



Profil *Lifting Condensation Level* (LCL), *Convective Condensation Level* (CCL), dan Estimasi Tinggi Dasar Awan di Wilayah Makassar

Prayoga Ismail^{1*}, Richard¹

¹Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Maros, Sulawesi Selatan, 90552

*Email: yogamailforalvin@gmail.com

Naskah Masuk: 06 Juni 2020 | Naskah Diterima: 14 September 2020 | Naskah Terbit: 01 Desember 2020

Abstrak. Tinggi dasar awan menjadi salah satu informasi penting dalam meteorologi penerbangan. Estimasi tinggi dasar awan dapat memanfaatkan hasil observasi udara atas radiosonde berupa data *Lifting Condensation Level* (LCL) dan *Convective Condensation Level* (CCL). Penelitian ini fokus pada wilayah Makassar dengan menggunakan data radiosonde Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin pada tahun 2015 – 2018 dan data observasi sinoptik. Tujuan dari studi ini yaitu untuk mengetahui profil ketinggian LCL dan CCL dan mengestimasi tinggi dasar awan di wilayah Makassar dan sekitarnya sehingga dapat menyediakan informasi tinggi dasar awan yang relevan khususnya bagi penerbangan di Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar. Metode yang digunakan yaitu analisis deskriptif dan komparatif. Hasil menunjukkan bahwa ketinggian LCL umumnya lebih rendah dibandingkan CCL di wilayah Makassar dengan ketinggian LCL berkisar 100 – 600 meter, sedangkan ketinggian CCL berkisar 1000 – 2000 meter. Ketinggian LCL dan CCL bervariasi secara diurnal maupun musiman dan dipengaruhi oleh mekanisme yang memicu pembentukan awan. Berdasarkan pada studi kasus di musim penghujan dan kemarau tahun 2015 – 2018, tinggi dasar awan yang biasa dilaporkan dalam laporan cuaca sinoptik maupun penerbangan di Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin terlalu tinggi terhadap LCL, namun terlalu rendah terhadap CCL.

Kata Kunci: LCL, CCL, Radiosonde, Tinggi Dasar Awan

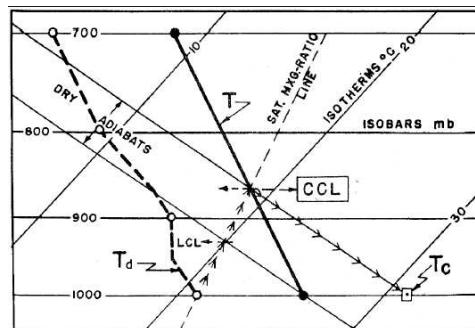
Abstract. *Cloud base height is one of the important information in aviation meteorology. The cloud base height estimation may utilize the upper-air observation data from radiosonde by using the Lifting Condensation Level (LCL) and Convective Condensation Level (CCL) heights. This study focused on the Makassar region using radiosonde observation in 2015 – 2018 and synoptic observation data from Sultan Hasanuddin Meteorological Station. The purpose of this study is to determine the profile of the LCL and CCL and to estimate the cloud base height in the Makassar region and surrounding areas so that it can provide a relevant cloud base height information specifically for aviation activities at Sultan Hasanuddin International Airport of Makassar. The methods used are descriptive and comparative analyses. The results showed that the height of the LCL is generally lower than the CCL in the Makassar region with the height of LCL ranged from 100-600 meters, while the height of CCL ranged from 1000 – 2000 meters. The height of LCL and CCL varies daily and seasonally and were influenced by the mechanisms that trigger the cloud formation. Based on the case studies in the rainy and dry seasons of 2015 – 2018, the cloud base height commonly reported in synoptic and aviation weather reports at Sultan Hasanuddin Meteorological Station was too high compared to LCL but too low compared to CCL.*

Keywords: LCL, CCL, Radiosonde, Cloud Base Height

Pendahuluan

Tinggi dasar awan merupakan salah satu informasi yang penting dan berpengaruh di dalam meteorologi penerbangan, khususnya awan – awan konvektif seperti Cumulus dan Cumulonimbus. Tinggi dasar awan didefinisikan sebagai bagian terendah dari awan yang teridentifikasi paling dekat dengan permukaan. Awan dapat terbentuk melalui proses dinamis, sebagai contoh melalui pengangkatan yang dipicu oleh faktor topografi, maupun melalui proses konvektif yaitu proses pemanasan. Tinggi dasar awan dapat diestimasi menggunakan berbagai instrumen diantaranya menggunakan satelit seperti yang dikaji oleh [1] dan [2], bahkan terdapat instrumen radar awan aktif (*CloudSat*) yang kemudian menjadi sumber data yang sering digunakan dalam kajian struktur vertikal awan dalam skala regional hingga global [3]. Sementara itu, *ground based instruments* seperti radar, lidar, dan *ceilometer* mampu menghasilkan estimasi tinggi dasar awan yang lebih akurat jika dibandingkan dengan satelit [4]. Akan tetapi, satelit dapat mengestimasi tinggi puncak dan suhu puncak awan dengan baik. Pengukuran tinggi dasar awan menggunakan instrumen *ceilometer* telah dikaji oleh penelitian sebelumnya [5].

Instrumen lainnya seperti radiosonde dapat menyediakan data profil vertikal atmosfer berupa temperatur udara, kelembaban relatif (RH), dan tekanan udara. Dari parameter tersebut dapat dihitung ketinggian *Lifting Condensation Level* (LCL) dan *Convective Condensation Level* (CCL). Kedua fitur tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengestimasi tinggi dasar awan, seperti penelitian yang telah dilakukan oleh [6] dan [7] yang memanfaatkan data *sounding*. Bahkan, [8] telah mengkaji variabilitas harian, musiman, dan antarmusim dari tinggi dasar awan menggunakan sistem pengamatan permukaan otomatis di sekitar wilayah Amerika.



Gambar 1. Prosedur penentuan ketinggian LCL dan CCL pada diagram Skew – T log P [9]

Menurut studi [10], LCL merupakan ketinggian dimana parsel udara menjadi jenuh karena terangkat ke atas oleh pengaruh dinamis secara adiabatik kering. Pada diagram Skew – T log P (Gambar 1), LCL adalah titik potong antara kurva *saturation mixing ratio* dengan suhu titik embun sebagai inisial parsel dan kurva adiabatik kering dengan suhu udara sebagai inisial parsel. LCL merepresentasikan perkiraan tinggi dasar awan dari awan *cumuliform* yang terbentuk karena proses pengangkatan. Sedangkan, CCL merupakan ketinggian dimana parsel udara mulai terkondensasi karena mengalami pemanasan di permukaan untuk menghasilkan gaya angkat secara adiabatik kering. Pada diagram Skew – T log P, CCL adalah titik potong antara kurva suhu udara dan kurva *saturation mixing ratio* dengan *mixing ratio* sebagai inisial parsel.

Terdapat penelitian dalam estimasi ketinggian dasar awan di wilayah Indonesia khususnya Jabodetabek pada puncak musim hujan yaitu menggunakan sensor inframerah radiometer. Dimana sensor inframerah mengukur suhu dasar awan untuk mengetahui ketinggian dengan mengamati *temperature lapse rate*. Variasi harian pada pukul 22.00 – 03.00 WIB banyak awan dengan tinggi dasar sekitar 4 – 4,5 km, pada Februari dan Maret banyak awan muncul di siang hari (10.00 – 17.00 WIB) dengan tinggi dasar sekitar 1 – 2 km [11]. Namun, belum ada studi yang lebih khusus mengenai profil vertikal atmosfer maupun tinggi dasar awan di wilayah Makassar dalam periode yang panjang.

Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk mengetahui profil LCL dan CCL serta mengestimasi tinggi dasar awan di wilayah Makassar dan sekitarnya dengan memanfaatkan data selama empat tahun (2015 – 2018). Selain itu, manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu dapat menyediakan informasi ketinggian dasar awan yang relevan bagi wilayah Makassar dan sekitarnya, terutama area Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar, yang sesuai dengan perhitungan secara teoritis.

Metode Penelitian

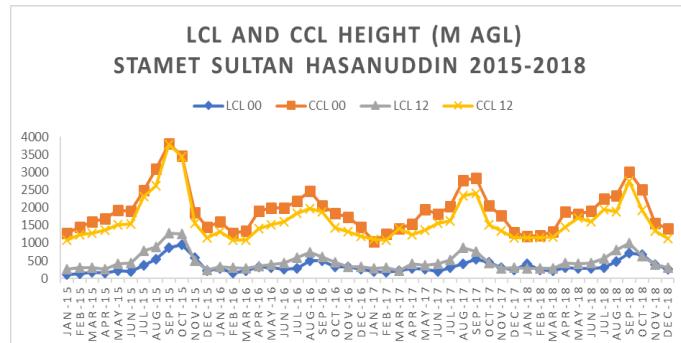
Penelitian ini fokus pada wilayah Makassar dan sekitarnya dengan menggunakan data observasi udara atas/ radiosonde dari tahun 2015 hingga 2018, yang tersedia dua kali dalam sehari yaitu pukul 00.00 dan 12.00 UTC, dan data observasi sinoptik dari Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin. Meskipun menggunakan data pada satu titik, namun dianggap mewakili wilayah Makassar dan sekitarnya.

Langkah kerja yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: pertama, pengumpulan data radiosonde pada jam 00.00 UTC (08.00 waktu lokal) dan 12.00 UTC (20.00 waktu lokal) dari Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin selama periode 2015 – 2018, serta data pengamatan meteorologi penerbangan (METAR) dan data pengamatan sinoptik dari stasiun tersebut. Kedua, melakukan pengolahan data radiosonde menggunakan aplikasi RAOB versi 5.7 untuk memperoleh nilai LCL dan CCL (dalam satuan meter). Ketiga, mengolah data ketinggian LCL dan CCL menggunakan aplikasi *spreadsheet* untuk memperoleh nilai rata-rata, membuat grafik, dan perhitungan lainnya. Keempat, melakukan analisis pada hasil penelitian dan studi kasus, dimana studi kasus yang digunakan yaitu sampel kasus pada kondisi hujan di musim penghujan dan kondisi cerah di musim kemarau pada tahun 2015 – 2018, hal ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan ketinggian dasar awan pada dua musim tersebut. Kelima yaitu menarik kesimpulan.

Metode analisis yang digunakan dalam studi ini adalah analisis deskriptif dan analisis komparatif. Analisis deskriptif dilakukan untuk menjelaskan profil LCL dan CCL di wilayah Makassar dan sekitarnya, sedangkan analisis komparatif dilakukan untuk membandingkan LCL, CCL, dan tinggi dasar awan dalam laporan cuaca sinoptik dan penerbangan.

Hasil dan Pembahasan

Gambar 2 merupakan grafik yang menggambarkan rata – rata ketinggian LCL dan CCL di Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin yang merepresentasikan wilayah Makassar dan sekitarnya selama periode 2015 – 2018. Berdasarkan grafik tersebut, secara umum ketinggian CCL lebih tinggi dibandingkan dengan LCL, baik itu pada pagi hari (00 UTC) maupun malam hari (12 UTC). Hal ini dikarenakan, untuk mencapai ketinggian CCL maka parsel udara harus mengalami pemanasan (konveksi) hingga mencapai suhu konvektif untuk dapat terangkat ke atas dan menjadi jenuh, sedangkan pada ketinggian LCL, parsel udara tidak mengalami proses pemanasan untuk dapat menjadi jenuh. Sehingga, diperlukan jarak yang jauh pada ketinggian CCL dibandingkan dengan LCL.

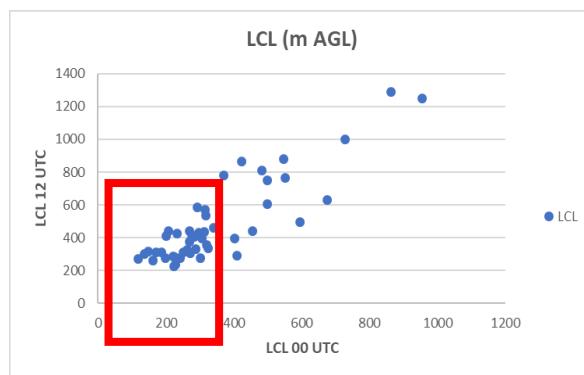


Gambar 2. Grafik *time series* rata-rata bulanan ketinggian LCL dan CCL di wilayah Makassar (2015 – 2018)

Ketinggian LCL dan CCL mengalami variasi musiman dalam setiap tahunnya. Dalam periode penelitian selama 4 tahun (2015 – 2018), variabilitas ketinggian LCL dan CCL selalu menunjukkan pola yang sama dalam setiap tahunnya. Secara umum, ketinggian maksimum LCL maupun CCL terjadi pada periode musim kemarau yaitu pada akhir bulan April sampai akhir bulan Oktober, sedangkan ketinggian minimum terjadi pada periode musim penghujan yaitu awal bulan November sampai awal bulan April. Dengan kata lain, tinggi dasar awan pada musim kemarau dapat lebih tinggi, dan pada musim penghujan menjadi lebih rendah terhadap permukaan. Variasi musiman pada ketinggian dasar awan ini disebabkan oleh variasi pada ketinggian lapisan *Atmospheric Boundary Layer* (ABL) yang berbeda pada musim penghujan dan musim kemarau. Dimana pada musim kemarau terjadi pemanasan yang lebih dibanding dengan musim penghujan, hal ini menyebabkan selisih suhu udara dan suhu titik embun menjadi besar, sehingga parsel udara memerlukan jarak yang lebih jauh untuk menjadi jenuh dan terlihat dari ketinggian LCL maupun CCL yang lebih tinggi di musim kemarau. Pada musim penghujan, pemanasan berkurang, menyebabkan terjadinya selisih pada suhu udara dan suhu titik embun yang menjadi kecil, sehingga parsel udara memerlukan jarak yang dekat untuk menjadi jenuh, terlihat dari ketinggian LCL maupun CCL yang lebih rendah pada musim ini.

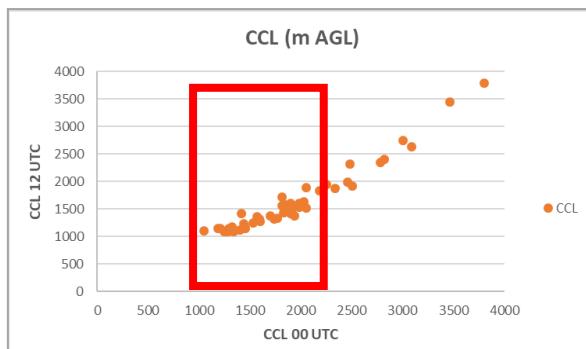
Dalam periode 4 tahun tersebut terdapat ketinggian LCL maupun CCL yang paling tinggi yaitu di musim kemarau tahun 2015. Berdasarkan data indeks Nino 3.4 pada pertengahan tahun 2015 terdapat indikasi El Nino moderat hingga kuat [12]. Hal ini mendorong penguatan angin Monsun Australia yang bersifat dingin dan kering di wilayah Indonesia, termasuk di Sulawesi Selatan, sehingga pembentukan awan menjadi semakin berkurang. Dengan berkurangnya pembentukan awan, maka terjadilah pemanasan yang lebih, sehingga menyebabkan selisih suhu udara dan suhu titik embun menjadi semakin jauh, maka diperlukan jarak yang jauh bagi parsel udara untuk menjadi jenuh. Oleh karena itu, secara teoritis menunjukkan bahwa ketinggian LCL dan CCL menjadi lebih tinggi pada periode tersebut. Namun, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk membuktikan hipotesis ini.

Gambar 3 merupakan diagram pencar ketinggian LCL pada jam 00.00 dan 12.00 UTC dimana kotak merah menunjukkan sebaran terbanyak ketinggian LCL. Diagram ini dimaksudkan untuk melihat sebaran ketinggian LCL.



Gambar 3. Diagram tebar ketinggian LCL pada jam 00.00 dan 12.00 UTC. Kotak merah menunjukkan sebaran terbanyak ketinggian LCL

Berdasarkan Gambar 3, terlihat sebaran ketinggian LCL pada jam 00.00 UTC (pagi hari) dan 12.00 UTC (malam hari). Sebaran ketinggian LCL pada pagi hari secara umum berada pada ketinggian 100 sampai 400 meter, dapat mencapai ketinggian <100 meter dan tertinggi mencapai sekitar 1000 meter. Sedangkan, pada malam hari ketinggian LCL terpantau lebih tinggi, yaitu antara 200 meter – 600 meter, dan dapat mencapai tertinggi sekitar 1300 meter. Hal ini menunjukkan bahwa ketinggian LCL pada pagi hari relatif lebih rendah dibandingkan dengan malam hari. Gambar 4 merupakan diagram pencar ketinggian CCL pada jam 00.00 dan 12.00 UTC dimana kotak merah menunjukkan sebaran terbanyak ketinggian CCL. Diagram ini dimaksudkan untuk melihat sebaran ketinggian CCL.



Gambar 4. Diagram tebar ketinggian CCL pada jam 00.00 dan 12.00 UTC. Kotak merah menunjukkan sebaran terbanyak ketinggian CCL

Gambar 4 merupakan diagram pencar ketinggian CCL pada pukul 00.00 UTC dan 12.00 UTC selama tahun 2015 – 2018. Dari diagram tersebut, sebaran ketinggian CCL pada pagi hari secara umum berada pada ketinggian 1000 – 2000 meter, dan tertinggi sekitar 4000 meter. Sementara itu, pada malam hari secara umum CCL berada pada ketinggian 1000 sampai 1600 meter, dengan ketinggian maksimum sekitar 3800 meter. Hal ini menunjukkan bahwa ketinggian LCL pada pagi hari cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan malam hari.

Berdasarkan Gambar 3 dan 4, terlihat adanya variasi diurnal yang berbeda antara ketinggian LCL dan CCL baik pada pengamatan jam 00.00 UTC maupun jam 12.00 UTC. Sebaran ketinggian LCL baik pada pagi maupun malam hari cenderung lebih rendah dibandingkan dengan CCL. Ketinggian LCL cenderung lebih tinggi pada malam hari, sedangkan ketinggian CCL cenderung lebih tinggi pada pagi hari. Ketinggian LCL dalam variasi harian berkaitan dengan profil suhu udara dan suhu titik embun. Pada pagi hari, belum terjadi pemanasan yang lebih sehingga suhu udara permukaan masih rendah. Suhu udara yang rendah menyebabkan selisih dengan suhu titik embun menjadi kecil. Akibatnya, parsel udara membutuhkan diangkat dalam jarak yang dekat agar dapat menjadi jenuh. Sedangkan, pada malam hari, suhu udara masih tinggi, setelah mendapat penyinaran pada siang harinya, sehingga parsel udara membutuhkan diangkat dalam jarak yang jauh agar dapat menjadi jenuh. Oleh karena itu, ketinggian LCL lebih tinggi pada malam hari dibanding dengan pagi hari, namun dapat mencapai ketinggian maksimum pada siang hari [13].

Ketinggian CCL dalam variasi harian berkaitan dengan profil suhu konvektif, suhu udara, dan suhu titik embun. Pada pagi hari, belum terjadi pemanasan yang lebih sehingga suhu udara permukaan masih rendah, namun suhu konvektif menjadi tinggi. Suhu konvektif tinggi yang menyebabkan selisih suhu udara dengan suhu titik embun menjadi besar. Akibatnya, parsel udara membutuhkan diangkat dalam jarak yang jauh agar dapat menjadi jenuh. Sedangkan pada malam hari, suhu udara masih tinggi setelah mendapat penyinaran pada siang harinya, sehingga suhu konvektif cukup kecil, parsel udara membutuhkan diangkat dalam jarak yang dekat agar dapat menjadi jenuh. Oleh karena itu, ketinggian CCL pada pagi hari lebih tinggi dibandingkan dengan malam hari, namun dapat mencapai minimum pada siang hari. Akan tetapi, perlu data pengamatan yang mencakup waktu dalam satu hari (pagi, siang dan malam) untuk mendapatkan hasil yang lebih relevan dengan penelitian [13].

Analisis ketinggian LCL dan CCL dimaksudkan agar dapat memberikan gambaran mengenai tinggi dasar awan rendah, sehingga dapat digunakan sebagai salah satu pedoman dalam melakukan estimasi tinggi dasar awan dalam pengamatan keadaan perawan. Adanya pedoman yang dapat memberikan gambaran mengenai tinggi dasar awan yang akurat tentunya sangat berguna, khususnya untuk memberikan informasi cuaca penerbangan di Bandara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar. Gambar 5 merupakan diagram perbandingan ketinggian LCL pada musim hujan (atas) dan musim kemarau (bawah) dengan data tinggi dasar awan pada observasi sinoptik dan laporan cuaca

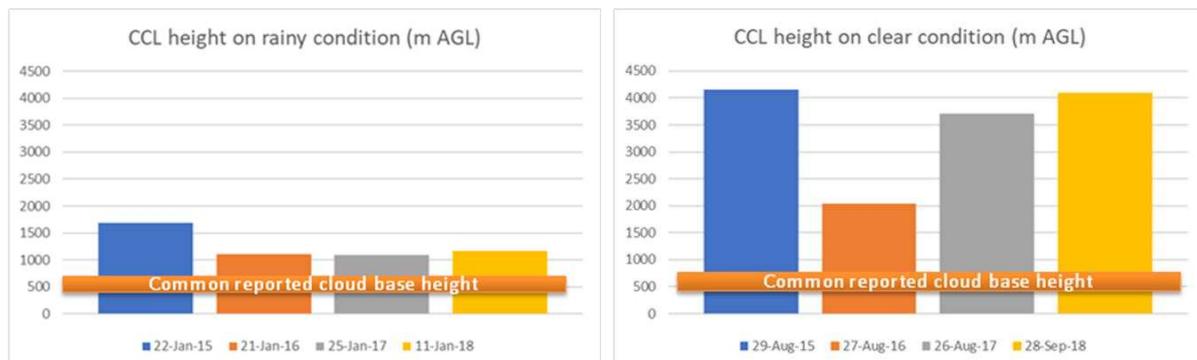
penerbangan. Diagram ini digunakan untuk membandingkan ketinggian dasar awan hasil pengamatan dengan hasil perhitungan LCL pada musim hujan dan musim kemarau.



Gambar 5. Diagram perbandingan ketinggian LCL pada musim hujan (atas) dan musim kemarau (bawah) dengan data tinggi dasar awan pada observasi sinoptik dan laporan cuaca penerbangan

Berdasarkan Gambar 5, terdapat dua kasus yang dijadikan pembanding dalam estimasi ketinggian dasar awan pada pengamatan yang dilakukan di Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin dengan data LCL yang didapatkan dari pengamatan Radiosonde. Berdasarkan grafik, ketinggian dasar awan di Stamet Sultan Hasanuddin pada semua musim baik itu musim penghujan maupun musim kemarau sesuai hasil pengamatan sinoptik dan laporan cuaca penerbangan umumnya berada pada kisaran 500 – 600 meter. Namun, kondisi yang berbeda ditunjukkan oleh ketinggian LCL yang diperoleh dari hasil pengamatan Radiosonde dimana terdapat variasi yang terjadi pada musim penghujan dan musim kemarau. Ketinggian LCL cenderung lebih rendah pada musim penghujan dibandingkan pada musim kemarau. Sehingga, pada musim penghujan hasil pengamatan sinoptik maupun laporan cuaca penerbangan mengindikasikan adanya *overestimate* ketinggian dasar awan. Oleh sebab itu, jika dibandingkan antara ketinggian LCL dari Radiosonde dan ketinggian awan hasil observasi sinoptik dan laporan cuaca penerbangan terlihat adanya perbedaan yang signifikan pada musim penghujan dan musim kemarau. Dimana ketinggian LCL secara umum lebih rendah dibandingkan ketinggian dasar awan hasil observasi sinoptik dan laporan cuaca penerbangan di Stamet Sultan Hasanuddin pada musim penghujan, sementara itu pada musim kemarau ketinggian LCL secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan tinggi dasar awan hasil observasi sinoptik dan laporan cuaca penerbangan.

Gambar 6 merupakan diagram perbandingan ketinggian CCL pada musim hujan (atas) dan musim kemarau (bawah) dengan tinggi dasar awan pada data observasi sinoptik dan laporan cuaca penerbangan. Diagram ini digunakan untuk membandingkan tinggi dasar awan hasil pengamatan dengan hasil perhitungan CCL pada musim hujan dan musim kemarau.

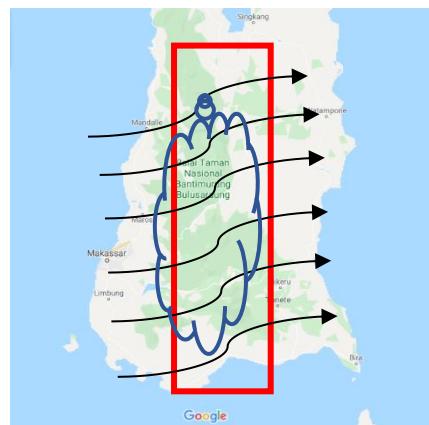


Gambar 6. Diagram perbandingan ketinggian CCL pada musim hujan (atas) dan musim kemarau (bawah) dengan tinggi dasar awan pada data observasi sinoptik dan laporan cuaca penerbangan

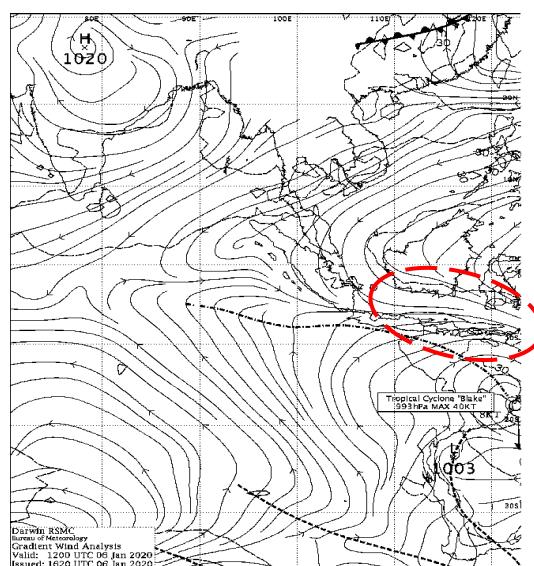
Terdapat dua kasus juga yang dijadikan pembanding untuk melihat hubungan antara ketinggian CCL dengan ketinggian dasar awan di Stamet Sultan Hasanuddin (Gambar 6). Gambar 6 menunjukkan adanya hasil yang sama ditunjukkan oleh ketinggian CCL pada musim penghujan dan musim kemarau

jika dibandingkan dengan ketinggian LCL. Dari perbandingan tersebut, terlihat bahwa hasil pengamatan sinoptik dan laporan cuaca penerbangan mengindikasikan adanya *underestimate* tinggi dasar awan. Berdasarkan grafik, ketinggian CCL yang didapatkan dari hasil pengamatan Radiosonde selalu lebih tinggi bila dibandingkan dengan hasil pengamatan tinggi dasar awan rendah hasil observasi sinoptik dan laporan cuaca penerbangan pada musim penghujan maupun musim kemarau. Berdasarkan data geografis, wilayah Makassar merupakan hamparan daratan rendah yang berada pada ketinggian antara 0 – 25 meter dari permukaan laut [14]. Dari kondisi ini menyebabkan Kota Makassar sering mengalami genangan air pada musim penghujan, terutama pada saat turun hujan lebat bersamaan dengan naiknya air pasang. Namun, di daerah Sulawesi Selatan terdapat daerah pegunungan yang membujur dari selatan ke utara, yang berkontribusi dalam pembentukan awan di wilayah Makassar dan sekitarnya.

Gambar 7 menunjukkan daerah berwarna hijau memiliki topografi yang lebih tinggi yang mengindikasikan area pegunungan dan perbukitan. Topografi yang lebih tinggi memiliki frekuensi aktivitas kemunculan awan hujan yang cukup tinggi. Berdasarkan [15] pada sebelah Barat wilayah Makassar (berbatasan dengan Selat Makassar) yang menyebabkan wilayah Makassar mendapatkan suplai uap air dari hasil penguapan yang terjadi khususnya di perairan Selat Makassar. Terdapat sirkulasi angin darat – laut yang dapat memicu pembentukan awan konvektif dalam skala lokal.



Gambar 7. Mekanisme pembentukan awan di wilayah Makassar dan sekitarnya karena pengaruh topografi (sumber peta: Google Maps, 2020)



Gambar 8. Mekanisme pembentukan awan di wilayah Makassar dan sekitarnya karena adanya daerah konvergensi (sumber gambar: BoM, Australia)

Apabila bertiup angin Monsun Asia yang melalui wilayah Makassar yang turut serta membawa uap air dan kemudian mendorong massa udara melalui wilayah pegunungan dan perbukitan, maka terjadilah pembentukan awan karena pengaruh orografis. Apabila arus udara naik (*updraft*) kuat dan uap air melimpah maka awan yang terbentuk dapat berupa awan konvektif seperti Cumulus dan Cumulonimbus. Selain itu, wilayah pesisir barat Sulawesi Selatan termasuk wilayah Makassar dan sekitarnya pada musim penghujan sering terbentuk daerah konvergensi (pertemuan massa udara), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, yang dapat menyebabkan terbentuknya awan – awan konvektif dari skala lokal (*ordinary cell*) hingga skala meso yang berbentuk MCS (*Mesoscale Convective System*). Berdasarkan dengan mekanisme yang dapat memicu pembentukan awan di wilayah Makassar dan sekitarnya, terlihat bahwa sebagian besar pembentukan awan disebabkan karena faktor dinamis berupa sirkulasi angin darat – laut, pengaruh orografis, dan daerah konvergensi. Maka, untuk estimasi ketinggian dasar awan dapat menggunakan LCL agar lebih representatif.

Kesimpulan

Dari penelitian yang menggunakan data Radiosonde dan Observasi tinggi dasar awan dari tahun 2015 – 2018 di wilayah Makassar dan sekitarnya, dapat disimpulkan bahwa ketinggian LCL umumnya lebih rendah dibandingkan dengan ketinggian CCL, keduanya memiliki ketinggian yang bervariasi secara harian maupun musiman dan dipengaruhi oleh profil suhu udara, suhu titik embun, dan ketinggian ABL. Berdasarkan studi kasus terpilih selama periode tersebut, tinggi dasar awan yang biasa dilaporkan dalam data observasi sinoptik maupun laporan cuaca penerbangan di Stasiun Meteorologi Sultan Hasanuddin ternyata lebih rendah dibandingkan dengan CCL, namun lebih tinggi dibandingkan dengan LCL. Dengan mempertimbangkan mekanisme pembentukan awan yang sebagian besar berupa faktor dinamis, maka lebih representatif menggunakan LCL untuk mengestimasi tinggi dasar awan di wilayah tersebut.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Hasanuddin atas ketersediaan data udara atas radiosonde dan data pengamatan sinoptik.

Daftar Pustaka

- [1] C. Böhm, O. Sourdeval, J. Mühlstädt, J. Quaas, and S. Crewell, “Cloud base height retrieval from multi-angle satellite data.,” *Atmos. Meas. Tech.*, vol. 12, no. 3, 2019.
- [2] X.-J. Sun, H. R. Li, H. W. Barker, R. W. Zhang, Y. B. Zhou, and L. Liu, “Satellite-based estimation of cloud-base heights using constrained spectral radiance matching,” *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, vol. 142, no. 694, pp. 224–232, 2016.
- [3] T. Chen *et al.*, “A CloudSat perspective on the cloud climatology and its association with aerosol perturbations in the vertical over eastern China,” *J. Atmos. Sci.*, vol. 73, no. 9, pp. 3599–3616, 2016.
- [4] S. Sharma *et al.*, “Evaluation of cloud base height measurements from Ceilometer CL31 and MODIS satellite over Ahmedabad, India,” *Atmos. Meas. Tech.*, vol. 9, no. 2, p. 711, 2016.
- [5] Y. Wang *et al.*, “Improved retrieval of cloud base heights from ceilometer using a non-standard instrument method,” *Atmos. Res.*, vol. 202, pp. 148–155, 2018.
- [6] I. V Chernykh, O. A. Alduchov, and R. E. Eskridge, “Trends in low and high cloud boundaries and errors in height determination of cloud boundaries,” *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, vol. 82, no. 9, pp. 1941–1948, 2001.
- [7] Y. Zhang *et al.*, “Climatology of cloud-base height from long-term radiosonde measurements in China,” *Adv. Atmos. Sci.*, vol. 35, no. 2, pp. 158–168, 2018.
- [8] N. An, K. Wang, C. Zhou, and R. T. Pinker, “Observed variability of cloud frequency and cloud-base height within 3600 m above the surface over the contiguous United States,” *J. Clim.*, vol. 30, no. 10, pp. 3725–3742, 2017.

- [9] M. Soltani, M. Molanejad, F. Khoshakhlagh, A. R. SaadatAbadi, and F. Ranjbar, "Synoptic and thermodynamic characteristics of 30 March–2 April 2009 heavy rainfall event in Iran," *Meteorol. Atmos. Phys.*, vol. 126, no. 1–2, pp. 49–63, 2014.
- [10] R. A. Peppier, "A Review of Static Stability Indices and Related Thermodynamic Parameters, Illinois State Water Survey Division, SWS Miscellaneous Publication 104." 1988.
- [11] F. Renggono, "Karakteristik Ketinggian Dasar Awan Diukur dengan Sensor Infra Merah Radiometer pada Puncak Musim Hujan di Jabotabek," *J. Sains Teknol. Modif. Cuaca*, vol. 20, no. 1, pp. 39–45, 2019.
- [12] Climate Prediction Center NWS NOAA, "Monthly Nino 3.4 SST Index," 2020. [Online]. Available: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices>. [Accessed: 03-Aug-2020].
- [13] S. K. Mehta, M. V. Ratnam, S. V Sunilkumar, D. N. Rao, and B. V. K. Murthy, "Diurnal variability of the atmospheric boundary layer height over a tropical station in the Indian monsoon region," *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 17, no. 1, p. 531, 2017.
- [14] Portal Resmi Kota Makassar, "Geografis," 2020. [Online]. Available: <https://makassarkota.go.id/geografis/>. [Accessed: 13-Feb-2020].
- [15] S. Bahri, "Pemisahan Awan Konvektif dan Stratiform dalam Mengkaji Siklus Diurnal dan Migrasinya di Pegunungan Bawakaraeng Sulawesi Selatan Berdasarkan Data Radar Cuaca," *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 20, no. 2, pp. 81–90, 2019.