

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

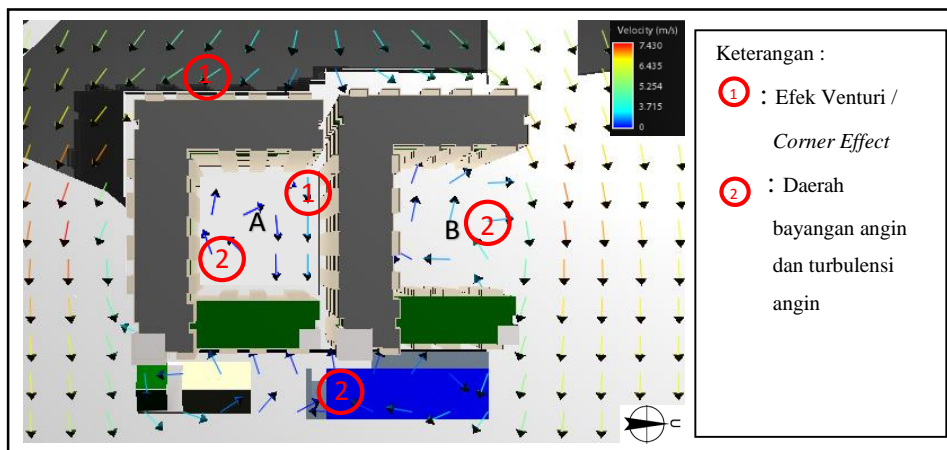
Bab ini menjelaskan hasil kesimpulan data dari simulasi *software Flow Design*, pengukuran faktor kenyamanan termal pada titik ukur ruang luar apartemen Landmark Residence serta saran untuk memperbaiki kondisi kenyamanan termal pada ruang luar akibat tatanan dan bentuk massa.

#### 5.1. Kesimpulan

##### 5.1.1. Pengaruh Tatanan dan Bentuk Massa terkait Pergerakan Udara

Pergerakan Udara pada ruang luar apartemen Landmark Residence dipengaruhi oleh tatanan massa bentuk 'U' serta komposisi ketinggian yang berbeda pada tower 16 lantai yang terdapat *roofo garden* dengan tower lainnya setinggi 20 lantai.

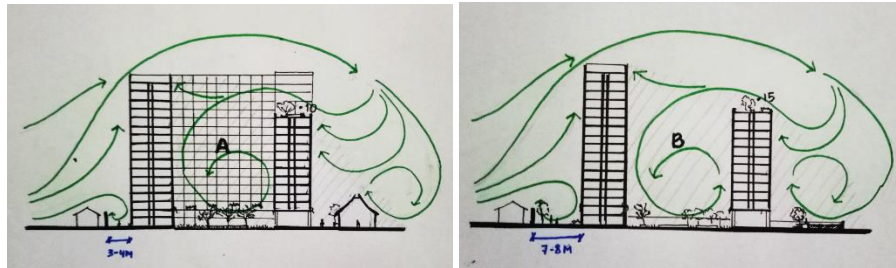
Pada saat penelitian dilakukan, tatanan massa apartemen Landmark Residence baru terbangun sebagian (massa A dan B) dengan karakteristik massa A yang berhimpitan dengan massa B dan massa B yang memiliki sisi terbuka akibat berbatasan dengan lahan kosong. Tatanan massa yang baru sebagian terbangun ini menimbulkan efek pergerakan udara, sebagai berikut :



Gambar 5.1. Pergerakan Udara pada Ruang Luar Sekitar Massa A dan B

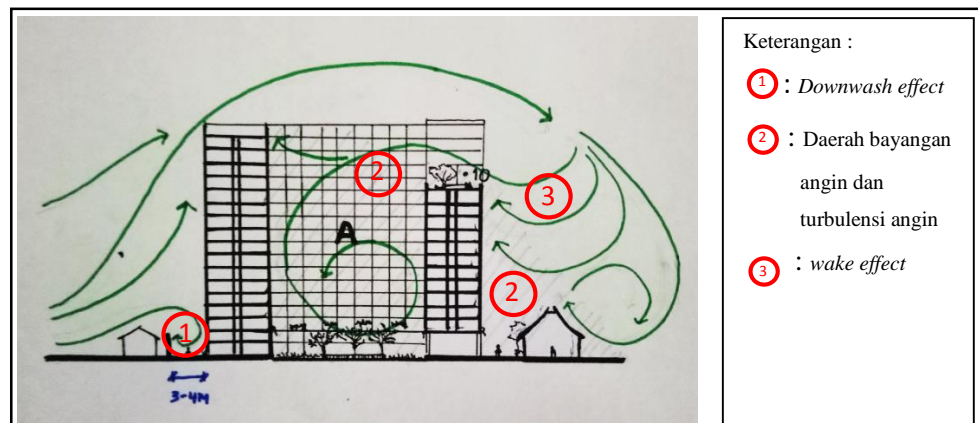
1. Arah datangnya angin dari sisi barat yang mengenai massa A dan B menyebabkan adanya efek *downwash*, dimana kecepatan udara menjadi lebih tinggi pada area *jogging track*. Kecepatan angin yang meningkat juga terjadi

pada area ini akibat adanya bentuk lorong sirkulasi yang menyebabkan efek venturi.



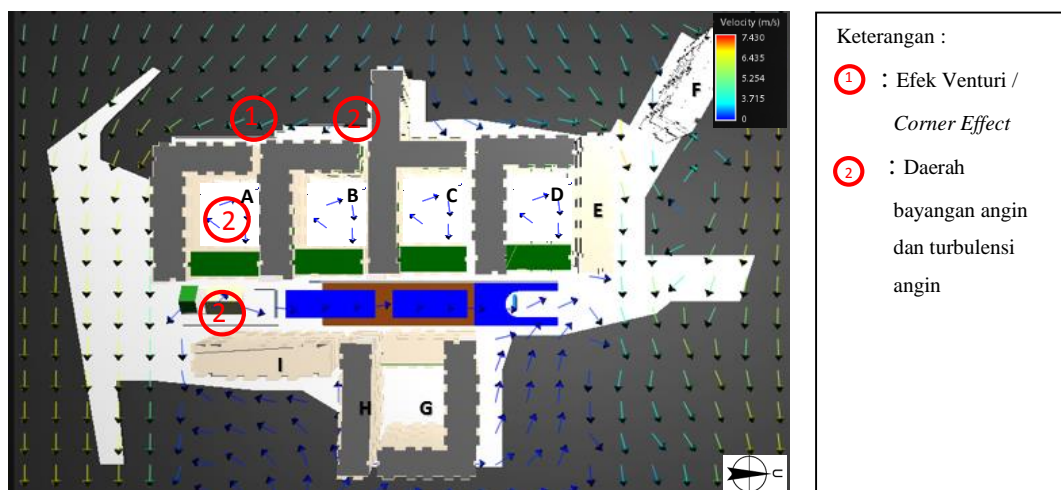
Gambar 5.2. Efek *Downwash* pada apartemen Landmark Residence

2. Massa U yang membelakangi arah datangnya angin menyebabkan pada area *innercourt* menjadi daerah bayangan angin. Dua massa bangunan yang berderet menimbulkan adanya *innercourt* massa A yang tertutup dan massa B yang terbuka. *Innercourt* A dengan ruang memusat yang tertutup oleh massa B menimbulkan kecepatan angin cenderung lebih rendah dibandingkan massa B yang terbuka pada sisi *innercourt*-nya sehingga pergerakan udara pada massa B lebih baik. Kecepatan angin pada celah antar massa dapat sewaktu-waktu tinggi akibat terjadi fenomena *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*. Daerah bayangan angin ini menyebabkan kecepatan angin yang umumnya lebih tinggi di lantai atas, tidak terjadi pada area *rooftgarden*. Pergerakan angin pada area *rooftgarden* disebabkan oleh fenomena *wake effect*, sehingga terjadi turbulensi atau perputaran arah angin pada sisi *leeward* yang akan mengenai bagian komposisi massa yang lebih rendah kemudian udara bergerak ke atas bangunan sisi *leeward*.



Gambar 5.3. Daerah Bayangan Angin dan Wake Effect pada Sisi Leeward yang Mengarahkan Angin ke Tower Roofgarden serta Area Innercourt

Simulasi digital mengenai pergerakan angin juga dilakukan dengan kondisi tatanan keseluruhan rancangan apartemen Landmark Residence terbangun. Keseluruhan tatanan massa ini memberikan pergerakan angin yang berbeda pada ruang luar massa A dan B. Perbedaan pergerakan udara pada keseluruhan tatanan apartemen Landmark Residence adalah sebagai berikut :

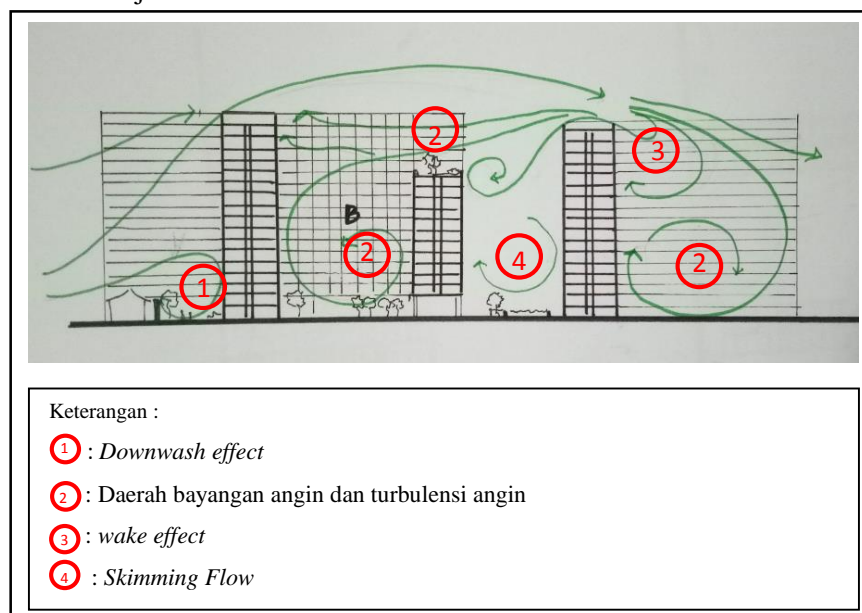


Gambar 5.4. Pergerakan Udara pada Ruang Luar Sekitar Massa A dan B dengan Keseluruhan Tatanan sudah Terbangun

1. Massa C dengan adisi massa linear pada sisi barat menyebabkan sisi utara area jogging track yang dijadikan sampel pengukuran sebelum terbangunnya keseluruhan tatanan massa menjadi tertutup dan terhalangi. Adisi massa linear C juga menyebabkan arah angin yang datang terbagi kedua arah yang berbeda

(selatan dan utara). 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).

2. Terbangunnya keseluruhan tatanan massa apartemen Landmark Residence menyebabkan *innercourt* massa B tertutup dan berhimpitan dengan massa C, sehingga pada *innercourt* massa B akan memiliki karakteristik pergerakan udara seperti massa A.
3. Adanya tatanan massa pada sisi timur tapak membuat area kolam renang berada di antara tatanan massa yang berderet. Tatanan massa ini menyebabkan terjadinya efek pergerakan udara *skimming flow*, sehingga pada area kolam renang terbentuk area bayangan angin yang menyebabkan kecepatan angin pada area ini menjadi lebih rendah.



Gambar 5.5. Daerah Bayangan Angin, *Wake Effect* pada Sisi *Leeward* dan *Skimming Flow* pada Area Kolam Renang

### 5.1.2. Pengaruh Pergerakan Udara serta Faktor Termal Lainnya terhadap Kenyamanan Termal pada saat Sebagian Massa Terbangun

Pada bagian ini pembahasan yang dimaksud adalah hasil rentang kecepatan angin, rata-rata pengukuran kelembaban udara, suhu udara kering (DBT /  $T_a$ ), dan suhu radiasi

yang didapat dari data pengukuran kedua yang dijadikan data untuk dianalisa. Kecepatan angin pada tiap titik ukur berubah-ubah setiap waktunya, sehingga hasil pengukuran kecepatan udara dilihat dari rentang kecepatan pada tiap areanya. Hasil yang didapatkan yaitu :

Tabel 5.1. Rentang Kecepatan Angin tiap Zona Titik Ukur

Titik Ukur		Pagi	Siang	Sore
<i>Drop-off</i>	<b>1</b>	0.2	1.7	1.9
<i>Jogging Track</i>	<b>2-6</b>	0-0.1	0-4.4	0.9-7.3
<i>Innercourt A</i>	<b>7-9</b>	0-0.2	0-0.2	2-7
<i>Roofgarden A</i>	<b>10</b>	0	0.1	3.4
<i>Innercourt B</i>	<b>11-14</b>	0-0.9	0-1.1	0.4-4.3
<i>Roofgarden B</i>	<b>15</b>	0.1	0.5	3.7
<b>Kolam renang</b>	<b>16-17</b>	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 disebabkan oleh 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 kecepatan angin dibandingkan dengan data simulasi mengenai pergerakan udara , maka dapat dijelaskan bahwa :

- Kecepatan angin tertinggi pada area datangnya angin (*windward*) atau pada area *jogging track* baik pagi, siang dan sore hari terutama pada area jogging track massa A dengan jarak sirkulasi yang lebih kecil. Dengan rentang kecepatan angin yang tinggi pada area ini, pergerakan udara akan mengganggu aktivitas ruang luar karena dapat menyebabkan debu dan pasir berterbangan, rambut berantakan, pakaian ringan terangkat serta payung yang sulit digunakan.
- Area *innercourt* dan *roofgarden* merupakan area bayangan angin. *Innercourt* dan *roofgarden A* yang memiliki kecenderungan kecepatan angin yang lebih rendah dibandingkan dengan *innercourt* dan *roofgarden B* yang terbuka. Kecepatan angin pada area *innercourt B* pada saat pengukuran seringkali memasuki nilai batas nyaman untuk beraktivitas dibandingkan dengan massa A. Kecepatan angin pada *innercourt A* seringkali tidak memenuhi batas

nyaman bahkan dapat memiliki lebih tinggi sewaktu-waktu bila kecepatan udara pada tapak meningkat dan melewati celah antar massa.

- 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 5.2. Faktor Kenyamanan Termal Rata-Rata tiap Zona Titik Ukur

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 A</i>	<b>7-9</b>	26.1	25.6	73.2	31.1	29.6	56.9	26.5	26.1	68.7
<i>Roofgarden A</i>	<b>10</b>	27.4	27.8	63.9	27.3	28.7	59.4	25.7	26.6	67.8
<i>Innercourt B</i>	<b>11-14</b>	30.8	27.8	65.3	31.1	30.4	56.8	27.1	26	69.7
<i>Roofgarden B</i>	<b>15</b>	27.9	28.1	65.4	29.7	29.9	58.7	25.8	26	68.8
<b>Kolam renang</b>	<b>16-17</b>	30	29.7	61.4	31.1	30.2	56.2	27	26.6	69.1

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 penguapan.

Pada hasil pengukuran, suhu radiasi tertinggi terjadi pada area *drop-off*, hal ini disebabkan karena tidak terbayanginya area *drop-off* baik pagi, siang dan sore hari. Panas radiasi pada *innercourt* dan *roofgarden* massa A dan B, cenderung lebih tinggi pada massa B dengan karakteristik tatanan massa ‘U’ yang terbuka dengan posisi matahari yang lebih ke arah utara sehingga tidak adanya pembayangan bangunan serta karakteristik material permukaan pada massa B yang lebih banyak menggunakan perkerasan. Pada area kolam renang, suhu radiasi juga cukup tinggi akibat kondisi sekitar sisi timur yang berupa lahan kosong mengakibatkan minimnya vegetasi dan pancaran radiasi meningkat.

Perbedaan faktor termal seperti suhu radiasi, suhu udara, kelembaban serta kecepatan angin pada titik ukur ini ruang luar ini akan mengakibatkan tingkat kenyamanan termal di setiap titiknya berbeda. Tingkat kenyamanan ini tentunya akan mempengaruhi aktivitas penghuni di ruang luar apartemen Landmark Residence.

Tabel 5.3. Rentang Nilai CET dan Tingkat Kenyamanan Termal pada tiap Zona Titik Ukur

Titik Ukur		Rentang CET	Rentang Persepsi Kenyamanan Termal
<i>Drop-off</i>	1	24.1-25.5	Sejuk nyaman - Nyaman optimal
<i>Jogging Track</i>	2-6	18.6-26.7	Dingin tidak nyaman – Hangat nyaman
<i>Innercourt A</i>	7-9	18.8-26.2	Dingin tidak nyaman - Hangat nyaman
<i>Roofgarden A</i>	10	20-25	Dingin tidak nyaman - Hangat nyaman
<i>Innercourt B</i>	11-14	20.2-27.1	Dingin tidak nyaman- Hangat nyaman
<i>Roofgarden B</i>	15	20.5-25.7	Sejuk nyaman – Nyaman optimal
<b>Kolam renang</b>	<b>16-17</b>	<b>22.8- 27.8</b>	<b>Sejuk nyaman – Panas tidak nyamman</b>

Hasil CET pada tiap zona berbeda-beda, faktor kenyamanan termal pada ruang luar ini sangat dipengaruhi oleh pergerakan udara dan juga faktor termal lainnya. ketidaknyamanan termal seringkali terjadi pada sisi *windward* terutama zona *jogging track* di TU 4,5 dan 6 dengan tingkat kenyamanan termal dingin tidak nyaman. Jika dibandingkan antara *innercourt* dan *roofgarden* massa A dan B kecenderungan nilai CET yang lebih besar dengan zona kenyamanan termal yang tercapai terjadi pada massa B, hal ini terjadi karena walaupun radiasi matahari lebih tinggi, tetapi kecepatan angin yang lebih bebas dan menyebabkan keceatan angin lebih tinggi sehingga mengakibatkan penurunan suhu radiasi serta suhu udara. Pada sisi zona kolam renang, area ini memiliki nilai CET yang memasuki tingkat kenyamanan termal, akibat pergerakan angin yang memenuhi standar, kecuali saat panas radiasi yang tinggi, pergerakan angin tidak dapat membantu menurunkan suhu radiasi sehingga suhu udara pada area kolam renang menjadi panas.

## 5.2. Saran

Berdasarkan permasalahan kenyamanan termal yang terkait akibat tatanan massa apartemen, untuk memaksimalkan kondisi kenyamanan termal, maka ada beberapa hal yang dapat direkomendasikan

Saran untuk penataan massa yang akan terbangun pada apartemen Landmark maupun dalam mendesain rancangan bangunan tinggi yang sejenis :

1. Tatanan massa dengan bentuk berderet menimbulkan adanya daerah bayangan angin pada sisi *leeward* sehingga pergerakan udara menjadi kurang optimal, oleh karena itu untuk memaksimalkan pergerakan udara, jarak antara massa harus dipertimbangkan dengan baik sehingga dapat mengurangi efek *skimming flow* pada celah massa yang terbentuk.

2. Jarak antara massa yang berderet menimbulkan kecepatan angin yang meningkat terutama saat kecepatan angin keseluruhan pada tapak tinggi. Jarak massa yang lebih jauh dapat meminimalkan kecepatan udara serta memberikan efek pemantulan radiasi yang lebih bebas ke langit.
3. 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.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ashihara, Yoshinobu. 1974. *Exterior Design in Architecture*. New York : Van Nostrand Reinhold Company
- Booth, Norman K. 1983. *Basic Elements of Landscape Architectural Design*. New York : Elsevier
- Boutet, Terry. 1987. *Controlling Air Movement*, New York : McGraw-Hill
- Brown, R.D. dan Gillespie, T.J. 1995. *Microclimate: Creating Thermal Comfort and Energy*. Canada : John Wiley and Sons. Inc.
- Evan, Martin. 1980. *Housing, Climate and Comfort*. New York : Halsted Press
- Frick, Heinz dan Suskiyanto, FX Bambang. 2007. *Dasar-dasar Arsitektur Ekologis*. Yogyakarta : Kanisius
- Lechner, Norbert. 2001. Edisi IV. *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Lippsmeier, Georg. 1997. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Erlangga.
- 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.
- Soegijanto. 1999. *Bangunan di Indonesia Dengan Iklim Tropis Lembap Ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan*. Jakarta : Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

