

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Klasifikasi Awan

Awan adalah kumpulan butiran air dan kristal es yang sangat kecil atau campuran keduanya dengan konsentrasi berorde 100 per sentimeter kubik dan mempunyai radius sekitar 10 mikrometer. Awan terbentuk jika volume udara lembap mengalami pendinginan sampai di bawah temperatur titik embunnya. Pada keadaan lapisan atmosfer di atas benua maritim.[8]

Tabel 1 Klasifikasi dan Ciri Visual Awan

Klasifikasi Awan	Ciri Visual
Awan tinggi (6000-18000 m)	
Cirrocumulus	Kecil, bulat, biasanya muncul sendiri atau dalam barisan
Cirrostratus	Tipis seperti lembaran
Cirrus	Tipis berbentuk seperti buntut
Awan Menengah (2000-8000 m)	
Alto cumulus	Berwarna abu-ab, menggumpal, dan menggulung
Altostratus	Berwarna abu-abu atau abu kebiruan, menutup sebagian langit
Awan rendah (0-2000 m)	
Nimbostratus	Berwarna abu-abu, kehitaman, dan terlihat basah, berwarna lebih gelap dari altostratus
Stratocumulus	Rendah, awan terlihat tebal yang muncul dalam bentuk barisan, potongan kecil, atau massa yang membundar dengan langit biru yang terlihat diantara awan individunya
Stratus	Keabu-abuan, homogen, biasanya menutupi Sebagian besar langit.
Awan rendah dengan perkembangan vertical (1000 – 12000 m)	
Cumulus	Seperti kapas, dasar awan datar, bagian atas awan berbentuk membundar
Cumulonimbus	Bagian dasar datar, awan tebal, awan berbentuk vertical dengan bagian atas awan seperti berserabut

Awan cumulonimbus adalah awan tebal yang mengandung hujan batu es, hujan air, berangin kencang hingga berangin seperti tornado. Awan Cumulonimbus memiliki dasar antara 100-600 m dan memiliki puncak ketinggian 15 km bahkan lebih.[3]



Gambar 1 Penampakan awan Cumulonimbus.

Awan *CB* sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1, biasanya direkomendasikan untuk dihindari dalam penerbangan, karena dapat menghempaskan suatu pesawat terbang

Awan ini berpotensi menghasilkan hujan lebat, puting beliung, petir dan mungkin yang paling parah adalah microburst. Microburst merupakan angin berkecepatan tinggi yang turun (downdraft) dari bawah awan cumulus yang berpotensi hujan dan tak kasat mata [9]. Ketika pesawat melewati sebelah bawah microburst kemungkinan adanya aliran udara yang keluar dari bagian bawah awan dengan kecepatan mencapai 100 km/jam. Hal ini dapat menyebabkan pesawat mengalami gangguan dan kehilangan kendali.

A. Metode KNN

Machine learning adalah ilmu yang mempelajari algoritma komputer yang mampu mengenali pola dalam data dengan tujuan mengubah berbagai data menjadi tindakan nyata dengan intervensi manusia seminimal mungkin [10]. Bantuan *machine learning*, dapat membuat komputer belajar sendiri dari data yang ada, memungkinkan komputer mengambil keputusan sendiri tanpa harus diprogram ulang.

Algoritma *machine learning* dibagi menjadi dua yaitu *supervised* dan *unsupervised*. *Supervised* adalah metode pembelajaran menggunakan himpunan data berlabel. Sedangkan *unsupervised* yaitu metode pembelajaran mempergunakan sejumlah data tanpa label [11].

a) KNN (K- Nearest Neighbors)

K-nearest neighbor adalah algoritma *machine learning* yang termasuk dalam supervised learning, KNN mengelaskan data baru menggunakan kemiripan dengan sejumlah data (k) pada lokasi yang paling dekat dengan kumpulan data yang telah ada sebelumnya [12]

Beberapa kelebihan KNN dalam mengolah data diantaranya :

- 1) Pelatihan sangat cepat, sederhana dan mudah dipelajari.
- 2) Tahan terhadap data pelatihan yang memiliki derau.
- 3) Efektif meski data pelatihan besar.

b) Confusion Matrix

Confusion matrix adalah tabel yang digunakan untuk mengukur performa dari model klasifikasi *machine learning*. Tabel ini menggambarkan dengan detail tentang jumlah data yang dikelompokkan dengan benar maupun salah. Confusion matrix menampilkan dan membandingkan nilai aktual atau sebenarnya dengan nilai hasil prediksi model yang digunakan untuk menghasilkan matrik evaluasi seperti *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score*. Semakin tinggi matrik evaluasi, semakin baik performa *machine learning* yang dihasilkan. *Machine learning* dikatakan berhasil apabila diperoleh nilai akurasi sebesar 80% [13].

B. Rawindsonde (Radio Sonde)

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Alat

- a. Beberapa perangkat lunak (*Software*) diperlukan untuk menunjang penelitian ini, diantaranya :

1) RAOB

Digunakan untuk mendapatkan data parameter cuaca yang diukur serta data labilitas atmosfer yang diamati oleh weather observer menggunakan *rawindsonde*. Data labilitas tersebut berupa indeks *LI*, *SI*, *KI* dan *TT* jam 00.00 UTC dari tahun 2020 sampai dengan 2024 berasal dari BMKG Cilacap.



Gambar 2 Aplikasi RAOB

2) Microsoft Excel

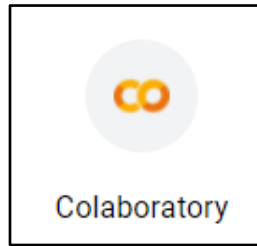
Digunakan untuk pengolahan dataset berupa nilai indeks *rawindsonde* dan data kejadian awan *Cumulonimbus* dari tahun 2020 sampai dengan 2024 di BMKG Cilacap.



Gambar 3 Aplikasi Excel

3) Google Colab

Digunakan untuk melakukan pengkodean program, analisis data, dan membuat model machine learning.



Gambar 4 Google Colab

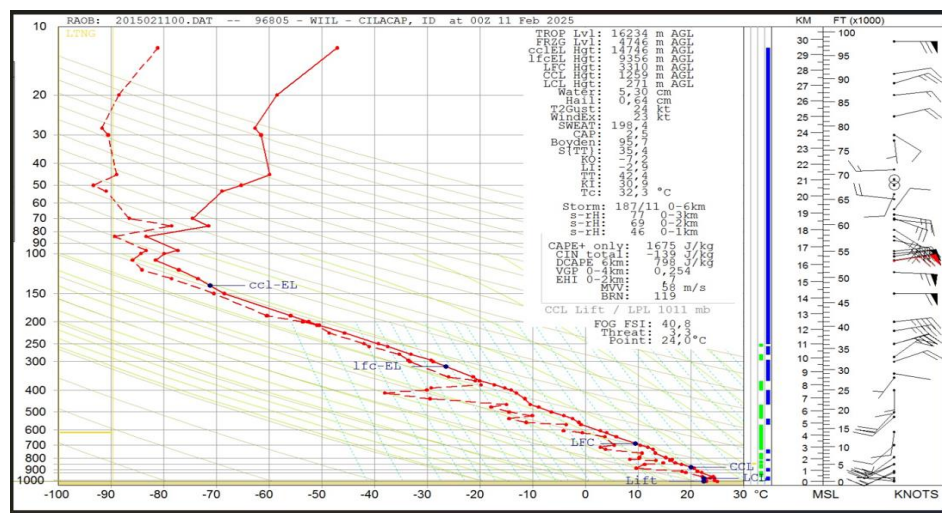
b. Perangkat Keras (Hardware)

- 1) Laptop : Asus TUF
- 2) Processor : Intel I 5
- 3) RAM : 16 GB DDR4 Memory
- 4) Harddisk : 512GB SSD
- 5) VGA : NVIDIA GeForce GTX 1650

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Data Rawinsonde yang dilepas jam 07.00 WIB atau 00.00 UTC yang menghasilkan data parameter cuaca di lapisan atas dan indeks labilitas atmosfer, salah satu contohnya seperti terlihat pada gambardibawah ini.



Gambar 5 Nilai Indeks RAOB Rawindsonde

Gambar 5 memperlihatkan nilai indeks hasil aplikasi RAOB pada tanggal 11 Februari 2025 berupa nilai *SI*, *LI*, *KI* dan *TT* Berita Synop yang berisi informasi cuaca setiap jam pengamatan di Stasiun Tunggul Wulung Cilacap yang dikirim setiap jam selama 24 jam operasional yaitu pukul 00.00 UTC sampai 23.00 UTC

TABELA 07 - 28.12.2024		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54		55		56		57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86		87		88		89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100		101		102		103		104		105		106		107		108		109		110		111		112		113		114		115		116		117		118		119		120		121		122		123		124		125		126		127		128		129		130		131		132		133		134		135		136		137		138		139		140		141		142		143		144		145		146		147		148		149		150		151		152		153		154		155		156		157		158		159		160		161		162		163		164		165		166		167		168		169		170		171		172		173		174		175		176		177		178		179		180		181		182		183		184		185		186		187		188		189		190		191		192		193		194		195		196		197		198		199		200		201		202		203		204		205		206		207		208		209		210		211		212		213		214		215		216		217		218		219		220		221		222		223		224		225		226		227		228		229		230		231		232		233		234		235		236		237		238		239		240		241		242		243		244		245		246		247		248		249		250		251		252		253		254		255		256		257		258		259		260		261		262		263		264		265		266		267		268		269		270		271		272		273		274		275		276		277		278		279		280		281		282		283		284		285		286		287		288		289		290		291		292		293		294		295		296		297		298		299		300		301		302		303		304		305		306		307		308		309		310		311		312		313		314		315		316		317		318		319		320		321		322		323		324		325		326		327		328		329		330		331		332		333		334		335		336		337		338		339		340		341		342		343		344		345		346		347	
------------------------	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--	-----	--

Gambar 6 Data Pengamatan Synop

Pada Gambar 6 memperlihatkan barita Synop tanggal 7 Desember 2024 pukul 06 UTC sampai dengan pukul 11.00 UTC. Pada pukul 06.00 dan 08,00 UCT terlihat adanya penampakan awan *CB*.

Radiosonde adalah alat untuk mengukur tekanan , suhu, arah dan kecepatan angin dan kelembaban udara diberbagai lapisan udara. alat tersebut berfungsi sebagai alat ukur untuk mengetahui karakteristik keadaan cuaca dari lapisan permukaan sampai lapisan tingkat atas. [14] Gambar 8 memperlihatkan rawindsonde yang terdiri dari balon cuaca dan transmiter siap diterbangkan.

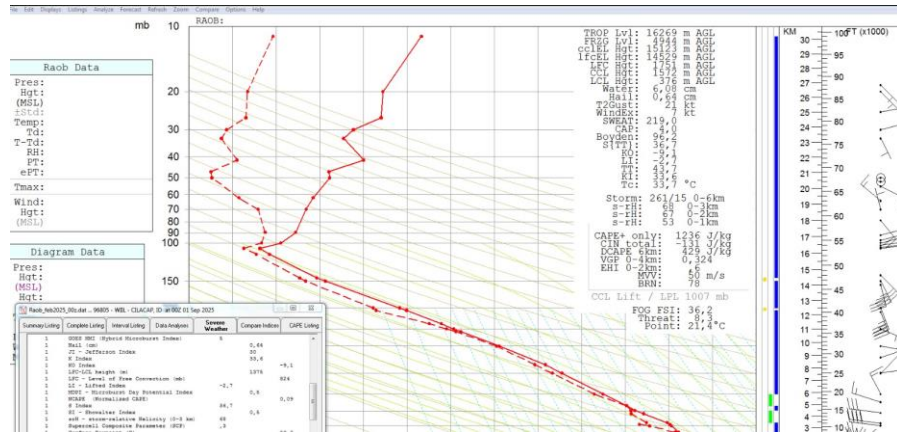


Gambar 7 Rawindsonde



Gambar 8 Transmitter Rawinsonde

Gambar 8 adalah gambar transmitter yang berisi sensor diataranya sensor temperatur udara, sensor kelembaban udara, sensor arah dan kecepatan angin, serta sensor tekanan udara. Rawindsonde bekerja dengan cara diterbangkan dua kali dalam sehari yaitu pukul 00.00 UTC dan 12 UTC. Selama mengudara sensor cuaca pada rawindsonde merekam keadaan cuaca atmosfer di ketinggian yang dilaluinya dan mengirimkannya ke server setelah ditanyakan selesai. Pengamatan rawindsonde dinyatakan selesai manakala balon udara pecah di ketinggian tertentu dikarenakan tekanan udara dalam balon lebih besar dari tekanan udara sekitar. Ketinggian pengamatan rawindsonde bisa mencapai hingga 28.000 meter. Sensor tersebut menunjang pengambilan data parameter cuaca seperti tekanan udara, suhu udara, arah dan kecepatan angin, serta kelembaban udara. Data cuaca tersebut kemudian diolah terlebih dahulu menggunakan aplikasi RAOB untuk menghasilkan nilai indeks labilitas udara atas berupa Showalter Index (*SI*), Lifted Index (*LI*), Konvergence Index (*KI*), dan Total-Total Index (*TT*) seperti tampak pada gambar 10.



Gambar 9 Data hasil RAOB

Gambar 9 memperlihatkan data hasil pengolahan menggunakan aplikasi RAOB tanggal 1 Februari 2025 jam 00 UTC. Tidak semua nilai indeks digunakan untuk melakukan prediksi terhadap *awan CB*. Dalam penelitian ini penulis hanya menggunakan nilai indeks berupa *Showalter Index (SI)*, *Lifted Index (LI)*, *Konvergence Index (KI)*, dan *Total Total Index*. Hal itu dikarenakan keempat nilai indeks itulah yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan *awan Cumulonimbus* [15].

a) Showalter Index

Indeks Stabilitas Showalter (SSI) mirip dengan indeks terangkat (LI), tetapi jika LI dimulai dengan rata-rata lapisan diatas permukaan tanah atau 100 hPa terendah, SSI menggunakan paket udara yang diangkat dari lapisan 850 hPa ke 500 hPa. SSI yang negatif menunjukkan ketidakstabilan yang makin besar [16].

Tabel 1 Threshold Showalter Index

Nilai SI	Potensi cuaca buruk
3 hingga 1	Kecil
1 hingga -2	Sedang
-3 hingga -6	Tinggi
Lebih kecil dari -6	Ekstrem

b) Lifted Index

Lifted Index (LI) atau Indeks terangkat, dihitung sebagai perbedaan antara suhu yang diamati pada 500 hPa dan suhu paket udara yang diangkat hingga 500 hPa dari dekat permukaan. Semakin tidak stabil lingkungan, maka semakin negatif nilai LI. Nilai LI didapat dengan melakukan perhitungan seperti yang dapat dilihat di bawah [16].

$$LI = T(500 \text{ mb envir}) - T(500 \text{ mb parcel})$$

Tabel 2 Threshold Lifted Index

Nilai LI	Potensi Cuaca Buruk
Lebih besar dari -2	Lemah
Antara -3 hingga -5	Sedang
Lebih kecil dari -6	Kuat
Nilai LI	Potensi Cuaca Buruk

Nilai Lifted Index yang negatif menunjukkan udara yang lebih hangat, kurang stabil dan berpotensi terjadinya badai petir, sementara petir disebabkan oleh *awan CB*. Sedangkan nilai Lifted Index yang positif menunjukkan bahwa udara cenderung lebih dingin dan lebih stabil

c) Konvergence Index

Indeks K adalah ukuran potensi badai petir berdasarkan tingkat selang suhu vertikal, dengan jumlah dan tingkat vertikal kelembaban tingkat rendah di atmosfer. Dengan rumus seperti terlihat dibawah.

$$K = T(850 \text{ mb}) + Td(850 \text{ mb}) - T(500 \text{ mb}) - DD(700 \text{ mb})$$

T mewakili suhu kering, Td mewakili suhu titik embun, dan DD mewakili penurunan titik embun pada tingkat yang dimaksud, seluruhnya diukur dalam derajat Celcius. [16].

Tabel 3 Threshold Konvergence Index

Nilai K	Potensi petir dan hujan
Dibawah 30	Sedang
Antara 30 dan 40	Kuat
Lebih sama dengan 40	Sangat Kuat

d) Total-Total Index

Indeks Total-Total (TT) dihitung menggunakan suhu dan titik embun pada lapisan 850 hPa dan suhu pada lapisan 500 hPa. Semakin tinggi titik embun dan suhu 850 hPa dan semakin rendah suhu 500 hPa maka semakin besar ketidakstabilan serta nilai TT yang dihasilkan [16]

$$TT = (T_{850} + T_{d850}) - (2 * T_{500})$$

T mewakili suhu kering, Td mewakili suhu titik embun, semua dalam derajat Celcius.

Tabel 4 Threshold Total-Total Index

Nilai TT	Potensi petir
Lebih kecil dari 44	Lemah
44 hingga 55	Sedang
Diatas 55	Kuat

Semakin tinggi nilai Indeks Total Total, semakin tinggi potensi terjadinya badai petir.