

NILAI PREDICTED MEAN VOTE (PMV) PADA BANGUNAN DENGAN SISTEM PERKONDISIAN UDARA CAMPURAN (Studi Kasus: Gereja Katedral Semarang)

Augi Sekatia ^{*)}

^{*)}Mahasiswa Program Doktor Teknik Arsitektur dan Perkotaan, Universitas Diponegoro Semarang
e-mail: augisekatia@gmail.com

Abstract

In this modern era, passive cooling buildings are rare to find. Semarang City, at Central Java has a building with down ventilation (passive cooling) mixed with active cooling with them, that is Katedral Church. Predicted Mean Vote (PMV) is a score that shows thermal sensation of building, which is if with this score, we can get the thermal sensation of this building. This reasearch use quantitave method wih direct measurement. Research held in 5 worship times and 9 measuring points conditioned with down ventilation opened and with church service. Dry bulb temperature, effective temperature, relative humidity, air velocity, PMV (Predicted Mean Vote) and PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) would be measured in this research. Semarang Katedral Church was built in Dutch East Indies colonialism and inaugurated on 1940. This buliding predicted has PMV score between -1 until 0 which mean that this buiding has slightly cool to neutral thermal sensation. The conclutions of this research is 9 measuring points have neutral thermal sensation with PMV score gets near to 0 which mean Katedral Church has a neutral thermal condition and comfortable thermal condition. The measuring points where are near down ventilation (A, C, G, and I) have lower Effective Temperature and Relative Humidity from another points, and also have higher Air Velocity too. PMV score at these points shows neutral to slightly cool thermal sensation which score is lower than another measuring points.

Keywords: Church, Ventilation, PMV, PPD, Thermal Comfort

1. LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis lembab, yang mana dalam perkembangan jaman banyak bangunan yang tidak mengedepankan desain tropis. Hal tersebut tentunya mempengaruhi kenyamanan termal yang ditimbulkan oleh bangunan tersebut. Kenyamanan termal adalah kondisi pikir seseorang yang mengekspresikan kepuasan dirinya terhadap lingkungan termalnya. (Szokolay, 1973). Salah satu unsur kenyamanan yang sangat penting adalah kenyamanan termal, karena menyangkut kondisi suhu ruangan yang nyaman. Bangunan kolonial Belanda adalah salah satu desain bangunan yang masih mengedepankan desain tropis. Menurut ASHRAE 1989, kenyamanan thermal dapat diperoleh bila temperatur efektif 23°C - 27°C, kelembaban udara 30%-60%, tingkat metabolisme 1-1,2, kondisi pakaian 0,5 – 0,6 , dan kecepatan angin lebih dari 0,2 m/s. Kenyamanan termal dapat diprediksi dengan nilai PMV atau *Predicted Mean Vote*.

Di Kota Semarang terdapat bangunan peninggalan kolonial belanda yang masih menggunakan ventilasi alami khususnya ventilasi bawah untuk mendukung perkondisian udara buatan, bangunan tersebut adalah Gereja Katedral Semarang. Gereja ini tidak membutuhkan AC kecuali bila jemaat yang datang membengkak. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk meneliti tentang bagaimana nilai PMV yang dihasilkan bangunan tersebut saat menggunakan perkondisian udara campuran antara aktif dan pasif.

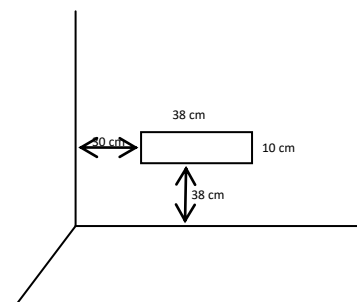
2. DATA OBJEK



Gambar 1
Gereja Katedral Semarang
Sumber: Sekatia (2015)

Gereja Katedral Semarang (Gambar 1) berada di Kota Semarang, Jawa Tengah. Suhu minimum rata-rata yang diukur di Stasiun Klimatologi Semarang berubah-ubah dari 21,1 °C pada September ke 24,6 °C pada bulan Mei, dan suhu maksimum rata-rata berubah-ubah dari 29,9 °C ke 32,9 °C. Kelembaban relatif bulanan rata-rata berubah-ubah dari minimum 61% pada bulan September ke maksimum 83% pada bulan Januari. Kecepatan angin bulanan rata-rata di Stasiun Klimatologi Semarang berubah-ubah dari 215 km/hari pada bulan Agustus sampai 286 km/hari pada bulan Januari. Lamanya sinar matahari, yang menunjukkan rasio sebenarnya sampai lamanya sinar matahari maksimum hari, bervariasi dari 46% pada bulan Desember sampai 98% pada bulan Agustus.

Gereja Katedral Semarang (nama resminya "Katedral Santa Perawan Maria Ratu Rosario Suci Randusari") adalah sebuah gereja yang berada di Jl. Pandanaran No. 9, Semarang, Jawa Tengah yang diresmikan pada tahun 1940. Katedral terletak di dekat Tugu Muda, Semarang. Gereja ini dibangun di atas pondasi batu, dengan ruang, besar kolom bebas dalam jemaat. Atap dan lengkungan memiliki parapets, dan pintu pada bangunan wajah persegi panjang utara, barat, dan selatan; bagian depan gereja terletak di sebelah barat. Bangunan Gereja ini memiliki ventilasi bawah (Gambar 2) berdimensi 10x38cm yang berada di bagian depan (dua buah) dan bagian belakang (dua buah).

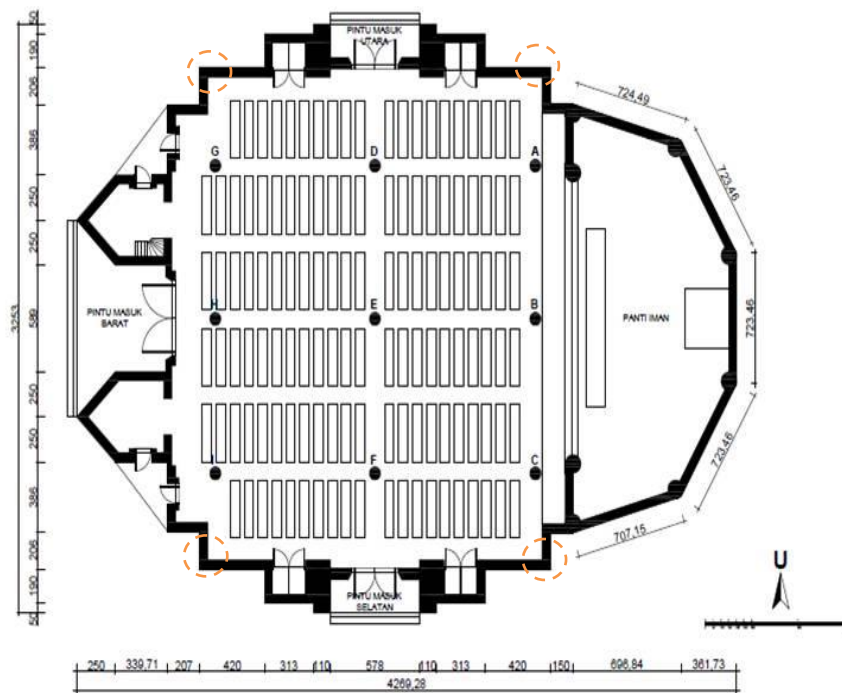


Gambar 2
Lubang Ventilasi bawah
Sumber: Sekatia (2015)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif. Data kuantitatif didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan. Adapun variabel-variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Variabel bebas : Kecepatan Angin, Temperatur, Kelembaban Relatif
- Variabel terikat : Temperatur Efektif, PMV, dan PPD
- Konstanta : insulasi pakaian (0,54 clo), metabolisme (1,0 met)



Gambar 3
Denah Titik Ukur
Sumber: Sekatia (2015)

Pengukuran akan dilakukan pada 5 waktu ibadah yakni pukul 05:30, 07:00, 08:45, 16:30, dan 18:15. Dengan 9 titik ukur seperti pada gambar 3 (diukur 1,1m dari lantai dengan asumsi kegiatan duduk beribadah). Dilakukan pula perbedaan kondisi dengan ventilasi bawah dibuka dengan AC dinyalakan. Alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran adalah *hotwire anemometer* dan *digital thermo-hygrometer* (Gambar 4). Perhitungan PMV dan PPD dilakukan menggunakan metode hitung PMV dimana dapat diakses melalui <http://comfort.cbe.berkeley.edu/>.

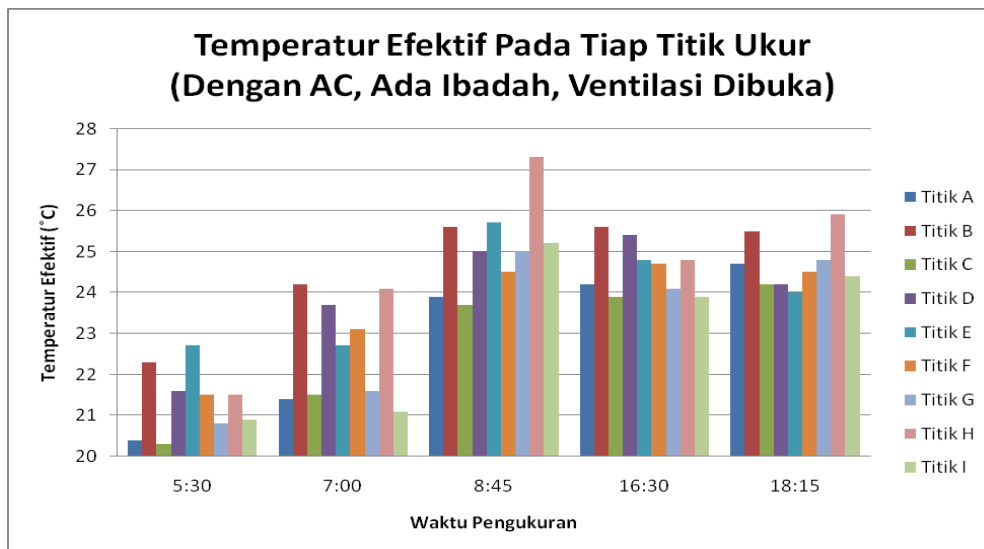


Gambar 4
Hotwire Anemometer dan Digital Thermo-hygrometer
Sumber: Sekatia (2015)

4. ANALISA

A. Temperatur Efektif

Grafik 1
Temperatur Efektif
Sumber: Sekatia (2015)



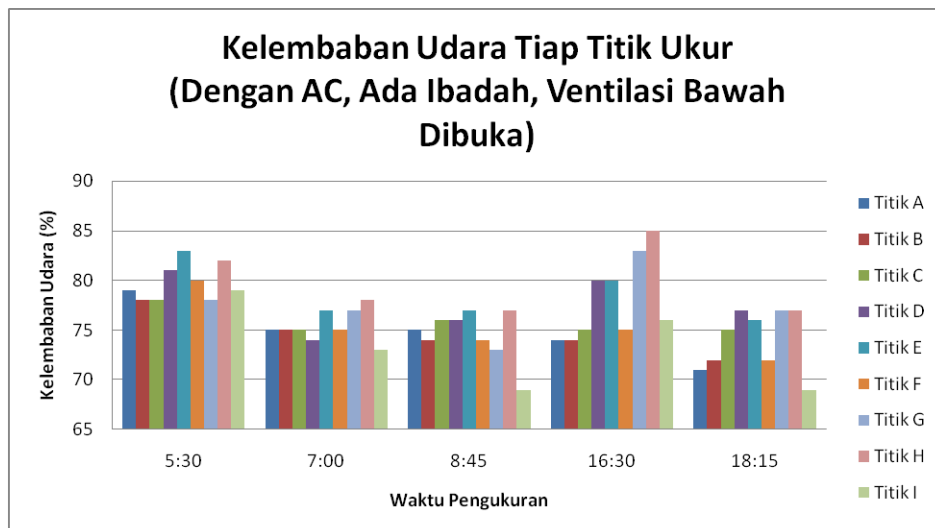
Houghton dan Yaglou (dalam 'Determining Lines of Equal Comfort', *Transactions of America Society of Heating and Ventilating Engineers* Vol. 29, 1923) menyatakan kenyamanan sebagai fungsi dari radiasi panas, temperatur, kelembaban udara dan gerakan udara yang disebut sebagai Temperatur Efektif (TE). Temperatur efektif yang dapat dikatakan nyaman adalah suhu yang berada sekitar TE 23°C - 27°C. (ASHRAE 1989).

Dari kondisi pada grafik 1 tersebut dapat disimpulkan bahwa temperatur efektif selalu berada di bawah 28°C yang mana mengindikasikan suhu yang nyaman. TE tertinggi berada pada waktu ukur 8:45 dimana matahari mulai terik dan pengunjung yang beribadah paling banyak. Titik

yang berada di dekat dengan ventilasi bawah, cenderung memiliki temperatur efektif yang relatif lebih rendah yakni pada titik A, titik C, titik G, dan titik I. Sedangkan titik yang berada jauh dari ventilasi bawah akan cenderung memiliki TE yang lebih tinggi, dapat dilihat pada grafik yakni titik B, titik F, titik D, dan titik H. Keadaan dengan ventilasi bawah terbuka memberikan efek penurunan suhu dengan adanya angin yang masuk dari luar bangunan. Ventilasi bawah tidak mengeluarkan udara dingin yang berada di dalam bangunan, namun hanya memasukkan angin dari luar ke dalam bangunan sehingga walaupun AC dinyalakan, udara dingin tidak akan keluar bangunan sehingga ventilasi bawah yang dibuka cenderung menurunkan lagi TE dalam ruangan.

B. Kelembaban Udara

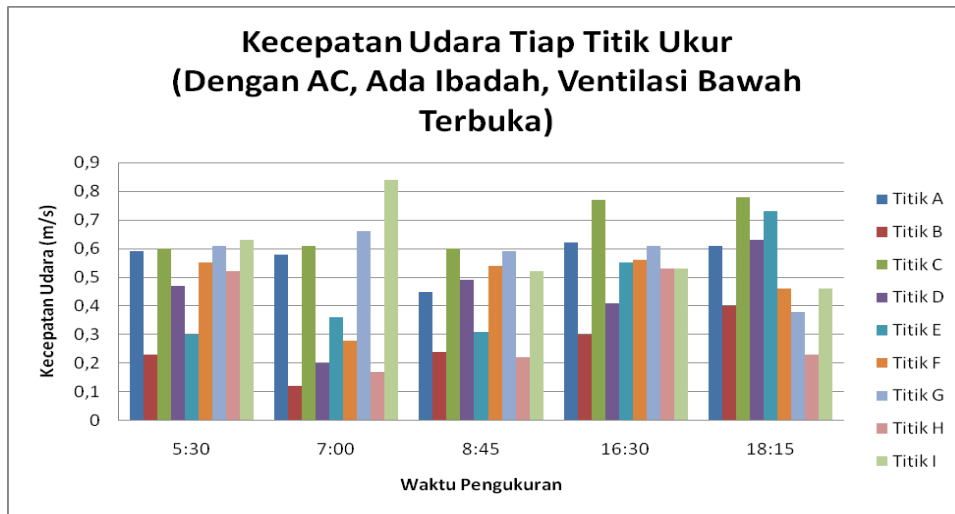
Grafik 2
Kelembaban Udara
Sumber: Sekatia (2015)



Kelembaban udara yang dapat dikatakan nyaman adalah kelembaban 30%-90%. (ASHRAE Standart 55-2004). Dari grafik 2 dapat disimpulkan bahwa kelembaban udara paling tinggi berada pada pukul 05:30. Hal tersebut karena masih pagi dan dimana pagi hari masih terjadi proses pengembunan titik-titik air yang menyebabkan keadaan masih sangat lembab. Kondisi kelembaban terendah terjadi pada pukul 18:15, dikarenakan pada jam tersebut lebih berangin. Titik yang memiliki kelembaban udara paling tinggi adalah titik E dan H yang berada di tengah bangunan. Titik yang berada di dekat ventilasi bawah memiliki kelembaban udara yang relatif lebih rendah dari titik lainnya. Saat ventilasi bawah dibuka, kelembaban udara menjadi lebih menurun.

C. Kecepatan Udara

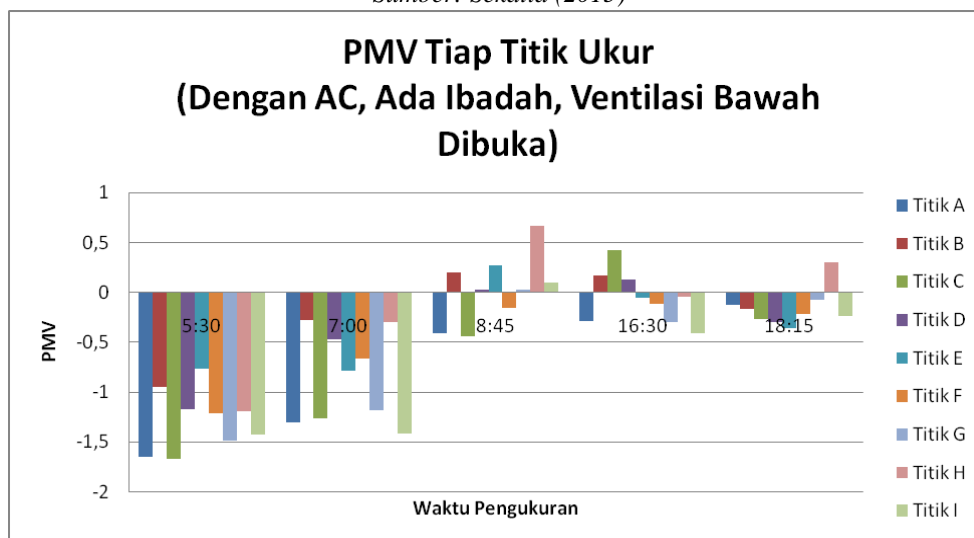
Grafik 3
Kecepatan Udara
Sumber: Sekatia (2015)



Kecepatan udara yang dapat dikatakan nyaman adalah sebesar 0,2m/s – 0,8m/s. (ASHRAE Standart 55-2004). Dari grafik 3 dapat disimpulkan bahwa saat ventilasi bawah dalam keadaan terbuka, maka kecepatan udara dalam ruangan semakin tinggi. Hal ini terjadi karena angin dari luar bangunan masuk ke dalam bangunan melalui ventilasi bawah. Angin yang masuk dari ventilasi bawah merupakan angin yang membawa suhu yang dingin sehingga saat masuk ke dalam bangunan menyebabkan suhu udara dalam bangunan juga ikut turun. Dengan adanya AC juga sangat membantu meningkatkan kecepatan udara yang ada di dalam bangunan gereja. Titik yang memiliki kecepatan udara tertinggi adalah titik A, C, G dan I.

D. PMV (Predicted Mean Vote)

Grafik 4
Nilai PMV
Sumber: Sekatia (2015)

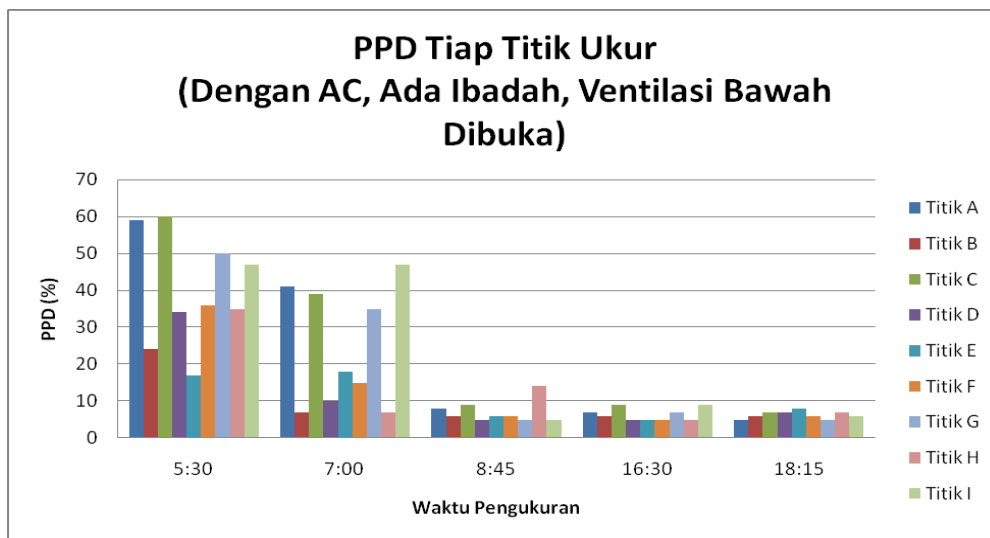


PMV merupakan index yang memperkirakan respon sekelompok besar manusia pada skala sensasi termal ASHRAE berikut; +3 *hot* (panas), +2 *warm* (hangat), +1 *slightly warm* (agak hangat), 0 *neutral* (netral), -1 *slightly cool* (agak sejuk), -2 *cool* (sejuk), dan -3 *cold* (dingin). Nilai PMV (*Predicted Mean Vote*) menentukan jangkauan sensasi yang dirasakan orang terhadap lingkungan. Nilai nol adalah netralitas termal tapi bukan berarti kenyamanan termal. Pada grafik 4 dapat dilihat bahwa nilai PMV pada setiap waktu ukur dan pada setiap titik lebih cenderung dari arah agak dingin (-1) ke netral (0). Nilai PMV tertinggi terdapat pada waktu ukur 8:45 yakni berada pada nilai antara -0,5 sampai +0,5 dan terendah pada waktu ukur 5:30 yakni pada nilai -1,5 sampai nilai 0. Nilai PMV cenderung sejuk ke netral pada saat pagi hari dan cenderung agak sejuk ke agak hangat pada waktu 8;45 sampai dengan 18:15. Suhu udara, TE, Kelembaban udara, kecepatan angin, manusia, dan kegiatan sangatlah berpengaruh pada nilai PMV. Berdasarkan ASHRAE Standart 55 – 2004 terdapat kondisi yang dapat diterima sebagai kondisi yang nyaman yakni nilai PMV berkisar antara -0,5 sampai dengan +0,5.

E. PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*)

Grafik 5
Nilai PPD

Sumber: Sekatia (2015)



PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) merupakan banyaknya orang (dalam persentase) yang tidak puas terhadap lingkungan. Semakin besar presentase PPD makin banyak yang tidak puas. Dapat dilihat dari grafik 5 bahwa nilai PPD tertinggi berada pada waktu ukur 5:30 dan terendah pada waktu ukur 16:30. Hal tersebut dikarenakan pada pukul 5:30 termasuk ke dalam kondisi yang dingin sehingga diasumsikan bahwa manusia merasakan ketidaknyamanan. Nilai PPD ini hanya nilai asumsi, sehingga akan lebih baik bila dilakukan wawancara langsung kepada pengunjung. Pada saat keadaan dengan AC dan ventilasi dibuka membuat nilai PPD lebih tinggi karena pada dasarnya keadaan sudah cukup nyaman, namun dengan adanya ventilasi bawah yang dibuka maka keadaan akan menjadi sedikit lebih dingin dan nilai PMV semakin menjauhi nilai 0 sehingga nilai PPD nya akan bertambah.

F. Analisa Tiap Titik Ukur

Pada setiap kondisi pengukuran diatas tersebut didapatkan Temperatur Efektif, PMV, dan PPD pada setiap titik yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

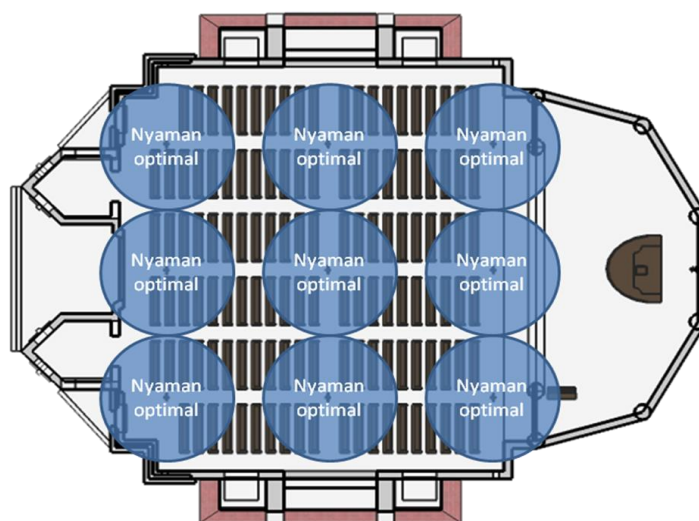
1. Temperatur Efektif
 - a. Mom-Wiesebron

Mom dan Wiesebron (Soegijanto 1998) terdapat zona kenyamanan sesuai dengan temperatur efektif pada tabel 1 berikut.

Tabel 1
Zona Kenyamanan Temperatur Efektif Menurut Mom dan Wiesebron

Kriteria	Temperatur Efektif (TE)
▪ Sejuk-Nyaman Ambang atas	20,5 ⁰ C – 22,8 ⁰ C 23 ⁰ C
▪ Nyaman-Optimal Ambang atas	22,8 ⁰ C – 25,8 ⁰ C 28 ⁰ C
▪ Panas-Nyaman Ambang atas	25,8 ⁰ C – 27,1 ⁰ C 31 ⁰ C

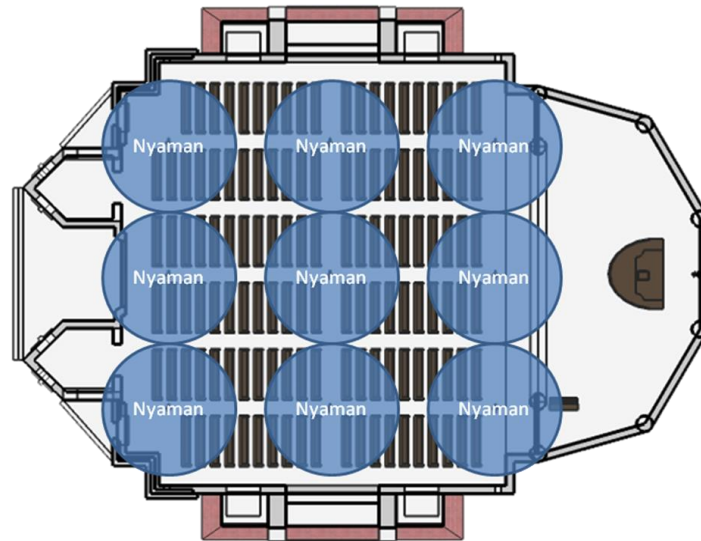
Sumber: Sugijanto 1998



Gambar 5
Analisa Temperatur Efektif Pada Tiap Titik menurut Mom-Wiesebron
 Sumber: Data Peneliti

Dapat dilihat pada gambar 5, temperatur efektif pada setiap titik ukur bangunan mengindikasikan pada zona nyaman optimal. Dari kesembilan titik ukur, terdapat empat titik yang memiliki temperatur efektif yang lebih rendah dari kelima titik lainnya yakni titik A, C, G dan I. Titik-titik tersebut berada di dekat ventilasi bawah.

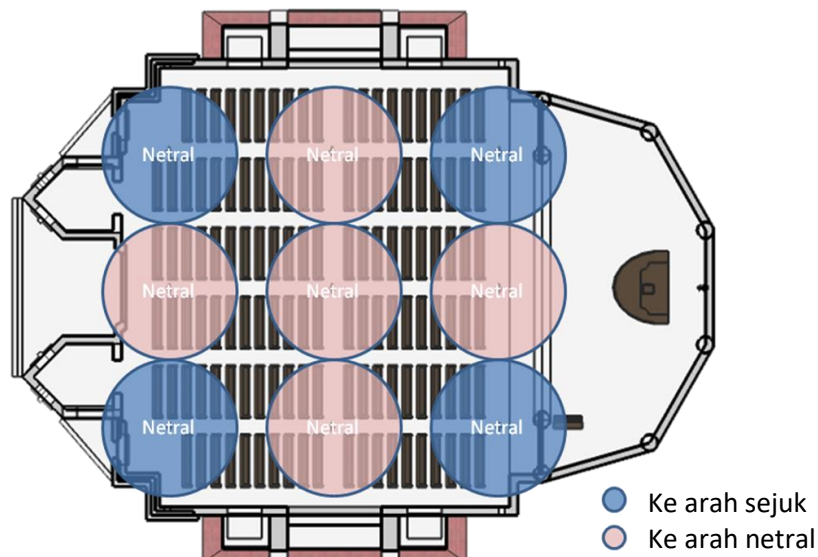
b. ASHRAE 1989



Gambar 6
Analisa Temperatur Efektif Pada Tiap Titik menurut ASHRAE 1989
Sumber: Data Peneliti

Temperatur efektif yang dapat dikatakan nyaman adalah suhu yang berada sekitar $TE\ 23^{\circ}C - 27^{\circ}C$. (ASHRAE 1989). Pada gambar 6, setiap titik ukur mengindikasikan zona nyaman, namun sama seperti gambar sebelumnya bahwa nilai Temperatur Efektif pada titik A, C, G, dan I yang merupakan titik terdekat dengan ventilasi bawah memiliki TE yang lebih rendah daripada titik ukur lainnya.

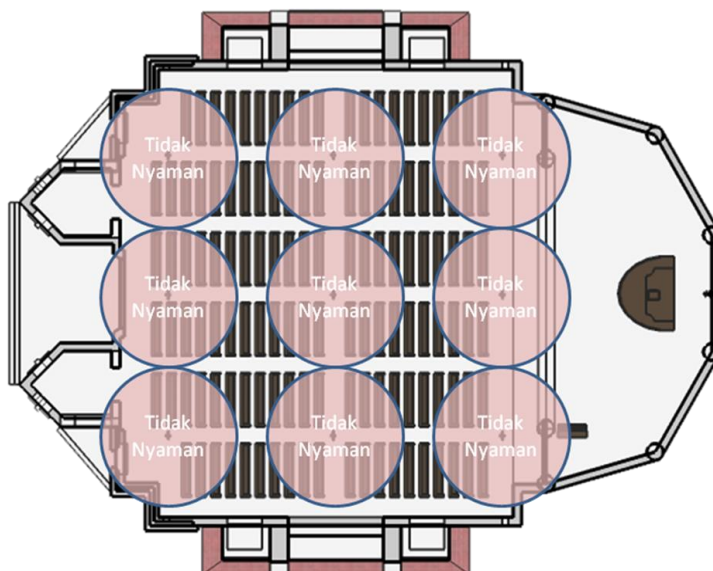
2. PMV (ASHRAE Standart 55-2004)



Gambar 7
Analisa Nilai PMV menurut ASHRAE 55-2004
Sumber: Data Peneliti

Dalam ASHRAE Standart 55 – 2004 terdapat kondisi yang dapat diterima sebagai kondisi yang nyaman yakni nilai PMV berkisar antara -0,5 sampai dengan +0,5. Rata-rata nilai PMV pada setiap titik mengindikasikan sensasi termal netral (mendekati nilai 0). Namun pada titik yang berada di dekat ventilasi bawah memiliki kecenderungan ke arah yang lebih sejuk, sedangkan untuk kelima titik lainnya memiliki kecenderungan ke arah hangat. (Gambar 7)

3. PPD (ASHRAE Standart 55-2004)



Gambar 8
Analisa Nilai PPD menurut ASHRAE 55-2004
Sumber: Data Peneliti

PPD pada setiap titik ukur memiliki kecenderungan tidak nyaman karena memiliki nilai PPD yang melebihi 10%. Nilai PPD ini akan selalu menjadi lebih besar bila nilai PMV menjauhi nilai 0, itulah sebabnya pada kesembilan titik ukur tersebut tidak ada yang memasuki zona nyaman menurut PPD, namun memasuki zona nyaman menurut PMV. (Gambar 8)

5. KESIMPULAN

Temperatur Efektif pada bangunan Gereja Katedral Semarang masuk dalam zona nyaman dengan titik yang dekat dengan ventilasi bawah (titik A, C, G, I) memiliki TE yang lebih rendah. Hal tersebut disebabkan karena ventilasi bawah membuat angin masuk melalui lubang ventilasi dan menurunkan kelembaban. Kelembaban udara tertinggi berada pada waktu ukur 5:30 karena masih terbentuknya titik-titik air dan uap air diudara. Titik A, C, G, dan I dimana yang berada dekat dengan ventilasi bawah memiliki kelembaban yang paling rendah dikarenakan paling dekat dengan sumber angin. Titik yang berada dekat dengan ventilasi bawah yakni titik A, C, G, dan I memiliki kecepatan udara lebih tinggi dibandingkan dengan titik lainnya.

Nilai PMV pada bangunan ini berada pada nilai antara -1 sampai dengan 1 yakni dari agak dingin menuju ke agak hangat. Nilai PMV terendah pada pukul 5:30 dan tertinggi pada pukul 8:45.

Nilai PMV selalu mendekati nilai 0 sehingga mengindikasikan sensasi thermal netral. Titik yang berada dekat dengan ventilasi bawah memiliki nilai PMV lebih rendah daripada titik lainnya. Nilai PPD menjadi lebih tinggi saat ventilasi bawah dibuka karena pada dasarnya keadaan didalam gereja Katedral Semarang sudah termasuk nyaman, namun dengan adanya AC dan ventilasi juga dibuka maka akan membuat nilai PMV turun dan menjauhi nilai 0 sehingga nilai PPD juga akan bertambah. Titik A, C, G, dan I yang berada dekat dengan ventilasi bawah merupakan titik yang memiliki fluktuasi yang paling terlihat dan menjadi titik dimana memiliki suhu udara terendah, kelembaban udara terendah, kecepatan udara terendah, nilai PMV terendah. Dengan begitu ventilasi bawah dapat menjadi alternatif desain ventilasi yang cocok pada iklim tropis dan dapat dipergunakan dengan ataupun tanpa pendinginan buatan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusun mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Rm. A.G. Luhur Prihadi, Pr selaku Romo Paroki dan pimpinan Gereja Katedral Semarang yang telah memberikan izin kepada penyusun untuk melakukan penelitian di Gereja Katedral Semarang.
2. Pihak pengelola Gereja Katedral Semarang yang telah memberi fasilitas demi terselenggaranya penelitian.

7. DAFTAR PUSTAKA & REFERENSI

- ASHRAE. 1989. *Handbook of Fundamental Chapter 8 Physiological Principles, Comfort, and Health*. USA: ASHRAE
- ASHRAE STANDART 55. 2004. *Thermal Environmental Conditions For Humn Occupancy*. USA: ASHRAE
- Houghten, F.C. dan C.P. Yagloglou. 1923. *Determining Lines of Equal Comfort*. Transactions of the American Society of Heating and Ventilating Engineers 29, 163
- Sekatia, Augi. 2015. Efektivitas Ventilasi Bawah Terhadap Kenyamanan Termal dan PMV (Predicted Mean Vote) Pada Gereja Katedral Semarang. *Jurnl Arsitektur AGORA*, vol 15, hal 39-52.
- Soegijanto. 1998. *Bangunan di Indonesia Dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau Dari Aspek Fisika Bangunan*. Jakarta: Dirjen Dikti Depdiknas
- Szokolay. 1973. *Manual of Tropical Housing And Building*. India: Orient Longman.
- SNI 03-6572-2001
- Website:
<http://comfort.cbe.berkeley.edu/> diakses tanggal 15 Februari 2016