

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merangkum penemuan-penemuan dalam kesimpulan yang dapat menguraikan tujuan penelitian, menjawab pertanyaan penelitian, dan membuktikan hipotesis penelitian, serta memberikan saran-saran yang berkaitan dengan hasil penelitian sebagai masukan bagi penelitian lebih lanjut dan bagi perancangan obyek sejenis.

Selama menuntut ilmu mahasiswa menghabiskan hari-harinya di lingkungan kampus. Selain melakukan kegiatan perkuliahan di ruangan tertutup, mahasiswa juga melakukan kegiatan yang dapat menunjang perkuliahan, seperti belajar, diskusi, mengerjakan tugas kuliah, koneksi internet, atau melakukan kegiatan ekstrakurikuler, seperti kegiatan himpunan, paduan suara, olah raga bela diri, menari, sosialisasi kegiatan tertentu, dan lainnya.

Kegiatan-kegiatan tersebut dapat mereka lakukan di ruang terbuka (*open space*), seperti taman yang berfungsi sebagai simpul aktivitas dan berada pada ruang di antara bangunan. Namun pada umumnya, mahasiswa lebih menyukai melakukannya di ruang luar (*outdoor space*) yaitu bagian luar dari bangunan yang terlindung atap, seperti pada teras, selasar, koridor penghubung antar bangunan, yang berfungsi sebagai jalur sirkulasi dan sekaligus sebagai simpul aktivitas, atau pada ruang yang terbentuk di antara bangunan yang berfungsi sebagai simpul aktivitas, dapat bersifat terbuka atau semi terbuka.

Dengan beragamnya aktivitas yang dapat dilakukan di ruang luar, maka keberadaan ruang luar dapat menciptakan suasana akademik yang kondusif, sehingga kreativitas akan tumbuh, inovasi dapat dilahirkan, dan semangat belajar yang tinggi akan dimiliki oleh mahasiswa. Begitu pentingnya makna ruang luar bagi kehidupan kampus, sehingga dalam perencanaan fisik sebuah kampus, keberadaan ruang luar dipertimbangkan sebagai elemen pokok yang memberi dasar pada konfigurasi tata ruang kampus.

Dalam berkegiatan -sekalipun di ruang luar- mahasiswa membutuhkan kenyamanan termal, namun kenyamanan termal di ruang luar umumnya tidak memadai untuk beraktivitas. Ruang luar yang bersifat terbuka atau semi terbuka mempunyai elemen pembentuk ruang yang terbatas, sehingga intervensi iklim sangat dominan terutama kecepatan pergerakan udara seringkali di luar batas nyaman.

Kenyamanan termal di ruang luar dipengaruhi oleh faktor eksternal, yaitu tapak dan lingkungannya seperti topografi, bangunan sekitar, kinerja dari temperatur, kelembaban, arah dan kecepatan pergerakan udara. Selain itu juga dipengaruhi oleh faktor internal dari ruang luar itu sendiri, seperti elemen-elemen pembentuk ruang, tingkat keterbukaan,

dimensi dan bentuk ruang, serta elemen-elemen penunjang lainnya. Untuk mencapai kenyamanan termal di ruang luar, perlu dilakukan pengendalian arah dan kecepatan pergerakan udara melalui desain penataan tapak, yaitu melalui desain bentuk dan tata letak bangunan, desain bentuk dan tata letak tanaman, serta desain pengolahan permukaan tanah.

Pengendalian pergerakan udara untuk menciptakan kenyamanan termal di ruang luar bangunan kampus menjadi fokus dalam pembahasan pada penelitian ini, sedangkan permasalahan yang dikaji adalah pengaruh penataan tapak terhadap kenyamanan termal di ruang luar bangunan kampus.

VI.1 KESIMPULAN

Bab kesimpulan ini merupakan rangkuman penemuan-penemuan dari hasil analisis yang dirujuk kembali kepada landasan teori pada bab II dan akan menguraikan tujuan penelitian, menjawab pertanyaan penelitian dan membuktikan hipotesis penelitian.

VI.1.1 MENGURAIKAN TUJUAN PENELITIAN

❖ **Mengetahui kualitas arsitektural ruang-ruang luar di kampus UNPAR, peranannya bagi pengguna, serta pengaruh elemen-elemen pembentuk ruang luar dalam mengendalikan pergerakan udara di ruang-ruang luar tersebut, yang menjadi obyek studi secara umum.**

Dari hasil pengamatan pada ruang-ruang luar di kampus UNPAR dapat dirangkum temuan-temuan berikut ini :

- Ruang-ruang luar di kampus UNPAR merupakan ruang spasial yang terbentuk di luar konteks ruang solid dari bangunan, yaitu ruang di antara bangunan yang dibatasi oleh fasad bangunan, tanaman, dan perbedaan ketinggian kontur, maupun elemen-elemen artifisial lainnya. Terdiri dari ruang terbuka tanpa atap (*open space*) yang difungsikan sebagai taman dan plasa, serta ruang luar dengan atap (*outdoor space*) yang difungsikan sebagai jalur sirkulasi, yaitu penghubung dari satu tempat ke tempat lain serta pengikat antar bangunan, dan juga sebagai simpul aktivitas, yaitu ruang tempat aktivitas terkonsentrasi untuk menampung beragam kegiatan mahasiswa.
- Seluruh ruang luar merupakan ruang aktif yang dimanfaatkan sebagai wadah aktivitas. Karakter ruang luar lebih banyak dalam tipe *Hard Space*, didominasi oleh bentuk arsitektural yang digunakan baik sebagai jalur sirkulasi atau sebagai ruang komunal, dengan sebagian besar hamparan ditutupi oleh perkerasan dan *paving stone*. Ruang luar dikelilingi oleh bangunan yang memberi kesan teratur dan menampilkan bentuk

yang tegas, tetap, keras, dan kaku. Taman merupakan jenis ruang luar terbuka sentral, teras dan simpul aktivitas merupakan ruang terbuka terarah, sedangkan jalur sirkulasi merupakan ruang linier menerus. Ruang luar termasuk dalam tipologi lorong menuju *space* dan linier untuk jalur sirkulasi, serta geometris untuk simpul aktivitas.

- Keberadaan simpul aktivitas merupakan ruang luar yang tidak terdefiniskan, terbentuk sebagai akibat adanya bangunan yang dibangun secara bertahap, sehingga terbentuk ruang-ruang sisa yang kemudian dimanfaatkan sebagai simpul aktivitas. Terdapat dua kategori simpul aktivitas, yaitu terletak pada ujung sirkulasi yang berperan sebagai tujuan, dan bersisian dengan jalur sirkulasi yang memungkinkan orang untuk memilih tinggal atau berlalu. Jalur sirkulasi ini terhubung dengan sistem sirkulasi primer yang ada, sehingga dapat mendorong pemakaian simpul aktivitas secara intensif. Terdapat akses fisik dan akses visual agar pengguna dapat dengan mudah dan merasa bebas untuk memasuki simpul aktivitas, kualitas interaksi fisik dan visual membuat simpul aktivitas menjadi lebih hidup. Dari akses simbolik, pengguna ruang luar umumnya adalah mahasiswa yang berkuliah di gedung perkuliahan yang berada di sekitar ruang luar tersebut.
- Jalur sirkulasi bersifat praktis untuk kebutuhan bergegas, namun karena jumlah simpul aktivitas tidak mencukupi dan letak jalur sirkulasi yang strategis, maka jalur sirkulasi cenderung berkembang juga sebagai simpul aktivitas. Oleh pihak kampus, jalur sirkulasi difasilitasi oleh dinding pendek pada kedua sisinya yang dapat berfungsi sebagai tempat duduk, namun dimensi jalur sirkulasi yang tidak memadai seringkali menyebabkan fungsi sirkulasi terganggu oleh fungsi simpul aktivitas.
- Unsur tanaman sebagai salah satu pembentuk ruang luar dapat menstabilkan peninggian kontur; memodifikasi penyinaran matahari, gerakan udara dan suhu udara; memberi efek visual estetis; mengarahkan pergerakan; dan sebagai pelembut dari karakter bangunan.
- Unsur pengolahan permukaan tanah berperan sebagai pembentuk struktur dasar dari tatanan ruang luar.
 - o Material permukaan lantai rata dan bertekstur sehingga nyaman untuk pejalan kaki
 - o Lahan kampus terbagi atas dua level ketinggian kontur dengan perbedaan yang cukup besar, akses pada bagian depan dan belakang berada pada kontur yang lebih rendah lagi. Sekalipun kurang disukai, keberadaan ruang luar dengan perbedaan ketinggian permukaan lantai tidak dapat dihindari
 - o Terdapat cukup banyak elemen alam sehingga ruang luar tampil lebih nyaman dan dapat menimbulkan rasa tenang serta santai

Disimpulkan bahwa keberadaan dari 13 ruang luar di kampus UNPAR sangat efektif. Secara umum, kualitas ruang luar cukup memadai, letaknya strategis dan mudah dicapai. Pengguna ruang luar sangat padat, yaitu mahasiswa yang berasal dari berbagai fakultas, dimanfaatkan untuk melakukan aktivitas yang sangat beragam dengan frekuensi penggunaan ruang yang sangat tinggi, namun jumlah ruang luar yang ada belum mencukupi dan belum merata, terutama pada area selatan tapak. Peranan bangunan, tanaman dan pengolahan permukaan tanah secara umum dapat mengendalikan pergerakan udara, sehingga ruang luar berada dalam rentang kondisi sangat nyaman, nyaman, dan cukup nyaman kecuali pada tiga lokasi ruang luar.

❖ **Menemukan ruang luar bangunan dengan peran yang spesifik namun kondisi pergerakan udara berada di luar batas nyaman, untuk dijadikan sebagai obyek studi utama.**

Dari hasil pengamatan pada seluruh ruang luar yang ada di kampus UNPAR, ditemukan bahwa ruang-ruang luar yang berada di sekitar bangunan rektorat mempunyai karakteristik yang khusus, seperti berikut ini :

- Bangunan rektorat merupakan bangunan utama di kampus UNPAR. Ruang luar di sekitarnya terdiri dari teras terbuka dan teras area *drop-off* pada bagian depan bangunan, bagian bangunan yang disubstraksi sehingga menyerupai bentuk lorong, dan jalur sirkulasi utama pada bagian belakang bangunan.
- Lokasi ruang luar sangat strategis, berada di bagian depan tapak sehingga mudah dicapai dari gerbang utama.
- Mempunyai banyak peran, sebagai area penerima utama, titik berorientasi sebelum menuju jalur sirkulasi berikutnya, sebagai jalur sirkulasi utama yang sekaligus berfungsi sebagai simpul aktivitas.
- Ruang luar bersifat publik dengan pengguna tidak saja dari masyarakat UNPAR, tapi juga dari masyarakat di sekitar UNPAR yang berkepentingan dengan fasilitas kantor pos dan jasa perbankan yang tersedia di bangunan rektorat.
- Dimensi ruang luar cukup luas sehingga dapat menampung banyak orang dan dimanfaatkan oleh mahasiswa dari berbagai fakultas untuk melakukan beragam aktivitas, dengan frekuensi penggunaan ruang yang sangat tinggi, dari pagi hingga malam hari.

Namun di sisi lain, peranan ruang luar yang demikian penting bagi kampus UNPAR tidak didukung oleh kenyamanan termal yang memadai, terutama disebabkan oleh pergerakan udara yang berada pada rentang kondisi tidak nyaman dan sangat tidak nyaman, kecuali pada ruang luar di lokasi belakang bangunan yang berada dalam kondisi

nyaman. Dengan demikian, sebagai obyek studi utama penelitian difokuskan pada pembahasan mengenai Ruang Luar Bangunan Rektorat.

- ❖ **Mengetahui korelasi antara kondisi iklim di Ruang Luar Bangunan Rektorat dengan karakteristik umum iklim kota Bandung, dan juga dengan kondisi iklim makro dari data Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) stasiun Bandung.**

Berdasarkan hasil pengukuran baik pada musim hujan maupun pada musim kemarau, dapat dirangkum beberapa hal berikut ini :

- Temperatur udara maksimum terjadi pada siang hari, di ruang luar terjadi pada jam 12.00 dan jam 15.00 sesuai dengan waktu pengukuran, sedangkan di kota Bandung umumnya terjadi pada jam 14.00.
- Kelembaban udara minimum terjadi pada saat temperatur udara mencapai maksimum. Di ruang luar terjadi pada jam 12.00 dan jam 15.00 sesuai dengan waktu pengukuran, sedangkan di kota Bandung umumnya terjadi pada jam 14.00.
- Kecepatan gerakan udara di ruang luar mencapai maksimum setelah tengah hari. Di kota Bandung, kecepatan gerakan udara umumnya rendah pada pagi hari dan makin siang makin bertambah, dan akan mencapai maksimum setelah tengah hari hingga sore hari (jam 13.00-16.00).
- Temperatur di ruang luar lebih tinggi dari data BMG, karena dipengaruhi oleh pancaran radiasi panas dari perkerasan yang mendominasi permukaan lantai sehingga suhu lingkungan meningkat.
- Kelembaban udara di ruang luar lebih rendah dari data BMG, karena lingkungan sekitar tapak didominasi oleh perumahan dengan penghijauan yang minim, dan hamparan perkerasan hampir menutupi seluruh permukaan ruang luar dengan hanya sedikit penghijauan, membuat kadar uap air dalam udara memuai, sehingga tingkat kelembaban menurun drastis.
- Kecepatan gerakan udara di ruang luar lebih rendah dari data BMG, sedangkan arah gerakan udara terbanyak pada musim kemarau seharusnya berasal dari arah timur, namun arah gerakan udara di ruang luar bangunan didominasi dari arah lembah di sebelah barat pada sepanjang tahun.

Sekalipun ada perbedaan dalam waktu terjadinya, namun secara umum dapat disimpulkan bahwa terdapat banyak persamaan antara karakteristik iklim di Ruang Luar Bangunan Rektorat UNPAR dengan karakteristik umum iklim kota Bandung. Di sisi lain, terjadi banyak ketidaksesuaian antara data pengukuran iklim di Ruang Luar Bangunan Rektorat dengan data iklim dari BMG, yaitu data iklim rata-rata dari dua musim dalam kurun waktu lima tahun terakhir (2003 – 2007).

❖ **Mengetahui kondisi temperatur efektif dan tingkat kenyamanan termal di Ruang Luar Bangunan Rektorat**

Berdasarkan hasil pengolahan data pengukuran - baik pada musim hujan maupun pada musim kemarau - melalui proses grafik dengan menggunakan Psychrometric Chart dan ET Nomogram, seperti contoh pada bab III.7, dapat dirangkum beberapa hal berikut ini :

LOKASI	RENTANG TEMPERATUR EFEKTIF (ET - °C)	RENTANG KECEPATAN PERGERAKAN UDARA (AV- m/detik)	RENTANG TINGKAT KENYAMANAN TERMAL
DEPAN BANGUNAN			
- Teras	20,5 – 24	0,1 – 2,1	Dingin tidak nyaman – Sejuk nyaman – Nyaman optimal
- Area Drop-off	19,2 – 23,7	0,5 – 3,3	Dingin tidak nyaman – Sejuk nyaman – Nyaman optimal
LORONG BANGUNAN			
- Sisi utara	17,9 – 21,7	1,7 – 5,1	Dingin tidak nyaman – Sejuk nyaman
- Sisi selatan	19,3 – 22,4	1,0 – 3,6	Dingin tidak nyaman – Sejuk nyaman
BELAKANG BANGUNAN			
- Teras	22,0 – 23,5	0,1 – 0,7	Sejuk nyaman – Nyaman optimal
- Jalur sirkulasi	22,1 – 22,8	0,3 – 1,0	Sejuk nyaman

Tabel VI.1 Kondisi temperatur efektif dan tingkat kenyamanan termal di ruang luar bangunan rektorat

- Hasil pengukuran AV pada area *drop-off* lebih besar daripada AV pada teras, sehingga ET pada area *drop-off* lebih kecil daripada ET pada teras, namun rentang tingkat kenyamanan termal pada kedua area tersebut tidak berbeda. Demikian juga halnya antara sisi utara dan sisi selatan dari lorong bangunan.
- Tingkat kenyamanan termal di area belakang bangunan dalam kondisi sejuk nyaman dan nyaman optimal, karena besaran AV lebih rendah dari 1,5 m/detik. Menurut Lippsmeier (1980:61), AV di atas 1,5 m/detik tidak menyenangkan sehingga diperlukan pengkondisian pada bangunan.
- Penghayatan dingin tidak nyaman lebih banyak terjadi pada pengukuran ketika musim hujan. Hal ini karena adanya perbedaan yang cukup besar pada temperatur, kelembaban dan kecepatan pergerakan udara antara pengukuran di musim hujan dan di musim kemarau. Temperatur udara di musim hujan lebih rendah daripada di musim kemarau, kelembaban udara di musim hujan lebih tinggi daripada di musim kemarau, sedangkan AV di musim hujan umumnya lebih tinggi daripada AV di musim kemarau.
- Tingkat penghayatan yang sama antara pengukuran di musim hujan dan di musim kemarau terutama terjadi pada area belakang bangunan. Sedangkan perbedaan

tingkat penghayatan yang ekstrim antara pengukuran di musim hujan dan di musim kemarau, yaitu dari dingin tidak nyaman ke nyaman optimal terjadi pada area depan bangunan.

Dari hasil pengolahan data pengukuran dapat disimpulkan adanya pengaruh dari kecepatan pergerakan udara terhadap tingkat kenyamanan termal di ruang luar bangunan rektorat UNPAR, seperti yang berikut ini :

- Penghayatan dingin tidak nyaman berada pada AV antara 2,1 – 5,1 m/detik
- Penghayatan sejuk nyaman berada pada AV antara 0,5 – 2,3 m/detik
- Penghayatan nyaman optimal berada pada AV antara 0,1 – 1,5 m/detik

VI.1.2 MENJAWAB PERTANYAAN PENELITIAN

❖ **Bagaimana peranan desain penataan tapak, yaitu bentuk dan tata letak bangunan, bentuk dan tata letak tanaman, serta pengolahan permukaan tanah dalam mengendalikan pergerakan udara yang berlebihan, sehingga dapat menciptakan kenyamanan termal di ruang luar bangunan kampus ?**

- Berdasarkan hasil pengamatan pada ruang-ruang luar di kampus UNPAR, dapat dirangkum temuan-temuan berikut ini :
 - o Bangunan dapat menurunkan kecepatan gerakan udara (AV) ketika aliran udara dibelokkan dan dipantulkan, atau dapat meningkatkan AV pada saat aliran udara diarahkan dan diteruskan melalui celah di antara bangunan.
 - o Tanaman dapat menghambat dan menurunkan AV dengan cara menyaring, mengarahkan, membelokkan, dan menghalangi aliran udara.
 - o Permukaan tanah dapat menghambat aliran udara dan sedikit menurunkan AV, serta dapat mengarahkan aliran udara menuju pada ketinggian posisi duduk.
 - o Perbedaan kontur yang ada dapat menghambat dan menurunkan AV ketika aliran udara menuju dinding kontur, serta dapat meningkatkan AV pada saat aliran udara yang berasal dari kontur rendah menuju ke ruang luar yang berada pada kontur tinggi.
 - o Perbedaan suhu menyebabkan aliran udara cenderung bergerak dari area yang ternaungi dan bertekanan positif menuju ke ruang terbuka dengan suhu yang lebih tinggi dan bertekanan negatif.

Disimpulkan bahwa peranan desain penataan tapak di kampus UNPAR secara umum dapat mengendalikan pergerakan udara yang berlebihan, sehingga ruang-ruang luar berada dalam rentang kondisi sangat nyaman, nyaman, dan cukup nyaman kecuali

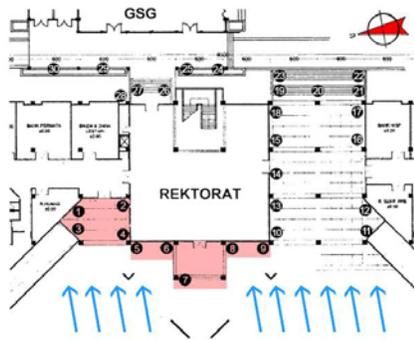
pada tiga lokasi ruang luar, diantaranya adalah ruang-ruang luar di sekitar bangunan rektorat.

- Berdasarkan hasil analisis korelasi antara kondisi iklim di ruang luar bangunan rektorat dengan kondisi iklim makro dari data Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) stasiun Bandung, dapat dirangkum temuan-temuan berikut ini :
 - o Kerapatan bangunan bertingkat di sekitar yang berada pada kontur lebih rendah dapat menghalangi pergerakan udara yang menuju tapak, sehingga AV di ruang luar lebih rendah dari data BMG.
 - o Sebagian besar aliran udara dari timur terhalang oleh dinding kontur dan bangunan, sedangkan aliran udara dari barat setelah melewati atap dari deretan bangunan yang berada di hadapan bangunan rektorat, kembali menuju ke dalam tapak dan ruang luar bangunan. Hal ini yang menyebabkan arah gerakan udara di ruang luar bangunan didominasi dari arah lembah di sebelah barat pada sepanjang tahun, dan tidak sebagaimana data dari BMG, arah gerakan udara terbanyak pada musim kemarau seharusnya berasal dari arah timur.

Disimpulkan bahwa kondisi iklim pada tapak dan ruang luar bangunan yang menyimpang dari iklim makronya membuktikan kalau bentuk dan tata letak bangunan, bentuk dan tata letak tanaman, serta pengolahan permukaan tanah di sekitar tapak sangat mempengaruhi arah serta kecepatan gerakan udara yang menuju tapak. Oleh karena itu, sejauh mana kondisi arah dan kecepatan gerakan udara yang menuju tapak ini menjadi pertimbangan dalam desain, akan menentukan keberhasilan peranan penataan tapak dalam mengendalikan pergerakan udara untuk menciptakan kenyamanan termal di ruang luar bangunan rektorat.

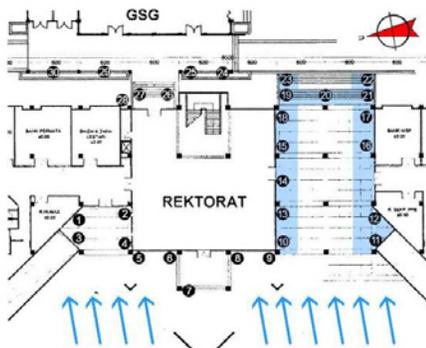
Berdasarkan hasil pengolahan data pengukuran pada ruang-ruang luar bangunan rektorat, dapat dirangkum beberapa hal berikut ini :

- o Pintu yang terbuka pada teras dan area *drop-off* menyebabkan AV meningkat saat aliran udara melaluinya dan melaju terus menuju ke pintu teras belakang yang juga terbuka, karena adanya perbedaan tekanan antara ruang luar dan ruang dalam. AV pada area *drop-off* lebih besar daripada AV pada teras, karena sebelum menuju pintu terbuka, AV sudah meningkat terlebih dahulu saat melalui celah-celah pada bidang miring yang melingkupi area tersebut, jadi aliran udara mengalami peningkatan kecepatan sebanyak dua kali karena bentuk bangunan.



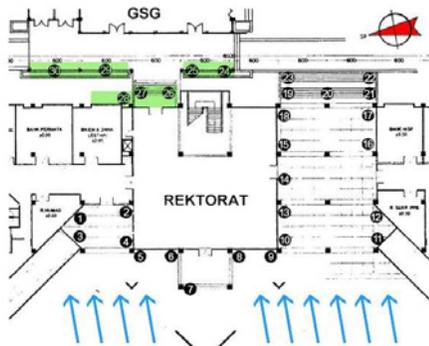
Gambar VI.1 Ruang luar di lokasi depan bangunan rektorat

- o Arah datang aliran udara yang memasuki lorong bangunan membentuk sudut ke arah utara terhadap fasad bangunan, sehingga AV di sisi utara lorong lebih besar daripada AV di sisi selatannya. Aliran udara yang memasuki lorong bangunan mengalami peningkatan AV karena efek venturi, dan setelah melewati jembatan efek venturi kembali terjadi sehingga besaran AV meningkat dua kali lebih besar daripada sebelumnya. Ke dua hal ini disebabkan oleh tata letak bangunan yang frontal terhadap arah datang aliran udara dan juga oleh bentuk bangunan yang berupa lorong.



Gambar VI.2 Ruang luar di lokasi lorong bangunan rektorat

- o Ruang luar di belakang bangunan rektorat berfungsi sebagai jalur sirkulasi, berbentuk lorong semi terbuka dengan adanya celah di sepanjang pertemuan antara atap ruang luar tersebut dengan bangunan rektorat. Jalur sirkulasi ini berada pada daerah bayangan angin, dan sekalipun aliran udara yang berasal dari pintu terbuka pada teras belakang cukup tinggi, namun AV masih berada di bawah 1,5 m/detik. Hal ini disebabkan oleh tata letak bangunan yang tidak frontal terhadap arah datang aliran udara dan juga oleh bentuk bangunan.



Gambar VI.3 Ruang luar di lokasi belakang bangunan rektorat

- o Keberadaan pagar teralis terbuka tanpa semak menyebabkan lebih banyak aliran udara melalui bawah pohon yang berada di dekat pagar tersebut, sehingga hanya dapat mengurangi sedikit AV yang menuju ke dalam tapak.
- o Setelah melewati pagar, pepohonan dan area parkir, kecepatan gerakan udara akan menurun atau meningkat saat memasuki ruang luar bangunan tergantung dari elemen-elemen pembentuk ruang luar, tanaman dan tekstur permukaan tanah yang dilaluinya.

Disimpulkan bahwa bentuk elemen ruang luar bangunan rektorat dapat semakin meningkatkan AV yang lajunya hanya sedikit terhambat oleh elemen-elemen tapak yang telah dilalui sebelumnya, kecuali pada ruang luar di lokasi belakang bangunan. Tanaman dalam jumlah sedikit yang berada di sekitar ruang luar tidak dapat secara signifikan menyaring dan menghambat AV, karena tanaman hanya berfungsi sebagai elemen estetis, dan ruang luar diprioritaskan sebagai area penerima serta jalur sirkulasi dengan lebih banyak perkerasan. Permukaan lantai yang rata dan bertekstur hanya dapat sedikit menghambat laju aliran udara. Hal ini menunjukkan tidak berperannya desain penataan tapak dalam mengendalikan pergerakan udara yang berlebihan sehingga tidak dapat menciptakan kenyamanan termal di ruang luar bangunan. Jadi desain penataan tapak di ruang luar bangunan dapat atau tidak dapat mengendalikan pergerakan udara, terutama

tergantung dari bentuk elemen-elemen ruang luar dan posisi ruang luar terhadap arah datangnya aliran udara, apakah pada sisi muka angin atau pada daerah bayangan angin.

- Berdasarkan hasil simulasi kondisi eksisting yang dilakukan pada ruang luar bangunan rektorat, dapat dirangkum beberapa hal berikut ini :

- Deretan bangunan bertingkat di seberang bangunan rektorat dan tiga buah pohon pada tapak dapat menurunkan kecepatan aliran udara dari lembah di belakangnya secara signifikan, sedangkan pagar teralis tanpa semak tidak mempengaruhi AV. Setelah melewati tapak, aliran udara kembali meningkat saat memasuki teras, area *drop-off*, dan lorong bangunan. Sirip beton horisontal dapat menurunkan AV dan mengarahkan aliran udara menuju ke permukaan lantai lorong bangunan, sehingga AV pada permukaan lantai lebih tinggi daripada AV di area plafon.
- Distribusi aliran udara di teras lebih banyak pada skala ketinggian manusia dan AV pada area plafon sama besar dengan AV pada permukaan lantai, sedangkan distribusi aliran udara di area *drop-off* lebih banyak pada area plafon dengan AV lebih rendah daripada AV pada permukaan lantai. Rentang AV dari titik-titik ukur di teras lebih tinggi daripada di area *drop-off*, hal sebaliknya terjadi pada hasil pengukuran. Sedangkan pada simulasi gerakan udara dari timur, rentang AV dari titik-titik ukur pada teras dan area *drop-off* hampir sama, namun dengan besaran AV yang jauh lebih rendah daripada dengan simulasi gerakan udara dari barat, karena berada pada daerah bayangan angin.
- Distribusi aliran udara di sisi utara lorong bangunan lebih banyak pada garis ketinggian manusia, sedangkan di sisi selatan pada skala ketinggian manusia, baik pada simulasi gerakan udara dari barat maupun dari timur. Terjadi dua kali peningkatan AV karena efek venturi pada saat aliran udara memasuki lorong bangunan dan memasuki area di bawah jembatan. AV tertinggi terjadi setelah aliran udara melewati jembatan pada simulasi gerakan udara dari barat dan saat aliran udara memasuki area di jembatan pada simulasi gerakan udara dari timur. Besaran AV pada titik-titik ukur hampir merata, sedangkan dari hasil pengukuran besaran AV sangat bervariasi.
- Distribusi aliran udara di belakang bangunan cenderung menuju ke arah utara pada simulasi gerakan udara dari barat dan menuju ke arah selatan pada simulasi gerakan udara dari timur. Besaran AV di titik-titik ukur pada gerakan udara dari timur jauh lebih rendah daripada gerakan udara dari barat, walaupun sama-sama berada pada daerah bayangan angin.

Disimpulkan bahwa elemen-elemen pada tapak terutama tanaman dapat menurunkan kecepatan gerakan udara dominan yang berasal dari barat, namun AV meningkat kembali saat aliran udara memasuki bangunan karena pengaruh dari bentuk

bangunan itu sendiri, termasuk pada lokasi belakang bangunan. Terdapat perbedaan distribusi aliran udara dan besaran AV pada area ruang luar yang sama. Besaran AV dari hasil simulasi dengan gerakan dari timur lebih rendah daripada dengan gerakan dari barat. Terjadi juga perbedaan kondisi besaran AV pada titik-titik ukur di ruang luar antara hasil simulasi kondisi eksisting dengan hasil pengukuran. Jadi perilaku arah dan kecepatan gerakan udara sangat bergantung pada bentuk dari elemen-elemen ruang luar yang dilaluinya, dan terutama juga pada posisi ruang luar terhadap arah datang aliran udara sehingga pada ruang luar yang sama akan mempunyai kondisi arah dan kecepatan gerakan udara yang berbeda, yang tentunya akan mempengaruhi kenyamanan termal di ruang luar tersebut.

Dari hasil pengolahan data pengukuran, didapatkan bahwa sebagian besar ET dari TU yang berada di lorong bangunan rektorat keluar dari zona nyaman, karena kecepatan gerakan udara di atas 1,5 m/detik dengan penghayatan dingin tidak nyaman dan sejuk nyaman. Begitu juga dari hasil simulasi kondisi eksisting, didapatkan bahwa rentang AV pada lokasi tersebut mempunyai besaran AV yang tertinggi. Dengan demikian rekondisi desain penataan tapak dilakukan di sekitar lokasi lorong bangunan rektorat melalui simulasi dengan program komputer, yaitu Computational Fluid Dynamic (CFD), sehingga kecepatan gerakan udara mencapai maksimal 1,5 m/detik dengan rentang penghayatan mencapai antara sejuk nyaman hingga nyaman optimal.

- ❖ **Sejauh mana simulasi rekondisi desain penataan tapak pada lokasi lorong bangunan rektorat dapat dilakukan melalui program komputer, sehingga dapat mengoptimalkan gerakan udara yang dapat menunjang kenyamanan termal di ruang luar tersebut ?**

Dari simulasi kondisi eksisting disimpulkan bahwa arah dan kecepatan gerakan udara pada saat memasuki lorong bangunan harus dikendalikan dengan cara mengurangi distribusi aliran udara yang menuju skala manusia, dan mengurangi kecepatannya hingga tidak lebih dari 1,50 m/detik. Pengendalian ini hanya dapat dilakukan melalui elemen tanaman dan elemen bangunan seperti sirip horisontal. Sedangkan melalui elemen pengolahan permukaan tanah sudah tidak ada lagi upaya lain yang dapat dilakukan tanpa mengganggu fungsi lorong bangunan sebagai *lobby* penerima terbuka dan jalur sirkulasi yang membutuhkan permukaan yang keras dan rata.

- Berdasarkan hasil simulasi rekondisi dengan menggunakan tanaman yang dilakukan di sekitar lorong bangunan rektorat dapat dirangkum temuan-temuan berikut ini :
 - o Pada simulasi dengan gerakan udara dari barat, distribusi aliran udara yang melalui bagian atas dan bawah pohon meningkat kecepatannya dan semakin

meningkat saat aliran udara memasuki lorong bangunan. Pada lorong bangunan, terdapat lebih sedikit distribusi aliran udara yang menuju lurus ke area di bawah jembatan dengan kecepatan yang meningkat pada saat akan meninggalkan lorong bangunan karena efek venturi. Besaran AV pada titik-titik ukur tidak berubah, namun batas minimal AV lebih tinggi daripada hasil simulasi kondisi eksisting.

- o Pada simulasi dengan gerakan udara dari timur, distribusi aliran udara yang berasal dari lorong bangunan melewati area bawah pohon dengan kecepatan yang semakin melambat saat menuju ke area parkir terbuka. Pada lorong bangunan, besaran AV pada titik-titik ukur lebih rendah daripada simulasi dengan gerakan udara dari barat, hal ini sesuai dengan hasil simulasi kondisi eksisting.

Disimpulkan bahwa hasil simulasi rekondisi dengan tanaman yang dilakukan di sekitar lorong bangunan rektorat dapat mengurangi distribusi aliran udara yang menuju skala manusia, namun besaran AV tetap sama dengan simulasi kondisi eksisting.

- Berdasarkan hasil simulasi rekondisi dengan menggunakan sirip horisontal yang dilakukan di sekitar lorong bangunan rektorat dapat dirangkum temuan-temuan berikut ini :

- o Pada simulasi dengan gerakan udara dari barat, distribusi aliran udara merapat saat melalui celah di atas sirip horisontal hasil rekondisi dan menuju ke area plafon lorong bangunan. Ketika aliran udara mengenai sirip horisontal, kecepatannya menurun secara signifikan dan meningkat kembali saat memasuki lorong bangunan. Pada lorong bangunan, terdapat lebih sedikit distribusi aliran udara yang menuju ke area di bawah jembatan dengan kecepatan yang meningkat pada saat akan meninggalkan lorong bangunan karena efek venturi. Besaran AV pada titik-titik ukur jauh lebih rendah daripada besaran AV dari hasil simulasi kondisi eksisting dan kondisi setelah dilakukan rekondisi dengan tanaman.
- o Pada simulasi dengan gerakan udara dari timur, distribusi aliran udara tidak berubah namun besaran AV pada titik-titik ukur sedikit lebih rendah dari simulasi kondisi eksisting.

Disimpulkan bahwa hasil simulasi rekondisi dengan sirip horisontal yang dilakukan pada lorong bangunan rektorat, selain dapat mengurangi distribusi aliran udara yang menuju skala manusia, juga dapat menurunkan kecepatan gerakan udara secara signifikan.

VI.1.3 MEMBUKTIKAN HIPOTESIS

- ❖ **Kenyamanan termal pada ruang luar bangunan kampus UNPAR dapat dicapai melalui upaya penataan tapak untuk mengendalikan arah dan kecepatan gerakan udara.**

Hipotesis penelitian telah terbukti melalui rangkuman kesimpulan berikut ini :

- Berdasarkan hasil pengamatan telah disimpulkan bahwa desain penataan tapak di kampus UNPAR melalui bentuk dan tata letak bangunan, bentuk dan tata letak tanaman, serta pengolahan permukaan tanah dapat mengendalikan arah dan kecepatan gerakan udara yang berlebihan sehingga ruang-ruang luar berada dalam rentang kondisi sangat nyaman, nyaman, dan cukup nyaman, kecuali pada ruang-ruang luar yang berada di sekitar ruang luar bangunan rektorat, terutama pada lokasi lorong bangunan rektorat.
- Berdasarkan hasil simulasi rekondisi penataan tapak pada lorong bangunan rektorat UNPAR telah disimpulkan bahwa penambahan sirip horisontal pada fasad lorong bangunan dan penambahan tanaman di samping lorong bangunan dapat mengurangi distribusi aliran udara yang menuju skala manusia, dan mengurangi kecepatannya sehingga lorong bangunan rektorat berada dalam kondisi sejuk nyaman.

Hasil dari penelitian tesis riset ini menyimpulkan bahwa upaya pengendalian gerakan udara di ruang luar dapat dilakukan melalui desain bentuk bangunan yang bukan berupa celah-celah, lorong, pengurangan volum ruang karena keberadaan massa bangunan yang melintang di tengah ketinggian ruang tersebut, bidang miring yang mengarah ke ruang luar, atau bentuk-bentuk lain yang berpotensi meningkatkan kecepatan gerakan udara sebagai dampak dari efek venturi. Solusi utama dalam mengendalikan gerakan udara yang berlebihan di ruang luar adalah dengan tidak meletakkan ruang luar secara frontal terhadap datangnya aliran udara terbanyak. Selain itu dapat juga memanfaatkan variasi bentuk tanaman untuk menyaring aliran udara, dan meletakkan tanaman terutama pada skala ketinggian manusia dengan tujuan untuk mengarahkan, membelokkan, atau memantulkan aliran udara sesuai dengan kondisi yang diharapkan. Sedangkan melalui desain pengolahan permukaan tanah dapat memanfaatkan dinding kontur untuk menghambat dan membelokkan aliran udara, serta penggunaan bahan permukaan yang kasar dapat menurunkan kecepatan gerakan udara.

VI.2 SARAN

Manfaat dari penelitian ini ditujukan sebagai masukan bagi pihak peneliti dalam menyempurnakan penelitian selanjutnya dengan arah dan sifat studi yang serupa, dan juga bagi pihak perencana dalam merencanakan ruang luar bangunan sejenis, melalui saran-saran berikut ini :

VI.2.1 BAGI PENELITI

Penelitian tentang termal terbagi atas dua kategori, yaitu penelitian lingkungan termal (*Thermal Environment*) dan penelitian kenyamanan termal (*Thermal Comfort*). Kategori pertama membahas tentang kaitan antara hasil pengukuran termal dengan bentuk arsitektural, dimana lingkungan binaan sebagai obyek penelitian yang bersifat obyektif. Penghayatan termal didapat dari pengolahan data pengukuran melalui proses grafik dengan menggunakan Psychrometric Chart dan ET Nomogram, yang didasarkan pada standar zona nyaman dalam temperatur efektif. Sedangkan kategori kedua membahas tentang kaitan antara hasil pengukuran termal dengan manusia sebagai pengguna ruang, dimana manusia menjadi obyek penelitian yang bersifat subyektif. Penghayatan termal didapat dari hasil pengolahan data kuesioner yang akan menentukan tingkat kenyamanan termal yang ada pada ruangan. Batasan zona nyaman pada ET Nomogram adalah hasil dari penelitian kenyamanan termal, jadi penelitian lingkungan termal didasarkan pada penelitian kenyamanan termal yang sudah dibakukan. Penelitian dalam tesis riset ini merupakan penelitian lingkungan termal, yang masih dapat dikembangkan menjadi penelitian kenyamanan termal untuk mengetahui tingkat penghayatan termal yang didasarkan pada respon dari pengguna ruang luar bangunan kampus.

Penelitian ini masih dapat disempurnakan dengan cara melengkapi beberapa hal berikut ini :

- Melakukan pengukuran radiasi panas dengan menggunakan Globe Thermometer agar hasil temperatur efektif lebih mendekati kenyataan, lihat penjelasan pada bab III.5 halaman 60.
- Perlu dilakukan pengukuran awal secara serentak pada sejumlah titik ukur yang berdekatan sesuai dengan jumlah alat yang tersedia. Pada pengukuran selanjutnya hanya perlu difokuskan pada titik-titik ukur dengan hasil pengukuran yang jauh berbeda, sehingga dalam keterbatasan jumlah alat, pengukuran secara serentak dapat dilakukan. Cara ini untuk mengurangi perbedaan waktu pengukuran agar hasilnya lebih akurat.

- Program simulasi komputer merupakan hasil pengamatan para ilmuwan terhadap pola gerakan udara yang sebenarnya lalu dirumuskan dalam suatu persamaan matematika, sehingga hasil yang diperoleh hanya sekitar 85% mendekati kondisi sebenarnya. Dalam penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan *software* yang lebih canggih dalam hal ketepatan pembuatan model dan proses kalkulasi untuk menghasilkan data arah dan kecepatan gerakan udara yang terjadi pada model bangunan, sehingga dapat meminimalisir perbedaan antara hasil simulasi kondisi eksisting dengan hasil pengukuran. Selain itu, pengambilan sampel pengukuran dalam penelitian selanjutnya dapat ditingkatkan dari 400 x menjadi 1000 x, agar data arah dan kecepatan gerakan udara dapat tampil lebih detail.

VI.2.2 BAGI PERANCANG

Dari hasil penelitian dapat dipelajari hal-hal yang harus diperhatikan dalam perancangan ruang luar khususnya ruang luar bangunan kampus, agar kenyamanan termal dapat tercapai dan fungsi ruang luar bangunan dapat lebih optimal, yaitu sebagai berikut :

- Data karakteristik umum iklim kota setempat dan data iklim dari BMG stasiun setempat perlu diketahui untuk mendapatkan gambaran awal dari kondisi iklim pada lingkungan di sekitar tapak.
- Memperhatikan fluktuasi iklim antar musim dimana kecepatan gerakan udara lebih tinggi di saat musim hujan, dan temperatur udara lebih tinggi serta kelembaban udara lebih rendah di saat musim kemarau, agar kenyamanan termal di ruang luar bangunan dapat direncanakan untuk berlangsung di sepanjang tahun.
- Usahakan untuk menempatkan ruang luar di antara dua bangunan yang berada di dua sisi dari arah datang aliran udara terbanyak, dan hindari sedapat mungkin menempatkan ruang luar secara frontal terhadap arah datang aliran udara terbanyak.
- Untuk ruang luar dengan aliran udara terbanyak berasal dari celah antar bangunan, dapat mengoptimalkan jajaran pepohonan, perdu dan semak dalam ketinggian skala manusia untuk mengendalikan gerakan udara yang berlebihan.
- Perencanaan lansekap melalui tanaman dan pengolahan permukaan tanah pada ruang luar bangunan tidak hanya menekankan pada aspek estetika pembentuk ruang semata, namun juga dipertimbangkan sebagai pengendali gerakan udara untuk menciptakan kenyamanan termal di ruang luar bangunan.
- Perencanaan bentuk dan tata letak bangunan, bentuk dan tata letak tanaman, serta pengolahan permukaan tanah hendaknya dipertimbangkan secara komprehensif,

sehingga satu sama lain dapat saling mendukung untuk membentuk kenyamanan termal di ruang luar bangunan.

- Pemanfaatan program komputer untuk simulasi dalam mengendalikan distribusi, pola, arah dan kecepatan gerakan udara melalui bentuk dan tata letak bangunan serta tanaman, dan pengolahan permukaan tanah dapat menyempurnakan desain kenyamanan termal, dalam hal ini adalah kenyamanan termal di ruang luar bangunan kampus.

VI.3 PENUTUP

Aktivitas utama dalam kampus adalah kegiatan belajar dan mengajar, didukung oleh aktivitas lainnya yang sangat beragam, sehingga bangunan kampus berperan sebagai bangunan multifungsi. Disamping merupakan perwujudan ruang-ruang dalam yang terakumulasi oleh massa bangunan, penampilan suatu kawasan kampus hendaklah dilihat juga sebagai perwujudan ruang-ruang luar yang terbentuk sebagai akibat dari penataan massa bangunan-bangunan itu sendiri dan oleh elemen-elemen pendukung lainnya. Secara arsitektural, ruang luar berfungsi sebagai pembatas atau pemberi jarak antara massa bangunan, penghargaan terhadap penampilan bangunan, ruang aksesibilitas, ruang peralihan, dan sebagainya.

Selain kegiatan perkuliahan yang sebagian besar dilaksanakan di dalam ruangan kuliah tertutup, mahasiswa juga melakukan berbagai aktivitas lainnya di ruang luar yang bersifat terbuka dan tidak formal. Keberadaan ruang luar menjadi begitu penting maknanya bagi mahasiswa, sehingga dalam perencanaan fisik kampus, ruang luar menjadi elemen utama yang memberi bentuk dasar pada konfigurasi tata ruang kampus. Ruang luar dirancang tidak hanya difungsikan oleh mahasiswa sebagai sarana untuk melakukan berbagai kegiatan dan interaksi sosial, tapi juga sebagai akses sirkulasi. Bangunan kampus yang baik dirancang agar membuat orang-orang dapat bersirkulasi melalui ruang dalam dan ruang luar, sehingga dapat menyaksikan aktivitas-aktivitas yang sedang berlangsung dan memilih untuk berpartisipasi.

Sebagaimana di ruang dalam, beraktivitas di ruang luar pun membutuhkan kenyamanan termal, namun kondisi kenyamanan termal di ruang luar umumnya tidak memadai. Elemen pembentuk ruang luar yang terbatas menyebabkan intervensi iklim, terutama kecepatan gerakan udara seringkali di luar batas nyaman. Interaksi antara bangunan dan lingkungan demikian kompleksnya, terutama dalam hal pergerakan udara pada skala iklim tapak. Saat aliran udara bertiup di sekitar bangunan, kecepatan dan pola pergerakannya akan dikurangi, ditingkatkan, dihalangi, diarahkan, dibelokkan dan disaring, tergantung dari elemen-elemen yang dilaluinya. Pemanfaatan aliran udara ini

dapat menciptakan lingkungan yang nyaman secara iklim. Sekalipun variasi aliran udara demikian luas, namun pola aliran udara umumnya dapat diramalkan, diubah dan diarahkan dalam ruang dan bangunan. Untuk mencapai pengendalian pergerakan udara yang berarti, perancang harus menggunakan bentuk bangunan bersama dengan topografi di sekelilingnya, tanaman, pagar dan bagian luar dari bangunan yang dapat diatur. Karakter tiga dimensional yang kompleks dari pergerakan udara, dapat dengan mudah diperkirakan dan dikendalikan bila prinsip dan teknik dasarnya dapat dimengerti. Pergerakan udara merupakan hal penting yang utama dalam kaitannya dengan kenyamanan manusia khususnya di ruang luar bangunan.

Melalui hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangsih pemikiran dalam hal solusi desain untuk mengendalikan pergerakan udara yang berlebihan. Dengan kondisi termal dan kondisi fisik ruang luar yang memadai untuk melakukan beragam kegiatan dapat mendorong lebih banyak lagi mahasiswa yang akan memanfaatkan ruang luar, sehingga fungsi kampus dalam menyelenggarakan pendidikan dapat menciptakan suasana belajar yang kondusif dan dinamis. Pembentukan atmosfir lingkungan dan penyediaan fasilitas sama pentingnya dengan perencanaan kurikulum mata kuliah, dan arsitektur kampus seharusnya selaras dan dapat memberikan kontribusi untuk mendukung tujuan tersebut.

Melalui penelitian ini juga diharapkan perencanaan ruang luar dapat memenuhi persyaratan perencanaan kampus yang mendukung dan memajukan misi perguruan tinggi, diantaranya adalah :

- Memanfaatkan potensi iklim dan topografi
- Mengembangkan hubungan, komunikasi, dan kolegalitas di antara komunitas kampus melalui perletakan bangunan, pengadaan area ruang luar, dan sistem sirkulasi, untuk mencapai tujuan institusi dan mengembangkan partisipasi di dalam kehidupan kampus
- Menciptakan keamanan dan kenyamanan secara fisik dan psikologis.

Dengan demikian, kampus secara arsitektural dapat mengekspresikan kualitas kehidupan akademik dan keberadaan ruang luar selain dapat meningkatkan kualitas kehidupan di lingkungan kampus, juga dapat menampilkan kesan dengan identitas spesifik yang tak lekang oleh waktu bagi kampus itu sendiri. Desain kampus yang berhasil harus dapat mengantisipasi kebutuhan saat ini dan mampu beradaptasi pada perubahan di kemudian hari, tanpa kehilangan atribut fisik yang sudah menjadi identitas sejak awal.

DAFTAR PUSTAKA

KAMPUS DAN RUANG LUAR

- Alexander, Christopher. 1977. *A Pattern Language : Towns, Building, Construction*. New York : Oxford University Press. Page 456, 590, 600.
- Anderson, Standford. 1978. *On Street*. London : The MIT Press. Page 118.
- Ashihara, Yoshinobu. 1970. *Exterior Design in Architecture*. New York : Van Nostrand Reinhold Company. Page 11-21.
- Curran, Raymond J. 1983. *Architecture and The Urban Experience*. New York : Van Nostrand Reinhold Company. Page 56.
- Dober, Richard P. 1963. *Campus Planning*. Cambridge : Reinhold Publishing Cooperation.
- Dober, Richard P. 1996. *Campus Architecture*. New York : The McGraw-Hill Companies, Inc. Page 47, 54, 80,160-161,171,191, 225, 226.
- Hakim, Rustam. 1991. *Unsur Perancangan dalam Arsitektur Lansekap*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Lynch, Kevin. 1960. *The Image of The City*. London : The MIT Press. Page 49.
- Newman, David. J. 2003. *Building Type Basics for College and University Facilities*. New Jersey : John Willey & Sons, Inc. Page 13, 15-16, 20, 31.
- Permana, Ruly. 2006. *Pengaruh Model Pendidikan Student Centered Learning (SCL) Berteknologi Maju Terhadap Ruang Kampus*. Skripsi Arsitektur 21. Bandung : Universitas Katolik Parahyangan Fakultas Teknik Arsitektur. Hlm 24, 45-48.
- Team. 1996. *Cambridge-International Dictionary of English*. New York : Cambridge University Press. Page 187.
- Trancik, Roger. 1977. *Finding Lost Space-Theories of Urban Design*. New York : Van Nostrand Reinhold Company. Page 106.

KENYAMANAN TERMAL DAN PERGERAKAN UDARA

- Amirudin, Saleh. 1989. *Iklim dan Arsitektur di Indonesia*. Bandung : Departemen PUTL, Direktorat Jenderal Cipta Karya, LPMB. Hlm 7.
- Boutet, S. Terry. 1987. *Controlling Air Movement. A Manual for Architects and Builders*. New York : McGraw-Hill Book Company. Page 5, 42-46, 48-51, 55, 62, 64, 72, 74, 77, 79-81, 83, 88.
- Brown, G.Z. 1990. *Matahari, Angin dan Cahaya*. Bandung : Penerbit Intermatra. Hlm 75.
- Brown, G.Z. and De Kay Mark. 2001. *Sun, Wind and Light : Architectural Design Strategies*. New York : John Willey & Sons, Inc. Page 17, 130.
- Chiara, Joseph De, dan Lee. E. Koppelman. 1997. *Standar Perencanaan Tapak*. Jakarta : Penerbit Erlangga. Hlm 144.
- Evans, Martin. 1980. *Housing, Climate and Comfort*. New York : Halsted Press. Page 19-20, 59, 65.

- Givoni, B. 1976. *Man, Climate and Architecture*. London : Applied science publishers LTD. Page 54, 305.
- Koenigsberger, O.H, et al. 1975. *Manual of tropical housing and building*. New Delhi : Orient Longman Limited. Page 4,13-17, 36, 44-45, 54, 59.
- Kukreja, C.P. 1978. *Tropical Architecture*. New Delhi : Tata McGraw-Hill Publishing Company. Page Introduction.
- Lechner, Norbert. 2001. *Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architects (second edition)*. New York : John Willey & Sons, Inc. Page 51, 256.
- Lippsmeier, Georg. 1980. *Building in the Tropics*. Munchen : Verlag Georg D.W. Callwey. Page 28-32, 37, 61.
- Mangunwijaya YB. 1980. *Pasal-pasal Penghantar Fisika Bangunan*. Jakarta : PT. Gramedia. Hlm 56.
- Melaragno, Michele. 1982. *Wind in Architectural and Environmental Design*. New York: Van Nostrand Reinhold Company. Page 41, 346, 377-378, 381.
- Moore, Fuller. 1993. *Environmental Control Systems heating cooling lighting*. New York : McGraw Hill Inc. Page 178-179.
- Olgyay, Victor. 1992. *Design With Climate: A Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New York : Van Nostrand Reinhold. Page 18-19, 98, 100-101.
- Robinette, Gary O. 1983. *Landscaping Planning for Energy Conservation*. New York : Van Nostrand Reinhold Company. Page 118-119.
- Soegijanto. 1999. *Bangunan di Indonesia Dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan*. Jakarta : Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Hlm 26, 240, 243.
- Team. 1993. SNI T-14-1991-03 *Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi Pada Bangunan Gedung*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum. Hlm 38.
- Watson, Donald. 1983. *FAIA and Kenneth Labs, Climatic Design*. New York : McGraw Hill Inc. Page 84, 86, 96.
- Wonorahardjo, Surjamanto; Aman Mostavan. 2002. *Thermal Performance of Low Cost Housing in Indonesia. Proceedings International Symposium: Building Research and the Sustainability of the Built Environment in the Tropics*. Jakarta : Universitas Tarumanagara. Hlm 208.

PANDUAN PENULISAN TESIS

- Arikunto, Suharsimi. 1987. *Prosedur Penelitian, suatu pendekatan praktik*. Jakarta : Bina Aksara.
- Atmadilaga, Didi. 1997. *Panduan Skripsi, Tesis, Disertasi*. Bandung : CV. Pionir Jaya.