

Kebermanfaatan Angin di Kawasan Perkotaan

Juhana¹, Sungkono², Nashrah³

¹ Lab. Sains dan Teknologi Arsitektur/Teknologi Bangunan, Arsitektur/Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia.

² Lab. Pengujian Mesin-Mesin/Konversi Energi/ Mesin/Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia.

³ Lab. Kota dan Permukiman/Kota dan Permukiman, Arsitektur/Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia.

Abstrak

Kota Makassar berada pada wilayah iklim tropis panas-lembap yang dipengaruhi oleh laut. Kota ini memiliki bentuk wilayah yang unik karena panjang garis pantainya mencapai 7 kali lipat dari lebarnya, sehingga angin laut masih sangat kuat berpengaruh sampai di daratan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kebermanfaatan angin laut di kawasan kota Makassar. Kawasan kota Makassar yang menjadi kasus studi adalah kawasan kota disekitar Jl. G. Bawakaraeng (± 1 km dari garis pantai), Jl. A.P. Pettrani (± 4 km dari garis pantai/ ditengah kota), dan Jl. Perintis Kemerdekaan (± 20 km dari garis pantai). Untuk mendukung penelitian ini telah dikumpulkan data kecepatan dan arah angin dari Stasiun Meteorologi dan Geofisika Maritim Potere Makassar selama lima tahun berturut-turut (2012-2016). Pengukuran dilakukan lima kali dari pagi sampai sore saat cuaca cerah dalam waktu yang bersamaan pada semua titik ukur. Analisis dilakukan secara kuantitatif menggunakan formula dari Edward Ng (2006) sebagai indikator. Hasil analisis menunjukkan bahwa angin laut Makassar sangat potensial dimanfaatkan untuk perencanaan lingkungan binaan.

Kata-kunci : kebermanfaatan angin, kawasan perkotaan

The Benefits of Wind in Urban Areas

Abstract

The city of Makassar is in a hot-humid tropical climate region that is affectionate by the sea. This city has a unique shape because the length of its coastline reaches 7 times the width, so the sea breeze is still very strong up inland. This study aims to examine the utilization of sea breeze in the city of Makassar. Makassar city area which became the case study is the city area around Jl. G. Bawakaraeng (± 1 km from the coastline), Jl. A.P. Pettrani (± 4 km from coastline / city center), and Jl. Perintis Kemerdekaan (± 20 km from coastline). To support this research has collected data speed and direction from Makassar Maritime Meteorology and Geophysics Station for five consecutive years (2012-2016). Measurements are made five times from morning to afternoon during sunny weather at the same time at all measuring points. The analysis was done quantitatively using the formula from Edward Ng (2006) as an indicator. The result of the analysis shows that Makassar sea breeze is potentially useful for the planning of the built environment.

Keywords : usefulness of the wind, urban areas

Kontak Penulis

Juhana Said

Lab. Sains dan Teknologi Arsitektur/Teknologi Bangunan, Arsitektur/Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia.

Jl. Urip Sumiharjo km. 05 Makassar Kode pos 90231. Tel : +62-411-443685 Fax : +62-411-5608941

E-mail : juhana.umi@gmail.com

Informasi Artikel

Diterima editor 14 Juni 2017. Disetujui untuk diterbitkan 10 September 2017

ISSN 2301-9247 | E-ISSN 2622-0954 | <https://jlbi.iplbi.or.id/> | © Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)

Pengantar

Saat ini suhu udara perkotaan sudah semakin meningkat membentuk pulau panas (*heat island*), dari beberapa penelitian yang dilakukan (Juhana, 2016, 2013, 2010, 2009, dan 2008) ditemukan bahwa pertumbuhan kota dalam kurun waktu relatif singkat sangat cepat. Adanya tuntutan sarana dan prasarana, tuntutan akan pusat pertokoan, mall, kawasan permukiman baru, daerah industri, termasuk makin maraknya kegiatan dibidang pariwisata menyebabkan lahan perkotaan semakin padat. Banyaknya lahan terbangun semakin menekan lahan terbuka. Perubahan fungsi lanskap tersebut tentu memiliki dampak terhadap peningkatan temperatur udara dan pembentukan pulau panas (*heat island*) di kawasan kota.

Wajah fisik kota yang padat bangunan, padat perkerasan aspal, beton dan lainnya, mempercepat proses 'pemanasan' kota. Panas yang dipancarkan oleh bangunan beserta perlengkapan bangunan yang mempergunakan energi panas dan listrik (AC, almari es, mesin pembangkit, kompor, setrika dan lain-lain), pemantulan panas matahari dari dinding dan kaca serta pengerasan jalan. Akibat tertutupnya permukaan tanah oleh beton serta aspal, radiasi matahari yang jatuh pada permukaan tersebut sebagian besar diserap dan kemudian dilepaskan lagi ke udara dan sekitarnya. Karena sebagian besar area kota tertutup oleh material keras, maka suhu udara kota menjadi lebih tinggi dan kemudian mengarah pada pemanasan global. Apabila kondisi ini dibiarkan, maka akan membawa dampak terhadap kerusakan alam.

Hong Kong merupakan kota pantai pertama di dunia yang memanfaatkan potensi angin lokal dengan melibatkan beberapa pakar dari beberapa negara, seperti *USA, Germany, Japan, UK, Greece, Singapore*, dan *Hong Kong*. Hasil studi tersebut dirumuskan dalam *Hong Kong Planning Standards and Guidelines* (HKPSG).

HKPSG (2005) memperkenalkan *issue* aliran udara di lingkungan perkotaan terkait dengan peningkatan ventilasi udara. HKPSG membuat satu peta iklim perkotaan untuk membangun satu standar angin dan ventilasi udara, untuk kemudian dijadikan *benchmark* evaluasi yang obyektif dan tepat. Peta iklim perkotaan sangat membantu dalam upaya mengidentifikasi jalan mana merupakan ventilasi yang baik, zona-zona mana yang meragukan, dan bangunan mana yang mempunyai akibat negatif pada penembusan angin. Informasi tersebut memberikan landasan yang kuat pada perencanaan dan perancangan kota Hong Kong. HKPSG menjadi referensi utama untuk menilai pemanfaatan angin lokal di kota Makassar.

Potensi yang dimiliki oleh Kota Makassar, yaitu garis pantai yang cukup panjang sekitar 36.1 km dengan luas wilayah 175, 77 km², dengan ketinggian 1-25 meter di

atas permukaan laut (BPS Makassar, 2017). Kota Makassar juga memiliki sungai (sungai Tallo dan Sungai Jenneberang) dan kanal yang menghubungkan bagian dalam kota dengan laut. Kawasan sungai Tello dengan delta dan cabang-cabang sungainya merupakan daerah rawa, mangrove dan tambak yang masih sangat luas (1.456 Ha), kondisi ini masih sangat memungkinkan untuk mengalirkan angin dari arah laut tanpa hambatan.

Hasil penelitian Juhana (2013) menunjukkan bahwa angin lokal (angin laut) di kota Makassar masih mampu menjangkau dengan baik area daratan pada jarak 10 - 20 km dari laut, apabila tidak mendapat hambatan yang signifikan sepanjang permukaan yang dilewati. Kondisi ini masih sangat potensial dimanfaatkan untuk menurunkan suhu udara kawasan perkotaan.

Juhana (2013) menjajaki pergerakan angin di lingkungan binaan dalam skala mikro. Hasilnya ditemukan bahwa bentuk penataan massa bangunan, rasio tingkat ketinggian dan kelangsingan bangunan sangat berperan dalam menentukan kelancaran aliran angin di lingkungan binaan.

Karakteristik angin lokal kota Makassar dengan potensi yang dimiliki merupakan tantangan di studi kebermanfaatannya untuk perbaikan iklim lingkungan binaan terutama untuk mengantisipasi dampak pulau panas (*heat island*) kawasan perkotaan.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif berdasarkan formula dari Edward Ng (2006) untuk mengungkap kebermanfaatan angin di kawasan perkotaan.

Data empiris dikumpulkan melalui observasi lapangan dengan teknik perekaman dan pengukuran langsung. Data kecepatan dan arah angin lokal dikumpulkan dari Stasiun Meteorologi dan Geofisika Maritim Potere Makassar selama lima tahun berturut-turut (2012-2016). Data kecepatan angin di kawasan perkotaan diperoleh melalui pengukuran langsung yang dilakukan pada tiga lokasi pengamatan.

Kawasan perkotaan yang dijadikan kasus studi adalah kawasan kota disekitar Jl. G. Bawakaraeng berjarak \pm 1 km dari garis pantai, Jl. A.P. Pettrani berjarak \pm 4 km dari garis pantai (ditengah kota), dan Jl. Perintis Kemerdekaan berjarak \pm 20 km dari garis pantai yang ditentukan dengan pertimbangan: 1) berada pada bentang alam yang beragam (dekat pantai, tengah kota, jauh dari pantai, 2) masuk dalam zona jangkauan angin laut (maksimal 50 km dari pantai), 3) berada pada kawasan perkotaan yang padat.

Waktu pengukuran ditentukan berdasarkan peredaran matahari dan jam-jam aktifitas padat, yaitu pada pukul 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, dan 16.00. Pengukuran

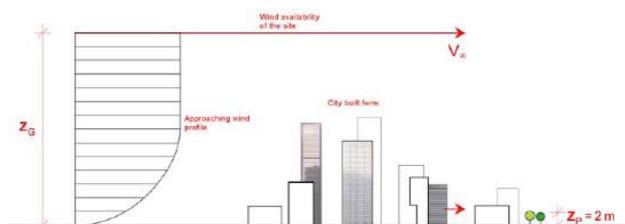
dilakukan pada saat cuaca cerah dalam waktu yang bersamaan pada semua titik ukur. Prosedur/ketentuan sebagai berikut: 1) pengukuran dilakukan pada ketinggian 2 m di atas tanah, 2) alat-alat pengukuran (*instrument*) tidak terpapar sinar matahari langsung dan tetap menerima aliran udara bebas, 3) pembacaan data di setiap titik ukur untuk semua alat ukur dilakukan dengan masa penyesuaian lima menit, 4) semua alat ukur telah dikalibrasi agar mempunyai sensitivitas skala yang sama, 5) semua alat ukur digital menggunakan baterai baru.

Kecepatan angin lokal kota Makassar yang dapat dimanfaatkan dianalisis melalui dua langkah. Langkah pertama, kecepatan angin lokal dipetakan kondisi dan pola perilakunya setiap bulan sepanjang periode lima tahun dalam bentuk grafik, agar dapat dilihat potensi kebermanfaatannya. Langkah kedua, tingkat kecepatan angin lokal yang berhembus ke dalam kawasan kota dapat diketahui kebermanfaatannya dengan menghitung besarnya pengaruh bangunan dan tanaman yang dapat mengarahkan angin dengan menggunakan rumus rasio kecepatan angin dari Edward Ng *et al* (2006) sebagai indikator (gambar 1), dengan rumus sebagai berikut :

$$VR_W = \frac{V_p}{V_\infty} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

- VR_w = rasio kecepatan angin yang diindikasikan oleh dampak kehadiran bangunan atau tanaman pada lingkungan
- V_∞ = kecepatan angin lokal rata-rata bulanan (m/dtk)
- V_p = kecepatan angin di titik-titik pengukuran (m/dtk)



Gambar 1. Rasio kecepatan angin di kawasan perkotaan sebagai dampak dari bangunan atau tanaman

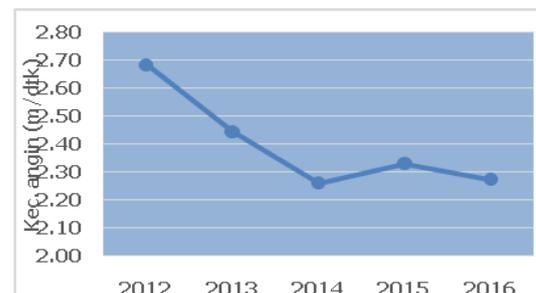
Hasil Penelitian

1. Kecepatan dan arah angin lokal

Gambar 2 menunjukkan kondisi kecepatan angin rata-rata di Makassar. Kecepatan angin cukup tinggi, yaitu berkisar 3 m/detik pada bulan Januari di musim hujan, perlahan turun menjadi 2,1 m/detik - 2,5 m/detik setelah masuk musim kemarau di bulan Maret s/d Oktober, kemudian kembali naik pada bulan Desember di musim hujan. Kecepatan angin rata-rata tahun 2012 – 2016 cenderung menurun, yaitu berada pada kecepatan rata-rata 2.4 m/detik (gambar 3).

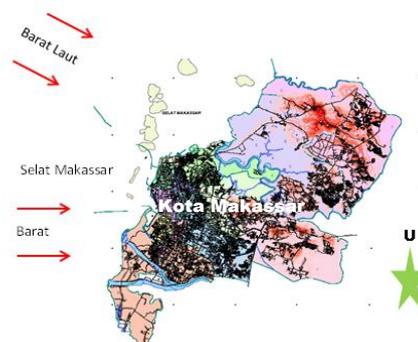


Gambar 2. Grafik kecepatan angin rata-rata bulanan dari tahun 2012-2016 di Makassar



Gambar 3. Grafik kecepatan angin rata-rata dari tahun 2012-2016 di Makassar

Menurut data dari BMG Maritim Potere Makassar, arah angin terbanyak dan kecepatan terbesar berasal dari arah Barat (B) dan Barat Laut (BL). Kondisi ini cenderung mengikuti terjadinya pola angin laut, mengingat selat Makassar berada pada sisi B dan BL kota Makassar (gambar 4). Pada musim hujan arah angin umumnya datang dari arah BL, sedangkan pada musim kemarau umumnya datang dari arah B.

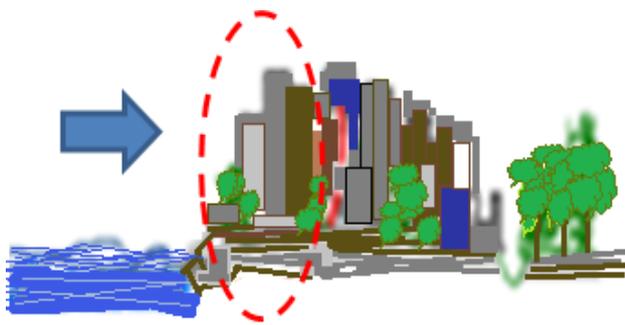


Gambar 4. Arah angin terbanyak dengan kecepatan terbesar di Makassar

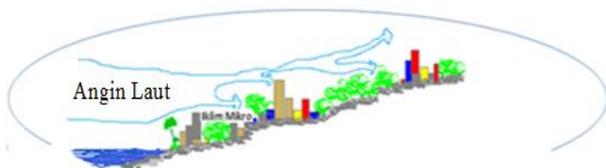
Berdasarkan data kecepatan angin lokal 2012 – 2016 diketahui bahwa kecepatan angin cukup tinggi yaitu rata-rata berkisar pada 2.4 m/dtk, maka kondisi ini masih sangat mungkin dimanfaatkan untuk perbaikan iklim lingkungan binaan.

Kota Makassar memiliki panjang garis pantai sekitar 36.1 km dengan ketinggian yang bervariasi antara 0 - 25 meter dari permukaan laut. Kondisi tersebut, dapat meng-

akibatkan terjadinya pola pergerakan angin seperti ditunjukkan pada gambar 5a dan 5b.



a) Kawasan pesisir sebagai ventilasi udara untuk penghawaan kota



b) Bentuk topografi, bangunan dan tanaman menghambat aliran udara

Gambar 5. Pola pergerakan angin di kawasan pesisir

2. Kebermanfaatan angin di kawasan perkotaan Makassar

Kecepatan angin yang berhembus di kawasan kota dapat diketahui dengan menghitung rasio kecepatan angin menggunakan formula dari Edward Ng (2006), dengan menghitung berapa besar pengaruh bangunan maupun tanaman mampu mengarahkan angin ke kawasan kota dengan menggunakan indikator rasio kecepatan angin (VR_w), kecepatan angin di *boundary layer* yang tidak dipengaruhi oleh kekasaran permukaan (V_∞), dan kecepatan angin di level jalan (ketinggian titik ukur 2m) sebagai dampak dari kekasaran permukaan (V_p). Hasil perhitungan akan memberikan gambaran bahwa semakin tinggi nilai VR_w , semakin rendah hambatan gerakan angin yang diakibatkan oleh bangunan atau tanaman. Tinggi atau rendahnya rasio kecepatan angin dipengaruhi oleh kelancaran atau penghambatan gerakan angin yang diakibatkan oleh bangunan atau tanaman. Artinya kecepatan angin kawasan kota yang diamati ditentukan oleh kekasaran permukaan kawasan tersebut.

Kebermanfaatan angin di kawasan Jl. G. Bawakaraeng

Hasil pengukuran kebermanfaatan angin di kawasan Jl. G. Bawakaraeng (tabel 1) menunjukkan bahwa tingkat kecepatan angin lokal yang sampai ke lokasi ini cenderung berubah-ubah. Kecepatan angin lebih tinggi umumnya terjadi pada siang menjelang sore hari. Kecepatan angin

rata-rata sekitar 0.93 m/det. Kecepatan angin paling tinggi terjadi pada pukul 14.00, yaitu sekitar 1.77 m/dtk dan paling rendah terjadi pada pukul 10.00, yaitu sekitar 0.45 m/dtk. Kawasan ini hanya mampu memanfaatkan kecepatan angin lokal sekitar 27.24 % dengan rasio kecepatan angin sekitar 0.27.

Tabel 1. Kecepatan angin di kawasan Jl. G. Bawakaraeng

Waktu	Jl. G. Bawakaraeng			
	V_p	V_∞	VR_w	VLt
8.00	0.99	3.40	0.29	29.12
10.00	0.45	3.40	0.13	13.24
12.00	0.59	3.40	0.17	17.35
14.00	1.77	3.40	0.52	52.06
16.00	0.83	3.40	0.24	24.41
Rata-rata			0.27	27.24
<i>VLt = Kec. Angin lokal yang dimanfaatkan (%)</i>				

Kebermanfaatan angin di kawasan Jl. A.P. Pettarani

Hasil pengukuran kebermanfaatan angin di kawasan Jl. A.P. Pettarani (tabel 2) menunjukkan bahwa tingkat kecepatan angin lokal yang sampai ke lokasi ini cenderung berubah-ubah. Kecepatan angin lebih tinggi umumnya terjadi pada siang hari. Kecepatan angin rata-rata sekitar 1.25 m/det. Kecepatan angin paling tinggi terjadi pada pukul 12.00, yaitu sekitar 1.80 m/dtk dan paling rendah terjadi pada pukul 10.00, yaitu sekitar 0.50 m/dtk. Kawasan ini hanya mampu memanfaatkan kecepatan angin lokal sekitar 36.87 % dengan rasio kecepatan angin sekitar 0.37.

Tabel 2. Kecepatan angin di kawasan Jl. A.P. Pettarani

Waktu	Jl. A.P. Pettarani			
	V_p	V_∞	VR_w	VLt
8.00	1.20	3.40	0.35	35.29
10.00	0.50	3.40	0.15	14.71
12.00	1.80	3.40	0.53	52.94
14.00	1.70	3.40	0.50	50.00
16.00	1.07	3.40	0.31	31.42
Rata-rata			0.37	36.87
<i>VLt = Kec. Angin lokal yang dimanfaatkan (%)</i>				

Kebermanfaatan angin di kawasan Jl. Perintis Kemerdekaan

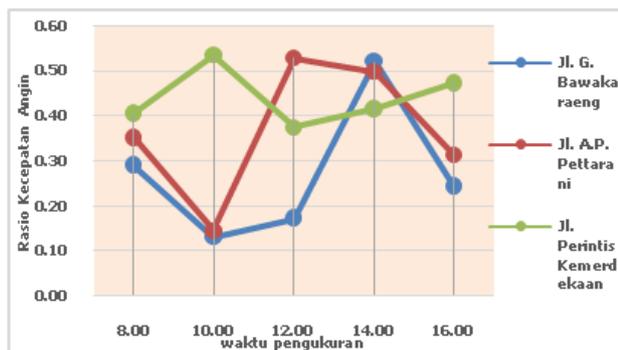
Hasil pengukuran kebermanfaatan angin di kawasan Jl. Perintis Kemerdekaan (tabel 3) menunjukkan bahwa tingkat kecepatan angin lokal yang sampai ke lokasi ini cukup tinggi dan cenderung merata. Kecepatan angin tertinggi terjadi pada pagi hari. Kecepatan angin rata-rata

sekitar 1.50 m/det. Kecepatan angin paling tinggi terjadi pada pukul 10.00, yaitu sekitar 1.82 m/dtk. Kawasan ini mampu memanfaatkan kecepatan angin lokal sekitar 44.12 % dengan rasio kecepatan angin sekitar 0.44.

Tabel 3. Kecepatan angin di kawasan Jl. Perintis Kemerdekaan

Waktu	Jl. Perintis Kemerdekaan			
Pengukuran	V_p	V_∞	VR_W	VLt
8.00	1.38	3.40	0.41	40.676
10.00	1.82	3.40	0.53	53.441
12.00	1.28	3.40	0.38	37.5
14.00	1.42	3.40	0.42	41.676
16.00	1.61	3.40	0.47	47.294
Rata-rata			0.44	44.12
<i>VLt = Kec. Angin lokal yang termanfaatkan (%)</i>				

Hasil pengukuran kebermanfaatan angin di tiga kawasan kota tersebut diatas menunjukkan bahwa kawasan sekitar Jl. Perintis Kemerdekaan yang paling baik aliran anginnya. Meskipun kebermanfaatan angin lokalnya masih di bawah 50% (gambar 6).



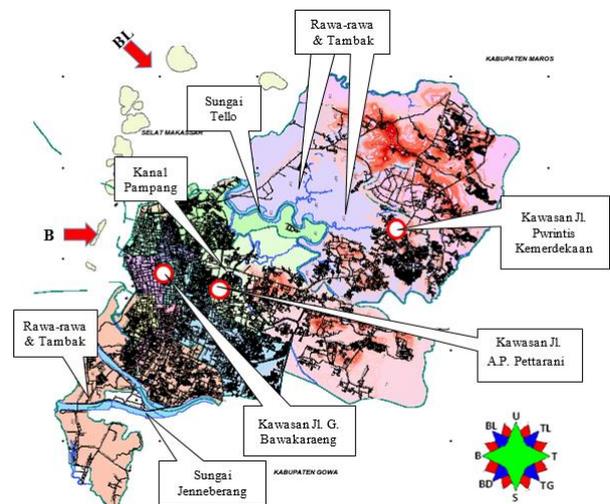
Gambar 6. Kecepatan angin tiga kawasan kota di Makassar

Pola perilaku angin tiga kawasan kota lokasi pengamatan hampir sama meskipun lokasinya berada pada bentang alam yang berbeda. Kawasan Jl. Perintis Kemerdekaan berada pada daerah ketinggian, kawasan Jl. A.P.Pettarani berada di daerah kota yang padat, dan kawasan Jl. G. Bawakaraeng berada pada daerah pantai namun dikepadatkan tinggi. Kondisi ini membuktikan bahwa iklim lokal tidak dapat diintervensi. Jika kondisi kecepatan angin lokal tinggi, maka tinggi pula kecepatan angin yang dapat dimanfaatkan, namun besaran kecepatan angin yang bisa termanfaatkan sangat tergantung pada kondisi dan karakteristik fisik kawasan kota yang ada.

Kebermanfaatan kecepatan angin yang sampai pada tiga lokasi pengamatan ditentukan pula oleh keberadaan bangunan tinggi yang dapat menghalangi atau mengarahkan angin dari arah laut ke kawasan kota. Disekitar kawasan Jl. G. Bawakaraeng berjarak ± 1 km dari garis pantai, terdapat 23 bangunan tinggi di atas 6 lantai yang berpotensi menghalangi atau mengarahkan

angin dari arah BL. kawasan Jl. A.P.Pettarani berjarak ± 4 km dari garis pantai, terdapat 41 bangunan tinggi di atas 6 lantai yang berpotensi menghalangi atau mengarahkan angin dari arah BL, B dan BD. Sedangkan disekitar Kawasan Jl. Perintis Kemerdekaan berjarak ± 20 km dari garis pantai, terdapat 43 bangunan tinggi di atas 6 lantai yang berpotensi menghalangi atau mengarahkan angin dari arah B dan BD.

Gambar 7 menunjukkan bahwa di sekitar kawasan Jl. Perintis Kemerdekaan dari arah Barat dan Barat Laut masih terdapat tambak, rawa-rawa, serta lahan kosong yang memungkinkan angin untuk bergerak dengan lancar. Di samping itu juga terdapat sungai besar (sungai Tello), sehingga sangat memungkinkan terjadinya efek *breeze way*. Kondisi yang sama terjadi di sekitar Jl. A.P.Pettarani masih terdapat lahan kosong dan kanal (kanal pampang). Sedangkan kawasan Jl. G. Bawakaraeng berada di kawasan kota yang sudah padat dengan bangunan, meski lokasi memiliki jarak yang dekat dari pantai.



Gambar 7 Kondisi kawasan kota Makassar dan posisi lokasi pengamatan

Kesimpulan

- Hasil analisis menunjukkan bahwa angin lokal daerah pantai Makassar sangat potensial untuk dimanfaatkan terutama angin lautnya, namun karena kondisi temperatur udaranya cukup tinggi, kendala tersebut perlu dipertimbangkan dan dikendalikan secara khusus dalam perencanaan kawasan kota.
- Hasil analisis membuktikan bahwa angin lokal tidak dapat diintervensi. Jika kondisi kecepatan angin lokal tinggi, maka tinggi pula kecepatan angin yang dapat dimanfaatkan, namun besaran kecepatan angin yang bisa termanfaatkan sangat tergantung pada kondisi dan karakteristik fisik kawasan yang ada.
- Hasil penelitian ini dapat menjadi masukan untuk penelitian lanjutan terkait peluang sinergi antara

potensi angin lokal dengan karakteristik lingkungan fisik untuk memperoleh suatu lingkungan yang lebih nyaman. Hasil penelitian ini dapat menjadi masukan bagi para perencana dan perancang kawasan pesisir agar senantiasa mengantisipasi dan mempertimbangkan potensi angin lokal daerah pantai.

Daftar Pustaka

- Badan Meteorologi dan Geofisika Departemen Perhubungan, Stasiun Meteorologi Maritim Paotere Makassar (2012, 2013, 2014, 2015, 2016). Pemda Tk.I Makassar dan Kanwil Dephub. Prop. Sulawesi Selatan.
- Bappeda Makassar, (2017). *Perencanaan Kota Makassar*. Makassar.
- Terry, B. S. (1987). *Controlling Air movement*, Mc. Graw Hill Book Co, New York.
- Bruse, M. & Fler, H. (1998). *Simulating Surface- Plant-Air Interactions Inside Urban Environments with a Three Dimensional Numerical Model, Environmental Modelling and Software, Vol. 13*.
- Galony, S. G. (1995). *Ethic and Urban Design*. John Willey and Sons. New York.
- Hong Kong Planning Standards and Guidelines (HKPSG), Executive Summary, (2005): *Feasibility Study for Establishment of Air Ventilation Assessment System*.
- Juhana, S. (2009). Teknik Simulasi Dalam Penelitian Kenyamanan Termal Ruang Luar: Manfaat dan Kendalanya, proceeding *Penelitian Arsitektur – Metode dan Penerapannya seri ke 2*, MTA Undip dan IAI Daerah Jawa Tengah, Semarang.
- Juhana, S. I. (2010). *Coastal Area and It's Potentiality to Provide Thermal Comfort To The City of Makassar*, di presentasikan dan di publikasikan pada Proseeding *seminar internasional Duta Wacana Christian University Yogyakarta*.
- Juhana, S. I. (2013). Pemanfaatan Potensi Iklim Makro Daerah Pantai untuk Perbaikan Iklim Mikro pada Lingkungan Binaan di Kota Makassar, *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia Vol. 2 No. 1*. Januari 2013.
- Juhana. (2013). Pemanfaatan Potensi Iklim Makro Daerah Pantai untuk Optimasi Kenyamanan Termal Lingkungan Kampus di Kota Makassar, Disertasi Buku 1, Hak Publis ITB, Bandung.
- Lechner, N. (2007). *Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architects*. John Wiley & Sons Inc, NY. USA.
- Meloragno, M. (1982). *Wind in Architectural and Environmental Design*, Van Norstrand Reinhold Company.
- Ng, Edward, Wong, Priyadarsini, Han & Komari. (2004). *Parametric Studies of Urban Design Morphologies and Their Implied Environmental Performance: INTA-1st International Tropical Architecture Conference Architecture and Urban Design in the Tropical Regions Sustainability and region*, University of Singapore, Singapore.
- Ng, Edward, Givoni, Katschner, Kwok, Murakami, Santamouris & Hien. (2005). *Feasibility Study for Establishment of Air Ventilation Assessment System*, Hong Kong Planning Standards and Guidelines (HKPSG), Executive Summary. Department of Architecture, CUHK.
- Ng, Edward. (2006). *Air Ventilation Assessment System for High Density Planning and Design*, PLEA - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture. Geneva, Switzerland.