

Pengaruh Desain Arsitektur terhadap Kondisi Termal pada PPST Mojokerto

Rizki Ulafa Urosyidin¹ dan Heru Sufianto²

¹ Mahasiswa Program Studi Sarjana Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Alamat Email penulis: rizkiulafa@gmail.com ,hsufianto@yahoo.com

ABSTRAK

Beberapa faktor termal berdampak pada kelangsungan operasional PPST Mojokerto. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh desain arsitektur terhadap kondisi termal dan mengetahui desain yang efektif untuk bangunan agar nyaman. Suhu awal (t^0) kondisi eksisting menunjukkan 32,33°C, dan 28° C (simulasi) besarnya deviasi 13.3 %, setelah mengalami perubahan desain suhu berubah (t^1) 27,7°C. Penurunan yakni sebesar 1,07 %. Perubahan di imbangi dengan penurunan intensitas cahaya matahari sebesar 17,4%, dan perubahan pemerataan angin dalam bangunan dan tapak. Hasil tersebut adalah dampak dari merubah orientasi bangunan menjadi azimuth 0°, konfigurasi massa berbentuk menyebar, penambahan bukaan udara *inlet* dan *outlet*, pergantian material bangunan, serta penambahan vegetasi disekitar tapak. Metode yang digunakan yaitu metode kuantitatif dimana melihat perubahan-perubahan angka variabel terikat yang dibantu dengan alat validasi. Metode pengukuran yaitu mengukur area dalam dan area luar tapak pada tanggal 1 Oktober 2016 pukul 11.30 WIB menggunakan *stratified random sampling*.

Kata kunci: arsitektur, PPST, termal, penurunan

ABSTRACT

Thermal factors affect the continuity of PPST operations. This study purposed to know how the influence of architectural design on thermal conditions and to know the effective design for the building to be thermally comfortable. The temperature of existing condition shows 32.33 ° C, 28 ° C (simulation) and the number of deviation was 13.3%, after recommendation of the design the temperature changed to 27.7 ° C and decrease of 1.07%. The changes of temperature were offset by a decrease in the average sunlight intensity by 17.4%, and in the distribution of wind in buildings and sites. The result of the temperature changes is the effect of the recommendation architectural design by changing the orientation of the building to azimuth 0°, spread building configuration, adding an inlet and outlet for the wind. Changing of the building materials and adding the vegetation around the sites. This research used the quantitative method which observed at the changes in the dependent variable number that assisted with the validation tool. Measurement method is measuring the inside and outside areas of the tread at 11:30 pm based on stratified random sampling.

Keywords: architectural, PPST, thermal, decreasing

1. Pendahuluan

Hasil Penelitian yang dilakukan oleh Kementrian PU pada tahun 2010 menunjukkan angka peningkatan konsumsi energi listrik mencapai 65% dan diduga akan terus meningkat pada tiap tahunnya. Kasus tersebut menimbulkan kasus khusus yaitu tentang konservasi energi yakni melalui Inpres No. 10/2005, Kepmen ESDM No. 0983 K/16/MEM/2004 tentang Kebijakan Energi Nasional, dan Kepmen ESDM No. 0002 tahun 2004 tentang Kebijakan Energi Hijau. Kebijakan energi hijau merupakan suatu putusan penelitian dan pengembangan untuk mendukung penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi bidang sumber daya baru dan terbarukan pada jangka tahun 2005-2025 dari Kemenristek RI. Maka sudah saatnya kebutuhan kenyamanan termal harus mendapatkan perhatian khusus agar pada penerapannya bisa menghemat energi dan manusia didalamnya bisa nyaman beraktivitas.

Beberapa kurun waktu ini telah terjadi ketidakseimbangan antara aktivitas dan lingkungan yang dibangun pada PPST di kawasan Mojokerto. Berdasarkan hasil analisis data stasiun pengamatan hujan milik BMKG di Mojokerto diprediksi terjadi penurunan curah hujan 10% pada tahun 2075-2099. Dengan menganalisa data curah hujan di Stasiun Pacet, curah hujan tahunan cenderung terjadi tren penurunan 11%, dimana rata rata hujan tahunan pada periode 1980-1941 sebesar 2995 mm sedangkan periode 1987-2011 adalah 2381 mm. Dari data iklim selama 10 tahun terakhir di Stasiun Pengamat Mojosari, menunjukkan bahwa suhu udara bulanan rata-rata di wilayah Mojokerto juga menunjukkan peningkatan sebesar 0,3 °C. hal tersebut sangat berdampak pada kelangsungan kegiatan operasional di daerah PPST dan sekitarnya. Untuk itu dibutuhkan sebuah penanganan khusus pada PPST agar tercipta lingkungan yang nyaman secara termal.

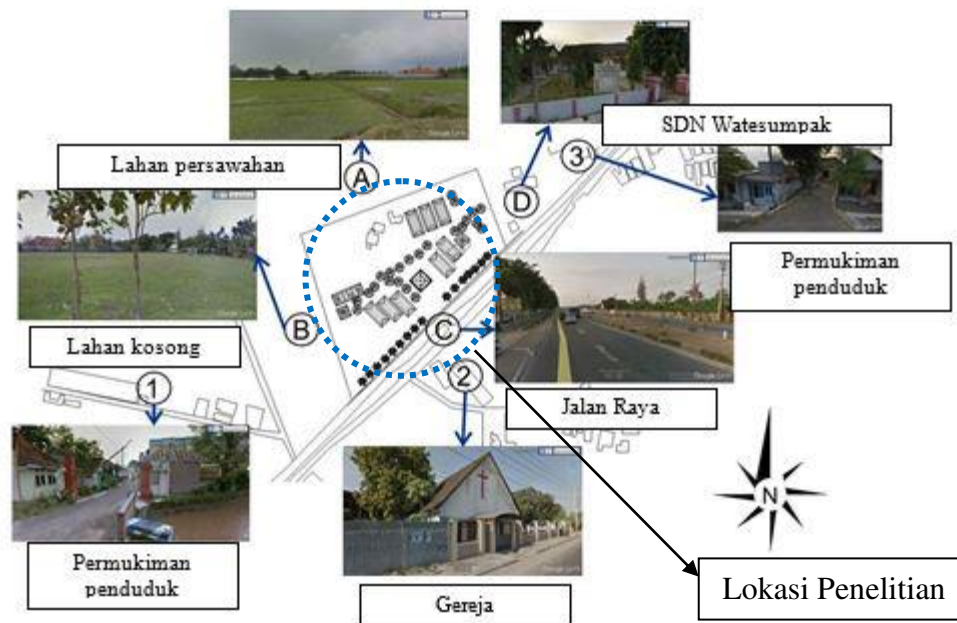
Menurut Szokolay dalam 'Manual of Tropical Housing and Building' menyebutkan kenyamanan termal tergantung pada variabel iklim (matahari/radiasinya, suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin) dan beberapa faktor individual/subyektif seperti pakaian, aklimatisasi, usia dan jenis kelamin, tingkat kegemukan, tingkat kesehatan, jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi, serta warna kulit. Faktor termal tersebut dapat dipengaruhi oleh desain arsitektur yakni orientasi bangunan, konfigurasi massa, penghawaan, material, dan vegetasi.

Definisi serupa tentang termal diungkapkan oleh Fanger dalam standar Amerika (ANSI/ASHRAE 55-1992) dan Standar Internasional untuk kenyamanan termis (ISO 7730:1994). Fanger menyebutkan bahwa faktor iklim dan faktor individual akan sangat mempengaruhi persepsi termis yang dirasakan oleh manusia. Perubahan faktor iklim dapat dipengaruhi oleh lingkungan mikro disekitarnya. Hendaknya desain arsitektur mampu memberikan kontribusi dalam masyarakat agar nyaman beraktifitas. Pusat Perkulakan Sepatu Trowulan (PPST) merupakan pusat aktifitas perdagangan di Mojokerto yang mengenai dampak perubahan iklim di Mojokerto. Dalam penelitian ini akan dilakukan evaluasi termal pada PPST untuk melihat bagaimana peran desain arsitektur terhadap kondisi termal di lingkungan PPT serta mengetahui bagaimana desain yang efektif untuk mengusahakan kenyamanan termal pada PPST.

2. Metode

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu metode kuantitatif yakni melihat perubahan angka dengan pencocokan standar-standar. Untuk mendukung hasil eksisting dan prediksi hasil perubahan variabel terikat, maka peneliti menggunakan alat validasi dengan mencantumkan deviasi. Metode kualitatif digunakan untuk mendukung metode kuantitatif yakni untuk memperkuat isu termal yang ada di lapangan dengan cara mewawancarai para pemilik stan sepatu di lapangan.

Lokasi penelitian ini di Jalan raya Trowulan Kabupaten Mojokerto, objek penelitian ini adalah stan sepatu dengan menggunakan menggunakan *stratified random sampling* dimana hanya memilih objek-objek kajian yang sesuai kriteria variabel bebas untuk di ukur variabel terikatnya (suhu bola kering, radiasi matahari, dan pola pergerakan udara). Pengukuran menggunakan *Dry bulb thermometer* yang terpadu dengan *anemometer* dan *hygrometer* versi digital yang dilakukan pada tanggal 1 Oktober 2016 pukul 11.00 WIB dengan mengukur objek kajian yang berada pada sisi eksterior dan interior.



Gambar 1. Lokasi penelitian dan batas-batas tapak

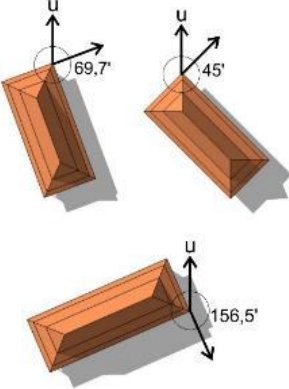
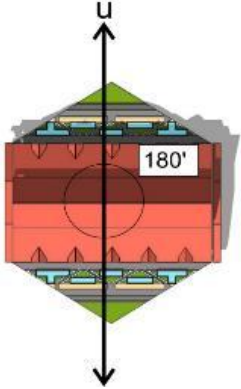
Data berupa kondisi termal (Suhu udara, pergerakan angin) selanjutnya dicocokkan dengan standart (SNI, *mom*, *ASHRAE*) untuk mengetahui batas ambang kenyamanan termal. simplifikasi model digunakan untuk menggambarkan kondisi eksisting yang selanjutnya divalidasi untuk mengetahui perubahan-perubahannya.. Alat validasi yang digunakan yaitu *Ecotect analysis 2011* untuk melihat perubahan intensitas radiasi matahari dan suhu udara, sedangkan *Autodesk flow design* digunakan untuk melihat gejala angin terhadap objek kajian. Hasil analisa kondisi eksisting akan menjadi dasar dalam desain baru yang mengusahakan kenyamanan termal setelah itu dilakukan evaluasi terhadap hasil desain untuk membandingkan hasil rancangan dan rekomendasi.

3. Hasil dan Pembahasan

PPST berbatasan langsung dengan lalu lintas jalan Nasional Surabaya menuju Yogyakarta dengan iklim yang cenderung panas baik siang hari maupun malam hari suhu yang diperoleh $Av.t^0$ yakni $32,1^{\circ}C$. Iklim yang didapatkan dari tahun 2014 hingga 2016 menunjukkan cenderung mengalami peningkatan suhu udara, penurunan kelembaban udara serta peningkatan kecepatan angin pada area tersebut. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi kondisi termal yaitu bangunan terlalu banyak menerima panas pada azimuth 45° dan $69,7^{\circ}$, konfigurasi bangunan yang linier mengakibatkan tidakmeratanya pola pergerakan udara pada lorong-lorong bangunan, tidak terdapat ventilasi silang pada area dalam pada setiap retail, bangunan menggunakan *U-Value* tinggi, serta minimnya vegetasi pada tapak. Berikut ini merupakan analisa dan rekomendasi desain arsitektur terhadap kondisi termal pada PPST Mojokerto.

3.1 Orientasi Bangunan

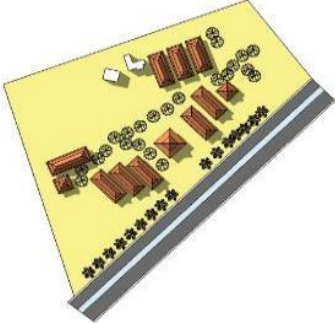

Tabel 1. Orientasi bangunan terhadap sinar matahari

| Variabel bebas | Variabel Terikat | Analisa dan sintesa eksisting | Rekomendasi |
|---|------------------|---|--|
| Orientasi bangunan ditinjau dari bidang penerima panas. | Radiasi matahari |  <p>Kondisi eksisting mempunyai tiga jenis orientasi yaitu $69,7^{\circ}$, 45°, dan $156,5^{\circ}$. Ketiga jenis orientasi tersebut menyebabkan perbedaan penerimaan radiasi. penerimaan radiasi tersebut terlalu besar sehingga harus direduksi.</p> <p>Pengukuran Radiasi matahari melalui alat bantu <i>software ecotect analysis</i>. Hasil pengukurannya adalah pada orientasi $69,7^{\circ}$ menerima radiasi sebesar $97,29$ Wh, pada orientasi 45° yaitu $87,65$ Wh, dan pada orientasi $156,5^{\circ}$ yaitu $75,32$ Wh</p> |  <p>Dengan mempertimbangkan panas matahari yang diterima bangunan maka semua bangunan utama yakni tipe A dan tipe mengalami pergantian orientasi menjadi $180^{\circ}/0^{\circ}$. Dengan berubahnya orientasi tersebut maka berubah pula panas yang diterima bangunan. pada kondisi eksisting, panas paling tinggi yang diterima bangunan yakni sebesar $97,29$ Wh, sedangkan pada rekomendasi panas yang diterima berjumlah $59,24$. Dengan demikian terjadi penurunan sebesar $39,1\%$</p> |

3.2 Konfigurasi bangunan

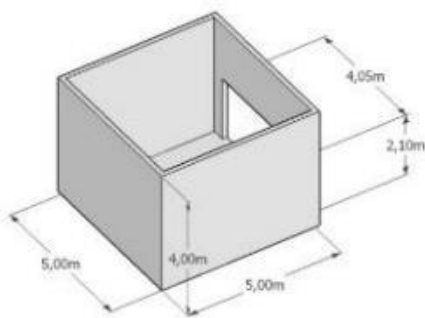
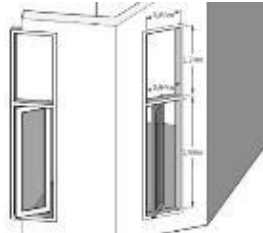
Pola pergerakan angin pada tapak didapatkan melalui hasil analisis Autodesk flow design dengan simplifikasi model. Pola pergerakan udara dikategorikan menjadi 5 macam yaitu laju angin, *breeze way*, bayangan angin, muka angin dan olakan udara. Perilaku angin tersebut akan dihitung dari kondisi eksisting dan rekomendasi kemudian dilihat perubahannya

Tabel 2. Penataan massa terhadap pola pergerakan udara

| Variabel bebas | Variabel Terikat | Analisa dan sintesa eksisting | Rekomendasi |
|----------------|-----------------------|--|---|
| Penataan massa | Pola pergerakan angin | <p>Konfigurasi eksisting</p>  <p>membentuk pola-pola linier pada bagian depan dan belakang. Konfigurasi tersebut berpengaruh pada angin yang berada dilingkungan tapak. Untuk menguji angin yang melalui tapak, maka dilakukan alat bantu berupa <i>software Autodesk flow design</i>. Hasil dari simulasi angin dapat dicermati pada ulasan berikut ini.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Laju angin pada area luar 5,075 m/s 2. <i>Breeze way</i> (jalan angin) 6 jalan angin dari 11 lorong antar bangunan 3. <i>Leeward</i> (bayangan angin) 11 lokasi 4. <i>Windward</i> (Muka angin) sebesar 37,5 % 5. Olakan berada pada 5 lokasi |  <p>Konfigurasi bangunan pada PPST berubah secara keseluruhan. Perubahan bentuk konfigurasi bangunan tersebut bertujuan untuk memanfaatkan kondisi angin dilingkungan tapak agar dapat membantu mengurangi pengendalian udara aktif. Berikut adalah hasil perhitungan pola pergerakan udara.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Laju angin pada area luar 3,6 m/s 2. <i>Breeze way</i> (jalan angin) 19 laju angin dari 23 lorong bangunan 3. <i>Leeward</i> (bayangan angin) 4 lokasi 4. <i>Windward</i> (Muka angin) sebesar 85 % 5. Olakan 4 lokasi |

3.3 Penghawaan alami





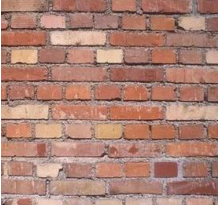

Tabel 3. Bukaan terhadap pola pergerakan udara


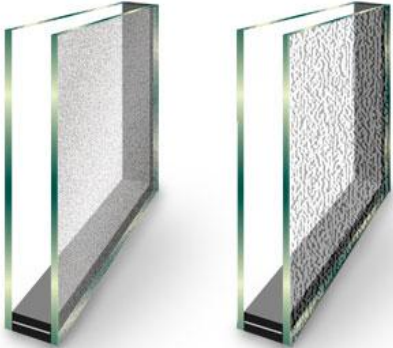
| Eksisting | | |
|----------------|-----------------------|--|
| Variabel bebas | Variabel Terikat | Analisa dan sintesa eksisting |
| Inlet | Pola pergerakan udara |  <p>Pada kondisi eksisting belum bisa tercipta cross ventilation, karena pada retail belum terdapat <i>inlet</i> dan <i>outlet</i>. Keluar masuknya udara hanya melalui bukaan dengan dimensi 4,05 x 2,1 m</p> |
| Outlet | Pola pergerakan udara | - |
| Rekomendasi | | |
| Inlet | Pola pergerakan udara |  <p>Untuk meminimalisir penggunaan kipas mekanik maupun AC pada setiap retail PPST menerapkan konsep penghawaan alami yang memanfaatkan angin disekitar tapak dengan ventilasi silang. Ventilasi tersebut terdapat 2 jenis yaitu ventilasi horizontal dan vertikal. Didalam setiap jenis ventilasi silang tersebut terdapat bukaan untuk udara masuk (<i>inlet</i>) dan bukaan untuk udara keluar (<i>outlet</i>). Dimensi pada <i>inlet</i> 0,64x 3,22 m, sedangkan outlet 0,9x4,85 m. Inlet terdiri dari tiga buah bukaan yang menghadap pada sisi luar bangunan. Tiga buah inlet ini mempunyai orientasi yang berbeda dengan tujuan untuk menangkap angin lebih banyak disekitar tapak. Letak posisi inlet didasari oleh letak muka angin pada retail. Muka angin yaitu fasad yang paling besar menerima angin. Untuk memperoleh muka angin, maka dibantu oleh software simulasi yaitu <i>autodesk flow design</i>.</p> |

| | | |
|---------------|------------------------------|---|
| <p>Outlet</p> | <p>Pola pergerakan udara</p> | <div data-bbox="933 273 1177 493" data-label="Image"> </div> <p>Outlet terdapat 2 buah yaitu pada bagian bawah dan pada bagian atas. Pada bagian bawah mempunyai dimensi 1,64m x 2,1 m, sedangkan pada sisi atas 0,9 m x 4,85 m. Outlet mempunyai luas yang lebih besar dibandingkan dengan luas inlet, hal ini bertujuan agar udara mengalami peningkatan kecepatan gerak udara pada ruangan (efek venturi). Perbandingan rasio inlet outlet (pada denah) adalah 0,76 : 1,6 dibulatkan menjadi 1:2. Berdasarkan rasio luas yang diperoleh dari ASHRAE 1981 Fundamentals p.22.7 ruangan yang bersangkutan mengalami percepatan udara sebesar 26%. Berikut ini adalah visualisasi pola pergerakan udara di dalam bangunan.</p> <div data-bbox="857 892 1318 1621" data-label="Image"> </div> |
|---------------|------------------------------|---|

3.4 Material bangunan

Tabel 4. Material terhadap temperatur

| Variabel bebas | Variabel Terikat | Analisa dan sintesa eksisting | Rekomendasi |
|----------------|--------------------------|---|---|
| Jenis material | Temperatur udara ruangan | <p>1) Material atap</p>  <p>Gedung yang dibangun pada tahun 2007 ini mempunyai atap yaitu genteng yang terbuat oleh tanah liat dengan U-value 1,82. Genteng dari tanah liat belum mampu untuk menurunkan suhu secara maksimal oleh sebab itu material tersebut harus diganti dengan U-Value lebih rendah.</p> <p>2) Plafond</p>  <p>Plafond pada bangunan menggunakan plafond gipsum sederhana dengan U value 5,16.</p> <p>3) Dinding</p>  <p>Dinding pada bangunan menggunakan pasangan ½ bata dengan plaster. Pasangan bata tersebut mempunyai U-value 2,62. Agar material bata ini lebih mampu menyerap panas maka U-Value harus diturunkan. Untuk memperoleh U-Value lebih rendah, maka dinding mengalami penebalan menjadi pasangan 1 bata dengan plaster.</p> | <p>1) Atap</p>  <p>Material atap pada rancangan baru menggunakan beton dengan lapis aspal. Selain mempunyai U-value lebih rendah dibandingkan tanah liat, genteng tersebut tahan terhadap suhu tinggi dan suhu rendah.. U-value pada material ini adalah 0,42.</p> <p>2) Plafond</p> <p>Pada rancangan baru retail tidak menggunakan plafond</p> <p>3) Dinding</p>  <p>Penebalan dinding menjadi pasangan 1 bata dengan plester membuat U-Value lebih rendah dari pada sebelumnya. Penebalan dinding menjadi 1 bata membuat dinding lebih tahan panas dengan U-value 1,95.</p> <p>4) Lantai</p>  <p>Jenis material lantai pada rancangan baru tidak mengalami perubahan karena U-value sudah rendah.</p> |

| | <p>4) Lantai</p>  <p>Lantai pada setiap retail terbuat dari lantai keramik (conclab on ground) dengan U-value 0,88. Material lantai dipertahankan karena sudah memiliki U-value yang cukup rendah.</p> <p>5) Double glass low E</p> <p>Pada kondisi eksisting tidak menggunakan kaca penyerap panas</p> <p>Berikut adalah rekapitulasi penggunaan material ekisting :</p> | <p>5) Double glass low E</p>  <p>Material kaca merupakan material tambahan yang berada pada sisi timur dan barat. Fungsi material ini adalah untuk menghalangi panas pada siang hari dan sore hari. Jenis material ini adalah double glass low E berwarna kebiruan dengan tebal 12 mm.</p> <p>Berikut adalah rekapitulasi penggunaan material Rekomendasi :</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--|--|----------|---------|---------|--------------------------|------|------|---|------|---------|---------------|------|--------|---------|-----|---|-------|----------|---------|---------|-----------------------------|------|------|--|------|------|--------------------|------|--------|---------|------|
| | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jenis</th> <th>Material</th> <th>U value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dinding</td> <td>Pasangan bata ½. Plester</td> <td>2,62</td> </tr> <tr> <td>Atap</td> <td>Genting keramik + Alumunium foil, rangka kayu</td> <td>1,82</td> </tr> <tr> <td>Plafond</td> <td>Acoustic tile</td> <td>5,16</td> </tr> <tr> <td>Lantai</td> <td>Keramik</td> <td>2,9</td> </tr> </tbody> </table> | Jenis | Material | U value | Dinding | Pasangan bata ½. Plester | 2,62 | Atap | Genting keramik + Alumunium foil, rangka kayu | 1,82 | Plafond | Acoustic tile | 5,16 | Lantai | Keramik | 2,9 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jenis</th> <th>Material</th> <th>U-value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dinding</td> <td>Pas. Bata 1. Plester. Tb 22</td> <td>1,95</td> </tr> <tr> <td>Atap</td> <td>Beton bertulang lapis aspal tb. 15 cm dan rock wool 5 cm</td> <td>0,42</td> </tr> <tr> <td>Kaca</td> <td>Double glass low E</td> <td>2,41</td> </tr> <tr> <td>Lantai</td> <td>Keramik</td> <td>0,88</td> </tr> </tbody> </table> | Jenis | Material | U-value | Dinding | Pas. Bata 1. Plester. Tb 22 | 1,95 | Atap | Beton bertulang lapis aspal tb. 15 cm dan rock wool 5 cm | 0,42 | Kaca | Double glass low E | 2,41 | Lantai | Keramik | 0,88 |
| Jenis | Material | U value | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dinding | Pasangan bata ½. Plester | 2,62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Atap | Genting keramik + Alumunium foil, rangka kayu | 1,82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plafond | Acoustic tile | 5,16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lantai | Keramik | 2,9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jenis | Material | U-value | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dinding | Pas. Bata 1. Plester. Tb 22 | 1,95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Atap | Beton bertulang lapis aspal tb. 15 cm dan rock wool 5 cm | 0,42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kaca | Double glass low E | 2,41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lantai | Keramik | 0,88 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3.5 Vegetasi

Tabel 4. Material terhadap temperatur

| Variabel bebas | Variabel Terikat | Analisa dan sintesa eksisting | Rekomendasi |
|-------------------|------------------|--|---|
| Penataan Vegetasi | Temperatur |  <p>Vegetasi pada tapak terdiri dari 2</p> |  <p>Pohon palem yang berfungsi</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>jenis yaitu yaitu pohon kersen (<i>Muntingia calabura</i>) dan pohon palem (<i>Veitchia Merrilli</i>). Pohon kersen eksisting berfungsi sebagai peneduh pada sekitar retail dan sirkulasi pejalan kaki. Pohon palem eksisting berfungsi sebagai pemecah angin dan pembatas tapak dengan jalan raya. Vegetasi eksisting belum mampu untuk memaksimalkan kenyamanan termal dilingkungan PPST. Maka dilakukan penataan ulang, dan penambahan jenis vegetasi.</p> | <p>sebagai pemecah angin dan pohon kersen yang berfungsi ssebagai peneduh pada kondisi eksisting dipertahankan keberadaannya, namun ditata ulang posisinya. Penambahan jenis vegetasi rekomendasi yaitu pohon kayu manis sebagai penyerap polutan, tanaman teh-tehan sebagai pembatas fisik, dan tanaman bougenville sebagai elemen estetik.</p> |
|--|--|--|

4. Kesimpulan

Penyebab ketidaknyamanan termal lingkungan PPST adalah temperatur udara yang cukup tinggi karena penggunaan material dan minimnya peneduh pada area luar, Radiasi matahari cukup tinggi karena orientasi bangunan dan, aliran udara yang cenderung rendah karena konfigurasi massa yang linier dan kurangnya pemerataan udara dalam ruangan. Untuk membuat kondisi termal yang baik dalam memenuhi kenyamanan termal maka dilakukan redesain PPST dengan yang menyertakan beberapa variabel desain. Dengan perubahan tersebut maka didapatkan hasil Radiasi yang diterima bangunan menurun 17,4 %, Suhu dalam ruangan menurun semula 28,3 °C menjadi 27,7 °C, penurunan sekitar 2,1 %, percepatan aliran udara diruangan sebesar 26 % dan aliran udara antar massa yang merata.

Daftar pustaka

- Amelia, K. P. (2013). Pengaruh Orientasi Bangunan Terhadap Kenyamanan Termal Pada Perumahan Di Bandung. *Berkala Ilmiah Narasi Arsitektur*, 13-16.
- Idham, N. C. (2016). *Arsitektur Dan Kenyamanan Termal*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Lathifah, N. L. (2015). *Fisika Bangunan 1*. Jakarta: Griya Kreasi.
- Olanipekun. (2014). *Examination of thermal comfort in a naturally ventilted hostel using PMV-PPD Model and field survey. American journal of engineering researcher (AJER)*, 8-12.
- SNI-6390:2011. (2011). *Konservasi Energi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.