroom 1	46.2
	7.Bedroom 2	43.2
	8.Living room	61.3
	9. Master bedroom	54.5
	10.Master bathroom	58.7
0.15		13
		12.5
		12.5
		12.2
		12
		19.4
		22.2
		13.2
		15.5
		14

Figure 14 Prototype - Hasil Lanskap

2.3 Sistem Pendinginan Buatan (AC)

Sistem yang diusulkan adalah meminimalkan konsumsi AC secara efisien dikarenakan besarnya kontribusi pada kebutuhan listrik. Parameter ini digunakan sebagai alat yang tak terelakkan untuk mencapai pendinginan. Oleh karena itu, setelah pengujian sebelumnya yang juga cenderung meminimalisasi *heat gain*, sistem AC menjadi parameter penutup untuk menguji kemungkinan pengurangan konsumsi energi. AC yang diusulkan hanya diterapkan di area kamar tidur yang, dalam studi kasus ini, terdiri dari dua kamar tidur dan satu kamar tidur utama dengan total 55,8m². Selanjutnya, termostat terendah ditetapkan pada suhu minimum 25°C dengan konsumsi 7 jam dari jam 10 malam sampai jam 5 pagi. Alhasil, konsumsi listrik adalah 0,32 kWh/m².

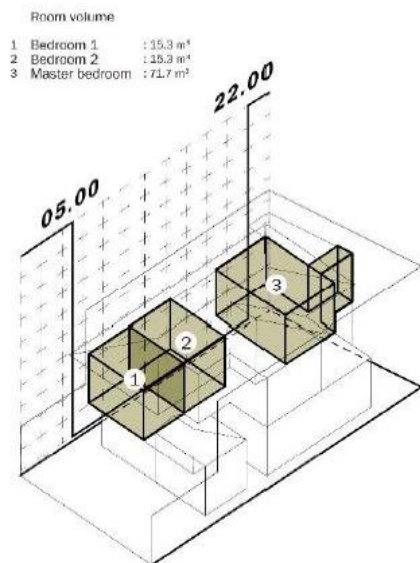


Figure 15 Prototipe - Sistem Pendingin Udara

Changing variable	% of hours Temperature < 28,5 °C	Annual Electricity (MWh)
AC location	Rooms	
	First floor:	
	1. Bedroom 1	1.69
	2. Bedroom 2	1.55
bedrooms	3. Master bedroom	3.3326
Occupancy		
7 hours		
Total energy consumption		6.56 MWh

Figure 16 Prototipe - Hasil Sistem Pendingin Udara

Analisa dan Hasil

Hasil studi kasus rumah hunian dan hibrida diambil dari penelitian terdahulu dan dijelaskan di bawah ini yang kemudian akan dibandingkan.

1. Rumah Tipikal

Simulasi menunjukkan rumah tipikal hanya memberikan kenyamanan termal sebesar 52,5% dan memiliki faktor pencahayaan alami minimum 0,05-0,26%. Kemungkinan kenyamanan adaptif juga minimum karena paparan kecepatan angin yang kecil 0,07-0,13 m/s di bawah kecepatan angin minimum yang minimum 0,4 m/s. Di antara ketiga model tersebut, ia memiliki suhu atap tertinggi yang mungkin mempengaruhi efisiensi system AC yang rendah.

2. Rumah Hibrida

Semua parameter di rumah hibrida lebih baik dibanding rumah tipikal. Perbedaan kontras ditunjukkan oleh kecepatan angin dan pencahayaan alami dengan 22 kali lebih besar daripada rumah tipikal. Parameter lainnya seperti penyisihan suhu kenyamanan dan kelembaban relatif yang diinginkan masih lebih tinggi dari pada rumah tipikal, meski masih di bawah 70% dari jangkauan. Rumah ini mungkin dianggap nyaman karena memaksimalkan kemungkinan kenyamanan adaptif.

3. Prototipe

Fase prototipe dimulai secara berurutan dari bangunan massa dan zonasi dan diakhiri dengan pengaturan system pendinginan mekanikal yang diusulkan. Parameter bangunan dan massanya yang diusulkan menunjukkan rentang suhu kenyamanan yang sedikit lebih tinggi daripada rumah tipikal. Namun, ini dimaksudkan untuk mencapai kecepatan angin yang lebih tinggi, dan ini tercapai dengan kecepatan angin yang meningkat dan melebihi nilai minimum pada area publik dengan 0,85 m/s dan 0-0,35m/s di area pribadi. Selain itu, ia menyediakan kemungkinan pencahayaan alami yang lebih tinggi.

Uji parameter yang kedua adalah konstruksi atap yang diusulkan sebagai elemen utama untuk mengurangi panas dan memberi naungan. Ini menunjukkan dampak yang signifikan untuk mengurangi suhu puncak atap hingga 9°C. Meskipun kenyamanan termal telah menurun sebesar 1,3%, mengurangi suhu atap akan sangat mempengaruhi efisiensi system AC. Selanjutnya, *Window-to-Wall Ratio* secara signifikan meningkatkan suhu rentang kenyamanan sebesar 8,7% yang terjadi di lantai dasar dan lantai atas. Hal ini juga meningkatkan kecepatan angin rata-rata terutama di area privat yang melebihi 0,4 m/s sebagai kecepatan angin minimum untuk memberikan efek pendinginan dan kondisi pencahayaan alami rata-rata 2 ° *daylight factor*. Sementara penyesuaian rasio teritisan hanya meningkatkan kisaran kenyamanan sebesar 0,3%. Karena simulasi dasar berdasarkan rumah tipikal sudah termasuk rasio naungan teritisan sebesar 0,3, maka efisiensi rasio teritisan dalam konteks urban yang padat harus diteliti lebih lanjut yang juga dipengaruhi oleh tinggi dan orientasi bangunan.

Parameter kelima memiliki dampak terkecil terhadap kinerja bangunan. Kombinasi lansekap antara naungan rumput dan pohon hanya mempengaruhi kisaran suhu kenyamanan sebesar 0,1% yang sangat berlawanan dari literatur. Ini mungkin dikarenakan efek lansekap yang sulit dimodelkan terutama dengan menggunakan IES,

oleh karena itu harus tes dengan menggunakan metodologi lain. Terakhir untuk tes system AC, penggunaan system AC yang diusulkan telah meningkatkan keseluruhan rentang kenyamanan dari 61,1% menjadi 65,2% meskipun kelembaban relatif masih tinggi. Ini juga menunjukkan konsumsi energi lebih rendah dibandingkan dengan model lainnya.

Selain 65,2% ketentuan kenyamanan termal, prototip terakhir menunjukkan kemampuan untuk memberikan kenyamanan visual dan kenyamanan adaptif yang memadai yang ditunjukkan oleh kecepatan angin rata-rata dan konsumsi energi AC yang lebih rendah dengan menggunakan pendekatan hibrida sebagai kombinasi antara desain pasif dan meningkatnya ekspektasi kenyamanan.

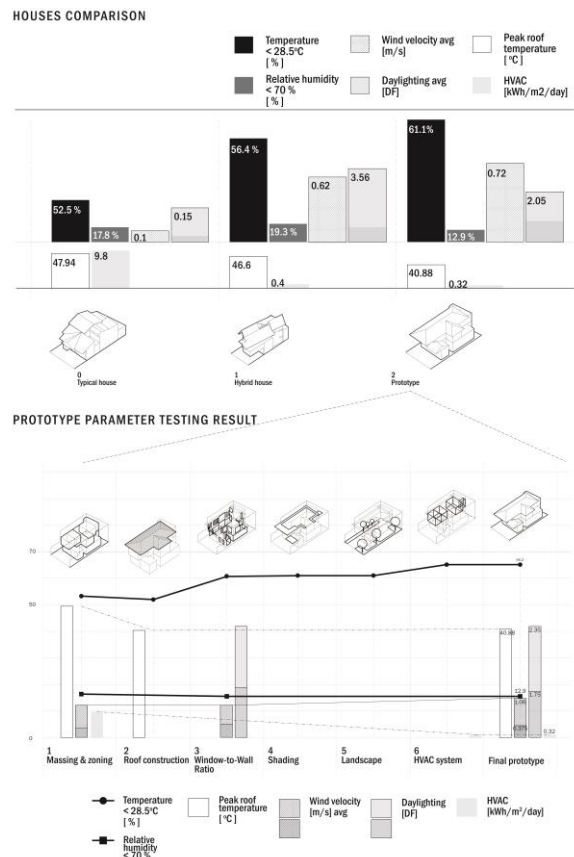


Figure 17 Hasil Simulasi. (a) Dampak Parameter terhadap indikator kenyamanan pada rumah

tipikal, rumah hibrida dan prototipe. (b) Hasil simulasi setiap parameter

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi, temuan menunjukkan bahwa ada tiga dari enam parameter yang diusulkan dari pendekatan hibrida yang memiliki dampak signifikan terhadap ketentuan kenyamanan di perumahan modern yaitu: 1. Massa dan Zonasi Bangunan, 2. Konstruksi Atap dan 3 Rasio *Window-to-Wall*. Parameter ini bekerja dalam pendekatan yang berbeda untuk parameter kenyamanan yang berbeda pula. Hasilnya, parameter ini mampu meningkatkan strategi pasif dengan meningkatkan kemungkinan kenyamanan termal, adaptif dan visual, dan meminimalisir panas yang diserap yang sebagian besar berasal dari radiasi matahari. Akibatnya, prototipe ini telah tampil lebih baik daripada rumah khas dan rumah hibrida dengan mencapai kisaran kenyamanan termal 65,2% dan mungkin menurunkan konsumsi listrik AC. Parameter kenyamanan utama yang menunjukkan dampak signifikan adalah suhu dan penurunan suhu atap, kecepatan angin, dan penyerangan alami, dan implikasi kecil terhadap kelembaban relatif.

Sementara penyesuaian rasio teritisan hanya meningkatkan kisaran kenyamanan sebesar 0,3%. Karena simulasi dasar berdasarkan rumah tipikal sudah termasuk rasio naungan teritisan sebesar 0,3, maka efisiensi rasio teritisan dalam konteks urban yang padat harus diteliti lebih lanjut yang juga dipengaruhi oleh tinggi dan orientasi bangunan.

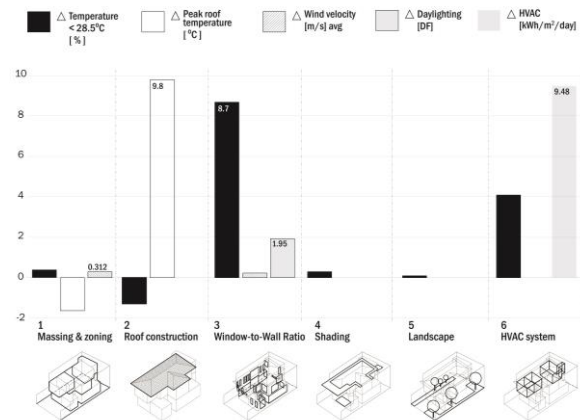


Figure 18 Dampak Efektivitas Parameter Desain Terhadap Indikator Kenyamanan


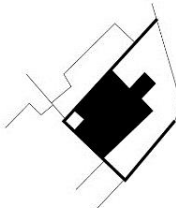
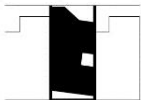

Parameter hibrida lainnya dinilai ambigu karena berbagai alasan dan keterbatasan seperti analisis yang lebih rinci mengenai efektivitas rasio bayangan berdasarkan paparan sinar matahari dan pemodelan efek lanskap dengan menggunakan IES. Selain itu, system AC yang diusulkan rumit untuk dinilai karena bisa mengakibatkan distorsi pada model. Selain itu, ini mencerminkan fakta bahwa budaya AC menjadi alat sosial untuk menunjukkan simbol status, yang membuat kontrol terhadap penggunaan AC tidak dimungkinkan dengan harapan kenyamanan yang berbeda. Penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi ketiga parameter lainnya dengan metodologi yang berbeda, karena berdasarkan teori, strategi tersebut berpotensi pasif untuk meningkatkan persentase rentang kenyamanan. Oleh karena itu, hal ini juga membuktikan massa dan zonasi bangunan yang jelas, konstruksi atap yang ringan, dan memaksimalkan bukaan dengan pendekatan pasif oleh arsitektur tradisional masih relevan dalam konteks lingkungan urban padat tropis dengan elaborasi lebih lanjut.

Temuan penelitian ini memiliki implikasi penting untuk praktik pembangunan perumahan di lingkungan padat Jakarta dalam mengatasi masalah perumahan perkotaan tropis yang nyaman dan sadar akan konservasi energi, terutama dengan mengadopsikan strategi hibrida. Hal ini dapat

digunakan sebagai pedoman dasar desain perumahan. Strategi penting ini dapat memperluas pemahaman yang lebih baik terhadap iklim tropis untuk menggabungkan kedua strategi pasif tersebut dan adanya potensi pengurangan konsumsi listrik pendinginan mekanis terhadap pembangunan berkelanjutan.

Apendiks

Tabel 1. Indikator strategi desain pasif studi kasus rumah hibrida

	1 Kampung House Location : Tangerang Land area : 150 sqm GFA : 183 sqm Occupancy : 3 person	2 Tangkuban Perahu House Location : Jakarta Land area : 464 sqm GFA : 220 sqm Occupancy : 4 person + 1 maid	3 Timber House Location : Tangerang Land area : 105 sqm GFA : 156 sqm Occupancy : 4 person + 1 maid	4 Wisnu House Location : Bekasi Land area : 215 sqm GFA : 176 sqm Occupancy : 4 person + 1 maid
				
1. Floor area ratio	1.22	0.6	1.5	0.8
Public - private (open - closed)	2.3 : 1	4 : 1	2.2 : 1	2 : 1
2. Massing & zoning	Narrow	Narrow	Narrow	Narrow
Building width	3700mm	6000mm	3700 - 6400mm	4800mm
Air gap distance with periphery wall	1300-3200mm Double side (Right-Left)	6000mm Double side (Right-Left)	300 - 700mm Double side (Right-Left)	600mm Single side (Right)
3. Roof	Lightweight	Heavyweight	Lightweight	Lightweight
Inclination	30°	-	60°	1°
Air cavity	-	-	150 mm	800 mm
albedo	28-44 % - 0.15-0.35 Tiles roof - terracotta	70-85 % Concrete - green roof	28-44 % - 0.15-0.35 Tiles roof - terracotta	20-60 % metal deck - light grey
4. Window-to-wall %	45 %	35.75 %	40 %	26.5 %
Ground floor	42 %	41.5 %	54 %	42 %
Upper floor	48 %	30 %	24 %	11 %
Glazing/transparent %	42 %	37 %	49 %	30 %
Solid : Glazing : Openings	12.8 : 1 : 8	7.6 : 2.5 : 1	7.4 : 1 : 6.1	5.3 : 1 : 1.22
5. Shading overhang ratio	1.7	0.9	0.25 - 0.7	-
	All of the openings covered by shading Range : 800mm - 1500mm	Openings covered with double skin	All of the openings covered by shading Range : 500mm - 1300mm	The openings which facing the West covered with screen.
6. Landscape percentage	16 %	47 %	19.5 %	46 %
Landscape	-	35 %	16.3 %	46 %
Ponds	-	12 %	2.8 %	-
7. HVAC system	15 W/m ²	20 W/m ²	-	34 W/m ²
	9415.78 btu/h 5 h Assumption the AC on from 11-4pm inside the office	8006 + 3755.6 + 3755.6/h 3 h Assumption the AC on from 5pm where people started occupied bedroom and off at night		12,377 + 4124.3 + 4124.3 btu/h 10 h

<http://www.ppt.com/indonesia/indonesia-ar-umid/indonesia-ar-umid/>



Tabel 2. Perbandingan strategi desain pasif antara rumah hibrid, review literatur dan usulan desain strategi

	1 Hybrid house building practice		2 Literature review		3 Finalized strategies		Impact		
							Airflow	Daylighting	Heat gain
1. Floor area ratio	1.22 - 1.5		1.2 - 1.6		1.2 - 1.5				
Public - private (open - closed)	2 - 2.3 : 1		-						
Zoning and massing	<ul style="list-style-type: none"> o Public-private zoning o Public - ground floor Private - upper floor 		<ul style="list-style-type: none"> o Clear zoning o Closed - outside open - inside 		<ul style="list-style-type: none"> o Clear zoning between public-private o Closed and upper floor- private open plan and ground floor - public 		●	●	●
	<ul style="list-style-type: none"> o Narrow massing o Open plan o detachment with neighbour wall one / two side - 300mm - 600mm 		<ul style="list-style-type: none"> o Thin and narrow massing 		<ul style="list-style-type: none"> o Thin and narrow massing o detachment with neighbour wall one / two side - 600mm 		●	●	●
2. Roof Construction	lightweight		lightweight		lightweight				●
Roof inclination	30° - 60°		30° <ul style="list-style-type: none"> o Higher volume air mass o Higher wind density 		30°				●
Air cavity	150 - 800mm		150 mm		150 mm				●
albedo	28-44 % - 0.15-0.35		>70% - 0.6		>70% - 0.6				●
Properties	Tiles roof - terracotta		Light color / coating		Light color / coating		o Terracotta tiles + coatings		●
	-		R-value : 0.31 m ² K/W emittance : 0.2		Insulation R-value: 0.31 m ² K/W Radiant barrier emittance : 0.2		o Insulation in Air-conditioned room		●
3. Opening %	26.5 - 45 % 33 % avg		16-40 % opening ratio 0.7 - 1		42% <ul style="list-style-type: none"> o Maximize openings for airflow o Opening ratio 1 		●	●	
Public area	42-54 % 42 % avg								
Private area	11-42 % 27 % avg		16-30 %		11% <ul style="list-style-type: none"> o Glazing o Minimize heat gain in air-conditioned room 		●	●	●
Glazing/transparent %	6 : 1 : 3		<ul style="list-style-type: none"> o Minimize glazing o Glazing in air-conditioned room 						
Solid : Glazing : Openings									
4. Shading ratio	0.25 - 1.7		1 (N-S) - 1.4 (E-W)		0.25 - 1 (N-S) - 1.4 (E-W)				●
	<ul style="list-style-type: none"> o All of the openings covered by shading Range : 500mm - 1500mm o Screen / double facade substitute the shading especially on the West/East. 		<ul style="list-style-type: none"> o Maximized shaded surface o Shading device is no more than 1500mm o all glazing and opening need to be shaded 		<ul style="list-style-type: none"> o Maximized shaded surface o Shading device is no more than 1500mm o all glazing and opening need to be shaded o Double screen facade can be applied to achieve maximum glazing o Wall can be shaded or thicker in E-W orientation 				
5. Landscape percentage	16 - 19.5 %		10 (minimum) - 40 %		19.5 %				●
Landscape	3 %		<ul style="list-style-type: none"> o Maximize landscape area & tree shading to reduce the urban island effect through hardscape. o Evaporative cooling (e.g ponds) is not recommended. if there any, hygroscopic material can be use to absorb the humidity. 		<ul style="list-style-type: none"> o The landscape area is a combination of grass and tree shading, or other low albedo materia 				●
Ponds					3 % <ul style="list-style-type: none"> o Evaporative cooling (e.g ponds) is not recommended. if there any, in a small percentage and surrounded by hygroscopic material to absorb the humidity. 				●
6. HVAC system	15 - 34 W/m ² 23 W/m ² /day		15 W/m ²						
Cooling load	<ul style="list-style-type: none"> o Depends on space occupancy & priority o Commonly installed in bedrooms, others : office / family room o Average use : 3h-10h 		<ul style="list-style-type: none"> o Partial area : Private area (e.g bedrooms) o Lowest thermostat setting : 25°C o Air-conditioned room to be sealed (thermal insulated & small openings) o Low energy air-conditioner o Average use 7 hours 		<ul style="list-style-type: none"> o Partial area : Private area (bedrooms) o Lowest thermostat setting : 25°C o Air-conditioned room to be sealed (thermal insulated & small openings) o Low energy air-conditioner o Average use 7 hours - During sleeping time 				

3. Hasil Simulasi Prototipe

3.1 Rasio area luas lantai (*Floor Area Ratio*) dan Massa dan Zonasi bangunan



Figure 19 Simulasi IES - Rasio Area Luas Lantai dan Massa dan Zonasi Bangunan

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperatu	FF - Bedroom	03-prototype-0	Temperature (°C)	23.52	07:30,17/Dec	34.70	15:30,22/Apr	28.87
Air temperatu	FF - Bedroom	03-prototype-0	Temperature (°C)	23.49	07:30,17/Dec	34.78	15:30,08/Jun	28.83
Air temperatu	FF - 2nd living	03-prototype-0	Temperature (°C)	22.83	09:30,08/Sep	33.60	15:30,22/Apr	27.99
Air temperatu	FF - master b	03-prototype-0	Temperature (°C)	23.39	07:30,17/Dec	35.21	15:30,08/Jun	28.84
Air temperatu	FF - master b	03-prototype-0	Temperature (°C)	23.54	07:30,17/Dec	34.48	15:30,08/Jun	28.64
Air temperatu	GF - Bathroom	03-prototype-0	Temperature (°C)	25.43	07:30,08/Dec	31.68	17:30,10/Jun	28.69
Air temperatu	GF - Garage	03-prototype-0	Temperature (°C)	25.00	07:30,17/Dec	32.54	17:30,22/Apr	28.84
Air temperatu	GF - Guest ar	03-prototype-0	Temperature (°C)	22.53	00:30,16/Jul	33.37	13:30,23/Apr	27.74
Air temperatu	GF - Public ai	03-prototype-0	Temperature (°C)	21.90	09:30,08/Sep	33.39	13:30,23/Apr	27.71
Air temperatu	GF - Service	03-prototype-0	Temperature (°C)	24.75	07:30,17/Dec	32.21	16:30,22/Apr	28.47
Air temperatu	GF - Terrace	03-prototype-0	Temperature (°C)	21.89	09:30,08/Sep	33.59	13:30,23/Apr	27.58
Air temperatu	ROOF	03-prototype-0	Temperature (°C)	20.94	06:30,13/Dec	49.54	13:30,28/Mar	29.45
Air temperatu	ROOF	03-prototype-0	Temperature (°C)	21.09	01:30,16/Jul	46.02	11:30,28/Mar	28.54

Figure 20 Simulasi IES - Rasio Area Luas Lantai dan Massa dan Zonasi Bangunan - Temperatur Rata-rata

File	Location	Air temperature (°C) - % hours in range
		< 28.50
03-prototype-01-Zoning and massing.aps	FF - Bedroom 2	45.8
03-prototype-01-Zoning and massing.aps	FF - Bedroom 1	48.0
03-prototype-01-Zoning and massing.aps	FF - 2nd living room	61.3
03-prototype-01-Zoning and massing.aps	FF - master bedroom	48.4
03-prototype-01-Zoning and massing.aps	FF - master bathroom	50.4
03-prototype-01-Zoning and massing.aps	GF - Bathroom	42.6
03-prototype-01-Zoning and massing.aps	GF - Garage	40.5
03-prototype-01-Zoning and massing.aps	GF - Guest area	66.0
03-prototype-01-Zoning and massing.aps	GF - Public area	65.9
03-prototype-01-Zoning and massing.aps	GF - Service area	50.4
03-prototype-01-Zoning and massing.aps	GF - Terrace	67.1
03-prototype-01-Zoning and massing.aps	Total hours (% of sum)	53.3

Figure 21 Simulasi IES - Rasio Area Luas Lantai dan Massa dan Zonasi Bangunan - persentase jam dalam rentang dibawah 28°C

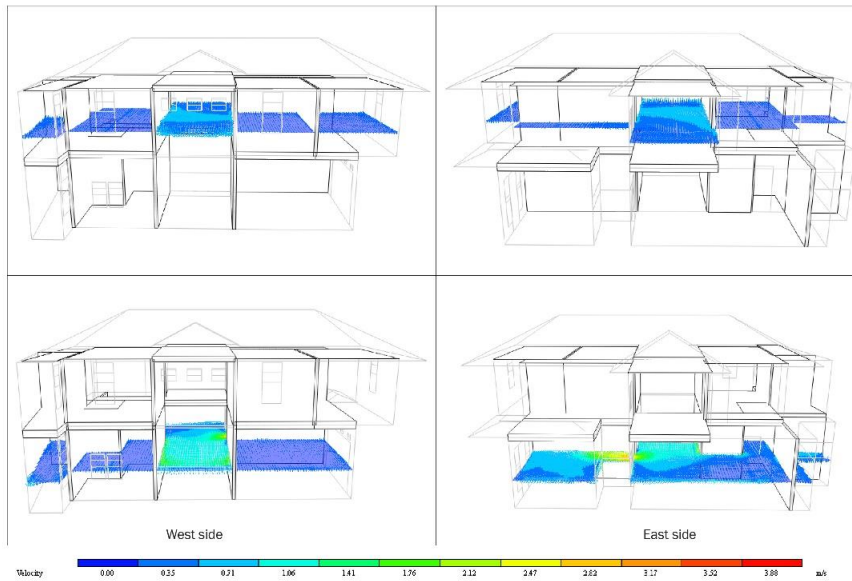


Figure 22 Rumah Prototipe – Zonasi dan massa bangunan - Kecepatan Angin

4.1 Konstruksi Atap



Figure 23 Rumah Prototipe - Konstruksi Atap

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Áir	FF - bedroom	03-Prototype-0	Temperature (°C)	24.47	07:30,17/Dec	33.38	16:30,22/Apr	29.03
Áir	FF - bedroom	03-Prototype-0	Temperature (°C)	23.89	07:30,17/Dec	33.45	16:30,22/Apr	28.66
Áir	FF - 2nd	03-Prototype-0	Temperature (°C)	23.18	09:30,08/Sep	33.01	15:30,22/Apr	28.04
Áir	FF - master	03-Prototype-0	Temperature (°C)	24.29	07:30,17/Dec	33.56	16:30,22/Apr	28.78
Áir	FF - master	03-Prototype-0	Temperature (°C)	24.41	07:30,17/Dec	33.39	16:30,22/Apr	28.78
Áir	GF -	03-Prototype-0	Temperature (°C)	24.20	07:30,24/Jan	32.83	13:30,26/Jan	28.37
Áir	GF - Garage	03-Prototype-0	Temperature (°C)	24.90	07:30,17/Dec	32.87	17:30,22/Apr	28.94
Áir	GF - Guest	03-Prototype-0	Temperature (°C)	22.80	00:30,16/Jul	33.54	13:30,23/Apr	27.89
Áir	GF - Public	03-Prototype-0	Temperature (°C)	22.18	09:30,08/Sep	33.28	13:30,23/Apr	27.83
Áir	GF - Service	03-Prototype-0	Temperature (°C)	24.56	07:30,17/Dec	32.46	16:30,22/Apr	28.46
Áir	GF - Terrace	03-Prototype-0	Temperature (°C)	22.10	00:30,16/Jul	33.78	13:30,23/Apr	27.65
Áir	ROOF	03-Prototype-0	Temperature (°C)	22.45	01:30,16/Jul	38.23	12:30,26/Jan	28.34
Áir	ROOF	03-Prototype-0	Temperature (°C)	21.82	01:30,16/Jul	40.83	14:30,04/Apr	28.76

Figure 24 Rumah Prototipe - Konstruksi Atap - Temperatur Rata-rata

File	Location	Air temperature (°C) - % hours in range
		< 28.50
03-Prototype-02-roof.aps	FF - bedroom	37.3
03-Prototype-02-roof.aps	FF - bedroom 1	48.1
03-Prototype-02-roof.aps	FF - 2nd living room	60.8
03-Prototype-02-roof.aps	FF - master bedroom	44.9
03-Prototype-02-roof.aps	FF - master bathroom	44.5
03-Prototype-02-roof.aps	GF - Bathroom	52.8
03-Prototype-02-roof.aps	GF - Garage	39.1
03-Prototype-02-roof.aps	GF - Guest area	63.4
03-Prototype-02-roof.aps	GF - Public area	64.3
03-Prototype-02-roof.aps	GF - Service area	50.9
03-Prototype-02-roof.aps	GF - Terrace	66.2
03-Prototype-02-roof.aps	Total hours (% of sum)	52.0

Figure 25 Simulasi IES - Konstruksi Atap - persentase jam dalam rentang dibawah 28°C

4.2 Window-to-wall ratio



Figure 26 Rumah Prototipe - Window-to-wall ratio

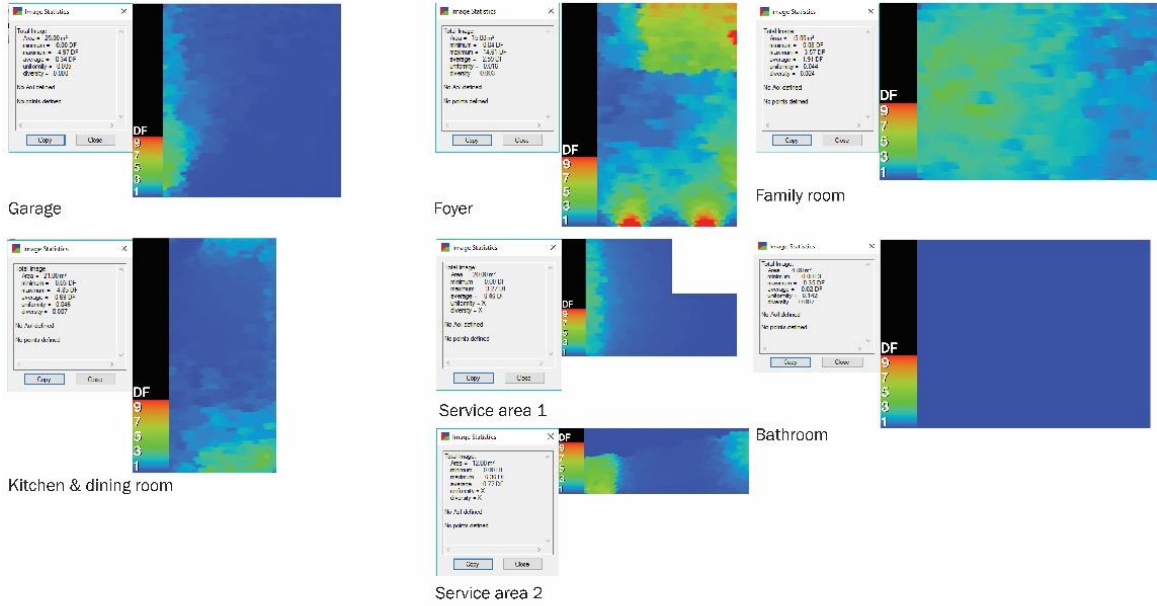
Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperature	FF - 2nd living room	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	21.99	09:30,08/Sep	33.46	13:30,23/Apr	28.02
Air temperature	FF - bedroom	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	23.80	07:30,17/Dec	33.76	15:30,22/Apr	28.75
Air temperature	FF - bedroom 1	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	22.70	09:30,08/Sep	33.62	15:30,22/Apr	28.86
Air temperature	FF - master bathroom	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	22.76	09:30,08/Sep	33.52	15:30,22/Apr	28.12
Air temperature	FF - master bedroom	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	22.41	09:30,08/Sep	33.39	15:30,22/Apr	28.33
Air temperature	GF - Bathroom	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	24.10	07:30,17/Dec	32.80	16:30,22/Apr	28.21
Air temperature	GF - Family room	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	21.65	09:30,08/Sep	33.50	13:30,23/Apr	27.67
Air temperature	GF - Foyer	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	21.94	09:30,08/Sep	33.46	13:30,23/Apr	27.59
Air temperature	GF - Garage	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	21.94	09:30,08/Sep	33.56	13:30,23/Apr	27.69
Air temperature	GF - kitchen & dining	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	21.78	09:30,08/Sep	33.49	13:30,23/Apr	27.58
Air temperature	GF - Service area	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	22.02	09:30,08/Sep	33.38	13:30,23/Apr	27.74
Air temperature	GF - Service area	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	21.91	09:30,08/Sep	33.37	13:30,23/Apr	27.69
Air temperature	GF - Service area 2	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	22.31	09:30,08/Sep	33.10	14:30,21/Apr	27.76
Air temperature	GF - Terrace	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	22.05	00:30,16/Jul	33.78	13:30,23/Apr	27.57
Air temperature	ROOF	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	21.77	01:30,16/Jul	40.89	14:30,04/Apr	28.74
Air temperature	ROOF	03-Prototype-04-SHAD	Temperature (°C)	22.42	01:30,16/Jul	38.19	11:30,26/Jan	28.33

Figure 27 Rumah Prototipe - Window-to-wall ratio – Temperatur Rata-rata

File	Location	Air temperature (°C) - % hours in range
		< 28.50
03-Prototype-04-SHADING.aps	FF - 2nd living room	60.0
03-Prototype-04-SHADING.aps	FF - bedroom	45.4
03-Prototype-04-SHADING.aps	FF - bedroom 1	41.8
03-Prototype-04-SHADING.aps	FF - master bathroom	58.5
03-Prototype-04-SHADING.aps	FF - master bedroom	54.3
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Bathroom	58.4
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Family room	66.2
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Foyer	67.0
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Garage	66.2
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - kitchen & dining	66.9
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Service area	65.7
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Service area	66.5
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Service area 2	66.0
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Terrace	66.6
03-Prototype-04-SHADING.aps	Total hours (% of sum)	60.7

Figure 28 Rumah Prototipe - Window-to-wall ratio - persentase jam dalam rentang dibawah 28°C

Ground Floor



First Floor

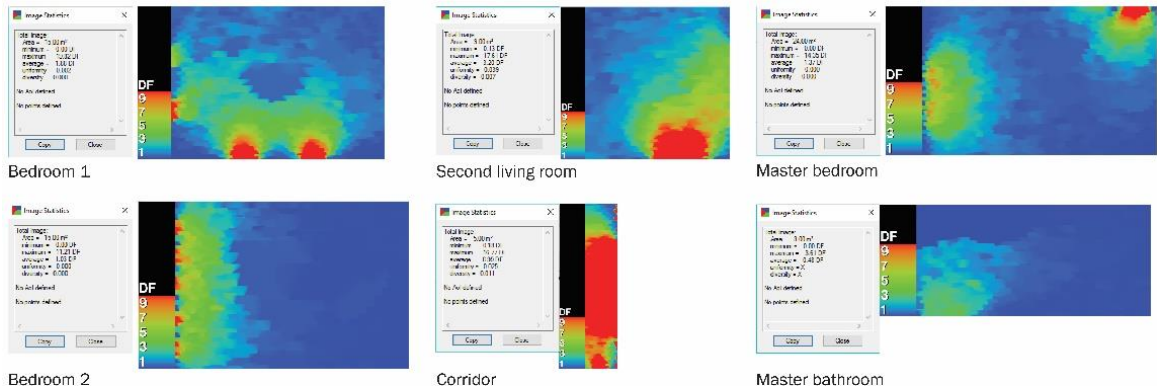


Figure 29 Rumah Prototipe - Window-to-wall ratio - Daylight Factor

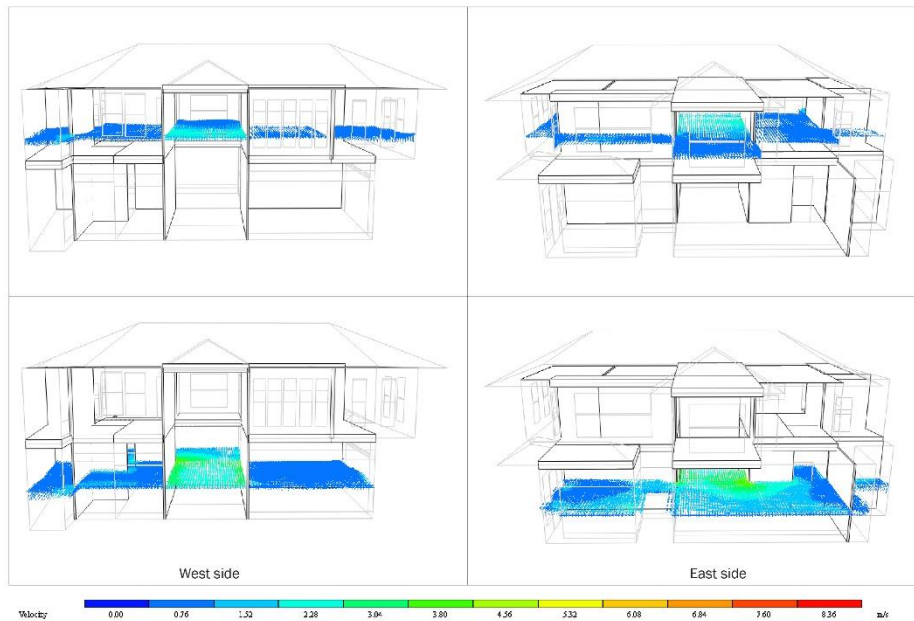


Figure 30 Rumah Prototipe - Window-to-wall ratio – Kecepatan Angin

4.3 Ratio Teritisan



Figure 31 Rumah Prototipe - Rasio Teritisan

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperature	FF - 2nd living room	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	21.94	09:30,08/Sep	33.39	13:30,23/Apr	27.96
Air temperature	FF - bedroom	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	23.79	07:30,17/Dec	33.74	15:30,22/Apr	28.72
Air temperature	FF - bedroom 1	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	22.67	09:30,08/Sep	33.58	15:30,22/Apr	28.79
Air temperature	FF - master bathroo	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	22.76	09:30,08/Sep	33.51	15:30,22/Apr	28.11
Air temperature	FF - master bedroor	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	22.41	09:30,08/Sep	33.38	15:30,22/Apr	28.32
Air temperature	GF - Bathroom	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	24.09	07:30,17/Dec	32.79	16:30,22/Apr	28.20
Air temperature	GF - Family room	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	21.65	09:30,08/Sep	33.48	13:30,23/Apr	27.66
Air temperature	GF - Foyer	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	21.94	09:30,08/Sep	33.45	13:30,23/Apr	27.58
Air temperature	GF - Garage	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	21.93	09:30,08/Sep	33.55	13:30,23/Apr	27.69
Air temperature	GF - kitchen & dinin	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	21.77	09:30,08/Sep	33.49	13:30,23/Apr	27.58
Air temperature	GF - Service area	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	22.02	09:30,08/Sep	33.38	13:30,23/Apr	27.74
Air temperature	GF - Service area	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	21.91	09:30,08/Sep	33.36	13:30,23/Apr	27.69
Air temperature	GF - Service area 2	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	22.31	09:30,08/Sep	33.10	14:30,21/Apr	27.76
Air temperature	GF - Terrace	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	22.05	00:30,16/Jul	33.78	13:30,23/Apr	27.57
Air temperature	ROOF	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	21.76	01:30,16/Jul	40.88	14:30,04/Apr	28.73
Air temperature	ROOF	03-Prototype-04-SHA1	Temperature (°C)	22.45	01:30,16/Jul	36.75	11:30,26/Jan	28.24

Figure 32 Rumah Prototipe - Rasio Teritisan - Temperatur Rata-rata

File	Location	Air temperature (°C) - % hours in range
03-Prototype-04-SHADING.aps	FF - 2nd living room	< 28.50
03-Prototype-04-SHADING.aps	FF - bedroom	61.3
03-Prototype-04-SHADING.aps	FF - bedroom 1	46.2
03-Prototype-04-SHADING.aps	FF - master bathroom	43.2
03-Prototype-04-SHADING.aps	FF - master bedroom	58.6
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Bathroom	54.5
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Family room	58.6
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Foyer	66.4
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Garage	67.1
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - kitchen & dining	66.2
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Service area	67.0
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Service area	65.8
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Service area 2	66.6
03-Prototype-04-SHADING.aps	GF - Terrace	66.0
03-Prototype-04-SHADING.aps	Total hours (% of sum)	66.6
03-Prototype-04-SHADING.aps		61.0

Figure 33 Rumah Prototipe - Rasio Teritisan - Persentase jam dalam rentang dibawah 28°C

4.4 Lanskap



Figure 34 Rumah Prototipe - Lanskap

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperature	FF - 2nd living room	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	21.94	09.30.08/Sep	33.39	13.30.23/Apr	27.96
Air temperature	FF - bedroom	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	23.79	07.30.17/Dec	33.74	15.30.22/Apr	28.72
Air temperature	FF - bedroom 1	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	22.67	09.30.08/Sep	33.58	15.30.22/Apr	28.78
Air temperature	FF - master bathroom	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	22.75	09.30.08/Sep	33.51	15.30.22/Apr	28.11
Air temperature	FF - master bedroom	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	22.41	09.30.08/Sep	33.38	15.30.22/Apr	28.32
Air temperature	GF - Bathroom	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	24.09	07.30.17/Dec	32.77	16.30.22/Apr	28.19
Air temperature	GF - Family room	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	21.65	09.30.08/Sep	33.48	13.30.23/Apr	27.65
Air temperature	GF - Foyer	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	21.94	09.30.08/Sep	33.45	13.30.23/Apr	27.58
Air temperature	GF - Garage	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	21.93	09.30.08/Sep	33.55	13.30.23/Apr	27.69
Air temperature	GF - kitchen & dining	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	21.77	09.30.08/Sep	33.48	13.30.23/Apr	27.57
Air temperature	GF - Service area	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	22.02	09.30.08/Sep	33.37	13.30.23/Apr	27.74
Air temperature	GF - Service area	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	21.91	09.30.08/Sep	33.36	13.30.23/Apr	27.68
Air temperature	GF - Service area 2	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	22.31	09.30.08/Sep	33.08	13.30.26/Jan	27.76
Air temperature	GF - Terrace	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	22.00	09.30.08/Sep	33.74	13.30.23/Apr	27.55
Air temperature	ROOF	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	21.76	01.30.15/Jul	40.88	14.30.04/Apr	28.73
Air temperature	ROOF	03-Prototype-05-LANDS	Temperature (°C)	22.45	01.30.15/Jul	36.76	11.30.26/Jan	28.24

Figure 35 Rumah Prototipe - Lanskap - Temperatur Rata-rata

File	Location	Air temperature (°C) - % hours in range
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	FF - 2nd living room	61.3
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	FF - bedroom	46.2
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	FF - bedroom 1	43.2
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	FF - master bathroom	58.7
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	FF - master bedroom	54.5
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Bathroom	58.7
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Family room	66.5
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Foyer	67.1
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Garage	66.2
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - kitchen & dining	67.0
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Service area	65.9
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Service area	66.6
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Service area 2	66.1
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Terrace	66.9
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	Total hours (% of sum)	61.1

Figure 36 Rumah Prototipe - Lansekap - Persentase jam dalam rentang < 28.5°C

File	Location	Relative humidity (%) - % hours in range
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	FF - 2nd living room	13.2
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	FF - bedroom	19.4
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	FF - bedroom 1	22.2
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	FF - master bathroom	14.0
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	FF - master bedroom	15.5
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Bathroom	11.6
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Family room	12.6
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Foyer	12.4
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Garage	13.0
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - kitchen & dining	12.5
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Service area	12.9
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Service area	12.2
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Service area 2	12.0
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	GF - Terrace	13.4
03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.aps	Total hours (% of sum)	14.1

Figure 37 Rumah Prototipe - Lansekap - Kelembaban Relatif < 70%

4.5 Sistem Pendinginan Mekanikal dan Simulasi keseluruhan Parameter dalam prototipe

Var. Name	Location	Filename	Type	Min. Val.	Min. Time	Max. Val.	Max. Time	Mean
Air temperature	FF - 2nd living room	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	21.92	09:30,08/Sep	33.36	13:30,23/Apr	27.87
Air temperature	FF - bedroom	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	23.56	09:30,08/Sep	33.09	15:30,22/Apr	27.40
Air temperature	FF - bedroom 1	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	22.42	09:30,08/Sep	33.03	16:30,22/Apr	27.47
Air temperature	FF - master bathroom	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	22.56	09:30,08/Sep	33.27	15:30,22/Apr	27.56
Air temperature	FF - master bedroom	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	22.23	09:30,08/Sep	33.14	15:30,22/Apr	27.41
Air temperature	GF - Bathroom	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	23.98	02:30,16/Jul	32.62	16:30,22/Apr	28.07
Air temperature	GF - Family room	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	21.64	09:30,08/Sep	33.46	13:30,23/Apr	27.63
Air temperature	GF - Foyer	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	21.93	09:30,08/Sep	33.45	13:30,23/Apr	27.58
Air temperature	GF - Garage	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	21.92	09:30,08/Sep	33.49	13:30,23/Apr	27.66
Air temperature	GF - kitchen & dining	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	21.77	09:30,08/Sep	33.48	13:30,23/Apr	27.57
Air temperature	GF - Service area	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	22.00	09:30,08/Sep	33.32	13:30,23/Apr	27.71
Air temperature	GF - Service area	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	21.90	09:30,08/Sep	33.31	13:30,23/Apr	27.66
Air temperature	GF - Service area 2	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	22.29	09:30,08/Sep	33.07	13:30,26/Jan	27.73
Air temperature	GF - Terrace	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	22.00	09:30,08/Sep	33.74	13:30,23/Apr	27.55
Air temperature	ROOF	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	21.76	01:30,16/Jul	40.88	14:30,04/Apr	28.68
Air temperature	ROOF	03-Prototype-05.aps	Temperature [°C]	22.45	01:30,16/Jul	36.77	11:30,26/Jan	28.24

Figure 38 Rumah Prototipe - Temperatur Rata-rata

File	Location	Air temperature (°C) - % hours in range
03-Prototype-05.aps	FF - 2nd living room	63.0
03-Prototype-05.aps	FF - bedroom	63.8
03-Prototype-05.aps	FF - bedroom 1	61.6
03-Prototype-05.aps	FF - master bathroom	65.3
03-Prototype-05.aps	FF - master bedroom	64.1
03-Prototype-05.aps	GF - Bathroom	61.2
03-Prototype-05.aps	GF - Family room	66.7
03-Prototype-05.aps	GF - Foyer	67.1
03-Prototype-05.aps	GF - Garage	66.5
03-Prototype-05.aps	GF - kitchen & dining	67.1
03-Prototype-05.aps	GF - Service area	66.2
03-Prototype-05.aps	GF - Service area	66.8
03-Prototype-05.aps	GF - Service area 2	66.5
03-Prototype-05.aps	GF - Terrace	66.9
03-Prototype-05.aps	Total hours (% of sum)	65.2

Figure 39 Rumah Prototipe - Persentase jam dalam rentang < 28.5°C

File	Location	Relative humidity (%) - % hours in range
03-Prototype-05.aps	FF - 2nd living room	13.0
03-Prototype-05.aps	FF - bedroom	13.8
03-Prototype-05.aps	FF - bedroom 1	16.7
03-Prototype-05.aps	FF - master bathroom	12.9
03-Prototype-05.aps	FF - master bedroom	13.6
03-Prototype-05.aps	GF - Bathroom	10.7
03-Prototype-05.aps	GF - Family room	12.6
03-Prototype-05.aps	GF - Foyer	12.4
03-Prototype-05.aps	GF - Garage	12.8
03-Prototype-05.aps	GF - kitchen & dining	12.5
03-Prototype-05.aps	GF - Service area	12.6
03-Prototype-05.aps	GF - Service area	12.1
03-Prototype-05.aps	GF - Service area 2	11.8
03-Prototype-05.aps	GF - Terrace	13.4
03-Prototype-05.aps	Total hours (% of sum)	12.9

Figure 40 Rumah Prototipe - Kelembaban Relatif < 70%

Room ID	Room name	Working plane	Floor area (m ²)	Floor area > threshold (m ²)	Percentage floor area > threshold (%)	Average illumination (%)
FF000000	FF - bedroom	0	15.774	15.774	100.0	1.78
FF000001	FF - bedroom 1	0	15.776	15.776	100.0	2.10
FF000005	FF - master bedroom	0	24.301	22.452	92.4	1.76
FF000004	FF - master bathroom	0	7.512	7.512	100.0	1.26
GF000000	GF - Bathroom	0	3.387	0.000	0.0	0.00
5G000000	GF - Garage	0	24.132	20.378	84.4	1.08
LN000004	GF - Terrace	0	3.948	3.948	100.0	10.27
GF000004	GF - Foyer	0	13.138	13.138	100.0	1.16
GF000003	GF - Family room	0	15.942	15.942	100.0	1.44
FF000004	FF - master bathroom	0	7.512	7.512	100.0	1.26
GF000000	GF - Bathroom	0	3.387	0.000	0.0	0.00
5G000000	GF - Garage	0	24.132	20.378	84.4	1.08
LN000004	GF - Terrace	0	3.948	3.948	100.0	10.27
GF000004	GF - Foyer	0	13.138	13.138	100.0	1.16
GF000003	GF - Family room	0	15.942	15.942	100.0	1.44
GF000005	GF - kitchen & dining	0	22.500	22.232	98.8	1.06
FF00000D	FF - 2nd living room	0	5.223	5.223	100.0	1.89
GF000002	GF - Service area 2	0	10.960	2.923	26.7	0.27
GF000007	GF - Service area	0	13.756	12.947	94.1	11.49

Figure 41 Rumah Prototipe - WWR dan Daylight factor (Pencahaya-an Alami)

	Cooling + dehum plant load (MWh)	Cooling + dehum plant load (MWh)	Cooling + dehum plant load (MWh)
	FF - bedroom	FF - bedroom 1	FF - master bedroom
Date	03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.ap	03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.ap	03-Prototype-05-LANDSCAPE-2.ap
Jan 01-31	0.1008	0.1126	0.1813
Feb 01-28	0.1114	0.1244	0.2159
Mar 01-31	0.1378	0.1524	0.2836
Apr 01-30	0.1488	0.1628	0.3334
May 01-31	0.1595	0.1714	0.3807
Jun 01-30	0.1671	0.1802	0.4215
Jul 01-31	0.1436	0.1568	0.3311
Aug 01-31	0.1434	0.1559	0.3232
Sep 01-30	0.1203	0.1306	0.2560
Oct 01-31	0.1300	0.1409	0.2716
Nov 01-30	0.0980	0.1081	0.1764
Dec 01-31	0.0884	0.0977	0.1516
Summed total	1.5491	1.6938	3.3263

Figure 42 Rumah Prototipe – Konsumsi Listrik Tahunan

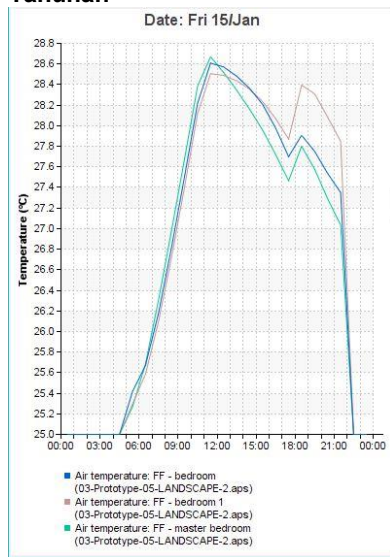


Figure 43 Rumah Prototipe – Setting Profil penggunaan pendingin udara

	0 Typical house	1 Hybrid house	2 Prototype					
			1 Zoning & massing	2 Roof construction	3 Window-to-Wall Ratio	4 Shading ratio	5 Landscape	6 HVAC system
1. Temperature < 28.5°C	53.8 %	57.4 %	53.3 %	52 %	60.7%	61%	61.1%	65.2%
Ground Floor	53%	51.1%	55.4%	56.1%	65.5%	65.6%	65.7%	63.5%
First Floor	50.6%	59.1%	50.8%	47.1%	52%	52.7%	52.8%	66.1%
Roof	55.6%	57.2%	58.4%	60.8%	60.9%	61%	61%	61.1%
2. Relative humidity < 70 %	17.8 %	19.3 %	16%	-	14.3%	-	-	12.9 %
3. Peak roof temperature [°C]	49.02	46.6	49.54	40.83	-	-	-	40.88
4. Wind velocity [m/s] avg								
Public area	0.13	0.99	0.71 - 1.06		0.77			1.06
Private area	0.07	0-0.50	0 - 0.35		0 - 0.56			0.375
5. Daylighting [DF]								
Public area	0.26	5.76			2.3			2.35
Private area	0.05	1.37			1.91			1.75
6. HVAC [kWh/m ² /day]	9.8*	0.25-0.6						0.32

*(Surahman, Kubota and Higashi, 2015)

Figure 44 Finalisasi Hasil Prototipe

Referensi

- at: <https://id.climate-data.org/location/714756/> [Accessed 1 Jul. 2017].
- ¹ Simone, AbdouMaliq. "We Are Here Alone': The Ironic Potentials And Vulnerabilities Of Mixed (Up) Districts In Central Jakarta". *International Journal of Urban and Regional Research* 38.4 (2013): 1509-1524. Web.
- ² Samapatti, Supardi, and Linda Tay. "An Hedonic Price Model Of New Housing In Indonesia". *Pacific Rim Property Research Journal* 8.3 (2002): 203-211. Web. 1 June 2017.
- ³ Simone, AbdouMaliq, and Achmad Uzair Fauzan. "On The Way To Being Middle Class". *City* 17.3 (2013): 279-298. Web. 1 June 2017.
- ⁴ Chang, J., & Winter, T. (2015). Thermal modernity and architecture. *The Journal of Architecture*, 20(1), 92-121.
- ⁵ Chang and Winter 92-121
- ⁶ Djamila, Harimi, et al. "Field Study of Thermal Comfort in Residential Buildings in the Equatorial Hot-Humid Climate of Malaysia." *Building And Environment*, vol. 62, 2013, pp. 133-142.
- ⁷ Sujatmiko, Wahyu et al. "Natural Ventilation And Temperature Conditions In Some High-Rise Building Flats In Bandung And Jakarta In Perspective Of Adaptive Thermal Comfort". *Procedia Environmental Sciences* 28 (2015): 360-369. Web.
- ⁸ Wong, N.H., et al. (2002) Thermal Comfort Evaluation of Naturally Ventilated Public Housing in Singapore, *Building and Environment*, 37, Pergamon, Oxford, pp. 1267-1277
- ⁹ Jakartapedia.bpadjakarta.net. (2017). *Iklim DKI Jakarta*. [online] Available at: http://jakartapedia.bpadjakarta.net/index.php/iklim_DKI_Jakarta#Suhu_Rata-rata_Jakarta [Accessed 1 Jul. 2017].
- ¹⁰ Id.climate-data.org. (2017). *Iklim: Grafik iklim - Daerah Khusus Ibukota Jakarta , grafis Suhu, tabel Iklim - Climate-Data.org*. [online] Available
- ¹¹ "Jakarta, Indonesia - Sunrise, Sunset, Dawn And Dusk Times For The Whole Year - Gaisma." *Gaisma.com*. N.p., 2017. Web. 8 July 2017.
- ¹² Szokolay, S. V. *Introduction to Architectural Science the Basis of Sustainable Design*. Third ed., 2014.
- Olgay, Victor, et al. *Design with Climate : Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New and expanded ed., 2015.
- Prianto, Eddy, Bonneaud, Depecker and J-P Peneau "Tropical-humid Architecture In Natural Ventilation Efficient Point Of View". *International Journal on Architectural Science* 1.2 (2000): 80-95. Web.
- Hyde, Richard. *Climate Responsive Design : A Study of Buildings in Moderate and Hot Humid Climates*. London: E & FN Spon, 2000. Print.
- ¹³ Fitriaty, Puteri et al. "Thermal Performance of Traditional House in the Upland Central Celebes of Indonesia". *IPTEK : The Journal For Technology and Science* 22 (2011): No 4. Web.
- ¹⁴ Knapp, Ronald G. *Asia's Old Dwellings : Tradition, Resilience, and Change*. Oxford ; New York, Oxford University Press, 2003.
- ¹⁵ Oliver, P. (1998). *Encyclopedia of vernacular architecture of the world*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- ¹⁶ Nicol, F., et al. *Adaptive Thermal Comfort Principles and Practice*. Abingdon, Oxon [England] ; New York, N.Y., Routledge, 2012
- ¹⁷ Kusumo, T. (n.d.). *The Effectiveness of Hybrid Strategies in Residential Building in Urban Dense Neighbourhood Jakarta*. Post Graduate. University of Edinburgh.