

## ***INFLUENCE OF MASS 'U' FORM IN LINE UP FORMATION TOWARDS AIR MOVEMENT ON SUPPORTING THERMAL COMFORT IN OUTSIDE SPACE OF APARTMENT LANDMARK RESIDENCE, BANDUNG***

**<sup>1</sup>Gabriela Marcella F. <sup>2</sup>Nancy Yusnita Nugroho, S.T., M.T.**

*<sup>1</sup> Student in the Bachelor's (S-1) Study Program in Architecture  
at Parahyangan Catholic University*

*<sup>2</sup> Senior lecturer in the Bachelor's (S-1) Study Program in Architecture  
at Parahyangan Catholic University*

**Abstract-** *Indonesia with the characteristics of tropical climate requires control in design to achieve thermal comfort both in outside space and inside space. One of the factors that can affect thermal comfort is the pattern of air movement and air velocity. Landmark Residence Apartment is one of the new apartments in Bandung, with mass 'U' form in line up of new partially awakened. The newly constructed 'U' mass formation forms the characteristic of the two different masses, the space side in the closed A mass with the characteristic of the centered space as well as the side in the open mass B. this apartment become an object of research to determine the factors of order and mass form to the characteristics of air movement as well as thermal comfort in the outside space as a space of activities in residents.*

*The method used in this research is descriptive-quantitative with simulation software Flow Design to know the air movement and measurement of thermal comfort factor at the point of population and sample which have been determined. This thermal factor will be analyzed using CET Nomogram method, so it generates thermal comfort level in outer space which will be associated with order and mass form of apartment.*

*By using analysis of air movement patterns and CET Nomogram, it is seen that thermal comfort level in the outside space Landmark Residence apartment is more affected by wind velocity. The mass 'U' form with the back to wind direction will produce high wind velocity on the outside space of the building's side, while on the inner side of the 'U' form will form the shadow of the wind and the pattern of turbulence air movement affecting the achievement of different thermal conditions. The 'U' mass sequence lined up can also cause air movement on the inner side of closed A mass not getting enough air movement compared to open mass B with better airflow pattern. The pattern of air movement on the inner side of mass A can be at any time higher when the wind velocity enters the gap between the masses.*

**Key Words:** *apartment, outside space, mass 'U' form in line up, air movement, thermal comfort.*

## **PENGARUH TATANAN MASSA BENTUK 'U' BERDERET TERHADAP PERGERAKAN UDARA DALAM MENUNJANG KENYAMANAN TERMAL DI RUANG LUAR APARTEMEN LANDMARK RESIDENCE, BANDUNG**

**<sup>1</sup>Gabriela Marcella F. <sup>2</sup>Nancy Yusnita Nugroho, S.T., M.T**

*<sup>1</sup>Mahasiswa S1 Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Parahyangan*

*<sup>2</sup>Dosen Pembimbing S1 Program Studi Arsitektur Universitas Katolik Parahyangan*

**Abstrak-** *Indonesia dengan karakteristik iklim tropis memerlukan pengendalian dalam desain untuk mencapai kenyamanan termal baik di ruang luar maupun ruang dalam. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi*

---

<sup>1</sup> *Corresponding Author: cellaferdian@gmail.com*

kenyamanan termal ini adalah pola pergerakan udara serta kecepatan udara. Apartemen Landmark Residence merupakan salah satu apartemen yang baru di kota Bandung, dengan tatanan massa yang baru dan berbentuk 'U' berderet. Tatanan massa bentuk 'U' yang baru terbangun, membentuk karakteristik 2 massa yang berbeda yaitu sisi ruang dalam massa A yang tertutup dengan karakteristik ruang memusat serta sisi dalam massa B yang terbuka. Apartemen ini dijadikan sebagai objek penelitian untuk mengetahui faktor tatanan dan bentuk massa terhadap karakteristik pergerakan udara yang serta kenyamanan di ruang luar terbuka aktif yang dijadikan sebagai wadah kegiatan penghuni.

Metode yang digunakan pada penelitian adalah deskriptif kuantitatif dengan simulasi *software Flow Design* untuk mengetahui pergerakan udara serta pengukuran faktor kenyamanan termal pada titik populasi dan sampel yang telah ditentukan. Faktor termal ini akan dianalisis menggunakan metode CET Nomogram, sehingga dihasilkan tingkat kenyamanan termal di ruang luar yang akan dikaitkan dengan tatanan dan bentuk massa apartemen.

Dengan analisis pola pergerakan udara dan CET Nomogram, terlihat tingkat kenyamanan termal di ruang luar apartemen Landmark Residence lebih dipengaruhi oleh faktor kecepatan angin. Tatanan massa bentuk 'U' yang membelakangi arah datangnya angin, akan menghasilkan kecepatan angin yang tinggi pada area luar sisi muka bangunan, sedangkan pada sisi dalam bentuk 'U' akan terbentuk daerah bayangan angin serta pola pergerakan udara turbulensi yang mempengaruhi pencapaian kondisi termal berbeda. Tatanan massa 'U' berderet juga dapat menimbulkan pergerakan udara pada sisi dalam massa A yang tertutup tidak mendapat pergerakan udara yang cukup dibandingkan massa B yang terbuka dengan pola aliran udara yang lebih baik. Pola pergerakan udara pada sisi dalam massa A dapat sewaktu-waktu lebih tinggi ketika kecepatan angin memasuki celah antara massa.

**Kata-kata kunci:** apartemen, ruang luar, tatanan massa bentuk 'U' berderet, pergerakan udara, kenyamanan termal

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan hunian apartemen tidak terlepas dari perkembangan pesat kota, terbatasnya lahan untuk hunian serta adanya tingkat urbanisasi yang tinggi. Dalam setiap tipologi bangunan, termasuk bangunan hunian, salah satu faktor penting yang mempengaruhi fungsi bangunan agar berjalan secara optimal adalah kenyamanan. Kenyamanan tersebut meliputi kenyamanan termal, audial dan visual.

Kenyamanan termal menjadi salah satu indikator keberhasilan dalam mengakomodasi fungsinya yang juga dapat mempengaruhi kesehatan fisik maupun psikis bagi penghuni. Selain itu, kenyamanan termal sangat diperlukan dalam pengkondisian iklim mikro karena berdasarkan letak geografisnya, Indonesia merupakan negara beriklim tropis dengan karakteristik intensitas radiasi yang cukup tinggi, temperatur udara relatif tinggi, kelembaban udara serta curah hujan yang tinggi. Keadaan ini terjadi sepanjang tahun dan berpengaruh terhadap iklim mikro, sehingga diperlukan pengendalian desain agar tercipta kenyamanan termal bagi penghuni.

Selain faktor dari iklim, penataan massa bangunan dan karakteristik lingkungan juga sangat mempengaruhi kenyamanan termal. Tata massa bangunan dapat mempengaruhi variabel kenyamanan termal seperti kelembaban udara, kecepatan udara, suhu udara, dan radiasi matahari. Sedangkan karakteristik lingkungan sangat berpengaruh terhadap iklim dan ruang luar yang terbentuk. Ruang luar ini dapat dijadikan sebagai ruang terbuka aktif maupun pasif. Apabila ruang terbuka ini digunakan sebagai wadah kegiatan manusia dalam beraktivitas maka diperlukan suatu pengkondisian termal untuk mencapai kenyamanan.

Apartemen Landmark merupakan salah satu apartemen yang baru di kota Bandung. Pada saat penelitian ini dilakukan, Apartemen ini terdiri dari 2 massa yang memiliki bentuk massa 'U' dengan tatanan massa sejajar dan letaknya saling berhimpitan. Bentuk dan tatanan massa 'U' ini, dapat mengakibatkan adanya perbedaan gerakan angin, kecepatan angin serta terbentuknya bayangan angin baik pada sisi luar bangunan maupun sisi dalam bangunan massa 'U' yang berupa *innercourt*. Hal ini tentu mempengaruhi perbedaan nilai kenyamanan termal pada titik populasi dan sampel di area apartemen ini.

Konsep “*Integrated Complete Healthy Living*” dari apartemen ini menjadikan keluarga menjadi pusat dari segalanya, sehingga pemanfaatan ruang luar juga sangat diperhatikan agar menciptakan tempat dan wadah untuk berkumpul, berinteraksi dan berkreasi. Oleh karena itu, apartemen ini dijadikan objek penelitian mengenai bentuk dan tatanan massa yang mempengaruhi pergerakan udara terhadap kenyamanan termal diruang luar.

Penelitian mengenai pengaruh tatanan massa dan bentuk bangunan terhadap pergerakan udara serta kenyamanan termal ini untuk bertujuan : Menjelaskan hubungan serta pengaruh tatanan massa terhadap pergerakan udara di ruang luar apartemen Landmark Residence, dan mengidentifikasi pengaruh pergerakan udara pada area ruang luar sekitar bangunan apartemen dalam menunjang kondisi kenyamanan termal, serta mengetahui apakah kenyamanan termal pada ruang luar sudah terpenuhi sesuai standard kenyamanan.

## **2. KAJIAN TEORI**

### **2.1 PERGERAKAN UDARA DAN KENYAMANAN TERMAL**

Berdasarkan teori, gerakan udara terjadi disebabkan akibat adanya pemanasan lapisan-lapisan udara yang berbeda. Udara dengan suhu lebih tinggi bersifat lebih renggang daripada udara dengan suhu rendah, sehingga udara dengan suhu lebih tinggi akan memiliki tekanan rendah atau negatif begitu pula dengan sebaliknya, udara dengan suhu rendah akan memiliki tekanan tinggi atau positif. Perbedaan tekanan inilah yang menyebabkan adanya pergerakan udara dari udara dengan yang lebih rendah dengan tekanan lebih tinggi (positif) ke daerah dengan suhu yang lebih tinggi dengan tekanan lebih rendah (negatif).

Besar kecilnya pengaruh bangunan terhadap aliran udara tergantung dari orientasi, bentuk, proporsi dan ketinggian serta penataan massa bangunan akan mempengaruhi arah angin, laju angin maupun daerah bayangan angin terhadap kenyamanan termal pada ruang luar maupun ruang dalam bangunan.<sup>2</sup> Orientasi bangunan mempengaruhi pergerakan udara, dimana udara akan bergerak menuju bangunan dan melewati 1/3 bagian atap serta 2/3 bagian samping. Udara yang melewati bagian samping bangunan akan menciptakan pusaran angin pada sudut bangunan.<sup>3</sup> Pada tatanan massa bangunan grid yang berderet dengan pola jalan yang saling memotong tegak lurus mengakibatkan angin tidak berbelok dan langsung lurus keluar sehingga pada sela-sela massa yang tidak dilewati angin tidak menerima aliran udara yang cukup dan akan terbentuk kantong-kantong udara turbulensi.<sup>4</sup> Ketinggian serta jarak massa bangunan yang membentuk tatanan grid berderet ini dapat mempengaruhi aliran udara yang berbeda pada celah di antara bangunan. Efek-efek pergerakan udara yang ditimbulkan akibat ketinggian dan jarak antar bangunan dengan tatanan berderet, diantaranya : *Isolated roughness flow*, *wake interference flow*, dan *skimming flow*.<sup>5</sup>

Konfigurasi bentuk dan orientasi bangunan terhadap arah datangnya angin juga mempengaruhi pola pergerakan aliran udara dan kecepatan angin. Pada bangunan berbentuk ‘U’ menciptakan ukuran area tenang atau bayangan angin yang relatif sama untuk beragam orientasi terhadap arah datangnya angin. Akan tetapi, efektivitas aliran udara untuk masing-masing orientasi tersebut berbeda. Ketika bangunan berbentuk ‘U’ membelakangi arah datangnya angin, pola aliran udara pada bangunan mirip seperti halnya pada bangunan berbentuk persegi karena terjadinya bayangan angin pada sisi dalam bentuk ‘U’; sebaliknya

---

<sup>2</sup> Lechner, Norbert. 2001. Edisi IV. *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

<sup>3</sup> Boutet, Terry. 1987. *Controlling Air Movement*, New York : MCGraw-Hill

<sup>4</sup> Olygyay, Victor. 1992. *Design With Climate: A Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New York : Van Nostrand Reinhold.

<sup>5</sup> Oke, T.R. 1988. “*Steert Design and Urban Canopy Layer Climate*”. *Energy and Buildings*. Canada : Department of Geography, The University of British Columbia

apabila orientasi bangunan berbentuk 'U' menghadap arah datangnya angin, aliran udara menangkap, mengarahkan angin sehingga angin terkumpul pada area bentuk 'U' dengan kecepatan angin yang meningkat dalam bangunan. Selain itu, orientasi bangunan yang berbeda terhadap arah datangnya angin juga menciptakan area terlindung yang berbeda.<sup>1</sup>

Pergerakan udara tidak hanya dipengaruhi tatanan dan bentuk bangunan tetapi juga dipengaruhi dari lokasi, ketinggian serta penataan elemen tapak yang dapat mengarahkan, menyaring dan membelokkan angin. Faktor-faktor yang mempengaruhi pergerakan udara ini juga dapat mempengaruhi faktor kenyamanan termal seperti suhu udara, suhu radiasi, kelembaban dan kecepatan angin. Kenyamanan termal berdasarkan temperatur efektif, 22-27°C dengan kecepatan angin 0.15-1.5 m/s, apabila kecepatan angin kurang 0.15 m/s dengan suhu temperatur yang sudah mencapai 22-27°C maka kondisi ini juga tidak dapat dikatakan nyaman karena tidak adanya sirkulasi udara yang baik sehingga penghuni dapat merasakan sumpek. Menurut Evan (1980), untuk kondisi kecepatan angin di ruang terbuka bila kecepatan angin diatas 2m/s maka hal ini dapat membantu untuk mencapai kenyamanan dalam kondisi panas, terutama jika kelembaban tinggi. Kecepatan angin 5m/s adalah batas maksimum dari kecepatan angin diruang terbuka, tetapi batasan ini lebih berhubungan dengan tekanan angin daripada kenyamanan termal.

### **3. METODA PENELITIAN**

Metode yang digunakan pada penelitian adalah Metode evaluatif-kuantitatif. Metode evaluatif dilakukan dengan melakukan 1). pengumpulan teori, 2). observasi lapangan untuk mengevaluasi tatanan massa objek penelitian yang berpengaruh terhadap pergerakan udara dalam menunjang kenyamanan termal, sedangkan metode kuantitatif digunakan dengan melakukan pengukuran terkait faktor kenyamanan termal. Pengukuran variabel terkait kenyamanan termal ini dilakukan pada titik-titik ruang luar yang dijadikan sebagai sampel penelitian di kawasan ruang luar hunian apartemen. Variabel yang akan digunakan dalam penelitian yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas meliputi bentuk, orientasi, tatanan massa dan ketinggian bangunan. Sedangkan variabel terikat pada penelitian ini adalah arah angin, kecepatan angin, kelembaban, suhu radiasi yang diukur dengan alat *WBGT meter* serta *4 in 1 Environment tester*, yang mempengaruhi tingkat *Corrected Effective Temperature (CET)* terhadap kenyamanan termal bangunan.

## **4. ANALISA**

### **4.1 RUANG LUAR APARTEMEN LANDMARK RESIDENCE**

Pengertian ruang Luar adalah sebagai ruang yang terjadi akibat adanya batasan dengan alam, serta sebagai ruang buatan manusia yang diolah dan direncanakan (*landscape design*) akibat adanya unsur elemen pembentuk berupa:<sup>6</sup>

- Bangunan  
Unsur ini merupakan perancangan fisik utama dari ruang luar yang mempengaruhi memodifikasi iklim mikro dan mempengaruhi desain tata ruang luar (lansekap). Adanya unsur bangunan menghasilkan pula elemen dinding atau pagar pembatas dengan lingkungan sekitarnya yang membentuk ruang di antaranya.
- Tanaman

---

<sup>6</sup> Ashihara, Yoshinobu. 1974. *Exterior Design in Architecture*. New York : Van Nostrand Reinhold Company

Elemen tamanan dapat membentuk dan mengkondisikan ruang luar. Selain berfungsi sebagai elemen pembatas, elemen ini juga berfungsi sebagai elemen ekologis yang dapat mengarahkan gerakan angin pada tapak, mengkondisikan kebisingan, kelembaban, suhu, serta pembayangan dan radiasi matahari.

- Topografi.

Aspek ini memiliki pengaruh besar terhadap tata ruang luar. Permukaan tanah disebut sebagai pembentuk struktur dasar dari tatanan ruang luar yang dijadikan sebagai untuk memecahkan perancangan ruang luar, bentuk, dan lansekap. Perbedaan topografi menghasilkan perbedaan ketinggian serta kemerusan visual dalam membentuk suatu ruang.

Selain elemen bangunan, tanaman serta topografi, ruang luar juga dipengaruhi oleh penataan lansekap seperti *hardscape* dan *softscape*. Penataan *lay-out* tapak *hardscape* ditutupi oleh perkerasan seperti aspal, keramik, ubin, dan material lainnya, sedangkan penataan *softscape* menggunakan didominasi dengan tamanan, material rumput serta komponen air. Aspek elemen pembentuk ruang luar ini juga dapat dijadikan sebagai pengendalian pasif dalam iklim mikro pada suatu tapak untuk melakukan pengkondisian kenyamanan termal.

**Apartemen Landmark** berada pada tapak yang cukup luas dengan akses sirkulasi penghuni yang dapat dicapai baik dari Jalan Bima maupun Jalan Industri. Terbangunnya sebagian massa rancangan kawasan apartemen (massa tower A dan tower B) ini berada pada sisi Barat-Selatan. Pada sisi Selatan apartemen ini yang berbatasan langsung dengan Jalan Industri dan rel kereta api, sedangkan pada sisi Barat, massa apartemen berbatasan dengan permukiman warga dengan ketinggian 1-2 lantai. Perbatasan tapak dengan permukiman warga pada sisi Barat menggunakan tembok penghalang setinggi kurang lebih 7 m (2 lantai) dan membentuk suatu area ruang luar *jogging track* serta jalur sirkulasi unit-unit pada sisi Barat yang berada di lantai dasar. Luasnya lahan milik apartemen Landmark Residences ini, menyebabkan pada sisi utara dan timur massa terbangun terdapat area terbuka berupa lahan kosong yang belum terbangun massa rancangan lainnya.

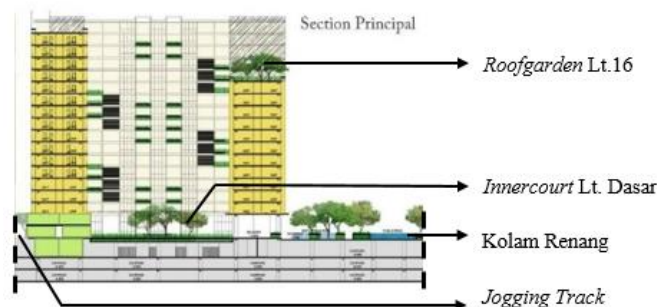


1. Perumahan warga Jl. Bima
2. Lahan Kosong dalam tapak apartemen Landmark Residence
3. Perumahan warga Jl. Industri yang berbatasan dengan lahan kosong pada tapak.
4. Perumahan warga yang berbatasan langsung dengan massa A dan B.
5. Jalan industri - rel kereta



Figur 1. Kondisi Tatanan Massa Sekitar Apartemen

Pengambilan titik-titik pengukuran pada objek studi juga didasari oleh beberapa teori pergerakan angin, ruang terbuka aktif, ketinggian titik ukur serta arah angin utama kota Bandung berdasarkan BMKG yaitu dari arah barat. Titik-titik yang dijadikan sampel pengukuran merupakan titik yang dianggap dapat menampilkan variasi pergerakan angin pada ruang luar bangunan apartemen dengan memperhatikan dan mempertimbangkan lokasi titik ukur serta ketinggian titik ukur unit apartemen.







Figur 2. Letak Titik Ukur pada Ruang Luar Apartemen Landmark Residence

**Area Drop-Off.** Titik Ukur1 merupakan area *drop-off* massa A dari jalan industri dengan material perkerasan paving blok. Penataan elemen tapak pada area in tidak terlalu banyak vegetasi dengan elemen kolam pada area tengah titik ukur.



Figur 3. Titik Ukur *Drop-Off*

**Area Jogging Track.** titik ukur 2-6 merupakan titik ukur area *jogging track*, dimana titik ukur ini berada pada sisi selatan (TU 2 dan 3) dan barat tapak (TU 4-6) yang berbatasan dengan permukiman warga. TU 3 dan 5 berada pada persimpangan dengan karakteristik yang berbeda, sedangkan TU 4 dan 6 berada di area tengah massa dengan jarak antara bangunan dengan pagar pembatas yang berbeda.

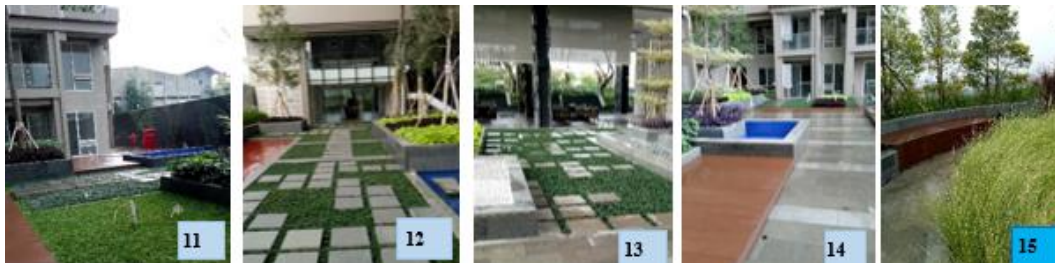


Figur 4. Titik Ukur *Jogging Track*

**Innecourt dan Roofgarden.** Titik ukur 7-9 pada *innecourt* massa A yang tertutup oleh massa B, TU 10 adalah *roofgarden* massa A, TU 11-14 adalah *innecourt* massa B dan bersifat terbuka, TU 15 pada *roofgarden* massa B. Elemen penataan tapak pada masing-masing massa terdapat perbedaan, massa A menggunakan material permukaan rumput sedangkan massa B lebih banyak menggunakan perkerasan dan elemen air.



Figur 5. Titik Ukur *Innercourt* dan *Roofgarden A*



Figur 6. Titik Ukur *Innercourt* dan *Roofgarden B*

**Area Kolam Renang.** TU 16-17 pada area kolam renang. Titik ukur ini memiliki karakteristik penataan elemen tapak yang berbeda sehingga kenyamanan termal pada setiap titik ukurnya dapat berbeda.



Figur 7. Titik Ukur yang Dijadikan Sampel Pengukuran

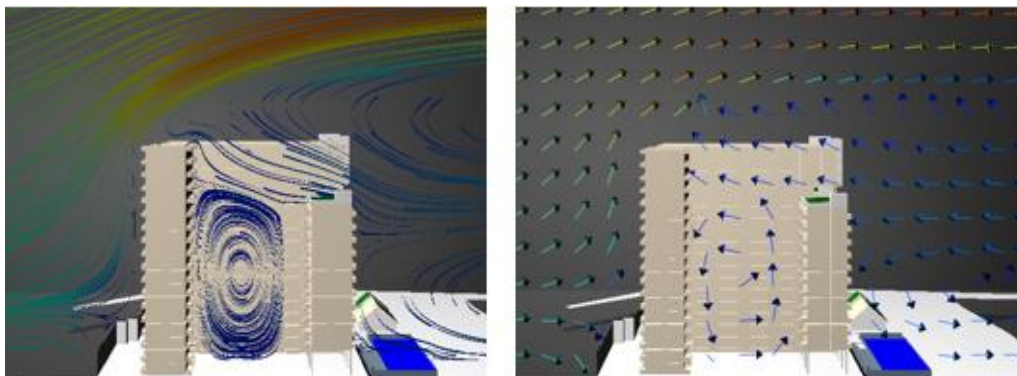
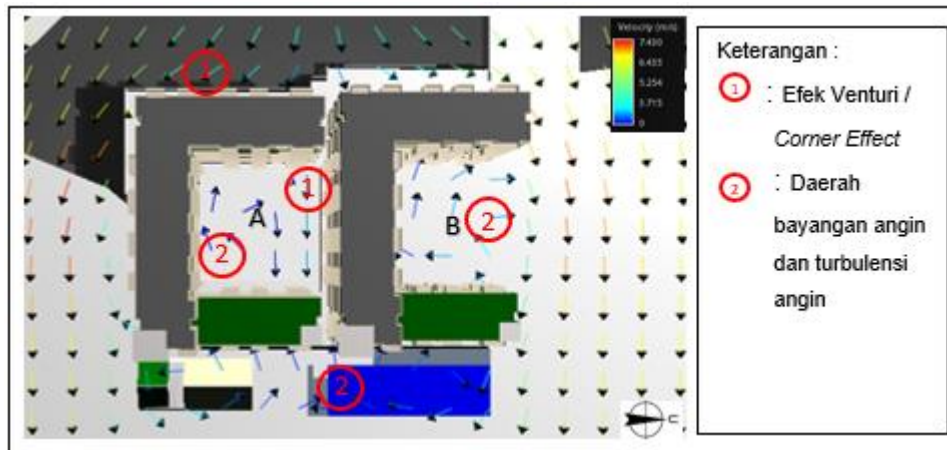
#### **4.2 PERGERAKAN UDARA DAN KENYAMANAN TERMAL PADA RUANG LUAR TATANAN MASSA A DAN B SEBELUM KESELURUHAN TATANAN MASSA TERBANGUN**

Data pengukuran faktor kenyamanan termal diperoleh dari hasil pengukuran pada populasi dan sampel yang telah ditentukan. Penentuan waktu pengukuran ini mempertimbangkan pada saat pelaksanaan aktivitas terbanyak, kesanggupan pihak apartemen Landmark pada saat jam kerja serta karakteristik iklim yang berbeda pada pagi, siang dan sore hari. Karakteristik iklim ini memiliki kecenderungan dengan suhu dan intensitas radiasi matahari tertinggi pada saat siang hari, kecepatan angin rendah pada saat pagi hari, serta kelembaban yang tinggi pada saat sore hari. Pengukuran data sebanyak 3 kali dengan masing-masing waktu pengukuran yang sama dilakukan untuk mengetahui kecenderungan nilai fluktuasinya dan nilai faktor kenyamanan termal pada setiap titik ukur serta perbandingan data yang lebih valid yang akan digunakan pada tahap analisis.

Perolehan data pergerakan udara diperoleh dari simulasi *software Flow Design*, dengan arah angin dominan yang dari arah barat yang didasari saat pengukuran data. Pada simulasi, pola pergerakan udara dengan kecepatan dan tekanan tertinggi akan dinyatakan dengan indeks



berwana biru tua sampai merah, indeks warna biru tua menyatakan pola pergerakan udara dengan kecepatan yang kecil sedangkan indeks berwarna merah menyatakan pola pergerakan dengan kecepatan angin yang cenderung paling besar.



Figur 8. Pergerakan Udara Pada Ruang Luar Massa A dan B

**Tabel 1. Rentang Kecepatan Angin pada Tiap Zona**

Titik Ukur		Pagi	Siang	Sore
<i>Drop-off</i>	1	0.2	1.7	1.9
<i>Jogging Track</i>	2-6	0-0.1	0-4.4	0.9-7.3
<i>Innercourt A</i>	7-9	0-0.2	0-0.2	2-7
<i>Roofgarden A</i>	10	0	0.1	3.4
<i>Innercourt B</i>	11-14	0-0.9	0-1.1	0.4-4.3
<i>Roofgarden B</i>	15	0.1	0.5	3.7
<i>Kolam renang</i>	16-17	0.1	0.5-0.6	0.2-1.5

Berdasarkan hasil pengukuran secara keseluruhan ini, didapatkan kecepatan udara tertinggi pada ruang luar apartemen Landmark Residence terjadi saat sore hari. Hal ini dikarenakan karakteristik iklim kota Bandung yang memiliki kecepatan angin yang rendah saat pagi hari dan semakin meningkat pada siang hari hingga mencapai kecepatan maksimum setelah tengah hari sampai sore hari (jam 13.00-16.00), dan akan memiliki kecepatan yang menurun saat malam hari.

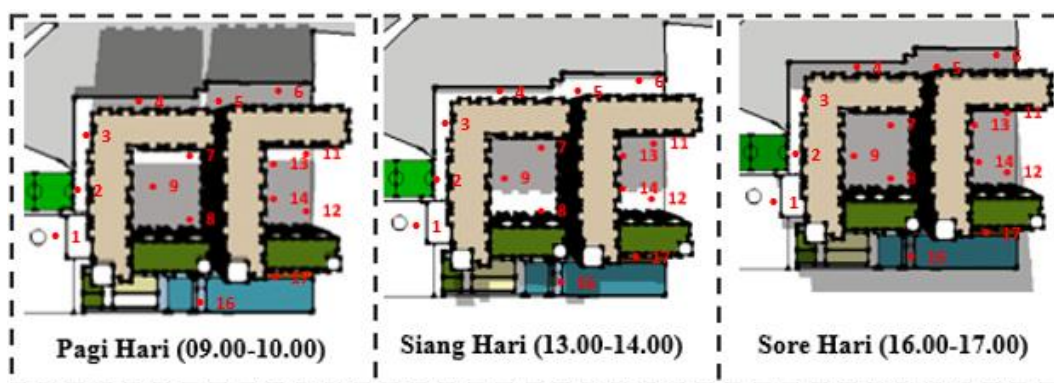
Apabila hasil pengukuran dibandingkan dengan data simulasi software mengenai pergerakan udara yang menjelaskan:

1. Kecepatan angin tertinggi pada area datangnya angin (*windward*) atau pada area *jogging track* baik pagi, siang dan sore hari, hal ini terjadi akibat arah datangnya

- angin dari sisi barat yang mengenai massa A dan B menyebabkan adanya efek *downwash*, dimana kecepatan udara menjadi lebih tinggi pada area *jogging track*. Kecepatan angin yang meningkat juga terjadi pada area ini akibat adanya bentuk lorong sirkulasi yang menyebabkan efek venturi.
2. *Innercourt* dan *rooftgarden* A yang memiliki kecenderungan kecepatan angin yang lebih rendah dibandingkan dengan *innercourt* dan *rooftgarden* B yang terbuka akibat pergerakan udara yang lebih baik. Kecepatan udara pada *innercourt* A juga dapat lebih tinggi sewaktu-waktu bila kecepatan udara pada tapak meningkat dan melewati celah antar massa (*corner effect*).
  3. Komposisi salah satu *tower* massa 'U' yang lebih tinggi pada sisi *windward* menyebabkan pergerakan angin melewati bagian atas bangunan, sehingga terbentuk daerah bayangan angin di area *rooftgarden* yang berada pada *tower* lainnya yang lebih rendah pada sisi *leeward*. Pergerakan angin yang melewati bagian atas bangunan juga mengalami turbulensi pada sisi *leeward*. Turbulensi atau perputaran arah angin pada sisi *leeward* akan mengenai bagian komposisi massa yang lebih rendah sehingga udara bergerak keatas bangunan sisi *leeward* yang menyebabkan timbulnya *wake effect*. Pergerakan udara seperti ini menimbulkan kecepatan angin pada area *rooftgarden* yang berada di sisi *leeward* lantai 16 lebih kecil dibandingkan pada lantai dasar.
  4. Area kolam renang yang berada pada sisi *leeward* menyebabkan aliran udara yang diperoleh berupa aliran udara akibat turbulensi, sehingga kecepatan udara cenderung rendah dan masih memasuki nilai batasan kecepatan angin pada ruang luar.

**Tabel 2. Faktor termal rata-rata pada Tiap Zona**

Titik Ukur		Pagi			Siang			Sore		
		Tg	Ta	RH	Tg	Ta	RH	Tg	Ta	RH
<i>Drop-off</i>	<b>1</b>	29.6	27.8	65.5	31	31.1	54.2	29.8	27.9	54.7
<i>Jogging Track</i>	<b>2-6</b>	29	26.6	70.5	20.8	29.9	55.1	26.3	26.1	66.8
<i>Innercourt</i> A	<b>7-9</b>	26.1	25.6	73.2	31.1	29.6	56.9	26.5	26.1	68.7
<i>Roofgarden</i> A	<b>10</b>	27.4	27.8	63.9	27.3	28.7	59.4	25.7	26.6	67.8
<i>Innercourt</i> B	<b>11-14</b>	30.8	27.8	65.3	31.1	30.4	56.8	27.1	26	69.7
<i>Roofgarden</i> B	<b>15</b>	27.9	28.1	65.4	29.7	29.9	58.7	25.8	26	68.8
Kolam renang	<b>16-17</b>	30	29.7	61.4	31.1	30.2	56.2	27	26.6	69.1



**Figur 8. Pergerakan Udara Pada Ruang Luar Massa A dan B**

Berdasarkan hasil pengukuran, suhu radiasi dan suhu udara tertinggi pada tapak terjadi pada saat siang hari. Suhu radiasi pada tapak ini lebih besar jika dibandingkan data BMG kota

Bandung, akibat penataan bangunan serta elemen pada tapak yang mempengaruhi. Suhu radiasi akan berbanding terbalik dengan kelembaban udara, hal ini terjadi akibat uap air yang terkandung dalam tapak akan mengalami pemuain.

### ***Drop-off.***

Pada area *drop-off* yang berada di sisi selatan, panas radiasi pada titik ini cenderung lebih besar pada siang dan sore hari dibandingkan area *jogging track*, hal ini terjadi karena area *drop-off* tidak terbayangi oleh massa bangunan. Nilai CET pada area ini cenderung 24-25°C, dengan pergerakan udara yang cenderung bebas dan bergerak lurus sehingga kecepatan angin pada area ini cenderung mendekati standard dan masih dapat ditoleransi untuk ruang luar.

### ***Jogging track.***

Hasil CET pada tiap zona berbeda-beda, ketidaknyamanan termal seringkali terjadi pada sisi *windward* pada zona *jogging track*, karena tingkat kenyamanan termal pada saat kecepatan angin tinggi mencapai dingin tidak nyaman. Kecepatan angin yang tinggi tidak hanya mempengaruhi kenyamanan termal tetapi juga mengganggu aktivitas saat berjalan dan berolahraga.

### ***Innercourt massa A dan B.***

Berdasarkan pengukuran, pada *innercourt* A yang bersifat tertutup dengan karakteristik ruang memusat, menyebabkan radiasi yang diterima oleh massa A lebih kecil dibandingkan massa B akibat adanya pembayangan dari massa B. Terhalangnya *innercourt* massa A oleh massa B juga mengakibatkan pengukuran radiasi tertinggi pada *innercourt* massa A berada pada siang hari, hal ini disebabkan penghalang akan menghalangi pemantulan radiasi objek sehingga panas radiasi akan terperangkap diantara kedua massa dan mengakibatkan suhu udara pada tapak pun menjadi lebih tinggi pada siang hari.

Pergerakan udara pada massa B akan lebih bebas pada area terbuka dan memasuki sudut-sudut dalam bangunan dibandingkan pada pergerakan udara di massa A, maka dari itu pergerakan udara pada massa B cenderung lebih terasa dan kecepatan udara pada *innercourt* massa B lebih besar. Pengaruh desain *innercourt* yang berbeda juga mempengaruhi kelembaban, radiasi serta pergerakan angin. Pada tata massa B, desain *innercourt* lebih banyak menggunakan perkerasan serta elemen air, yang dapat mempengaruhi tingkat radiasi yang diserap. Walaupun penataan elemen tapak pada massa B lebih banyak menggunakan elemen air/kolam tetapi kecenderungan kelembaban B tidak terlalu tinggi, hal ini disebabkan juga oleh elemen perkerasan yang lebih banyak pada *innercourt* massa B dan radiasi yang diterima *innercourt* lebih besar. Pergerakan udara yang lebih terasa pada massa B membuat area *innercourt* massa B memiliki nilai CET dan zona kenyamanan termal yang lebih terpenuhi baik pada pagi, siang dan sore hari.

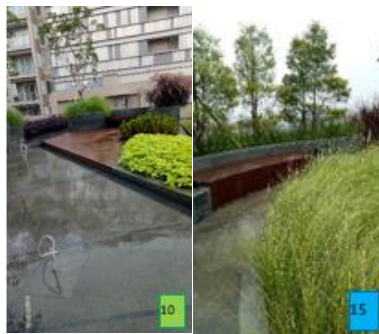


Figur 9. Penataan Tapak *Innercourt* Massa A dan B

### **Roofgarden Massa A dan B.**

Semakin tinggi suatu bangunan maka area atas bangunan akan mengalami kecepatan udara yang semakin meningkat. Namun pada hasil pengukuran dan simulasi, pada area *roofgarden* yang berada di lantai 16, kecepatan angin dilantai ini lebih kecil dibanding dilantai dasar. Hal ini terjadi akibat area *roofgarden* berada pada sisi negatif arah datangnya angin dengan komposisi ketinggian yang lebih rendah dibandingkan sisi bangunan pada *windward*, sehingga angin akan bergerak menuju bagian atas bangunan pada sisi *windward* dan menimbulkan terbentuk perubahan pergerakan udara dan arus turbulensi pada sisi *leeward*. Pola pergerakan angin berupa turbulensi pada area *roofgarden* ini mempengaruhi kenyamanan termal terutama saat pagi hari ketika suhu radiasi tinggi dan kecepatan angin yang cenderung tidak terasa, zona ini berdasarkan grafik CET Nomogram menghasilkan zona tidak nyaman. Sama halnya dengan innercourt massa A dan B, pada *roofgarden* suhu radiasi lebih tinggi pada massa B, tetapi suhu radiasi pada *roofgarden* ini cenderung lebih rendah dibandingkan area innercourt, akibat pada area innercourt, suhu radiasi diperoleh dari pemantulan dinding-dinding massa bangunan.

Penataan lansekap pada *roofgarden* juga sangat berpengaruh, pada pergerakan udara. Berdasarkan data pengukuran kecepatan angin di *roofgarden* massa B lebih besar dibandingkan massa A karena adanya perbedaan penataan vegetasi pada massa B, pada massa B jenis, kerapatan dan jumlah vegetasi lebih banyak sehingga pergerakan angin lebih diarahkan pada area titik ukur.



Figur 10. *Roofgarden* Massa A dan B

### **Area Kolam renang.**

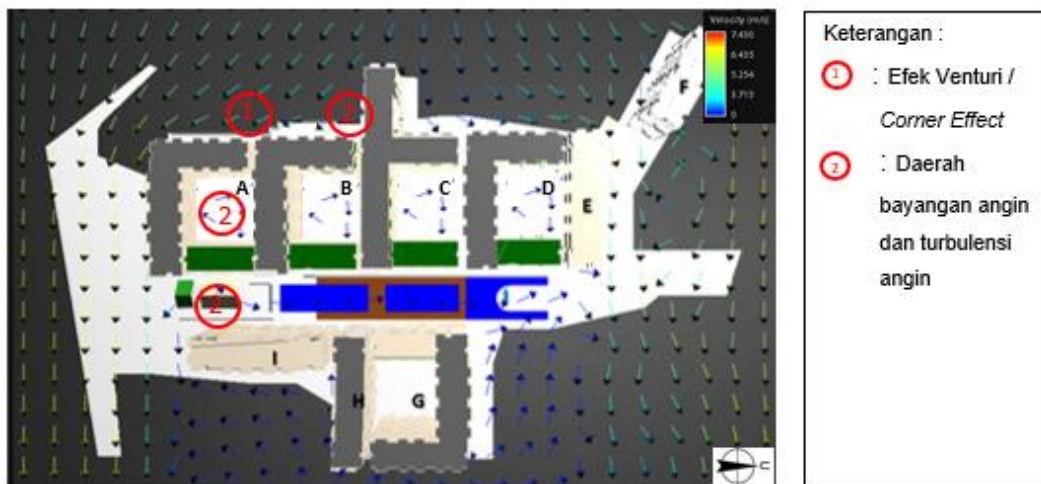
Terbangunnya sebagian massa dari keseluruhan rancangan apartemen Landmark ini, mengakibatkan adanya sisi keterbukaan pada sisi timur tapak, dimana terdapat area kolam renang pada sisi ini. Area kolam renang berada sisi timur massa A dan massa B dan berbatasan dengan lahan kosong. Pengukuran dilakukan pada area titik 16 dan 17 yang memiliki perbedaan yang cukup tinggi dari lantai dasar serta penataan area lansekap dengan sedikit vegetasi yang akan mempengaruhi variabel kenyamanan termal.

Berdasarkan grafik CET, nilai CET pada titik ukur 17 lebih tinggi dibandingkan titik ukur 16 hal ini dikarenakan titik radiasi tertinggi baik pada pagi, siang dan sore berada pada titik 17, hal ini dikarenakan adanya perbedaan material dalam menyerap radiasi panas serta jarak titik ukur dengan bangunan yang lebih dekat. Panas radiasi massa B yang diserap pada saat pagi hari menyebabkan terakumulasinya panas pada siang dan sore hari walaupun area ini mendapatkan pembayangan. Radiasi yang tinggi pada pagi hari di titik ukur 17 dengan kecepatan angin yang kecil menyebabkan suhu udara pun tinggi sehingga kenyamanan termal pada saat pagi di area ini tidak memenuhi kenyamanan termal.



#### 4.3 PERGERAKAN UDARA DAN KENYAMANAN TERMAL PADA RUANG LUAR TATANAN MASSA A DAN B SETELAH KESELURUHAN TATANAN MASSA TERBANGUN

Terbangunnya sebagian massa dari keseluruhan tatanan massa apartemen Landmark Residence memiliki kondisi kenyamanan termal yang tentunya akan berbeda apabila keseluruhan tatanan massa telah terbangun. Pada bagian ini, berisikan pembahasan mengenai pergerakan udara pada tatanan masing-masing zona massa A dan B dengan kondisi tatanan massa lain yang telah terbangun seluruhnya. Pembahasan ini diperoleh dari data simulasi dengan menggunakan *software Flow design*.



Figur 11. Pergerakan Angin pada area Ruang Luar Massa A dan B setelah Keseluruhan Tatanan Massa Terbangun

##### **Area Drop-Off dan Jogging Track.**

Pergerakan udara pada sisi *windward*, area *jogging track* massa A dan B setelah tatanan massa keseluruhan terbangun akan mengalami hal yang sama apabila kondisi tatanan lain yang belum terbangun. Adanya massa tatanan lainnya (massa C) yang berada berdekatan dengan massa B dengan adisi bentuk linear pada sisi barat menyebabkan pergerakan udara terbagi dan berbelok kedua arah yaitu sisi selatan ke arah massa A dan B serta sisi utara tapak ke arah massa lainnya. Terbentuknya karakteristik lorong pada sisi barat juga menyebabkan pergerakan udara pada area *jogging track* akan semakin besar ke arah massa A. Hal ini juga terjadi akibat semakin kecilnya jarak massa dengan tembok pembatas yang menyebabkan volume udara yang bergerak sama tetapi dengan kecepatan yang meningkat (efek venturi).

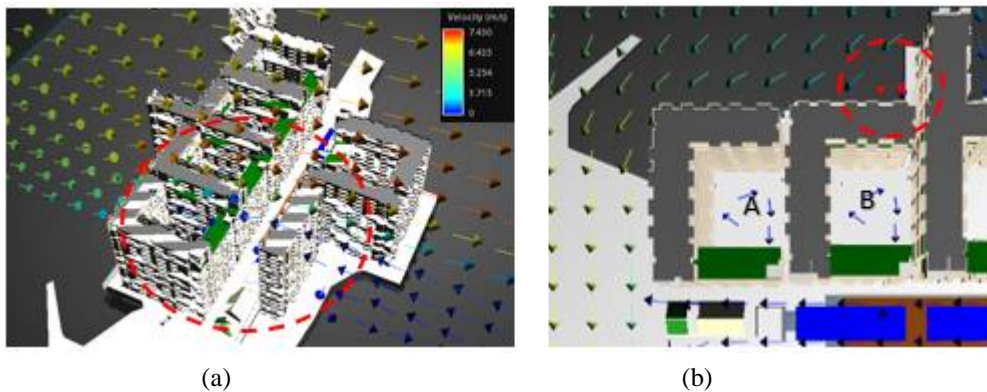
Perbedaan pergerakan udara pada saat tatanan massa lainnya sudah terbangun terdapat pada perbedaan arah datang angin di TU 5 dan 6 yang dijadikan sampel pengukuran saat sebagian tatanan massa baru terbangun. Pada saat keseluruhan tatanan massa sudah terbangun, adisi massa linear C yang membagi arah datangnya angin menyebabkan TU 6 menjadi daerah bayangan angin sehingga kecepatan angin pada area ini cenderung lebih kecil, tetapi walaupun kecepatan udara lebih kecil dibandingkan area lainnya, titik ukur 6 yang merupakan tempat bermain anak ini tidak terlalu membutuhkan kecepatan angin yang tinggi. Pengaruh terbentuknya tatanan massa lainnya juga mengakibatkan TU 5 dan 6 akan mendapatkan aliran udara dari arah utara. Kecepatan angin akan semakin meningkat ke arah sisi massa A akibat jarak antara massa bangunan dengan tembok pembatas yang semakin kecil padahal aliran udara yang melewati lorong sirkulasi bergerak dengan volume yang sama. Kecepatan udara yang tinggi semakin tinggi ini memungkinkan terganggunya aktivitas penghuni di ruang luar.



### **Innercourt dan Roofgarden.**

Tatanan massa dengan belum terbangunnya massa lainnya menyebabkan adanya massa 'U' dengan karakteristik tertutup dan terbuka. Pada *innercourt* massa A yang berhimpitan dengan massa B, aliran udara masuk melewati celah antar massa, yang menyebabkan *corner effect* seperti halnya lorong sirkulasi pada area *jogging track*. Sedangkan pada area dalam *innercourt* yang tidak berdekatan dengan celah akan mengalami turbulensi angin dengan kecepatan angin yang lebih rendah dibandingkan kecepatan angin pada celah antar massa. Sedangkan pada *innercourt* massa B pada tatanan yang belum terbangun secara keseluruhan, menyebabkan sisi terbuka pada area *innercourt*. Pergerakan udara pada *innercourt* B diperoleh dari aliran udara yang mengenai sisi bangunan massa B yang masuk ke dalam *innercourt* massa B dan mengalami turbulensi, pergerakan udara dengan sisi terbuka dan lahan kosong ini juga yang menyebabkan terjadinya pergerakan udara pada *innercourt* B.

Pergerakan udara pada *innercourt* setelah keseluruhan massa sudah terbangun ini akan serupa dengan pergerakan udara sebelum keseluruhan massa terbangun. Aliran udara pada area *innercourt* diperoleh dari *wake effect* yang terjadi pada sisi leeward massa lainnya yang berada di sisi timur tapak. Perbedaan pergerakan udara akibat keseluruhan tatanan massa lainnya terbangun terdapat pada massa B yang berhimpitan dengan massa C, sehingga pergerakan udara pada area *innercourt* akan mengalami pergerakan udara yang sama pada *innercourt*, namun akibat adisi massa linear C yang menyebabkan daerah bayangan angin sekitar TU 6, hal ini dapat mengakibatkan aliran udara yang masuk melewati celah lebih sedikit dibandingkan pergerakan udara pada celah massa A. Kurangnya aliran udara yang masuk dapat mempengaruhi kondisi kenyamanan termal pada area *innercourt*.



Figur 12. Pergerakan Udara pada *Innercourt* dan *Roofgarden* A dan B dengan Keseluruhan Tatanan Massa Lainnya yang telah Terbangun (gambar a) dan Pergerakan Udara *Innercourt* A dan B dengan Keseluruhan Tatanan Massa yang telah Terbangun (gambar b)

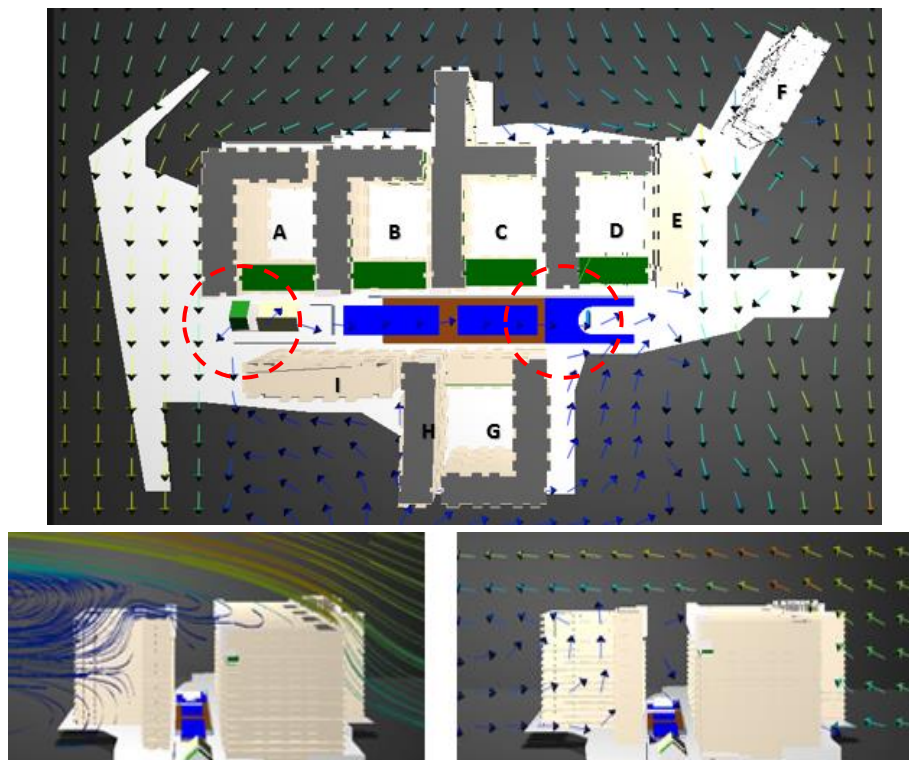
### **Area Kolam Renang.**

Sisi timur massa A dan B dengan tatanan keseluruhan massa yang belum terbangun merupakan area *leeward*. Pada sisi ini terdapat area kolam renang dengan sisi terbuka dan berbatasan dengan lahan kosong mengakibatkan adanya turbulensi dan perubahan arah angin (arus *eddy*). Pergerakan udara pada area ini dengan kondisi tatanan sebagian massa terbangun, memiliki pergerakan udara yang lebih bebas akibat tidak terdapat elemen tapak yang menghalangi pergerakan udara.

Kondisi ini akan berbeda apabila keseluruhan massa telah terbangun. Adanya tatanan massa lain dengan bentuk massa U dan linear di sisi timur yang berseberangan dengan massa A dan B menyebabkan area kolam renang terbentuk dan dihimpit diantara massa-massa

bangunan. Pada tatanan massa seperti berderet seperti ini akan mengakibatkan area yang tidak menerima aliran udara yang cukup dan terbentuknya kantong-kantong udara turbulensi.

Dalam simulasi pergerakan udara, tatanan massa sisi timur yang berseberangan dengan massa A dan B, akan mengalami pergerakan angin turbulen sehingga angin akan berbelok mengenai sisi bangunan linear tersebut, dan terjadi pembelokan arah yang menyebabkan angin bergerak masuk ke arah celah antar massa bangunan atau zona kolam renang. Pembelokan kearah celah kolam renang ini memungkan terjadinya efek venturi dengan kecepatan udara yang lebih meningkat.



Figur 13. Pergerakan Udara pada Area Kolam Renang Massa A dan B setelah Terbangunnya Keseluruhan Tatanan Massa

Terbentuknya keseluruhan tatanan massa mengakibatkan angin yang datang melewati bagian atas massa *windward* yang berada di sisi barat tapak sehingga terbentuk daerah bayangan angin pada area kolam renang. Dari simulasi, Tatanan keseluruhan massa dengan jarak yang cukup berdekatan ini menyebabkan terbentuknya efek pergerakan udara *skimming flow* sehingga efek perputaran udara pada celah antara massa menjadi lemah dan mengakibatkan aliran udara ini tidak mempengaruhi dalam mendorong aliran udara yang nyaman di area bawah dekat tanah (Oke,1988). Pengaruh pergerakan udara seperti ini tidak berpengaruh besar terhadap zona kolam renang, karena aktivitas pada area kolam renang ini tidak memerlukan kecepatan angin yang tinggi, tetapi apabila terdapat aktivitas lain yang memerlukan pergerakan udara yang baik, maka area ini akan mempengaruhi tingkat kenyamanan termal.

## 5. KESIMPULAN

Apartemen Landmark Residence dengan Tatanan Massa berbentuk 'U' berderet menimbulkan ruang *innercourt* dalam massa serta adanya celah yang terbentuk diantara massa-massa bangunan sehingga mempengaruhi pergerakan udara disekitar apartemen. Selain itu,

adanya perbedaan ketinggian dan komposisi massa pada apartemen ini dapat menimbulkan pergerakan udara yang tidak merata, terbentuk efek bayangan angin dan perubahan pola gerakan pada ruang luar sekitar massa bangunan apartemen Landmark Residence. Tatahan dan bentuk apartemen ini tidak hanya mempengaruhi pergerakan udara tetapi juga kenyamanan termal.

Kenyamanan termal belum sepenuhnya tercapai pada ruang Luar Apartemen Landmark Residence ini, walaupun pergerakan angin di luar ruang masih dapat ditoleransi, tetapi perlu pengkondisian yang lebih baik agar kenyamanan termal dapat lebih dimaksimalkan. Pemilihan material permukaan yang dapat mengurangi panas radiasi serta penataan elemen tapak lainnya seperti vegetasi dan elemen air yang tidak hanya digunakan sebagai elemen estetis tetapi juga digunakan sebagai suatu elemen yang dapat mengarahkan, menyaring, membelokkan dan mengendalikan pergerakan angin untuk memaksimalkan faktor kenyamanan termal yang baik.

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

- Ashihara, Yoshinobu. 1974. *Exterior Design in Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Boutet, Terry. 1987. *Controlling Air Movement*, New York : MCGraw-Hill
- Lechner, Norbert. 2001. Edisi IV. *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Oke, T.R. 1988. "*Steert Design and Urban Canopy Layer Climate*". *Energy and Buildings*. Canada: Department of Geography, The University of British Columbia
- Olygyay, Victor. 1992. *Design with Climate: A Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New York: Van Nostrand Reinhold.