

BULETIN METEOROLOGI MARITIM

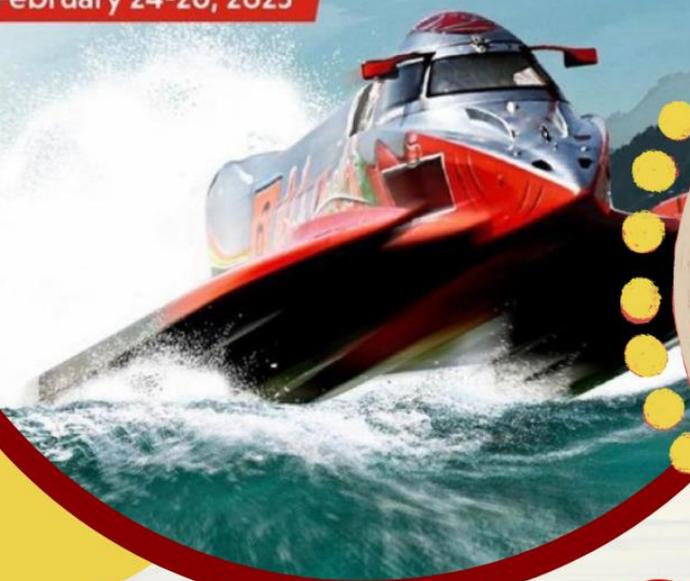
STASIUN METEOROLOGI KELAS II MARITIM BELAWAN

MARET 2023

ANALISIS KONDISI ATMOSFER BULAN FEBRUARI 2023

F1 PowerBoat
Lake Toba, Indonesia

February 24-26, 2023



INFORMASI ANGIN,
GELOMBANG, DAN
PARAMETER DINAMIKA
ATMOSFER

ANALISIS ANGIN DAN
GELOMBANG LAUT

EVALUASI
PENGAMATAN DATA
SYNOP

EDISI XLVII

REDAKSI

TIM REDAKSI

PENANGGUNG JAWAB

Sugiyono, S.T., M.Kom

PEMIMPIN

Rizki Fadillah P.P., S.Tr

REDAKTUR

Amryuda Mas Nalendra Jaya, S.Tr

Budi Santoso, S.Si

Christen Ordain Novena, S.Tr

Dasmian Sulviani, S.P

Margaretha Roselini, S.Tr

Nur Auliakhansa, S.Tr

Rino Wijatmiko Saragih, S.Tr

Zulkarnaen Lubis, S.Pi

Puteri Sunitha Aprisani Corputty, S.Tr.Met

ALAMAT REDAKSI

Badan Meteorologi Klimatologi dan
Geofisika

Stasiun Meteorologi Maritim Belawan
Jl.Raya Pelabuhan III, Gabion. Bagan Deli,
Medan Kota Belawan, Kota Medan,
Sumatera Utara

Email

stamar.belawan@bmet.go.id

Media sosial

Instagram @bmet.belawan

Youtube Stasiun Meteorologi Maritim
Belawan

BULETIN METEOROLOGI MARITIM

STASIUN METEOROLOGI MARITIM

BELAWAN MEDAN

SALAM REDAKSI

Puji Syukur kehadiran Allah SWT, atas berkah dan kasih sayangnya, Stasiun Meteorologi Maritim Belawan dapat menerbitkan Buletin Bulanan edisi empat puluh tujuh pada bulan Maret 2023 ini.

Buletin bulanan ini memuat informasi tentang cuaca kemaritiman dan kondisi atmosfer bulan Februari 2023 di wilayah pelayanan informasi di Stasiun Meteorologi Maritim Belawan. Informasi ini disusun dan dibuat berdasarkan hasil pengamatan unsur-unsur cuaca meteorologi secara terus menerus di Stasiun Meteorologi Maritim Belawan, serta informasi dari BMKG Pusat Jakarta. Kami berharap buletin ini dapat menyediakan informasi terkait kemaritiman yang bermanfaat bagi pembangunan serta masyarakat luas khususnya di wilayah Sumatera Utara.

Tidak lupa ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang turut berperan serta dalam pembuatan buletin ini. Semoga pembuatan buletin ini akan terus berlanjut dan berguna bagi semua *stakeholder*. Akhir kata, segala kritik dan saran kami harapkan demi perbaikan dalam pembuatan buletin edisi selanjutnya.

Belawan, Maret 2023
Kepala Stasiun Meteorologi
Maritim Belawan Medan

SUGIYONO ST., M.Kom
NIP. 197109141993011001

PROFIL STASIUN

Stasiun Meteorologi Maritim Klas II Belawan Medan mulai beroperasi pada tahun 1974. Adapun sejarah pimpinan dan pegawainya adalah sebagai berikut : - **1973 - 1985** : Kasmar adalah Bapak Tamat Karo Ah. MG (merangkap sebagai Kasmet Polonia Medan). Operasi pengamatan synoptik 6 jam dengan staf 2 (dua) orang yaitu : Asrak dan Poniman. Tahun 1974 Asrak pindah ke Staklim Sampali Medan digantikan oleh Ahmad Zaini. Tahun 1977 operasional pengamatan menjadi 12 jam dan pegawai bertambah 3 (tiga) orang yaitu : Firman, Herizal dan Taufik, tahun 1978 bertambah lagi yaitu JF. Immanuel. Pada tahun 1981 bertambah lagi yaitu Blucher Dolok Saribu dan Sabam Sinaga, tahun 1983 masuk Marsinah Siregar dan Zainal Nasir. - **1986 - 1987** : Pjs. Kasmar yaitu Blucher Dolok Saribu Ah. MG. Operasional pengamatan synoptik 12 jam dan staf berjumlah 7 (tujuh) orang. - **1988 - 1990** : Kasmar yaitu Drs. R. Syaifudin. Tahun 1989 Zainal Nasir pensiun, Operasional pengamatan synoptik 12 jam dan staf berjumlah 7 (tujuh) orang. - **1990 - 1997** : Kasmar yaitu Hot Mangihut Marpaung Ah. MG. dan Ka. TU. Sabam Sinaga. Tahun 1995 Marsina pindah ke Staklim Sampali , Tahun 1997 Poniman juga pindah ke Staklim Sampali. Tahun 1996 Operasional pengamatan menjadi 24 jam dan dimulainya pengamatan Suhu air laut. Tahun 1992 bertambah pegawai yaitu Selamat dan pada tahun 1993 bertambah lagi Elyas, tahun 1997 tambah lagi Aries Kristianto dan M. Saleh Siagian. - **1998 - 2003** : Kasmar yaitu Drs.R. Ponco Nugroho R. dengan Ka. TU Sabam Sinaga. Tahun 2000 Sabam pindah ke Bawil I digantikan oleh Blucher Dolok Saribu dan tahun 2001 Blucher digantikan oleh Surya Ah. MG.

Tahun 1998 bertambah pegawai yaitu Hasbullah Zuhri H. ST, dan Franky JR. Purba. Tahun 2000 bertambah Masjuwita, Tahun 2002 bertambah Ramos L. Tobing, dan tahun 2002 bertambah lagi yaitu Budi Santoso. Tahun 2003 masuk juga Tengku Mahrina. - **2004 - 2009** : Kasmar yaitu Harrisson Rambe dengan Ka. TU Syahrial Syam dan Kasi Surya Ah.MG. Pada tahun 2009 Syahrial Syam pensiun digantikan oleh Selamat, SH. Pak Harisson Rambe dan Sukardja pensiun pada tahun 2009. Tahun 2009 bertambah pegawai baru Melvi Sibarani untuk membantu di keuangan dan TU. 2010 : Kasmar yaitu Drs. Sampe Simangunsong MM. dan Ka. TU. Selamat SH serta Kasie Obs. dan Info yaitu Surya ST. Pada tahun 2010 pensiun Rasmiana Sinaga dan Ahmad Zaini. Bertambah pegawai baru yaitu Riski Ah. MG. dari Akademi Meteorologi dan Geofisika yang mana berlanjut sampai sekarang. Singkat sejarah, tahun 2019 yaitu pada bulan Juni 2019 telah bertugas kasmar yang baru yaitu Sugiyono, ST., M.Kom, dengan membawahi anggota yang aktif yaitu sebanyak 25 orang.

DATA STASIUN



Nama Stasiun	Stasiun Meteorologi Maritim Belawan Medan
Kode Stasiun	WIBL
No. Stasiun	96033
Klasifikasi Stasiun	Stasiun Meteorologi Maritim Klas II Belawan Medan
Alamat Stasiun	Jl.Raya Pelabuhan III, Gabion. Bagan Deli, Medan Kota Belawan, Kota Medan, Sumatera Utara
Telp.	(061) 6941851
Kode Pos	20414
Email	stamar.belawan@bmgk.go.id
Koordinat Stasiun	3°47'17.69"N dan 98°42'53.45"E
Ketinggian	3 (tiga) meter
Pegawai	

- | | |
|--|--|
| 1) Sugiyono, ST, M.Kom. | 14) Rino Wijatmiko Saragih, S.Tr |
| 2) Zurya Ningsih, ST. | 15) Suharyono |
| 3) Selamat, SH, MH. | 16) Rizky Ramadhan, A.Md. |
| 4) Irwan Efendi, S.Kom. | 17) Zulkarnaen Lubis, S.Pi |
| 5) Budi Santoso, S.Si. | 18) Ikhsan Dafitra, S.Tr. |
| 6) Agus Ariawan, S.kom. | 19) Amriyuda Mas Nalendra Jaya, S.Tr |
| 7) Indah Riandiny Puteri Lubis, S.Kom. | 20) Siti Aisyah, S.Tr |
| 8) M.Saleh Siagian, S.Sos. | 21) Franky Jr Purba, SE |
| 9) Kisscha Christine Natalia S., S.Tr. | 22) Elias Daniel Sembiring |
| 10) Margaretha Roselini S., S.Tr. | 23) Nur Auliakhansa, S.Tr |
| 11) Christein Ordain Novena S.Tr. | 24) Puteri Sunitha Aprisani Corputty, S.Tr.Met |
| 12) Dasmian Sulviani, S.P. | 25) Yan Reynaldo Purba, S.Tr.Inst |
| 13) Rizki Fadhillah P.P S.Tr | |

DAFTAR ISI

REDAKSI	2
SALAM REDAKSI.....	2
PROFIL STASIUN.....	3
DATA STASIUN.....	4
DAFTAR ISI	5
DAFTAR TABEL.....	7
DAFTAR GAMBAR.....	8
ARTIKEL.....	9
BAB I	17
1.1. ANGIN.....	17
1.2. GELOMBANG LAUT	18
1.3. SOI (<i>SOUTH OSCILLATION INDEX</i>)	19
1.4. IOD (<i>INDIAN OCEAN DIPOLE MODE</i>)	19
1.5. MJO (<i>MADDEN JULIAN OSCILLATION</i>)	19
1.6. OLR (<i>OUTGOING LONGWAVE RADIATION</i>).....	20
1.7. SST ANOMALY (<i>SEA SURFACE TEMPERATURE ANOMALY</i>).....	20
1.8. SUHU UDARA.....	20
1.9. KELEMBABAN UDARA.....	20
1.10. PENGUAPAN	20
1.11. PENYINARAN MATAHARI.....	21
1.12. HUJAN.....	21
BAB II	22
2.1. ANGIN.....	22
2.2. GELOMBANG LAUT	24
2.3. ANALISIS DINAMIKA ATMOSFER DAN GELOMBANG	25
BAB III	30
3.1. SUHU UDARA.....	30
3.2. KELEMBAPAN UDARA (RH)	33
3.3. TEKANAN UDARA.....	35
3.4. ARAH DAN KECEPATAN ANGIN	38

3.5.	HUJAN	40
3.6.	PENYINARAN MATAHARI	42
3.7.	PENGUAPAN	43
3.8.	PASANG SURUT	45
BAB IV	48
4.1.	SOI (<i>SOUTH OSCILLATION INDEX</i>)	48
4.2.	IOD (<i>INDIAN OCEAN DIPOLE MODE</i>)	48
4.3.	SST ANOMALY (<i>SEA SURFACE TEMPERATURE ANOMALY</i>)	49
4.4.	TEKANAN UDARA	50
4.5.	WIND ANALYSIS (850 MB)	50
4.6.	MJO (<i>MADDEN JULIAN OSCILLATION</i>)	51
4.7.	OLR (<i>OUTGOING LONGWAVE RADIATION</i>)	52
BAB V	54
5.1.	PENGERTIAN PASANG SURUT	54
5.2.	TIPE PASANG SURUT	55
5.3.	GRAFIK PREDIKSI PASANG SURUT WILAYAH BELAWAN	56
ARTIKEL PASANG SURUT	60



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi kecepatan angin (Sumber : BMKG)	18
Tabel 2. Klasifikasi kecepatan angin (Sumber: BMKG).....	23
Tabel 3. Grafik Prediksi Pasang Surut Wilayah Belawan Bulan Maret 2023.....	56



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. Gelombang Maksimum.....	18
Gambar 4. Peta Wilayah Pelayanan Informasi Meteorologi Maritim.....	22
Gambar 5. Gelombang laut oleh angin	23
Gambar 6. Gelombang maksimum.....	24
Gambar 7. Arah dan Kecepatan Angin Rata-Rata Bulanan	25
Gambar 8. Gelombang Maksimum Bulan Februari 2023.....	26
Gambar 9. Gelombang Signifikan Rata-Rata Bulan Februari 2023	28
Gambar 10. Grafik Suhu Udara Permukaan Rata-Rata Bulan Februari 2023	31
Gambar 11. Grafik Rata-Rata Suhu Udara Bulan Februari 2023.....	31
Gambar 12. Grafik Suhu Udara Permukaan Maksimum Bulan Februari 2023 ...	32
Gambar 13. Grafik Suhu Udara Permukaan Minimum Bulan Februari 2023.....	33
Gambar 14. Grafik Kelembapan Udara Relatif Bulan Februari 2023.....	34
Gambar 15. Grafik Rata-Rata Kelembapan Udara Bulan Februari 2023.....	35
Gambar 16. Grafik Tekanan Udara QFF Bulan Februari 2023.....	35
Gambar 17. Grafik Rata-Rata Tekanan Udara QFF Bulan Februari 2023.....	36
Gambar 18. Grafik Tekanan Udara QFE Bulan Februari 2023.....	37
Gambar 19. Grafik Rata-Rata Tekanan Udara QFF Bulan Februari 2023.....	38
Gambar 20. Windrose dan distribusi frekuensi angin permukaan Bulan Februari 2023 Stasiun Meteorologi Maritim Belawan Medan	38
Gambar 21. Grafik Angin Permukaan Maksimum Bulan Februari 2023	39
Gambar 22. Grafik Rata-Rata Kecepatan Angin Permukaan Bulan Februari	40
Gambar 23. Grafik Curah Hujan Bulan Februari 2023	41
Gambar 24. Grafik Rata-Rata Total Curah Hujan Bulan Februari 2023.	42
Gambar 25. Grafik Lama Penyinaran Matahari Bulan Februari 2023.....	43
Gambar 26. Grafik Penguapan Panci Terbuka Bulan Februari 2023	44
Gambar 27. Grafik Penguapan Piche Bulan Februari 2023	44
Gambar 28. Pasang Surut Perairan Belawan pada Fase Bulan Baru (New Moon)	46
Gambar 29. Pasang Surut Perairan Belawan pada Fase Bulan Purnama (Full Moon)	46
Gambar 30. SOI (South Oscillation Index) Bulanan	48
Gambar 31. Anomali Suhu Permukaan Laut Bulanan untuk wilayah IOD	49
Gambar 32. Anomali Suhu Permukaan Laut a) Dasarian I, b) Dasarian II,	49
Gambar 33. Tekanan Udara selama Bulan Februari 2023.....	50
Gambar 34. Analisis Arah dan Kecepatan Angin a) Dasarian I, b) Dasarian II, c) Dasarian III pada Bulan Februari 2023.....	51
Gambar 35. Diagram RMM1, RMM2 Madden Julian Oscillation	52
Gambar 36. Analisis Outgoing Longwave Radiation (OLR) pada a) Dasarian I, b) Dasarian II, c) Dasarian III Bulan Februari 2023.....	53
Gambar 37. Pengaruh posisi Bulan dan Matahari terhadap pasang surut di Bumi	54
Gambar 38. Distribusi gaya penyebab terjadinya fenomena pasang surut.	55

ARTIKEL

Stasiun Meteorologi Maritim Belawan Turut Serta dalam Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) untuk mendukung Kegiatan F1H20 Balige

Pada tanggal 24 – 26 Februari 2023 telah terlaksana kegiatan tahunan F1H2O di Danau Toba yang merupakan Kejuaraan Dunia Perahu Motor Formula 1. Masyarakat lebih mengenal kegiatan ini sebagai balap motor air dengan kecepatan tinggi, yaitu rata-rata kecepatan motor/kapal air berkisar 200-240 kilometer per jam. Dipilihnya Danau Toba menjadi lokasi lomba dikarenakan Danau Toba juga merupakan salah satu dari lima Destinasi Pariwisata Super Prioritas (DPSP) yang tengah digencarkan pengembangannya oleh pemerintah. Untuk itu sangat diperlukan informasi cuaca yang baik dan akurat.

Keberhasilan pelaksanaan F1H2O di Danau Toba bulan lalu tidak lepas dari kerjasama yang baik dari beberapa Instansi pemerintahan yang terlibat untuk mendukung kelancaran kegiatan tersebut, salah satunya yaitu Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Dukungan yang diberikan BMKG dalam kegiatan ini adalah memberikan layanan informasi prakiraan cuaca dan juga informasi ketinggian gelombang di *Venue* tempat berlangsungnya kegiatan F1H2O. Informasi cuaca yang diberikan merupakan kondisi unsur-unsur cuaca yang berpengaruh langsung dan paling krusial terhadap kelangsungan kegiatan ini yaitu arah dan kecepatan angin, kondisi / potensi cuaca terbaru serta ketinggian gelombang di wilayah danau toba khususnya Balige. Apabila terdapat potensi hujan di lokasi pelaksanaan F1H20, maka akan dilakukan Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) yang dalam hal ini BMKG bekerjasama dengan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) serta TNI Angkatan Udara. Lantas apa itu TMC?

TMC merupakan upaya manusia memodifikasi cuaca untuk tujuan tertentu agar mendapatkan kondisi cuaca seperti yang diinginkan atau dibutuhkan. Kegiatan modifikasi cuaca bukan hanya upaya untuk menciptakan hujan buatan, namun juga untuk mencegah hujan turun di lokasi tertentu. Hal itulah yang diharapkan dalam kegiatan TMC kali ini, yaitu mengupayakan agar hujan tidak turun di wilayah Danau Toba selama kegiatan lomba sedang berlangsung.

UPT BMKG Wilayah Sumatera Utara yang terlibat dalam kegiatan ini berasal dari Kantor Balai Wilayah 1 Medan, Stasiun Meteorologi Maritim Belawan serta Stasiun Meteorologi Penerbangan Silangit. Pegawai Stasiun Meteorologi Maritim Belawan mendapat tugas untuk memberikan informasi cuaca visual di Pelabuhan Simanindo dan Pelabuhan Ambarita. Pada tanggal 23 Februari 2023 bertempat di Stasiun Meteorologi Silangit, kami melakukan diskusi untuk pembagian dan tata cara pelaporan informasi cuaca di masing-masing posko.



Pertama kami disambut dengan sangat baik oleh Kepala Stasiun Meteorologi Silangit dan juga beberapa pegawai disana. Kepala Stasiun Meteorologi Silangit menjelaskan singkat tentang profil Stasiun Meteorologi, kondisi kantor, dan juga posisi AWS rekayasa di sekitar Danau Toba.



Diskusi dimulai dengan tata cara format pelaporan cuaca pada masing – masing posko. Pada gambar terlihat Bapak Guswanto, M.Si selaku Deputy Meteorologi, ikut serta memberi arahan dan masukan untuk pelaporan cuaca masing – masing posko. Diskusi selanjutnya dilakukan dan dipimpin oleh Bapak A. Fachri Radjab, S.Si, M.Si selaku kepala Pusat Meteorologi Publik. Diskusi ini juga diikuti oleh Kepala Stasiun Meteorologi Maritim Belawan Bapak Sugiyono, ST., M.Kom dan beberapa pejabat serta staf dari BMKG Pusat, Balai Besar Wil. 1 Medan, dan Stasiun BMKG lainnya.





Hasil diskusi telat ditetapkan, selanjutnya masing – masing pegawai dibagi ke beberapa posko untuk melakukan pengamatan visual. Pelaporan dimulai tanggal 24 Februari – 26 Februari 2023, dari pukul 08.00 WIB – 16.00 WIB atau sampai kegiatan tersebut selesai.

Untuk Format pelaporannya memiliki format pengiriman yang sama yaitu:

Laporan Pengamatan Cuaca Visual
Lokasi : Pelabuhan SIMANINDO
Tgl : 26 Feb 2023
Jam : 13.00 WIB
Cuaca : Berawan
Jenis Awan : Cu Sc
Tinggi Dasar Awan :480 m
Pergerakan Awan = dari Timur Laut
Oktaf =6/8
Angin = 7 - 10 Knot

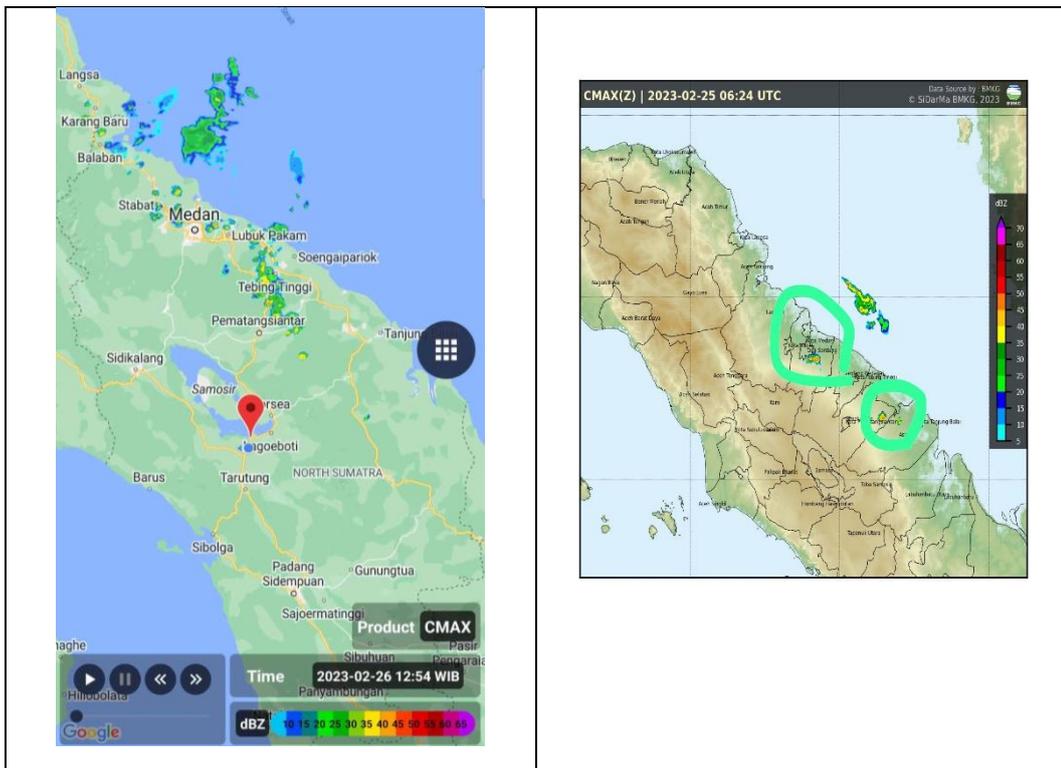
Setelah itu dilakukan dokumentasi / foto kondisi awan pada lokasi posko, lalu dilaporkan dengan empat arah mata angin yaitu Timur, Selatan, Barat, dan Utara.

Pelabuhan Simando, Kondisi cuaca pada pagi hari cenderung Cerah Berawan dengan arah angin dominan dari Timur dan kecepatan sekitar 1 - 4 knot. Namun menjelang sore hari kondisi cuaca berawan hingga berawan tebal dengan kecepatan angin yang meningkat bahkan pada hari minggu 26 Februari 2023 pada pukul 16.00 WIB mencapai 15 - 20 Knot. kondisi cuaca berawan namun kecepatan angin yang cukup tinggi membuat kapal kayu penumpang untuk sepeda motor dari Simanindo ke Tigaras sempat diberhentikan karena cukup berbahaya bagi keselamatan.





Apabila terdapat potensi awan penghasil hujan yang akan melintasi wilayah Balige maka akan dilakukan Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) oleh BRIN dan juga TNI AU. Kegiatan TMC dilakukan dengan menentukan area Semai, ketinggian semai, bahan semai. Berat garam yang diberikan cukup besar yaitu sekitar 800Kg NaCl.





Gambar : Penentuan lokasi semai

Pada kesempatan ini kami berdiskusi juga tentang alat AWS kepada Bapak Budianto dari Instansi Syahbandar pembantu KSOPP Danau Toba mengenai kondisi alat, parameter yang di tersedia pada display dan juga pembacaan hasil parameter pada display.





Selanjutnya diskusi mengenai kondisi cuaca seperti arah dan kecepatan angin, kondisi cuaca umumnya di lokasi pelabuhan Simanindo bersama kapten kapal KMP Sumut I Bapak Fahrial Amri, dan Chiff KMP Sumut I Bapak Pringadi.





Sebelum meninggalkan lokasi posko pengamatan cuaca di Pelabuhan Simanindo, kami berfoto bersama Staff dari kantor Pelabuhan Simanando dan berterima kasih telah menerima dan membantu selama kegiatan pengamatan cuaca untuk F1H20.

Regads,

Penulis

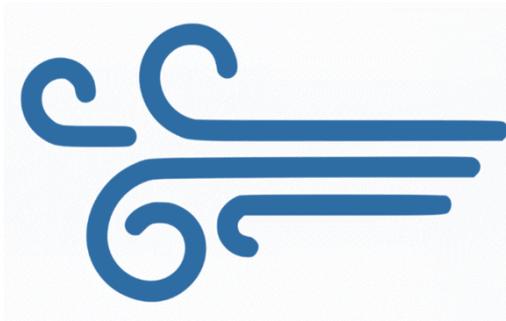
Rino Wijatmiko Saragih, S.Tr



BAB I PENDAHULUAN

INFORMASI ANGIN

1.1. ANGIN



Angin merupakan massa udara bergerak yang terjadi akibat perbedaan tekanan udara tinggi dan tekanan udara rendah. Angin memiliki peran penting dalam pembentukan gelombang laut, kecepatan angin dapat dinyatakan dalam knot, kilometer perjam (km/h)

maupun meter perdetik (m/s). Ada 3 faktor dari angin yang mempengaruhi pembentukan gelombang, yaitu:

1. **Kecepatan angin**, dimana semakin kencang angin bertiup maka gelombang yang terbentuk semakin besar. Sebagaimana dengan meningkatnya spektral energi dan periodenya yang panjang, kecepatan angin yang kencang menyebabkan gelombang yang tinggi.
2. **Lamanya angin bertiup**, semakin lama angina bertiup maka mengakibatkan panjang dan tinggi gelombang semakin besar serta meningkatkan kecepatan gelombang tersebut.
3. **Fetch atau jarak**, semakin luas wilayah badan air yang disapu oleh angin, gelombang yang dihasilkan semakin besar dan untuk wilayah dengan badan air yang lebih kecil, gelombang yang dihasilkan lebih kecil dengan kecepatan angin yang sama. Gelombang yang terjadi di danau relatif kecil dikarenakan luasan badan air yang tersapu oleh angin kecil, sehingga panjang gelombangnya kecil, sedangkan di lautan bebas gelombang yang dihasilkan lebih besardikarenakan luasan badan air yang tersapu oleh angin besar.

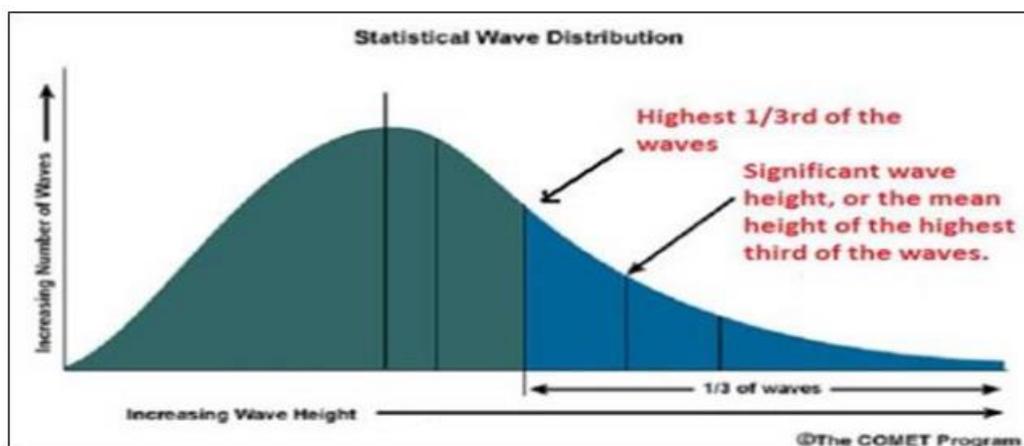
Tabel 1. Klasifikasi kecepatan angin (Sumber : BMKG)

Kecepatan (km/jam)	Kecepatan (knot)	Klasifikasi
< 20	< 11	Lemah
20 – 28	12 – 15	Sedang
29 – 38	16 – 21	Kencang
> 38	> 21	Sangat Kencang

INFORMASI GELOMBANG LAUT

1.2. GELOMBANG LAUT

Gelombang laut merupakan sebuah kejadian yang menggambarkan adanya transfer dari energi dan momentum yang mana menimbulkan air yang bergerak di lapisan permukaan. Menurut Kurniawan dkk (2011) tentang karakteristik gelombang di perairan Indonesia, bahwasanya rata-rata tinggi gelombang di perairan terbuka seperti di perairan samudera Indonesia bagian barat Sumatera dan selatan Jawa lebih tinggi dibandingkan dengan perairan antar pulau seperti Laut Jawa, Laut Banda dan Laut Flores. Menurut WMO (1998), Gelombang laut telah ditetapkan dan digunakan dalam kegiatan yang bersifat operasional dalam pengertian berikut:



Gambar 1. Gelombang Maksimum (Sumber : www.noaa.gov)

1. Tinggi gelombang signifikan adalah sepertiga dari gelombang-gelombang tertinggi yang diambil dari gelombang rata-rata dalam periode tertentu dan yang direkam dari *record* gelombang. Nilai tinggi gelombang signifikan setara dengan hasil observasi visual dan di simbolkan dengan $H_{1/3}$ atau H_s .
2. Tinggi gelombang maksimum adalah gelombang tertinggi dari sepertiga gelombang-gelombang tertinggi yang diambil dari gelombang rata-rata dalam periode tertentu dan yang direkam dari *record* gelombang.
3. *Primary swell* adalah interaksi antara gelombang dengan frekuensi tinggi dengan gelombang frekuensi rendah.

INFORMASI PARAMETER DINAMIKA ATMOSFER

1.3. SOI (*SOUTH OSCILLATION INDEX*)

SOI adalah Anomali Perbedaan Tekanan Udara antara Permukaan Laut Tahiti dan Darwin, Australia. Semakin Negatif Nilai SOI yang berarti tekanan Udara di Tahiti jauh lebih rendah daripada tekanan Udara di Darwin akibatnya massa udara akan bergerak dari Darwin (Australia) menuju ke Tahiti, Samudera Pasifik Timur.

1.4. IOD (*INDIAN OCEAN DIPOLE MODE*)

IOD (*Indian Ocean Dipole Mode*) adalah Fenomena Lautan atmosfer di daerah ekuator Samudera Hindia yang mempengaruhi iklim di Indonesia dan negara-negara lain yang berada di sekitar cekungan (basin) Samudera Hindia (Sajieta., Nature, 1999).

1.5. MJO (*MADDEN JULIAN OSCILLATION*)

MJO merupakan fenomena skala besar yang terjadi akibat adanya pola sirkulasi atmosfer dan konveksi yang kuat. MJO berpropagasi dari bagian barat



Indonesia (Samudra Hindia) ke arah timur (Samudra Pasifik) dengan kecepatan rata-rata 5 m/s (Zhang, 2005).

1.6. OLR (*OUTGOING LONGWAVE RADIATION*)

Adalah energi yang memancar dari bumi dalam bentuk radiasi termal infra merah dengan tingkat energi yang rendah.

1.7. SST ANOMALY (*SEA SURFACE TEMPERATURE ANOMALY*)

Berkaitan dengan suhu pada ketinggian atau kedalaman tertentu dari permukaan laut. Umumnya pengukuran menggunakan citra satelit pada *channel* inframerah.

INFORMASI PARAMETER OBSERVASI

1.8. SUHU UDARA

Suhu udara adalah suhu yang diindikasikan dengan termometer yang diarahkan pada udara di suatu tempat yang terlindung dari radiasi langsung sinar matahari (Aries, 2009).

1.9. KELEMBABAN UDARA

Kelembaban udara (humidity) didefinisikan sebagai kandungan uap air yang ada di udara, dan yang biasa digunakan adalah kelembaban udara relatif (Relative Humidity) (Aries, 2009).

1.10. PENGUAPAN

Penguapan adalah proses berubahnya bentuk zat cair (air) menjadi gas (uap air) dan masuk ke atmosfer. Pengukuran jumlah penguapan dilakukan setiap jam 00.00 UTC atau 07.00 WIB dengan mengukur beda tinggi air hari ini dan kemarin.

1.11. PENYINARAN MATAHARI

Radiasi yang dipancarkan oleh matahari berpengaruh besar terhadap keadaan cuaca di bumi. Untuk itu lama penyinaran diamati menggunakan alat Campbell Stokes.

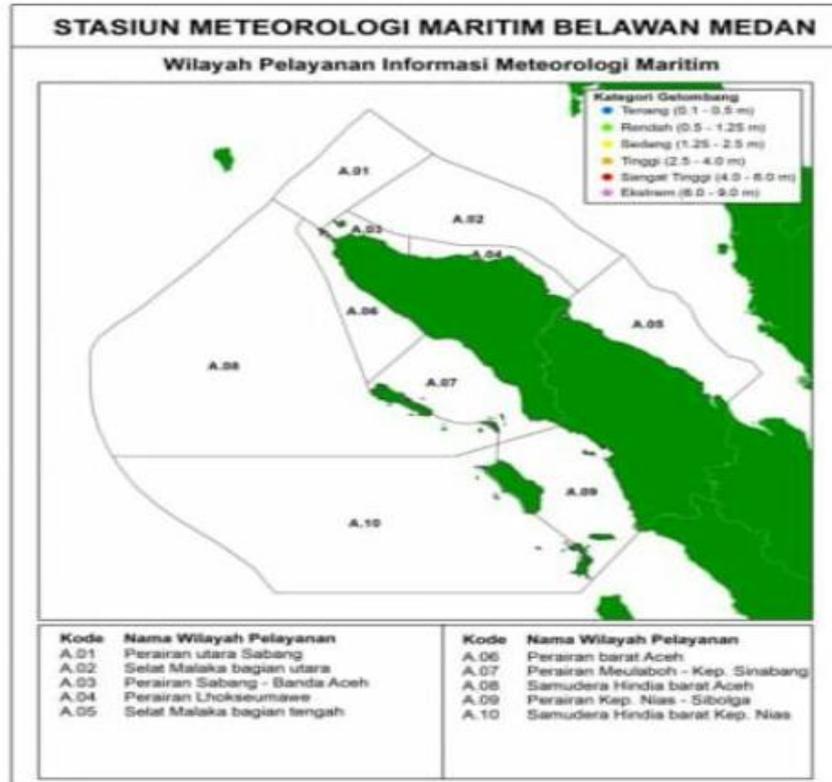
1.12. HUJAN

Hujan adalah jatuhan hydrometeor yang mencapai tanah. Jumlah curah hujan adalah curah hujan yang mencapai permukaan bumi selama jangka waktu yang ditentukan dan dinyatakan dalam ukuran kedalamannya, dengan ketentuan bahwa tidak ada air yang hilang karena penguapan air atau mengalir (BMKG, 2006).



BAB II

ANALISIS ANGIN DAN GELOMBANG LAUT



Gambar 2. Peta Wilayah Pelayanan Informasi Meteorologi Maritim Stasiun Meteorologi Maritim Belawan Medan

2.1. ANGIN

Angin merupakan massa udara bergerak yang terjadi akibat perbedaan tekanan udara tinggi dan tekanan udara rendah. Angin memiliki peran penting dalam pembentukan gelombang laut, kecepatan angin dapat dinyatakan dalam knot, kilometer perjam maupun meter perdetik. Ada 3 faktor dari angin yang mempengaruhi pembentukan gelombang, yaitu:

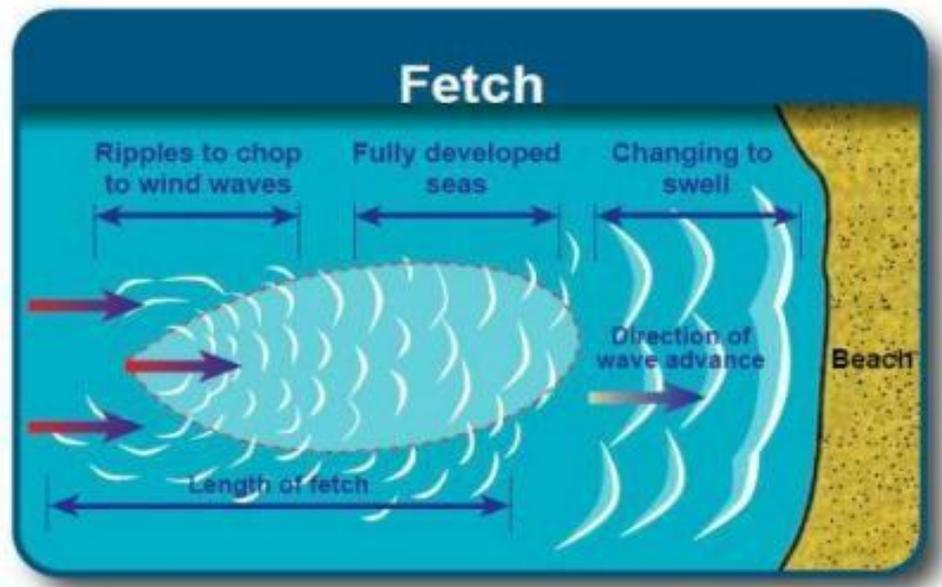
1. **Kecepatan angin**, dimana semakin kencang angin bertiup maka gelombang yang terbentuk semakin besar. Sebagaimana dengan meningkatnya spektral energi dan periodenya yang panjang, kecepatan angin yang kencang menyebabkan gelombang yang tinggi.

2. **Lamanya angin bertiup**, semakin lama angin bertiup maka mengakibatkan panjang dan tinggi gelombang semakin besar serta meningkatkan kecepatan gelombang tersebut.

Tabel 2. Klasifikasi kecepatan angin (Sumber: BMKG)

Kecepatan (km/jam)	Kecepatan (knot)	Klasifikasi
< 20	< 11	Lemah
20 – 28	12 – 15	Sedang
29 – 38	16 – 21	Kencang
> 38	> 21	Sangat Kencang

3. **Fetch atau jarak**, semakin luas wilayah badan air yang disapu oleh angin, gelombang yang dihasilkan semakin besar dan untuk wilayah dengan badan air yang lebih kecil, gelombang yang dihasilkan lebih kecil dengan kecepatan angin yang sama. Gelombang yang terjadi di danau relatif kecil dikarenakan luasan badan air yang tersapu oleh angin kecil, sehingga panjang gelombangnya kecil, sedangkan di lautan bebas gelombang yang dihasilkan lebih besar dikarenakan luasan badan air yang tersapu oleh angin besar.

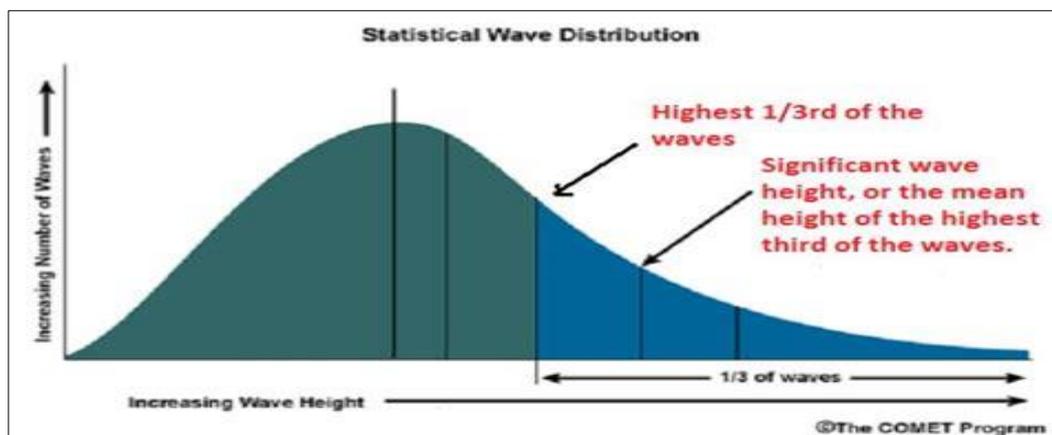


Gambar 3. Gelombang laut oleh angin (Sumber: ECCC, 2015)



2.2. GELOMBANG LAUT

Gelombang laut merupakan sebuah kejadian yang menggambarkan adanya transfer dari energi dan momentum yang mana menimbulkan air yang bergerak di lapisan permukaan. Menurut Kurniawan dkk. (2011) tentang karakteristik gelombang di perairan Indonesia, bahwasanya rata-rata tinggi gelombang di perairan terbuka seperti di perairan samudera Indonesia bagian barat Sumatera dan selatan Jawa lebih tinggi dibandingkan dengan perairan antar pulau seperti Laut Jawa, Laut Banda dan laut Flores. Menurut WMO (1998), gelombang laut telah ditetapkan dan digunakan dalam kegiatan yang bersifat operasional dalam pengertian berikut:



Gambar 4. Gelombang maksimum
(Sumber: www.noaa.gov)

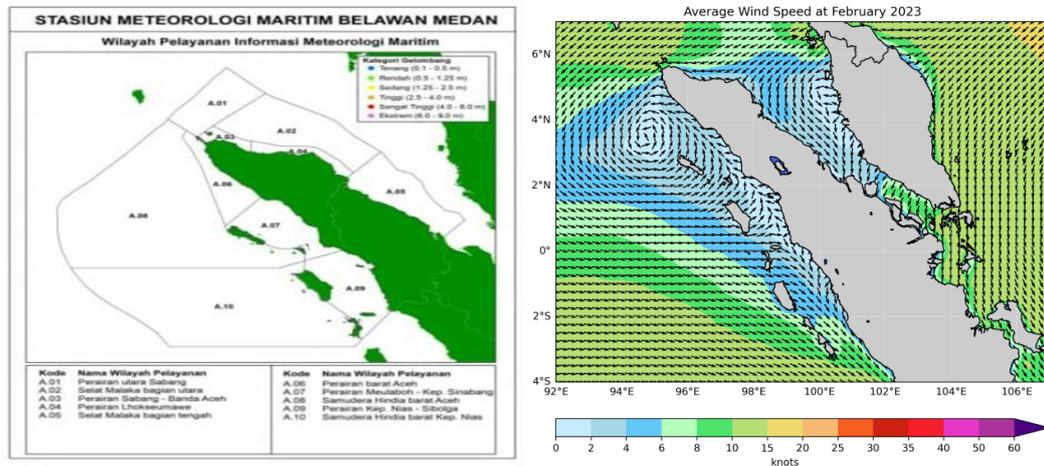
Tinggi gelombang signifikan adalah sepertiga dari gelombang-gelombang tertinggi yang diambil dari gelombang rata-rata dalam periode tertentu dan yang direkam dari *record* gelombang. Nilai tinggi gelombang signifikan setara dengan hasil observasi visual dan disimbolkan dengan $H_{1/3}$ atau H_s .

Tinggi gelombang maksimum adalah gelombang tertinggi dari sepertiga gelombang-gelombang tertinggi yang diambil dari gelombang rata-rata dalam periode tertentu dan yang direkam dari record gelombang.

Primary swell adalah interaksi antara gelombang dengan frekuensi tinggi dengan gelombang frekuensi rendah. Akibatnya, gelombang dengan frekuensi tinggi tersebut mentransfer energinya ke gelombang frekuensi rendah. Sehingga akan terbentuk banyak gelombang (*swell*). Sehingga *swell* dengan energi yang kuat, maka akan keluar dari daerah pembentukannya.

2.3. ANALISIS DINAMIKA ATMOSFER DAN GELOMBANG

2.3.1 Analisis Arah dan Kecepatan Angin Rata-Rata Bulan Februari 2023



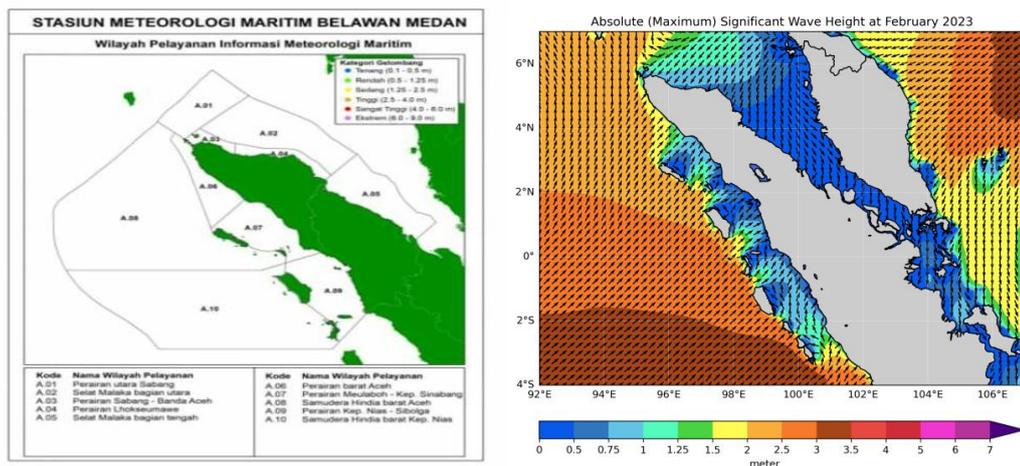
Gambar 5. Arah dan Kecepatan Angin Rata-Rata Bulanan

Berdasarkan data arah dan kecepatan angin rata-rata bulanan hasil olahan dari model Wavewatch-III di wilayah pelayanan Stasiun Meteorologi Maritim Belawan pada bulan Februari tahun 2023 (Gambar 7) diketahui bahwa kecepatan angin rata-rata berkisar antara 0 – 15 knot dengan arah angin dominan bertiup dari arah Barat – Timur Laut.

1. Kecepatan angin rata-rata bulanan di wilayah Perairan Utara Sabang (A01) berkisar antara 8 – 15 knot dengan arah angin berasal dari Timur Laut.
2. Kecepatan angin rata-rata bulanan di wilayah Perairan Selat Malaka Bagian Utara (A02) berkisar antara 4 – 10 knot dengan arah angin berasal dari Timur Laut.
3. Kecepatan angin rata-rata bulanan di wilayah Perairan Sabang – Banda Aceh (A03) berkisar antara 2 – 15 knot dengan arah angin berasal dari Timur.
4. Kecepatan angin rata-rata bulanan di wilayah Perairan Lhokseumawe (A04) berkisar antara 2 – 6 knot dengan arah angin berasal dari Utara – Timur.
5. Kecepatan angin rata-rata bulanan di wilayah Perairan Selat Malaka Bagian Tengah (A05) berkisar antara 2 – 6 knot dengan arah angin berasal dari Barat Laut – Utara.
6. Kecepatan angin rata-rata bulanan di wilayah Perairan Barat Aceh (A06) berkisar antara 2 – 15 knot dengan arah angin berasal dari Timur Laut – Selatan.

7. Kecepatan angin rata-rata bulanan di wilayah Perairan Meulaboh – Kep. Sinabang (A07) berkisar antara 0 – 4 knot dengan arah angin berasal dari Tenggara – Selatan.
8. Kecepatan angin rata-rata bulanan di wilayah Perairan Samudera Hindia Barat Aceh (A08) berkisar antara 0 – 15 knot dengan arah angin berasal dari Barat – Timur.
9. Kecepatan angin rata-rata bulanan di wilayah Perairan Kep. Nias – Sibolga (A09) berkisar antara 0 – 4 knot dengan arah angin berasal dari Tenggara – Barat Daya.
10. Kecepatan angin rata-rata bulanan di wilayah Perairan Samudera Hindia Barat Kep. Nias (A10) berkisar antara 2 – 15 knot dengan arah angin berasal dari Barat – Barat Laut.

2.3.2 Analisis Gelombang Maksimum Bulan Februari 2023



Gambar 6. Gelombang Maksimum Bulan Februari 2023

Berdasarkan data gelombang maksimum hasil dari pengolahan model Wavewatch-III di wilayah pelayanan Stasiun Meteorologi Maritim Belawan pada bulan Februari tahun 2023 (Gambar 8) diketahui bahwa tinggi gelombang maksimum mencapai 3.0 m.

1. Tinggi gelombang maksimum tertinggi di wilayah perairan Utara Sabang (A01) adalah 2.5 m dengan arah penjalaran gelombang dari Timur – Selatan.

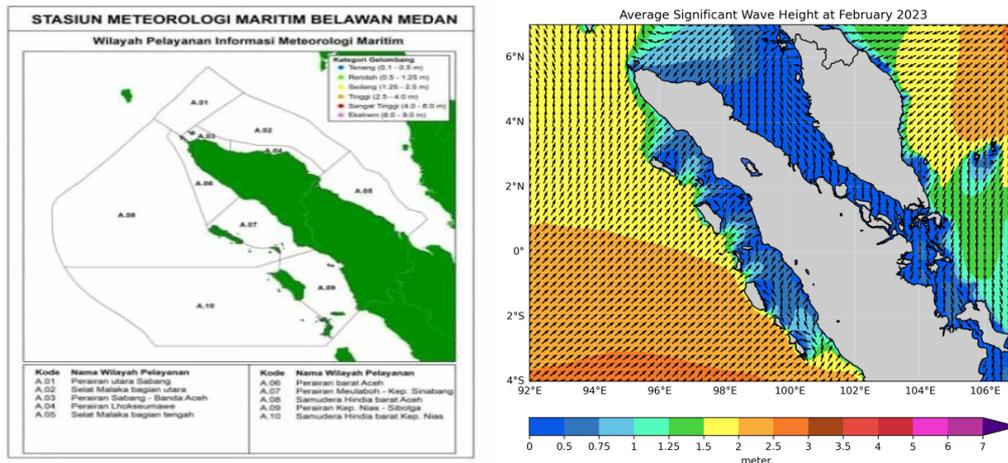


2. Tinggi gelombang maksimum tertinggi di wilayah perairan Selat Malaka bagian Utara (A02) adalah 1.5 m dengan arah penjalaran gelombang dari Timur Laut.
3. Tinggi gelombang maksimum tertinggi di wilayah perairan Sabang – Banda Aceh (A03) adalah 1.5 m dengan arah penjalaran gelombang dari Timur Laut.
4. Tinggi gelombang maksimum tertinggi di wilayah perairan Lhokseumawe (A04) adalah 1.0 m dengan arah penjalaran gelombang dari Timur Laut.
5. Tinggi gelombang maksimum tertinggi di wilayah perairan Selat Malaka bagian Tengah (A05) adalah 0.75 m dengan arah penjalaran gelombang Barat Laut – Utara.
6. Tinggi gelombang maksimum tertinggi di wilayah perairan Barat Aceh (A06) adalah 2.5 m dengan arah penjalaran gelombang dari Barat Daya.
7. Tinggi gelombang maksimum tertinggi di wilayah perairan Meulaboh – Kep. Sinabang (A07) adalah 1.5 m dengan arah penjalaran gelombang dari Barat Daya.
8. Tinggi gelombang maksimum tertinggi di wilayah perairan Samudera Hindia Barat Aceh (A08) adalah 3.0 m dengan arah penjalaran gelombang dari Selatan – Barat Daya.
9. Tinggi gelombang maksimum tertinggi di wilayah perairan Kep. Nias – Sibolga (A09) adalah 2.0 m dengan arah penjalaran gelombang dari Barat Daya.
10. Tinggi gelombang maksimum tertinggi di wilayah Perairan Samudera Hindia Barat Kep. Nias (A10) adalah 3.0 m dengan arah penjalaran gelombang dari Barat Daya.

2.3.3 Analisis Gelombang Signifikan Rata-Rata Bulan Februari 2023

Berdasarkan data gelombang signifikan rata-rata bulanan hasil dari pengolahan model Wavewatch-III di wilayah pelayanan Stasiun Meteorologi Maritim Belawan pada bulan Februari tahun 2023 (Gambar 9) diketahui bahwa gelombang signifikan rata-rata tertinggi adalah 2.5 m.





Gambar 7. Gelombang Signifikan Rata-Rata Bulan Februari 2023

1. Tinggi gelombang signifikan rata-rata bulanan di wilayah Perairan Utara Sabang (A01) adalah 1.0 – 2.0 m dengan arah dominan gelombang dari Selatan.
2. Tinggi gelombang signifikan rata-rata bulanan di wilayah Perairan Selat Malaka bagian Utara (A02) adalah 0.5 – 1.25 m dengan arah dominan gelombang dari Timur Laut.
3. Tinggi gelombang signifikan rata-rata bulanan di wilayah Perairan Sabang – Banda Aceh (A03) adalah 0.5 – 1.25 m dengan arah dominan dari Timur Laut.
4. Tinggi gelombang signifikan rata-rata bulanan di wilayah Perairan Lhokseumawe (A04) adalah 0.5 – 0.75 m dengan arah dominan dari Timur Laut.
5. Tinggi gelombang signifikan rata-rata bulanan di wilayah Perairan Selat Malaka bagian Tengah (A05) adalah 0 – 0.5 m dengan arah dominan dari Barat Laut - Utara.
6. Tinggi gelombang signifikan rata-rata bulanan di wilayah Perairan Barat Aceh (A06) adalah 0.75 – 2.0 m dengan arah dominan dari Barat Daya.
7. Tinggi gelombang signifikan rata-rata bulanan di wilayah Perairan Meulaboh – Kep. Sinabang (A07) adalah 0.5 – 1.25 m dengan arah dominan dari Barat Daya.
8. Tinggi gelombang signifikan rata-rata bulanan di wilayah Perairan Samudera Hindia Barat Aceh (A08) adalah 1.25 – 2.0 m dengan arah dominan gelombang dari Selatan – Barat Daya.

- 
9. Tinggi gelombang signifikan rata-rata bulanan di wilayah Perairan Kep. Nias – Sibolga (A09) adalah 0 – 1.5 m dengan arah dominan dari Barat Daya.
 10. Tinggi gelombang signifikan rata-rata bulanan di wilayah Perairan Samudera Hindia Barat Kep. Nias (A10) adalah 1.25 – 2.5 m dengan arah dominan dari Barat Daya.



BAB III

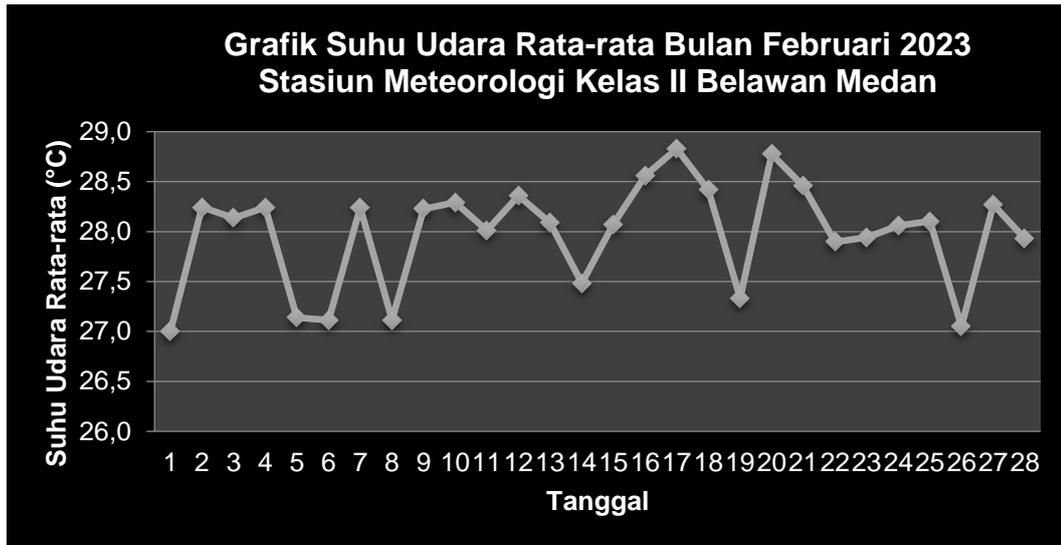
EVALUASI PENGAMATAN DATA SYNOP

Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan beroperasi selama 24 jam dengan kegiatan operasional berupa pengamatan (observasi) dan prakiraan (*forecast*) cuaca. Kegiatan operasional observasi cuaca merupakan kegiatan mengamati parameter-parameter cuaca yang dilakukan setiap jam. Parameter-parameter cuaca yang diamati adalah arah dan kecepatan angin permukaan, visibiliti, keadaan cuaca, tekanan udara di permukaan laut, tekanan udara di permukaan stasiun, suhu udara, curah hujan, perawanan, jumlah penguapan, lama penyinaran matahari dan keadaan tanah.

3.1. SUHU UDARA

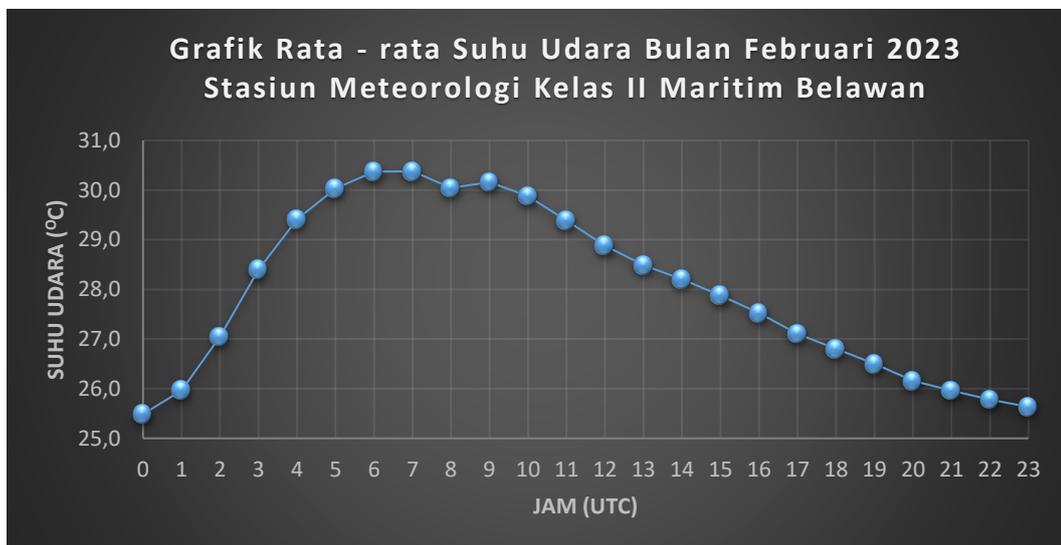
Suhu udara adalah suhu yang diindikasikan dengan termometer yang diarahkan pada udara di suatu tempat yang terlindung dari radiasi langsung sinar matahari (Aries, 2009). Pengamatan suhu udara di Stasiun Meteorologi Maritim Belawan dilakukan setiap jam selama 24 jam setiap harinya. Alat yang digunakan untuk mengukur suhu udara adalah Thermometer bola kering. Pada bulan Februari 2023 kondisi suhu udara rata-rata harian mengalami penurunan dari bulan sebelumnya. Sebagai perbandingan pada bulan Januari 2023 suhu udara rata-rata harian adalah sebesar 28,0°C, sedangkan pada Februari 2023 mencapai 27,8°C (mengalami penurunan 0,2°C). Suhu udara rata-rata harian terendah pada Januari 2023 tercatat sebesar 25,2°C sedangkan suhu udara rata-rata harian terendah bulan Februari 2023 adalah 25,1°C (penurunan 0,1°C). Untuk suhu udara rata-rata harian tertinggi bulan Januari 2023 adalah sebesar 29,5°C dan bulan Februari 2023 adalah 29,1°C (penurunan 0,4°C). Suhu udara rata-rata bulan Februari 2023 lebih rendah jika dibandingkan dengan bulan Februari 2021 yaitu 28,4°C. Hal ini terjadi akibat jumlah hari hujan yang lebih tinggi dan insolasi lebih sedikit terjadi bulan Februari 2023 sehingga mempengaruhi suhu udara rata-rata harian bulan Februari 2023 di Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan.

Suhu rata-rata harian Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan diperoleh dari penjumlahan suhu yang diamati tiap jam dalam satu hari dibagi dengan jumlah jam pengamatan dalam satu hari. Suhu udara rata-rata per bulan



Gambar 8. Grafik Suhu Udara Permukaan Rata-Rata Bulan Februari 2023

diperoleh dari penjumlahan suhu udara rata-rata harian selama satu bulan dibagi dengan banyaknya hari dalam satu bulan. Suhu udara rata-rata bulan Februari 2023 adalah sebesar 27,8°C. Suhu rata-rata harian tertinggi pada bulan Februari 2023 adalah sebesar 29,1°C, terjadi pada tanggal 06 Februari 2023. Sedangkan suhu rata-rata harian terendah pada bulan Februari 2023 sebesar 25,1°C pada tanggal 26 Februari 2023.

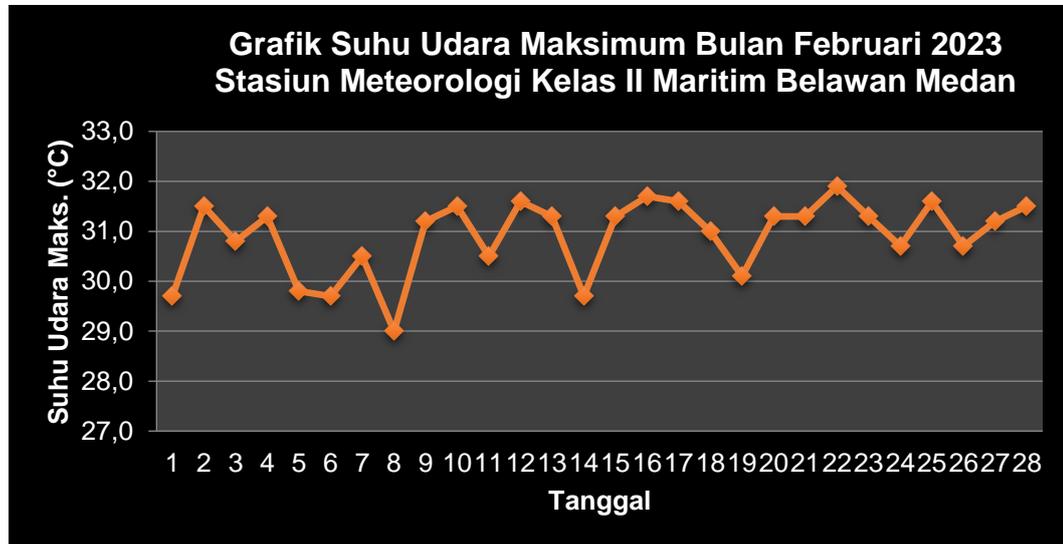


Gambar 9. Grafik Rata-Rata Suhu Udara Bulan Februari 2023.

Suhu Udara rata – rata perjam Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan diperoleh dengan menjumlahkan seluruh suhu yang diamati pada jam yang sama selama satu bulan kemudian dibagi dengan jumlah hari dalam satu bulan tersebut. Suhu rata- rata perjam dibulan Februari adalah 28 °C dengan suhu



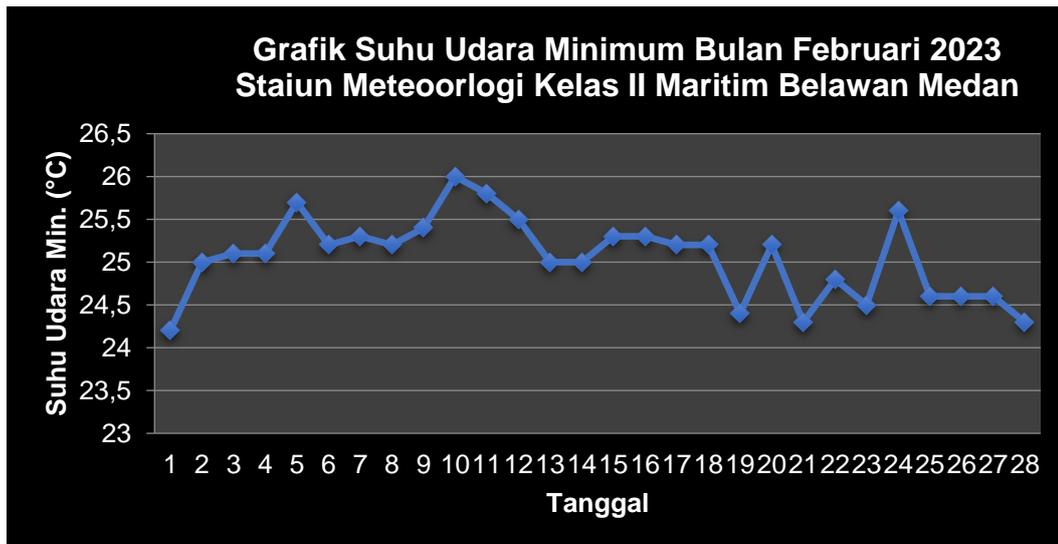
rata – rata perjam tertinggi sebesar 30,4 °C yang terjadi pada pukul 06 UTC (13.00 WIB) dan 07 UTC (14.00 WIB), sedangkan suhu rata – rata terendah sebesar 25,5 °C yang terjadi pada pukul 00 UTC atau 07.00 WIB.



Gambar 10. Grafik Suhu Udara Permukaan Maksimum Bulan Februari 2023

Suhu udara maksimum adalah suhu udara tertinggi yang terjadi pada satu hari. Suhu udara maksimum diamati dengan menggunakan alat termometer maksimum pada jam 12.00 UTC atau jam 19.00 WIB setiap harinya. Suhu udara maksimum rata-rata per bulan diperoleh dari penjumlahan suhu udara maksimum setiap hari selama satu bulan dibagi dengan banyaknya hari dalam satu bulan. Suhu udara maksimum rata-rata bulan Februari 2023 adalah sebesar 30,9°C. Suhu udara maksimum tertinggi pada bulan Februari 2023 adalah sebesar 32,3°C terjadi pada tanggal 21 Februari 2023. Suhu udara maksimum terendah bulan Februari 2023 sebesar 27,5°C yang terjadi pada tanggal 26 Februari 2023. Suhu udara rata-rata maksimum bulan Februari 2023 lebih rendah jika dibandingkan dengan suhu udara rata-rata maksimum bulan Februari 2022 yaitu 31,5°C.

Suhu udara minimum adalah suhu udara terendah yang terjadi pada satu hari. Suhu udara minimum diamati dengan menggunakan termometer minimum pada jam 00.00 UTC atau 07.00 WIB setiap harinya. Suhu minimum yang diamati pada jam 00.00 UTC adalah suhu terendah yang terjadi pada tanggal sebelumnya. Suhu udara minimum rata-rata per bulan diperoleh dari penjumlahan suhu udara minimum setiap hari selama satu bulan dibagi dengan banyaknya hari dalam satu bulan. Suhu udara minimum rata-rata bulan Februari 2023 adalah sebesar 25,0°C.



Gambar 11. Grafik Suhu Udara Permukaan Minimum Bulan Februari 2023

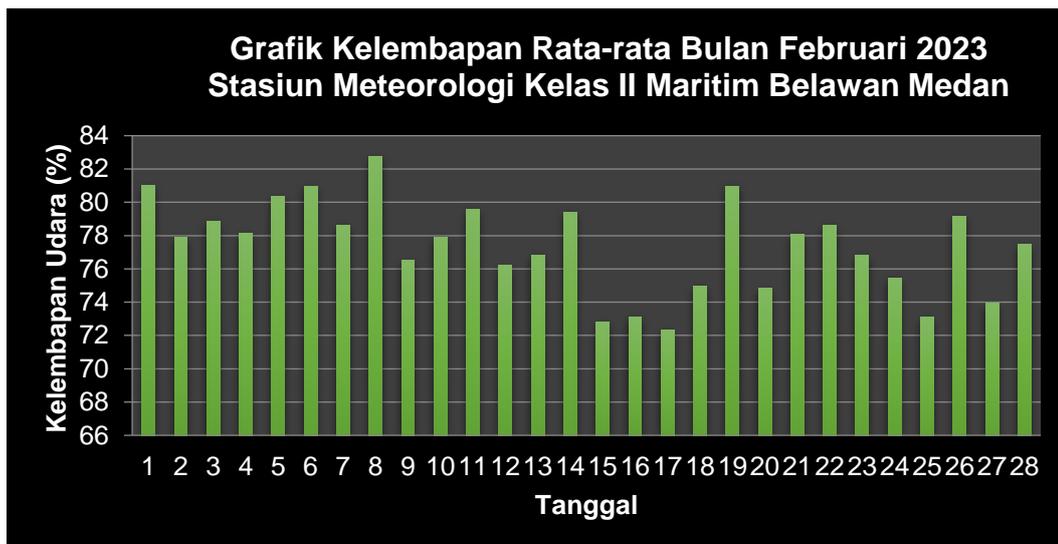
Suhu udara minimum tertinggi bulan Februari 2023 adalah sebesar 25,9°C, terjadi pada tanggal 07 Februari 2023. Sedangkan suhu udara minimum terendah bulan Februari 2023 adalah sebesar 23,5°C yang terjadi pada tanggal 25 Februari 2023. Suhu Udara rata-rata minimum bulan Februari 2023 memiliki nilai yang sama jika dibandingkan dengan suhu udara rata-rata minimum bulan Februari 2022 yaitu 25,0°C.

3.2. KELEMBAPAN UDARA (RH)

Kelembapan udara (humidity) didefinisikan sebagai kandungan uap air yang ada di udara, dan yang biasa digunakan adalah kelembapan udara relatif (*Relative Humidity*) (Aries, 2009). RH sangat dipengaruhi suhu dan pemanasan matahari terhadap massa udara, pergerakan angin dan tekanan udara serta lingkungan sekitar seperti perairan maupun daratan. Kelembapan udara diamati setiap jam selama 24 jam setiap harinya, menggunakan alat psychometer sangkar tetap (termometer bola kering dan bola basah).

Kelembapan udara rata-rata harian Stasiun Meteorologi Maritim Belawan diperoleh dari penjumlahan kelembapan yang teramati tiap jam dalam satu hari dibagi dengan jumlah pengamatan dalam satu hari. Kelembapan udara rata-rata per bulan diperoleh dari penjumlahan kelembapan udara rata-rata harian selama satu bulan dibagi dengan banyaknya hari dalam satu bulan. Kelembapan udara (RH) rata-rata bulan Februari 2023 adalah sebesar 80%.



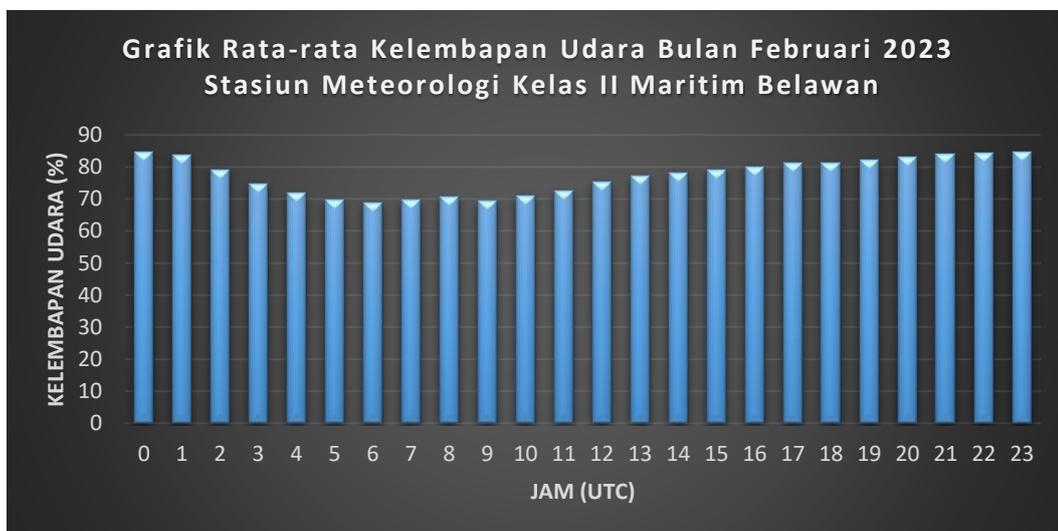


Gambar 12. Grafik Kelembapan Udara Relatif Bulan Februari 2023

Kelembaban udara tertinggi bulan Februari 2023 terjadi pada tanggal 26 Februari 2023 pukul 10.00 WIB sebesar 97%. Sedangkan kelembaban udara terendah bulan Februari 2022 terjadi pada tanggal 13 Februari 2023 pukul 12.00 WIB sebesar 62%. Kelembaban udara rata-rata harian tertinggi terjadi pada tanggal 26 Februari 2023 dengan RH sebesar 91%. Kelembaban udara rata-rata harian terendah terjadi pada tanggal 06 Februari 2023, dengan RH sebesar 75%. Kelembaban Udara rata-rata harian bulan Februari 2023 lebih tinggi jika dibandingkan dengan kelembaban udara rata-rata harian bulan Februari 2022 yaitu 79%. Hal ini disebabkan oleh tingginya frekuensi hujan pada bulan Februari 2023 di Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan. Kondisi kelembaban udara baik rata – rata, maksimum maupun minimum masih berada dalam kondisi normalnya dan cenderung tidak berbeda dari bulan – bulan sebelumnya. Nilai kelembaban rata – rata dan maksimum yang relatif tinggi dapat menjadi faktor terjadinya laju peningkatan pada suhu udara rata – rata dan suhu udara maksimum pada bulan Februari 2023 ini. Nilai kelembaban udara yang relatif tinggi juga berhubungan erat dengan kondisi musim hujan yang sudah berlalu di Stasiun Meteorologi Maritim Belawan.

Kelembaban udara rata – rata perjam Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan diperoleh dengan menjumlahkan seluruh kelembaban udara yang diamati pada jam yang sama selama satu bulan kemudian dibagi dengan jumlah hari dalam satu bulan tersebut. Kelembaban udara rata- rata perjam dibulan Februari adalah 77 % dengan kelembaban udara rata – rata perjam tertinggi sebesar 85 % yang terjadi pada pukul 23 UTC (06.00 WIB) dan 00 UTC (07.00

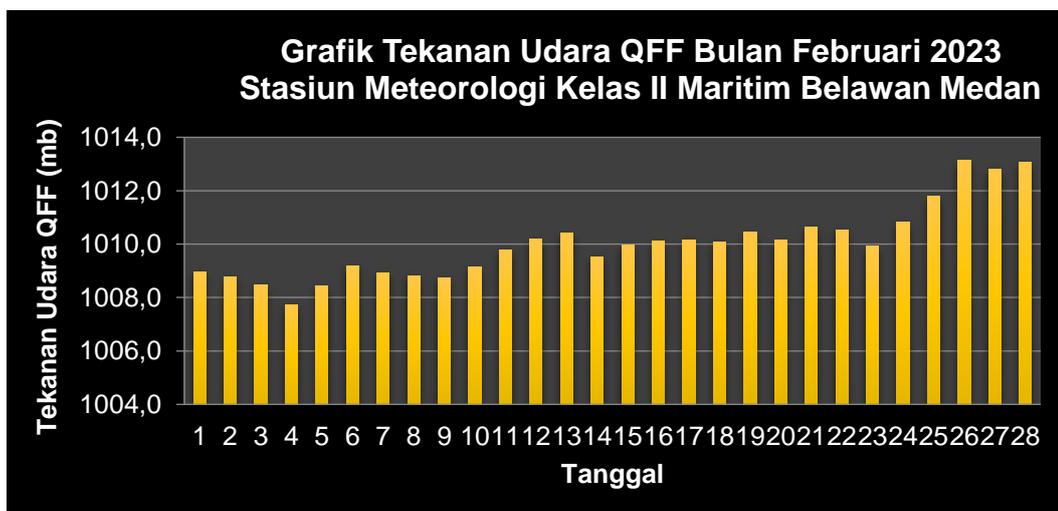
WIB), sedangkan kelembapan udara rata – rata terendah sebesar 69 % yang terjadi pada pukul 06 UTC atau 13.00 WIB.



Gambar 13. Grafik Rata-Rata Kelembapan Udara Bulan Februari 2023

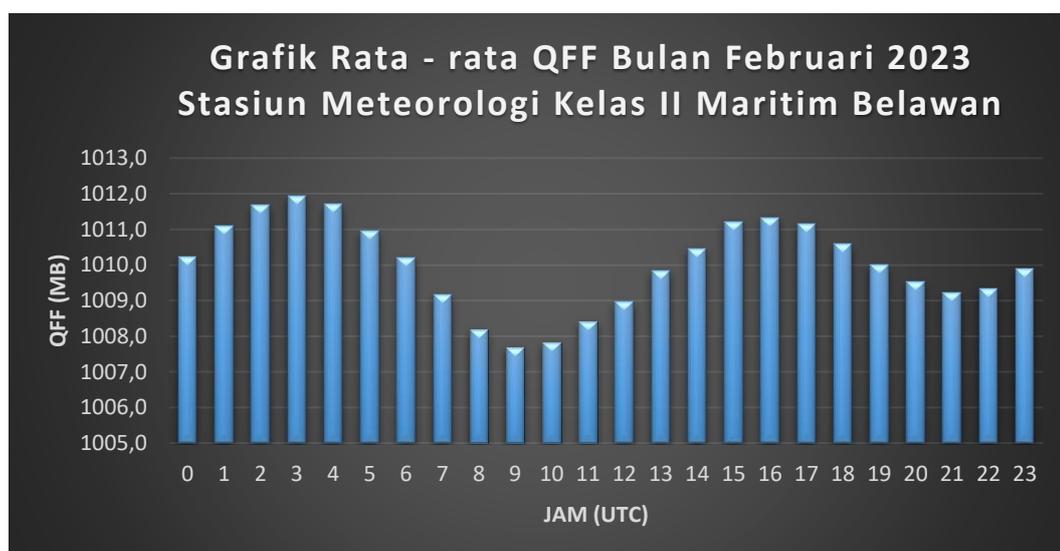
3.3. TEKINAN UDARA

Tekanan udara merupakan tekanan (gaya per satuan luas) yang didesak oleh udara/ atmosfer pada suatu permukaan dari sifat bobotnya, setara dengan bobot dari kolom vertikal udara di atas permukaan dari satuan area batas atmosfer terluar (Aries, 2009). Pengamatan tekanan udara di Stasiun Meteorologi Maritim Belawan dilakukan tiap jam selama 24 jam per harinya. Tekanan udara yang diamati adalah tekanan udara di permukaan laut (QFF) dan tekanan udara di permukaan stasiun (QFE) dengan menggunakan alat barometer digital.



Gambar 14. Grafik Tekanan Udara QFF Bulan Februari 2023

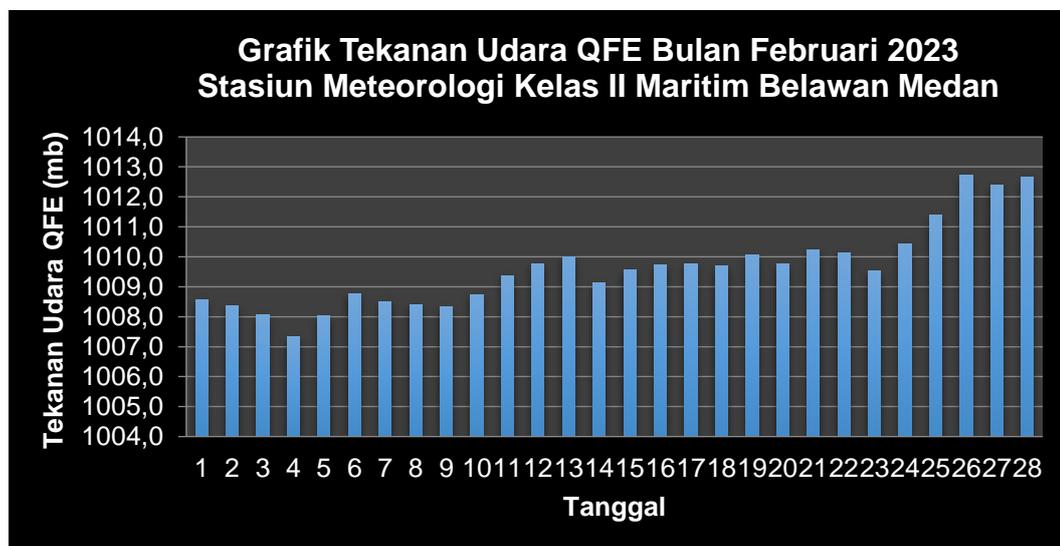
Tekanan udara QFF rata-rata harian Stasiun Meteorologi Maritim Belawan diperoleh dari penjumlahan tekanan udara QFF yang diamati tiap jam dalam satu hari dibagi dengan jumlah pengamatan dalam satu hari. Tekanan udara QFF rata-rata per bulan diperoleh dari penjumlahan tekanan udara QFF rata-rata harian selama satu bulan dibagi dengan banyaknya hari dalam satu bulan. Tekanan udara di permukaan laut (QFF) rata-rata bulan Februari 2023 adalah sebesar 1009,1 mb. Tekanan udara QFF tertinggi terjadi pada tanggal 24 Februari 2023 pukul 10.00 WIB sebesar 1014,0 mb. Tekanan udara QFF terendah terjadi pada tanggal 16 Februari 2023 pukul 17.00 WIB sebesar 1002,6 mb. Tekanan QFF rata-rata harian tertinggi sebesar 1012,1 mb yang terjadi pada tanggal 24 Februari 2023. Sedangkan tekanan QFF rata-rata harian terendah adalah sebesar 1005,8 mb yang terjadi pada tanggal 16 Februari 2023. Tekanan Udara QFF rata-rata harian bulan Februari 2023 lebih rendah jika dibandingkan dengan tekanan udara QFF rata-rata harian bulan Februari 2022 yaitu 1010,4 mb. Tekanan udara yang rendah menunjukkan rendahnya penguapan air sehingga persentasi uap air di udara lebih kecil.



Gambar 15. Grafik Rata-Rata Tekanan Udara QFF Bulan Februari 2023

Tekanan udara QFF rata – rata perjam Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan diperoleh dengan menjumlahkan seluruh Tekanan udara QFF yang diamati pada jam yang sama selama satu bulan kemudian dibagi dengan jumlah hari dalam satu bulan tersebut. Tekanan udara QFF rata- rata perjam dibulan Februari adalah 1010,0 mb dengan Tekanan udara QFF rata- rata perjam tertinggi sebesar 1011,9 mb yang terjadi pada pukul 03 UTC (10.00 WIB),

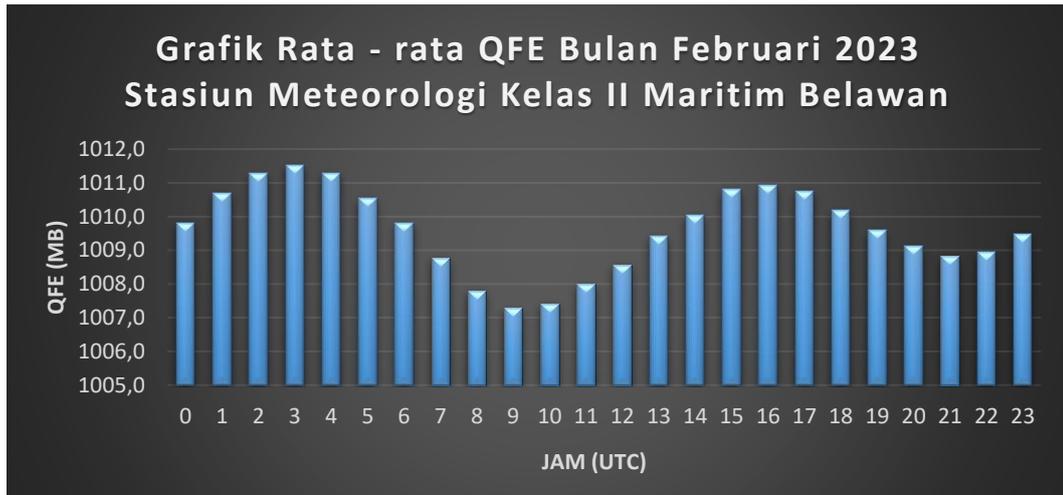
sedangkan kelembapan udara rata – rata terendah sebesar 1007,7 mb yang terjadi pada pukul 09 UTC atau 16.00 WIB.



Gambar 16. Grafik Tekanan Udara QFE Bulan Februari 2023

Tekanan udara QFE rata-rata harian Stasiun Meteorologi Maritim Belawan diperoleh dari penjumlahan tekanan udara QFE yang diamati tiap jam dalam satu hari dibagi dengan jumlah pengamatan dalam satu hari. Tekanan udara QFE rata-rata per bulan diperoleh dari penjumlahan tekanan udara QFE rata-rata harian selama satu bulan dibagi dengan banyaknya hari dalam satu bulan. Tekanan udara di permukaan stasiun (QFE) rata-rata bulan Februari 2023 adalah sebesar 1009,7 mb. Tekanan udara QFE tertinggi terjadi pada tanggal 24 Februari 2023 pukul 10.00 WIB sebesar 1013,6 mb. Tekanan udara QFE terendah terjadi pada tanggal 16 Februari 2023 pukul 17.00 WIB sebesar 1002,2 mb. Tekanan QFE rata-rata harian tertinggi sebesar 1011,7 mb yang terjadi pada tanggal 24 Februari 2023. Sedangkan tekanan QFE rata-rata harian terendah adalah sebesar 1005,4 mb yang terjadi pada tanggal 16 Februari 2023.

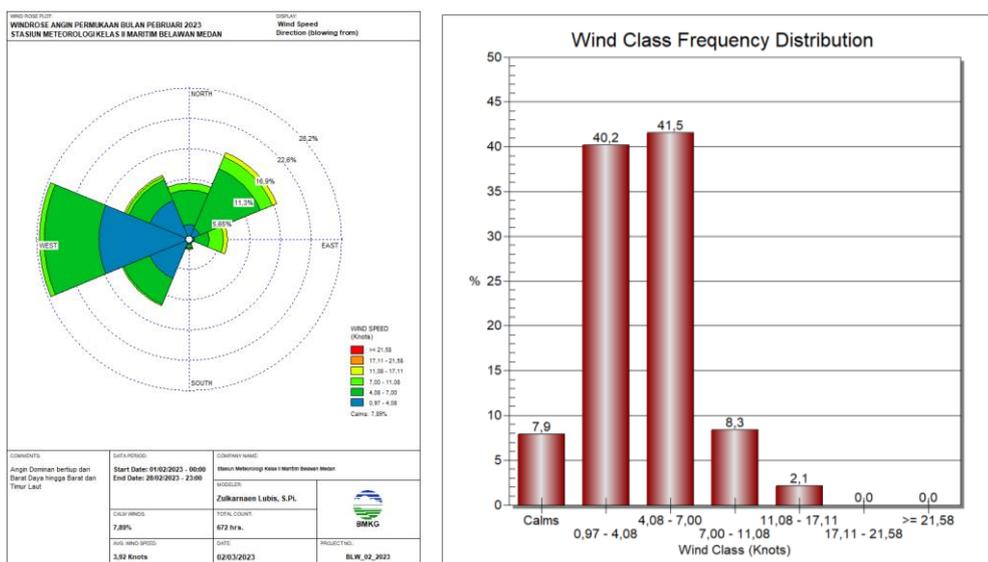
Tekanan udara QFE rata – rata perjam Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan diperoleh dengan menjumlahkan seluruh Tekanan udara QFE yang diamati pada jam yang sama selama satu bulan kemudian dibagi dengan jumlah hari dalam satu bulan tersebut. Tekanan udara QFE rata- rata perjam dibulan Februari adalah 1009,6 mb dengan Tekanan udara QFE rata- rata perjam tertinggi sebesar 1011,5 mb yang terjadi pada pukul 03 UTC (10.00 WIB), sedangkan kelembapan udara rata – rata terendah sebesar 1007,3 mb yang terjadi pada pukul 09 UTC atau 16.00 WIB.



Gambar 17. Grafik Rata-Rata Tekanan Udara QFF Bulan Februari 2023

3.4. ARAH DAN KECEPATAN ANGIN

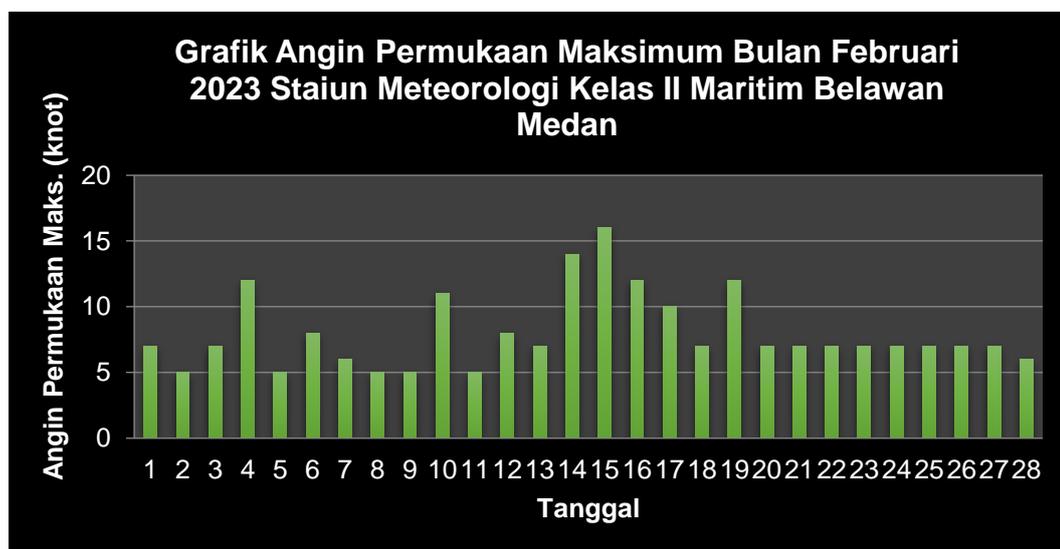
Arah angin adalah arah darimana angin bertiup. Kecepatan angin merupakan rasio jarak yang mencakup udara untuk waktu yang dibutuhkan untuk meliputinya (Aries, 2009). Pengamatan arah dan kecepatan angin dilakukan setiap jam selama 24 jam setiap harinya. Arah dan kecepatan angin permukaan yang diamati merupakan arah dan kecepatan angin permukaan rata-rata 10 menit sebelum jam pengamatan. Angin permukaan adalah angin pada ketinggian 10 meter. Alat yang digunakan untuk mengukur arah dan kecepatan angin permukaan di Stasiun Meteorologi Maritim Belawan adalah Anemometer Digital.



Gambar 18. Windrose dan distribusi frekuensi angin permukaan Bulan Februari 2023 Stasiun Meteorologi Maritim Belawan Medan

Berdasarkan grafik windrose angin permukaan bulan Februari 2023 di stasiun Meteorologi Maritim Belawan Medan, arah dominan angin permukaan bertiup dari Barat Daya hingga Barat dan Utara dengan persentase sekitar 55,7%. Kecepatan angin permukaan dominan berkisar antara 4,08-7,00 knot (2,10 - 3,6 m/s) dengan persentase 44,0%. Kecepatan angin permukaan yang mempunyai persentase yang cukup besar memiliki kisaran antara 0,97 – 4,08 knot (0,5 – 2,1 m/s) yaitu 28,0%. Kondisi angin calm terjadi sebesar 9,2% selama bulan Februari 2023. Selama bulan Februari 2023 kecepatan maksimum angin permukaan di stasiun meteorologi maritime belawan medan yaitu 17,11 -21,58 Knot yaitu 14 knot bertiup dari Utara pada tanggal 07 Februari 2023 pukul 15.00 WIB. Kondisi angin permukaan bulan Februari 2023 relatif sama dengan bulan Februari 2022 yaitu bertiup dari arah Barat dan Utara hingga Timur Laut dengan persentase 55,9%. Hal ini menunjukkan bahwa pada bulan Februari 2023 memiliki pola angin permukaan yang relative sama dengan tahun 2022 meskipun dengan persentase yang lebih kecil.

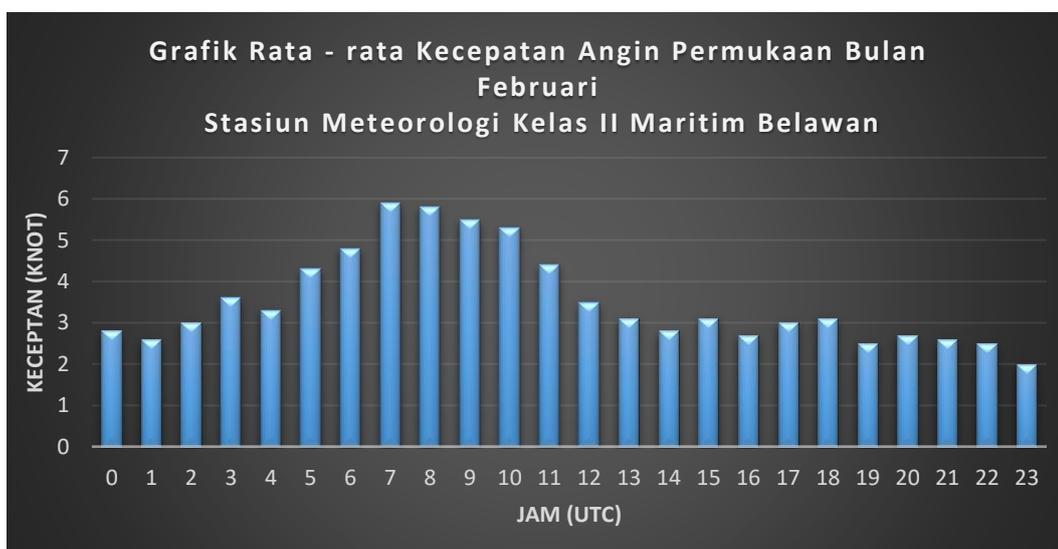
Pada kondisi normal di stasiun meteorologi maritim belawan pada bulan Februari sudah memasuki musim barat dengan arah tiupan angin dari utara hingga timur. Berdasarkan grafik wind rose angin permukaan bulan Februari 2023 menunjukkan arah dominan bertiup dari Barat, Utara hingga Timur Laut yang menunjukkan bahwa musim Barat masih berlangsung hingga Februari 2023.



Gambar 19. Grafik Angin Permukaan Maksimum Bulan Februari 2023

Kecepatan angin permukaan maksimum harian adalah kecepatan angin tertinggi pada ketinggian 10 m yang terjadi dalam satu hari. Kecepatan angin

permukaan maksimum harian tertinggi pada bulan Februari 2023 sebesar 14 knot bertiup dari arah Utara terjadi pada tanggal 07 Februari 2023 pukul 15.00 WIB. Sedangkan kecepatan angin maksimum harian terendah pada bulan Februari 2023 sebesar 5 knot bertiup dari Barat terjadi pada tanggal 23 Februari 2023 pukul 22.00 WIB. Angin Permukaan maksimum bulan Februari 2023 dominan bertiup dari arah Barat Daya hingga Barat dan Utara. Pada bulan Februari 2023 angin permukaan maksimum memiliki kecepatan 19 knot yang bertiup dari arah Utara. Hal ini menunjukkan di Stasiun Meteorologi kelas II Maritim Belawan Medan berpotensi terjadinya angin kencang yang harus di waspadai.



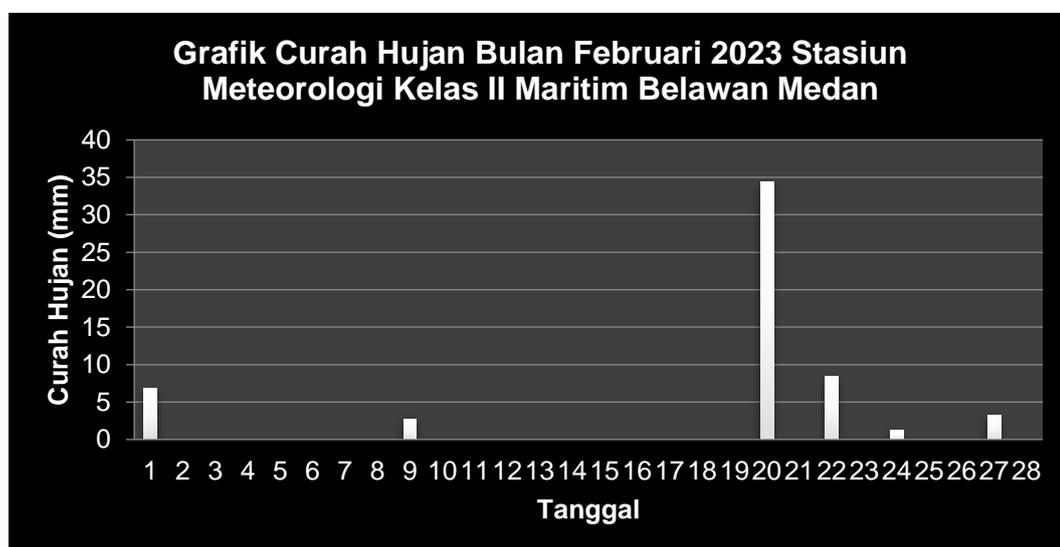
Gambar 20. Grafik Rata-Rata Kecepatan Angin Permukaan Bulan Februari

Kecepatan angin rata – rata perjam Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan diperoleh dengan menjumlahkan seluruh kecepatan angin yang diamati pada jam yang sama selama satu bulan kemudian dibagi dengan jumlah hari dalam satu bulan tersebut. Kecepatan angin rata- rata perjam dibulan Februari adalah 3,5 knot dengan kelembapan udara rata – rata perjam tertinggi sebesar 5,9 knot yang terjadi pada pukul 07 UTC (14.00 WIB) sedangkan kelembapan udara rata – rata terendah sebesar 2 knot yang terjadi pada pukul 23 UTC atau 06.00 WIB

3.5. HUJAN

Hujan adalah jatuhnya hydrometeor yang mencapai tanah. Jumlah curah hujan adalah curah hujan yang mencapai permukaan bumi selama jangka waktu yang ditentukan dan dinyatakan dalam ukuran kedalamannya, dengan ketentuan bahwa tidak ada air yang hilang karena penguapan air atau mengalir (BMKG,

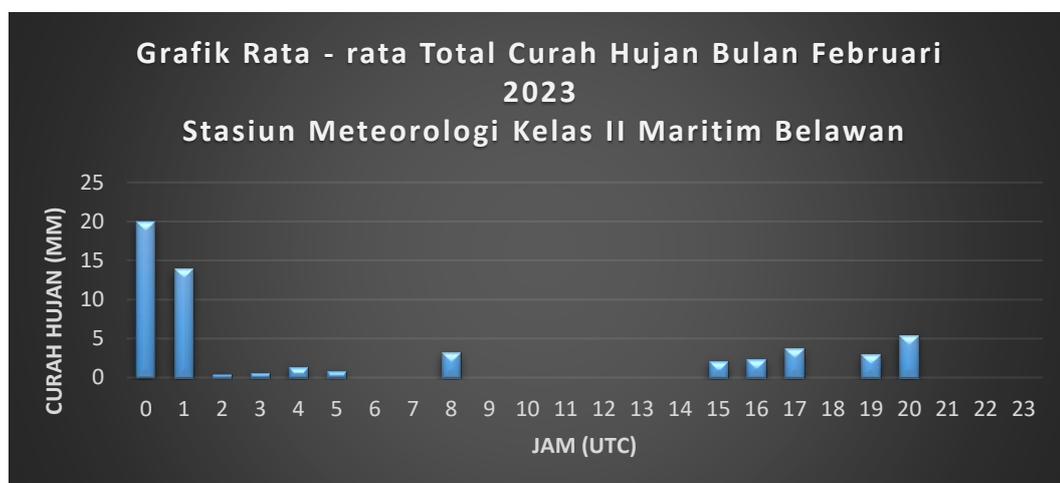
2006). Pengamatan curah hujan dilakukan setiap 3 jam sekali selama 24 jam setiap harinya menggunakan alat penakar hujan Obs. Selain itu, curah hujan setiap hari juga tercatat pada pias alat penakar hujan tipe Hellman yang diganti setiap pagi hari jam 00.00 UTC.



Gambar 21. Grafik Curah Hujan Bulan Februari 2023

Jumlah curah hujan yang tercatat pada pias alat penakar hujan tipe Hellman pada dasarian I sebesar 9,7 mm, pada dasarian II tercatat sebesar 108,1 mm dan pada dasarian III tercatat curah hujan sebesar 100,5 mm. Curah hujan harian tertinggi yang tercatat adalah 43,6 mm yang terjadi pada tanggal 15 Februari 2023. Curah Hujan Harian terendah yang tercatat adalah 2,4 mm yang terjadi pada tanggal 10 Februari 2023. Pada tanggal 18 Februari terjadi Hujan namun tidak terukur karena intensitas nya dibawah 0,1 mm. Jumlah curah hujan total bulan Februari 2023 Stasiun Meteorologi Maritim Belawan Medan adalah sebesar 218,3 mm dengan jumlah hari Hujan adalah sebanyak 15 hari dan Hari Tanpa Hujan adalah 13 hari selama bulan Februari 2023. Intensitas hujan bulan Februari 2023 berada diatas normal yitu sebesar 74,4 mm. Berdasarkan hasil pengukuran curah hujan di stasiun meteorologi maritim belawan memasuki musim kemarau namun dengan intensitas hujan yang berada diatas normal. Curah Hujan Bulan Februari 2023 lebih tinggi dibandingkan dengan curah hujan bulan Februari 2022 yaitu 29,8 mm. Intensitas hujan bulan Februari 2023 lebih tinggi, hal ini terjadi karena jumlah hari hujan lebih banyak dibandingkan Februari 2022 dan terbentuknya pusat tekanan rendah diatmosfer sehingga memicu pertumbuhan awan dan hujan di wilayah Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan.

Dengan melihat karakteristik hujan bulan Februari 2023 maka di Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan sudah memasuki musim kemarau.



Gambar 22. Grafik Rata-Rata Total Curah Hujan Bulan Februari 2023.

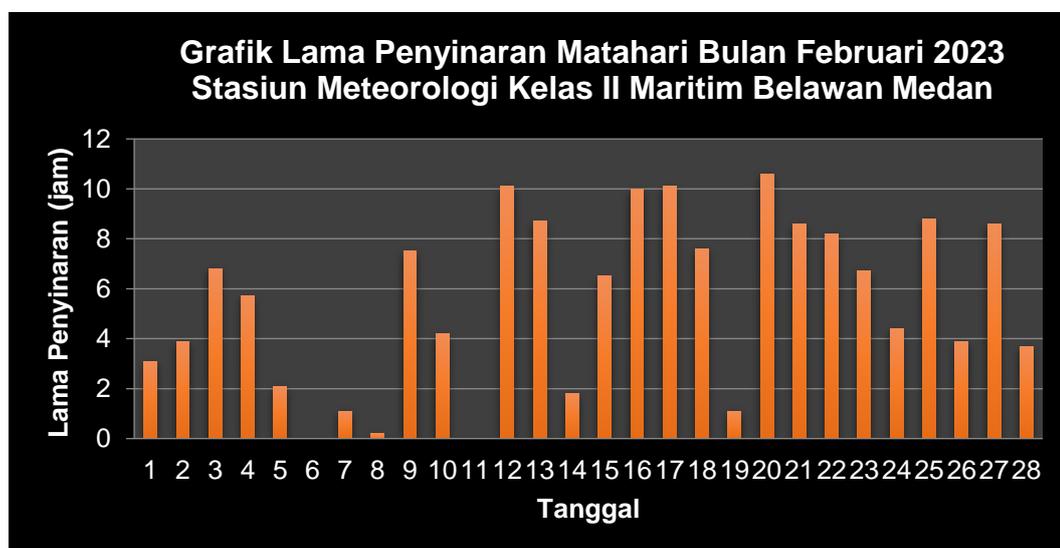
Total Curah hujan rata – rata perjam Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan diperoleh dengan menjumlahkan seluruh total Curah hujan yang diamati pada jam yang sama selama satu bulan kemudian dibagi dengan jumlah hari dalam satu bulan tersebut. Total Curah hujan rata- rata perjam dibulan Februari adalah 2,4 mm dengan Total Curah hujan rata – rata perjam tertinggi sebesar 20 mm yang terjadi pada pukul 00 UTC (06.00 WIB).

3.6. PENYINARAN MATAHARI

Radiasi yang dipancarkan oleh matahari berpengaruh besar terhadap keadaan cuaca di bumi. Untuk itu lama penyinaran diamati menggunakan alat Campbell Stokes. Sinar matahari yang melewati lensa Campbell Stokes membakar pias sehingga lama penyinaran matahari dapat dihitung. Lama penyinaran matahari dilaporkan setiap jam 00.00 UTC atau jam 07.00 WIB, begitu juga pias Campbell Stokes diganti setiap pagi.

Lama penyinaran matahari selama bulan Februari 2022 adalah selama 139 jam 24 menit. Lama penyinaran matahari rata-rata harian bulan Februari 2022 yaitu 5 jam 00 menit. Pada tanggal 18 Februari 2022, matahari bersinar paling lama yaitu selama 10 jam 54 menit. Sedangkan lama penyinaran matahari terendah adalah selama 18 menit yang terjadi pada tanggal 25 Februari 2022. Kondisi cuaca yang hujan dan berawan sepanjang hari menyebabkan sinar matahari tidak sampai ke permukaan sehingga tanggal 10 Februari 2022 lama penyinaran matahari adalah 0 menit. Lama penyinaran matahari akan

mempengaruhi jumlah penguapan di suatu wilayah yang akan meningkatkan kelembaban di wilayah tersebut.



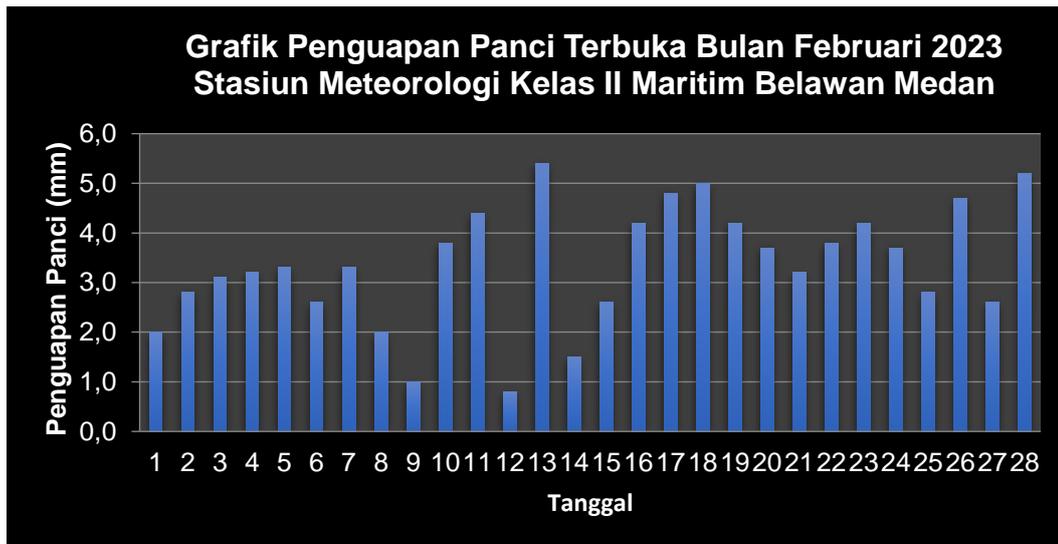
Gambar 23. Grafik Lama Penyinaran Matahari Bulan Februari 2023

Durasi penyinaran matahari bulan Februari 2022 lebih singkat jika dibandingkan dengan bulan Februari 2021 yaitu 226 jam 06 menit dengan penyinaran rata-rata harian 8 jam 06 menit. Hal ini disebabkan kondisi cuaca bulan Februari 2022 yang lebih sering terjadi hujan dibandingkan dengan bulan Februari 2021 sehingga berpengaruh terhadap penyinaran matahari yang sampai ke permukaan bumi. Kondisi cuaca yang berawan atau hujan pada siang hari akan menghalangi radiasi matahari yang akan mencapai permukaan bumi.

3.7. PENGUAPAN

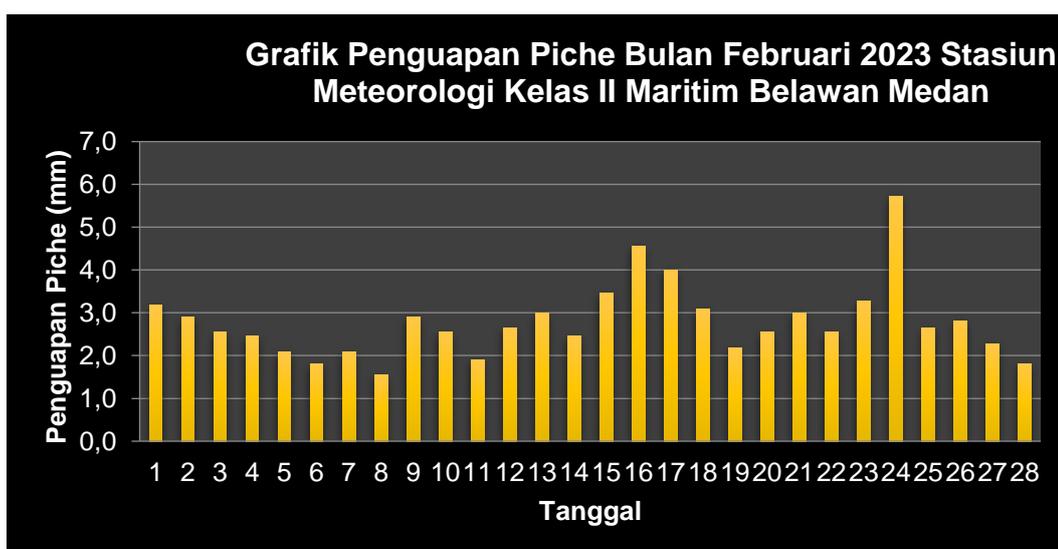
Penguapan adalah proses berubahnya bentuk zat cair (air) menjadi gas (uap air) dan masuk ke atmosfer. Pengukuran jumlah penguapan dilakukan setiap jam 00.00 UTC atau 07.00 WIB dengan mengukur beda tinggi air hari ini dan kemarin. Alat yang digunakan untuk mengukur jumlah penguapan adalah Panci Penguapan (dan *Hook Gauge*) dan Piche Evaporimeter.

Jumlah penguapan pada panci penguapan yang terjadi selama bulan Februari 2023 adalah 94,4 mm. Jumlah penguapan rata-rata harian bulan Februari 2023 adalah 3,4 mm. Jumlah penguapan tertinggi terjadi pada tanggal 18 Februari 2023 sebesar 5,6 mm. Jumlah penguapan terendah terjadi pada tanggal 07 Februari 2023 sebesar 0,5 mm.



Gambar 24. Grafik Penguapan Panci Terbuka Bulan Februari 2023

Jumlah penguapan Panci terbuka pada bulan Februari 2023 memiliki nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan penguapan pada bulan Februari 2022 yaitu 141,2 mm. Jumlah penguapan panci terbuka rata-rata harian bulan Februari 2023 yaitu 5,0 mm. Penguapan yang tinggi memiliki hubungan dengan kondisi suhu yang tinggi atau lebih hangat sehingga meningkatkan penguapan air di permukaan ke atmosfer. Penguapan Panci menggambarkan jumlah penguapan di lingkungan terbuka yang sangat dipengaruhi oleh penyinaran matahari yang menentukan suhu udara, tekanan udara yang berpengaruh pada angin permukaan sebagai penggerak uap air di udara. Lama penyinaran dan angin berbanding lurus dengan jumlah penguapan di lingkungan terbuka.



Gambar 25. Grafik Penguapan Piche Bulan Februari 2023



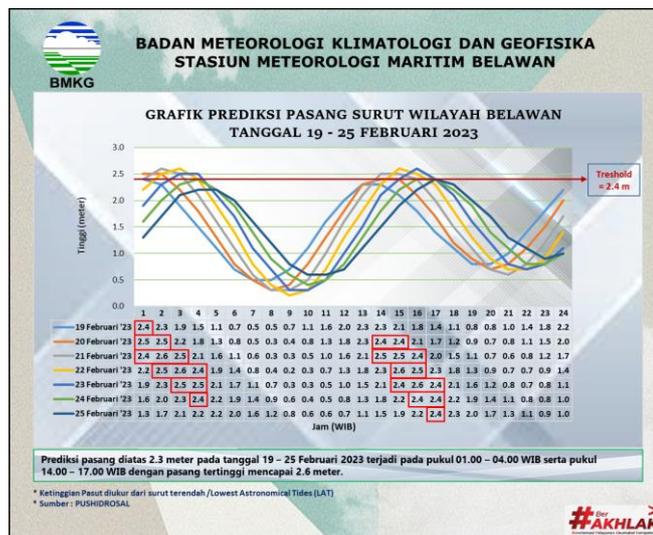
Jumlah penguapan pada piche evaporimeter yang terjadi selama bulan Februari 2023 adalah 66,3 mm. Jumlah penguapan piche rata-rata harian bulan Februari 2023 adalah 2,4 mm. Jumlah penguapan tertinggi terjadi pada tanggal 01 Februari 2023 sebesar 3,5 mm. Jumlah penguapan terendah terjadi pada tanggal 10 Februari 2023 sebesar 0,9 mm. Jumlah penguapan piche bulan Februari 2023 lebih rendah jika dibandingkan dengan jumlah penguapan piche bulan Februari 2022 yaitu 92,9 mm. jumlah penguapan piche rata-rata harian bulan Februari 2022 yaitu 3,3 mm. kondisi penguapan dalam ruangan memiliki pola yang sama dengan penguapan di lingkungan terbuka pada bulan Februari 2023. Jumlah penguapan piche merupakan jumlah penguapan yang terjadi didalam ruangan atau lingkungan tertutup. Oleh karena itu jumlah penguapan piche sangat dipengaruhi oleh suhu di lingkungan terbuka yang akan mempengaruhi suhu di dalam ruangan. Jumlah penguapan piche relative lebih kecil dibandingkan penguapan panci karena tidak adanya interaksi dengan lingkungan terbuka secara langsung.

3.8. PASANG SURUT

Pasang surut merupakan salah satu jenis gelombang permukaan yang berada di perairan laut. Pasang surut merupakan naik turunnya permukaan laut yang diakibatkan oleh gaya tarik benda langit seperti bulan dan matahari. Pasang surut terjadi secara berkelanjutan dengan periode yang berbeda pada setiap wilayah perairan. Pasang surut akan mempunyai karakteristik yang berbeda pada tiap wilayah dan tergantung dengan topografi wilayah tersebut. Pengukuran pasang surut dilakukan tiap jam selama 24 jam dengan mengukur tinggi permukaan laut yang didasarkan pada tinggi rata-rata permukaan perairan. Pada saat nilai tinggi permukaan mencapai nilai terbesar maka pada saat itu perairan mengalami pasang dan sebaliknya jika nilai tinggi permukaan perairan berada pada nilai terkecil maka pada saat itu perairan mengalami surut. Alat yang digunakan untuk mengukur tinggi gelombang pasang surut adalah Tide gauge dan Palm Pasut.

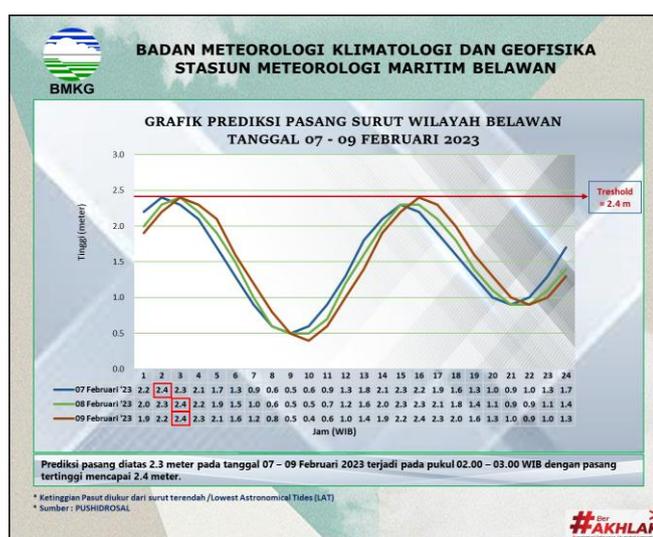
Nilai pasang tertinggi pada fase New Moon bulan Februari 2022 dimulai pada tanggal 01 Februari – 05 Februari 2022. Pada tanggal 01 Februari 2022 nilai pasang tertinggi adalah 250 cm dan terjadi pada pukul 01.00 WIB. Pada tanggal 02 Februari 2022 nilai pasang tertinggi adalah 260 cm dan terjadi pada pukul 02.00

WIB. Tanggal 03 hingga 04 Februari 2022 tinggi pasang maksimum adalah 250 cm yang terjadi pada pukul 02.00 WIB – 03.00 WIB.



Gambar 26. Pasang Surut Perairan Belawan pada Fase Bulan Baru (New Moon)

Tanggal 05 Februari 2022 tinggi pasang maksimum adalah 240 cm yang terjadi pada pukul 04.00 WIB. Pada saat pasang purnama fase Bulan Baru (*new moon*) Februari 2022 nilai surut terendah adalah 30 hingga 40 cm yang terjadi pada pukul 08.00 WIB - 10.00 WIB. Pada fase New Moon gaya sentrifugal bumi akan berperan besar dalam memicu terjadinya pasang surut. Selain itu posisi dan jarak antara benda langit juga dapat mempengaruhi gelombang pasang surut di perairan.



Gambar 27. Pasang Surut Perairan Belawan pada Fase Bulan Purnama (Full Moon)

Nilai pasang tertinggi pada fase Full Moon bulan Februari 2022 dimulai pada tanggal 17 – 21 Februari 2022. Pada tanggal 17 Februari 2022 nilai pasang

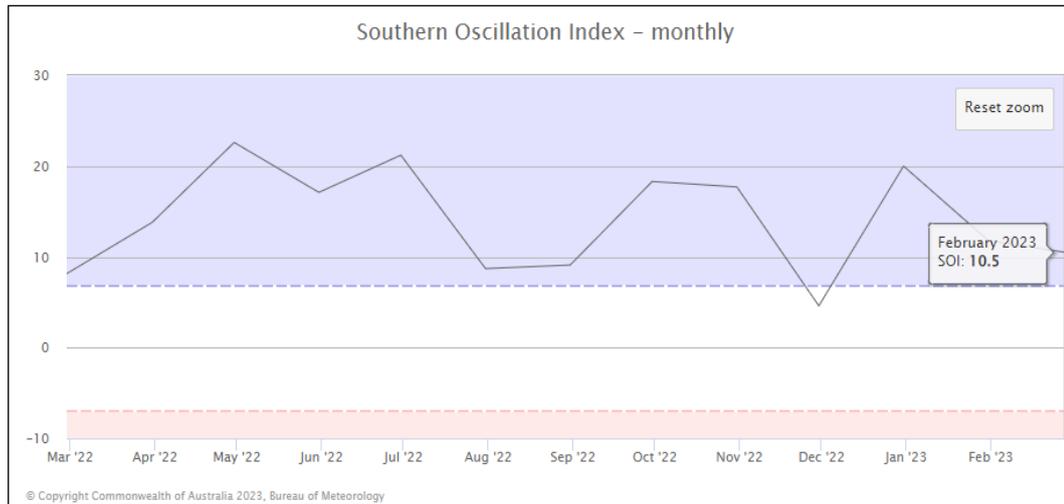
tertinggi adalah 240 cm dan terjadi pada pukul 02.00 WIB. Pada tanggal 18 Februari 2022 nilai pasang tertinggi adalah 240 cm dan terjadi pada pukul 02.00 WIB dan 15.00 WIB. Tanggal 19 Februari 2022 tinggi pasang maksimum adalah 250 cm yang terjadi pada pukul 03.00 WIB dan 16.00 WIB. Tanggal 20 Februari 2022 tinggi pasang maksimum adalah 250 cm yang terjadi pada pukul 16.00 WIB. Pada tanggal 21 Februari 2022 tinggi pasang maksimum adalah 240 cm yang terjadi pukul 04.00 WIB. Pada saat pasang purnama fase Bulan purnama (*Full moon*) nilai surut terendah adalah 40 hingga 50 cm yang terjadi pada pukul 09.00 WIB - 11.00 WIB. Pada fase Full Moon gaya gravitasi bulan akan berperan besar dalam memicu terjadinya pasang surut. Selain itu posisi dan jarak antara benda langit juga dapat mempengaruhi gelombang pasang surut di perairan.



BAB IV

ANALISIS KONDISI ATMOSFER BULAN FEBRUARI 2023

4.1. SOI (SOUTH OSCILLATION INDEX)



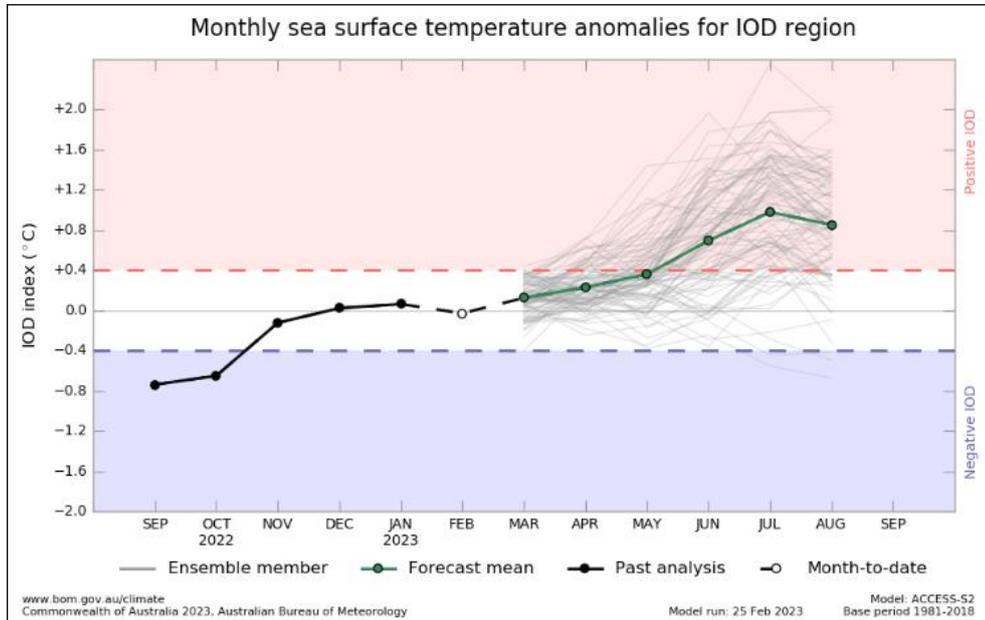
Gambar 28. SOI (South Oscillation Index) Bulanan
(Sumber : bom.gov)

SOI adalah indeks yang didasarkan pada perbedaan pengamatan tekanan udara pada permukaan laut di Tahiti (Samudera Pasifik Timur) dan Darwin (Australia). Jika SOI bernilai positif (+), berarti tekanan Udara di Tahiti lebih tinggi dari pada tekanan Udara di Darwin. Kondisi ini menyebabkan massa udara akan bergerak dari Tahiti menuju ke Darwin, dan berlaku sebaliknya. Indeks SOI bulan Februari 2023 bernilai positif (+10.5), yang menunjukkan adanya potensi yang cukup besar dalam pembentukan awan hujan di wilayah Indonesia.

4.2. IOD (INDIAN OCEAN DIPOLE MODE)

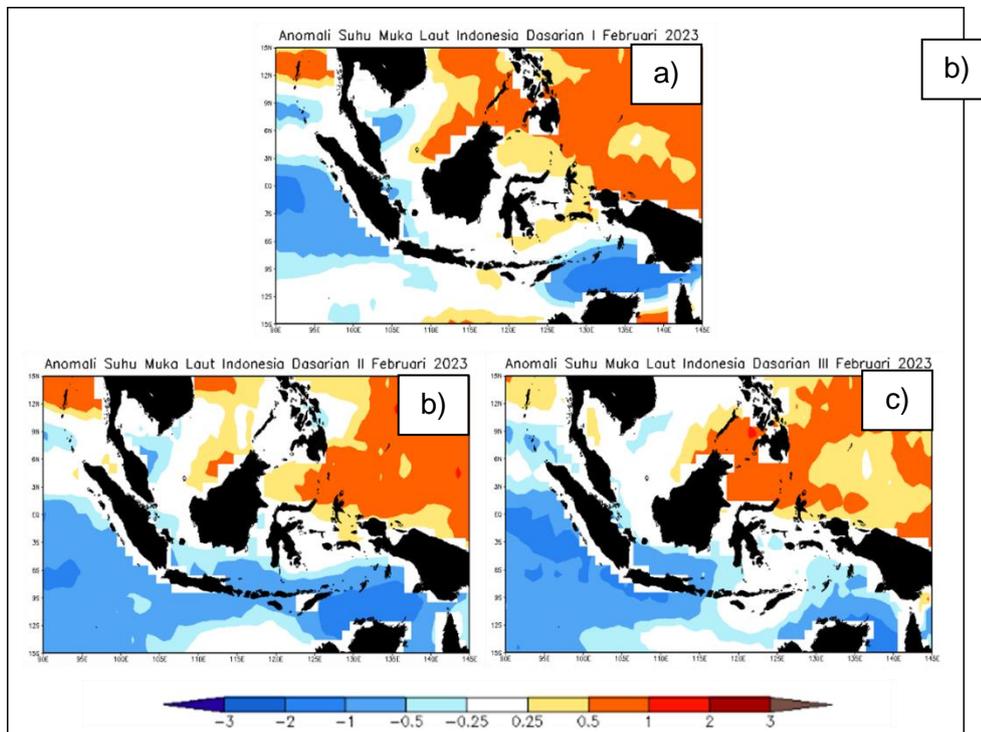
IOD (Indian Ocean Dipole Mode) adalah fenomena lautan atmosfer di daerah ekuator Samudera Hindia yang mempengaruhi iklim di Indonesia dan negara-negara lain yang berada di sekitar cekungan (basin) Samudera Hindia (Saji et al., Nature, 1999). IOD mengambil anomali perbedaan suhu muka laut antara Samudera Hindia Barat dan Samudera Hindia Tenggara. Hasil analisis Dipole Mode dari awal hingga ke akhir bulan Februari 2023 menunjukkan nilai index

netral. Hal ini menunjukkan bahwa IOD tidak berperan dalam pembentukan awan hujan di Indonesia termasuk di wilayah Sumatera bagian utara (Sumbagut).



Gambar 29. Anomali Suhu Permukaan Laut Bulanan untuk wilayah IOD

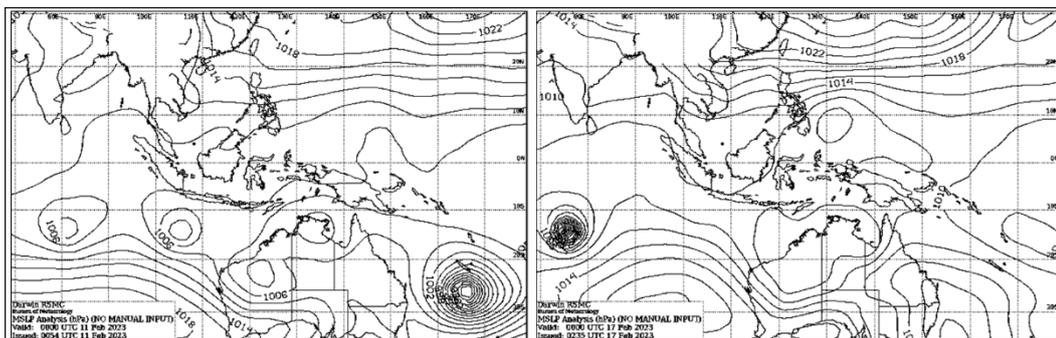
4.3. SST ANOMALY (SEA SURFACE TEMPERATURE ANOMALY)



Gambar 30. Anomali Suhu Permukaan Laut a) Dasarlan I, b) Dasarlan II, c) Dasarlan III Bulan Februari 2023

Selama bulan Februari 2023, anomali SST untuk wilayah Indonesia sebagian besar bernilai positif yaitu di bagian timur Indonesia. Selama bulan Februari 2023, anomali SST bernilai negatif sampai netral mendominasi perairan di wilayah Sumbagut. Kondisi yang demikian menunjukkan bahwa anomali SST di wilayah Sumbagut kurang mendukung pembentukan awan hujan selama bulan Februari 2023.

4.4. TEKANAN UDARA



Gambar 31. Tekanan Udara selama Bulan Februari 2023

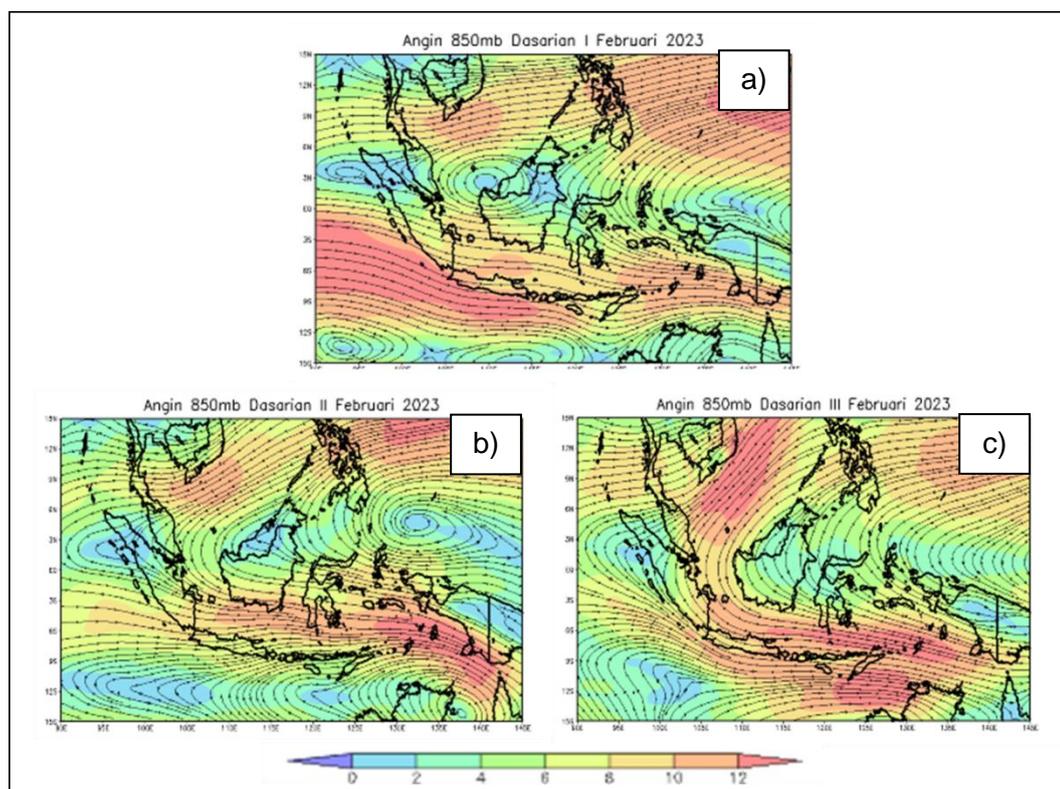
Selama bulan Februari 2023, posisi matahari berada di BBS (Belahan Bumi bagian Selatan) dekat ekuator. Hal tersebut menyebabkan wilayah BBS mendapat sinar matahari lebih banyak, sehingga wilayah tersebut memiliki suhu lebih tinggi. Suhu yang lebih tinggi di wilayah BBS, menyebabkan tekanan udara menjadi lebih rendah di wilayah tersebut. Perbedaan tekanan udara di BBS dan BBU mengakibatkan terjadinya pergerakan massa udara yang kemudian menyebabkan terjadinya angin muson.

4.5. WIND ANALYSIS (850 MB)

Posisi matahari yang berada di selatan menyebabkan terjadinya angin muson barat pada bulan Februari 2023, yaitu angin bergerak dari benua Asia menuju benua Australia, sehingga secara umum pada bulan Februari 2023, aliran massa udara didominasi oleh angin baratan termasuk wilayah Sumbagut. Pada dasarian I terbentuk pola siklonik angin di perairan bagian barat Aceh, sedangkan pada dasarian II dan III terbentuk belokan angin di wilayah Sumbagut. Kondisi tersebut meningkatkan potensi terbentuknya awan hujan di wilayah Sumbagut.



Kecepatan angin di wilayah Sumbagut selama bulan Februari 2023 berkisar 0 – 8 m/s.



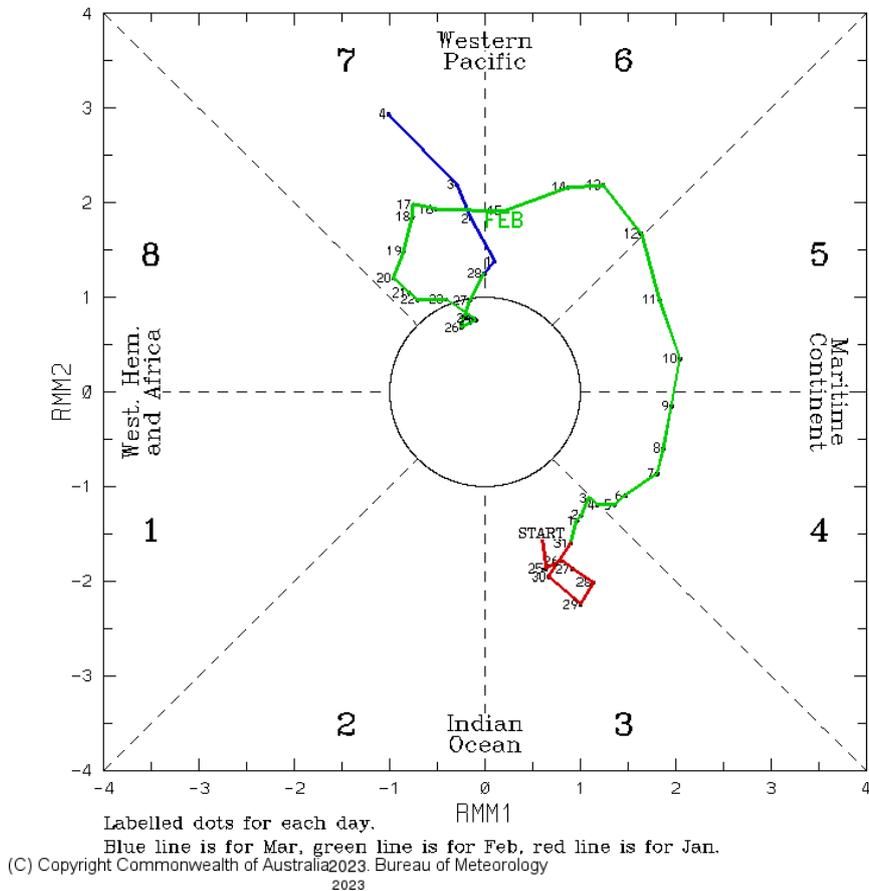
Gambar 32. Analisis Arah dan Kecepatan Angin a) Dasarian I, b) Dasarian II, c) Dasarian III pada Bulan Februari 2023

4.6. MJO (*MADDEN JULIAN OSCILLATION*)

MJO merupakan fenomena skala besar yang terjadi akibat adanya pola sirkulasi atmosfer dan konveksi yang kuat. MJO berpropagasi dari bagian barat Indonesia (Samudra Hindia) ke arah timur (Samudra Pasifik) dengan kecepatan rata-rata 5 m/s (Zhang, 2005). Analisis diagram fase MJO untuk bulan Februari 2023 (warna hijau) menunjukkan bahwa pada awal bulan, MJO kuat dan berada di kuadran 3 dan 4, yang berarti pada periode tersebut MJO aktif di wilayah Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa MJO berpengaruh dalam pembentukan awan hujan di wilayah Indonesia pada awal bulan Februari 2023.



(RMM1,RMM2) phase space for 24-Jan-2023 to 4-Mar-2023

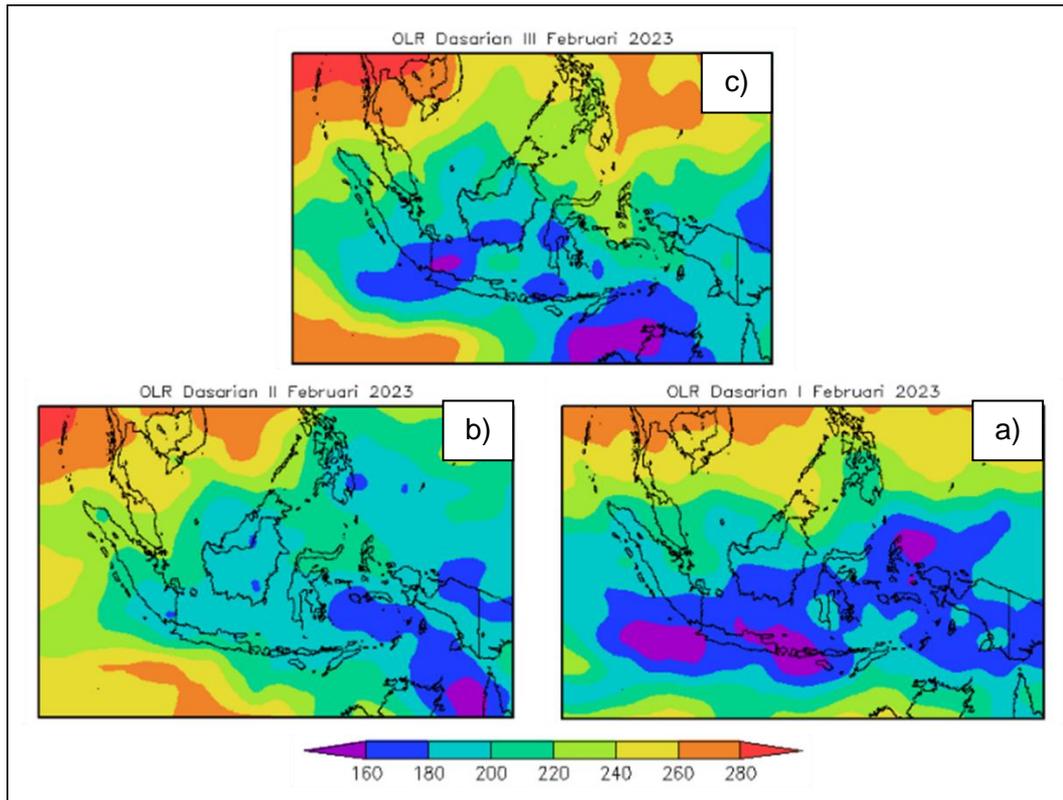


Gambar 33. Diagram RMM1, RMM2 Madden Julian Oscillation

4.7. OLR (**OUTGOING LONGWAVE RADIATION**)

OLR adalah energi yang meninggalkan bumi sebagai radiasi inframerah pada energi yang rendah. OLR dipengaruhi oleh awan dan debu di atmosfer yang cenderung mengurangi kecerahan langit, dimana nilai OLR yang mendukung pembentukan awan yaitu $\leq 220 \text{ W/m}^2$. Selama bulan Februari 2023 dasarian I, wilayah Sumbagut sebelah selatan memiliki nilai OLR lebih 220 W/m^2 , pada dasarian II, hampir seluruh wilayah Sumbagut memiliki nilai OLR lebih dari 220 W/m^2 , kecuali sebagian wilayah Aceh sebelah timur. Pada dasarian III, seluruh wilayah Sumbagut memiliki nilai OLR $\leq 220 \text{ W/m}^2$. Hal ini mengindikasikan bahwa OLR berpengaruh terhadap pembentukan awan di wilayah Sumbagut pada bulan Februari 2023 dasarian III.





Gambar 34. Analisis *Outgoing Longwave Radiation* (OLR) pada a) Dasarian I, b) Dasarian II, c) Dasarian III Bulan Februari 2023



BAB V

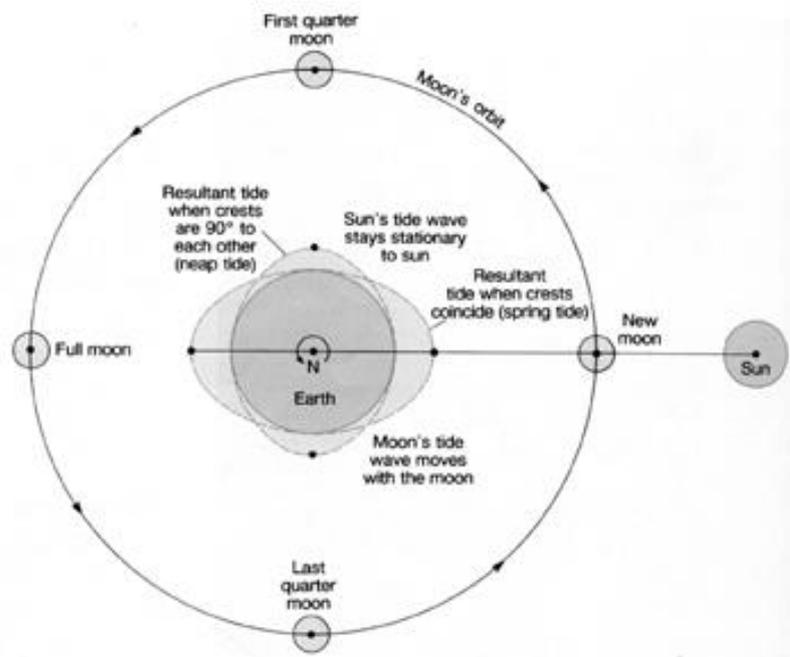
PASANG SURUT BULAN FEBRUARI 2023

WILAYAH BELAWAN

5.1. PENGERTIAN PASANG SURUT

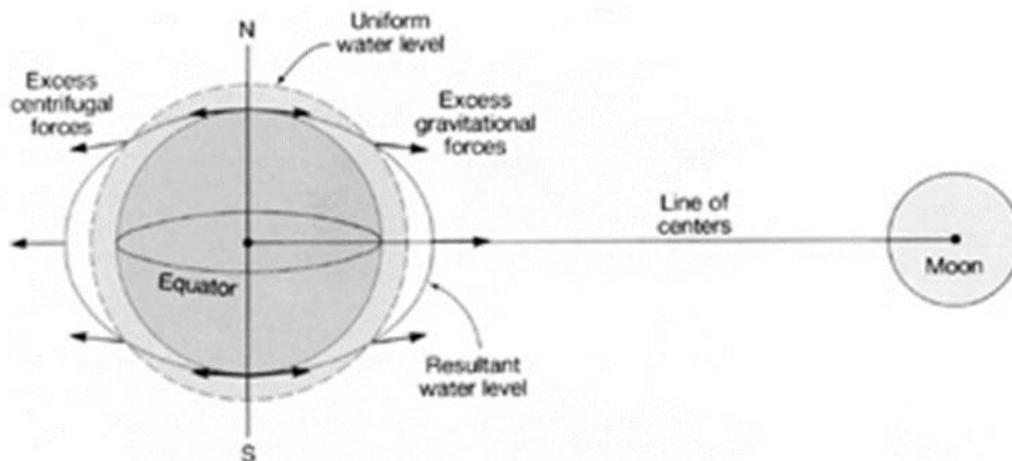
Pasang surut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik benda-benda astronomi terutama oleh bumi, bulan dan matahari. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut laut karena jarak bulan lebih dekat daripada jarak matahari ke bumi. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh dan ukurannya lebih kecil. Faktor non astronomi yang mempengaruhi pasang surut terutama di perairan semi tertutup seperti teluk adalah bentuk garis pantai dan topografi dasar perairan.

Pengetahuan tentang pasang surut sangat diperlukan dalam transportasi laut, kegiatan di pelabuhan, pembangunan di daerah pesisir pantai, dan lain-lain. Mengingat pentingnya pengetahuan tentang pasang surut terutama bagi yang mempelajari mengenai Perencanaan Pelabuhan.



Gambar 35. Pengaruh posisi Bulan dan Matahari terhadap pasang surut di Bumi

Keterangan Gambar : Posisi Bumi, Bulan dan Matahari yang berbeda menyebabkan perbedaan ketinggian pasang surut pada saat posisi konfigurasi tertentu. Sumber: Duxbury et al. (2002).



Gambar 36. Distribusi gaya penyebab terjadinya fenomena pasang surut.

Keterangan Gambar : Pada separuh bagian Bumi yang menghadap ke arah Bulan terbentuk gaya yang mengarah ke Bulan karena gaya gravitasi Bulan. Sebaliknya, pada arah yang berlawanan terbentuk gaya yang berlawanan arah karena gaya sentrifugal. Sumber: Duxbury et al. (2002).

5.2. TIPE PASANG SURUT

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Di suatu daerah pada dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Menurut Wyrcki (1961), pasang surut di Indonesia dibagi menjadi 4 yaitu :

1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*).

Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut secara berurutan. Periode pasang surut rata-rata 12 jam 24 menit. Pasang surut jenis ini terdapat di Selat Malaka sampai Laut Andaman. Tipe pasang surut ini merupakan tipe pasang surut untuk wilayah Belawan

2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*).

Dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi di perairan Selat Karimata.



3. Pasang surut campuran condong keharian ganda.(mixed tide prevailing semidiurnal).

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terdapat perairan Indonesia timur.

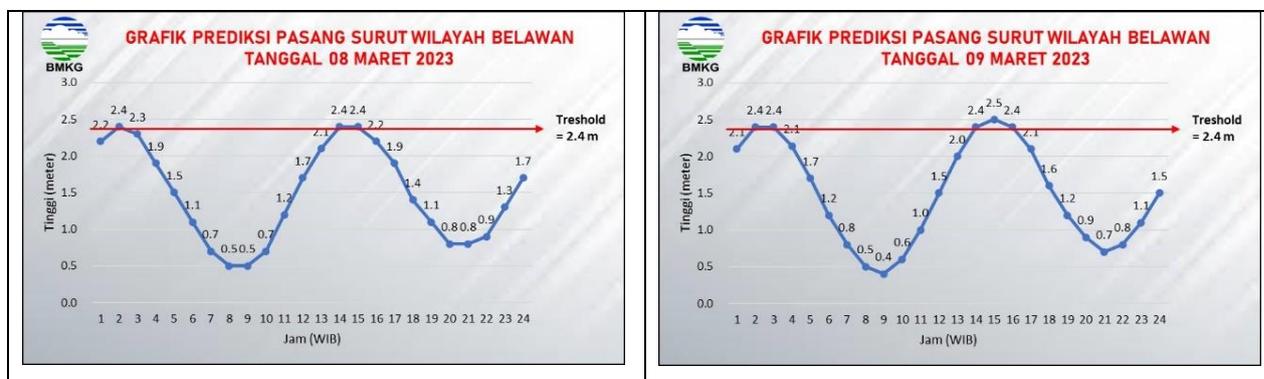
4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (mixed tide prevailing diurnal).

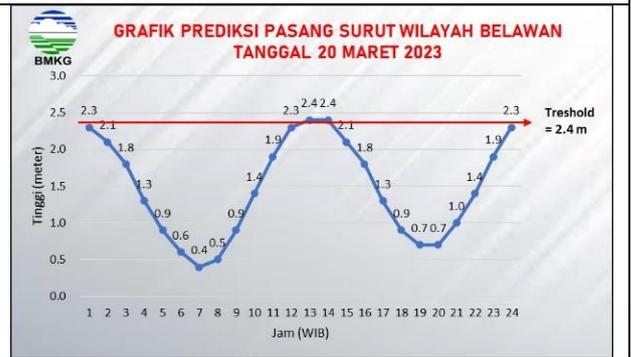
Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang –kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Pasang surut jenis ini biasa terdapat di daerah Selat Kalimantan dan pantai utara Jawa Barat.

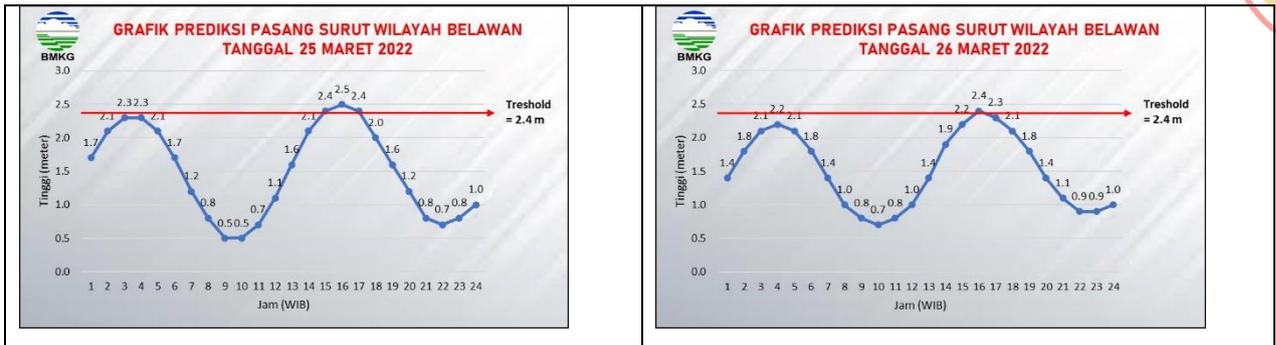
5.3. GRAFIK PREDIKSI PASANG SURUT WILAYAH BELAWAN

Grafik prediksi pasang surut ini bersumber dari Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (PUSHIDROSAL). Perhitungan ramalan pasang surut dilakukan berdasarkan metode *Admiralty* bersumber dari Buku Kepanduan Bahari Indonesia dan hasil survei hidro-oseanografi. Data grafik yang dilampirkan dalam penulisan ini merupakan data pasang surut yang tercatat melewati ambang batas normal tinggi yaitu 2,4 meter untuk wilayah Belawan, dimana dengan ketinggian tersebut diperkirakan akan memasuki wilayah pemukiman warga sekitar yang terdampak.

Tabel 3. Grafik Prediksi Pasang Surut Wilayah Belawan Bulan Maret 2023







Pada tanggal 8 Maret 2023 prediksi ketinggian pasang terjadi pada pukul 02.00 WIB, 14.00 – 15.00 WIB dengan puncak ketinggian pasang 2,4 meter dan surut terendah pada pukul 08.00 - 09.00 WIB dengan ketinggian 0,5 meter. Pada tanggal 9 Maret 2023 ketinggian pasang tertinggi terjadi pada pukul 15.00 WIB dengan puncak ketinggian pasang 2,5 meter dan surut terendah pada pukul 09.00 WIB yaitu dengan ketinggian 0,4 meter. Pada tanggal 10 Maret 2023 ketinggian pasang terjadi pada pukul 15.00 – 16.00 WIB dengan puncak ketinggian pasang yaitu 2,5 meter dan surut terendah pada pukul 09.00 WIB dengan ketinggian 0,4 meter. Tanggal 11 Maret 2023 ketinggian pasang mencapai 2,5 meter terjadi pada pukul 16.00 WIB dan juga data surut terendah terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 WIB dengan ketinggian 0,5 meter. Pada tanggal 12 Maret 2023 prediksi ketinggian pasang mencapai ketinggian 2,4 meter pada pukul 16.00 – 17.00 WIB dan ketinggian data surut terendah dengan ketinggian 0,5 meter pada pukul 10.00 WIB.

Data ketinggian pasang tertinggi pada tanggal 20 Maret 2023 dengan nilai prediksi ketinggian mencapai 2,4 meter pada pukul 13.00 – 14.00 WIB dan data surut mencapai ketinggian 0,3 meter pada pukul 08.00 WIB. Data pasang surut pada tanggal 21 Maret 2023 ketinggian pasang mencapai 2,6 meter pada pukul 14.00 WIB dan data surut terendah mencapai ketinggian 0,3 meter pada pukul 08.00 WIB. Pada tanggal 22 Maret 2023 data pasang tertinggi terjadi pada pukul 14.00 WIB dengan ketinggian mencapai 2,7 meter dengan nilai surut terendah terjadi pada pukul 08.00 WIB dengan ketinggian 0,3 meter. Prediksi ketinggian pasang tertinggi pada tanggal 23 Maret 2023 mencapai ketinggian 2,7 meter terjadi pada pukul 15.00 WIB dan prediksi surut terendah pada pukul 09.00 WIB dengan ketinggian mencapai 0,3 meter. Prediksi pasang tertinggi pada tanggal 24 Maret 2023 terjadi pada pukul 15.00 – 16.00 WIB dengan ketinggian mencapai 2,6 meter dan prediksi surut terendah mencapai ketinggian 0,4 meter pada pukul 09.00 WIB.

Data prediksi pasang tertinggi pada tanggal 25 Maret 2023 terjadi pada pukul 16.00 WIB dengan ketinggian mencapai 2,5 meter dan prediksi surut terendah mencapai ketinggian 0,5 meter terjadi pada pukul 09.00 – 10.00 WIB. Pada tanggal 26 Maret 2023 prediksi pasang tertinggi terjadi pada pukul 16.00 WIB dengan ketinggian mencapai 2,4 meter pada pukul 16.00 WIB dan prediksi surut terendah pada pukul 10.00 WIB dengan ketinggian mencapai 0,7 meter.



ARTIKEL PASANG SURUT

Analisis Pasang Surut Perairan Belawan Medan Bulan Februari 2023

Zulkarnaen Lubis, S.Pi

NIP. 198907272018011001 PMG Pertama

Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan, Jl. Raya Pelabuhan III Gabion Belawan, Medan,
20414

*Email: zulkarnaenlubis942@gmail.com

Abstrak

Pengamatan dan analisis pasang surut di perairan Belawan Medan yang dilakukan pada bulan Februari 2023. Ketinggian pasang surut diukur menggunakan tide gauge milik Badan Informasi Geospasial selama 24 jam dengan pelaporan data secara real time. Analisis harmonik menggunakan metode Admiralty untuk menentukan bilangan Formzahl. Kisaran tinggi pasang surut di perairan belawan medan adalah 1,27 meter dengan Mean Low Water Level (MLWL) adalah 0,38 meter dan Mean High Water Level (MHWL) adalah 1,66 meter. Selama pengamatan pasang surut di perairan belawan medan bulan Februari 2023 terjadi 2 kali pasang purnama dan 2 kali pasang perbani. Tinggi pasang surut saat pasang purnama fase new moon adalah 2,56 meter dan ketinggian pasang maksimum fase full moon adalah 1,97 meter. Tinggi pasang surut maksimum saat pasang perbani pertama adalah 0,64 meter dan tinggi pasang surut maksimum saat pasang perbani kedua 0,74 meter. Berdasarkan bilangan formzahl $F = 0,21$ menyatakan bahwa tipe pasang surut di perairan belawan bulan Februari 2023 adalah semidiurnal dimana dalam satu hari terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dengan tinggi pasang yang relatif sama antara satu dengan yang lain.

Kata kunci : pasang surut, Formzahl, Belawan

Pendahuluan

Pasang surut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik benda-benda astronomi terutama oleh bumi, bulan dan matahari. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh dan ukurannya lebih kecil. Faktor non astronomi yang mempengaruhi pasang surut terutama di perairan semi tertutup seperti teluk adalah bentuk garis pantai dan topografi dasar perairan.

Perairan selat Malaka berada di sebelah timur pulau sumatera dan berbatasan dengan semenanjung Malaya di sebelah timur. Perairan selat Malaka merupakan perairan dangkal dengan topografi yang landai di sebelah barat, di dominasi oleh sedimen lumpur dan pasir karena sungai-sungai besar di pulau sumatera bermuara ke perairan selat malaka. Wilayah pesisir timur sumatera ditumbuhi vegetasi mangrove dari berbagai jenis spesies bakau. Perairan Belawan yang berada di pesisir timur sumatera mendapat pengaruh yang signifikan dari perairan selat malaka. Oleh karena itu, pola cuaca di belawan tergantung dengan

kondisi oseanografi perairan selat malaka. Salah satu kondisi oseanografi tersebut adalah gelombang pasang surut (*Tidal Wave*).

Puncak gelombang disebut pasang tinggi dan lembah gelombang disebut pasang rendah. Perbedaan vertikal antara pasang tinggi dan pasang rendah disebut rentang pasang surut (*tidal range*). Pasang surut sering disingkat dengan pasut adalah gerakan naik turunnya permukaan air laut secara berirama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari, dimana matahari mempunyai massa 27 juta kali lebih besar dibandingkan dengan bulan, tetapi jaraknya sangat jauh dari bumi (rata-rata 149,6 juta km) sedangkan bulan sebagai satelit bumi berjarak (rata-rata 381.160 km). Dalam mekanika alam semesta jarak sangat menentukan dibandingkan dengan massa, oleh sebab itu bulan lebih mempunyai peran besar dibandingkan matahari dalam menentukan pasut. Secara perhitungan matematis daya tarik bulan $\pm 2,25$ kali lebih kuat dibandingkan matahari.

Periode pasang surut adalah waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah gelombang berikutnya. Periode pasang surut bervariasi antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit. Pasang purnama (*spring tide*) terjadi ketika bumi, bulan dan matahari berada dalam suatu garis lurus. Pada saat tersebut terjadi pasang tinggi yang sangat tinggi dan pasang rendah yang sangat rendah. Pasang purnama ini terjadi pada saat bulan baru dan bulan purnama. Pasang perbani (*neap tide*) terjadi ketika bumi, bulan dan matahari membentuk sudut tegak

lurus. Pada saat tersebut terjadi pasang tinggi yang rendah dan pasang rendah yang tinggi. Pasang surut perbani ini terjadi pada saat bulan berada di kuartal 1 dan kuartal ke 3.

Tipe pasang surut juga dapat ditentukan berdasarkan bilangan Formzahl (F). Karena sifat pasang surut yang periodik, maka ia dapat diramalkan. Untuk meramalkan pasang surut, diperlukan data amplitudo dan beda fase dari masing-masing komponen pembangkit pasang surut. Komponen-komponen utama pasang surut terdiri dari komponen tengah harian dan harian. Bulan berputar mengelilingi bumi sekali dalam 24 jam 51 menit, dengan demikian tiap siklus pasang surut mengalami kemunduran 51 menit setiap harinya

Pasang surut memberikan dampak terhadap lingkungan sekitar baik secara fisik maupun sosial. Gelombang pasang yang naik melebihi ketinggian permukaan tanah akan berdampak ke lingkungan daratan di sekitarnya yaitu memicu terjadinya banjir rob atau banjir pesisir. Surut terendah menyebabkan kapal mengalami kesulitan untuk berlabuh di dermaga atau mengalami kandas diperairan dangkal.

Untuk menentukan jenis pasang surut pada suatu daerah maka perlu dilakukan analisa pasang surut. Analisa pasang surut memerlukan data amplitudo dan tinggi pasang surut selama dua minggu yaitu satu siklus pasang surut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pasang surut dengan menggunakan metode Admiralty. Kemudian menentukan jenis pasang surut di perairan Belawan Medan. Diharapkan hasil

analisis data ini dapat bermanfaat terutama bagi pengguna jasa perairan seperti pelayaran atau transportasi.

Bahan dan Metode

Pengamatan pasang surut di perairan belawan menggunakan instrument Tide Gauge milik Badan Informasi Geospasial yang dapat di unduh pada laman datapasonline.big.go.id. data pasang surut disajikan tiap menit selama 24 jam. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan data lebih lanjut sehingga diperoleh rata-rata ketinggian pasang surut setiap jam. Perhitungan data pasang surut menggunakan metode British Admiralty yang pengolahannya memakai program Admiralty untuk mengetahui nilai konstanta harmonik dari data pasang surut yang keluarannya berupa grafis sinusoidal tipe pasang surut. Komponen pasang surut digunakan untuk menentukan pasang surut yang didasarkan pada bilangan formzahl yang dinyatakan dalam rumus:

$$F = \frac{(O_1) + (K_1)}{(M_2) + (S_2)}$$

dimana :

F = adalah bilangan formzahl

K1 = konstanta oleh deklinasi bulan dan matahari

O1 = konstanta oleh deklinasi bulan

M2 = konstanta oleh bulan

S2 = konstanta oleh matahari

Klasifikasi sifat pasang surut di lokasi tersebut adalah:

$F < 0.25$ = semi diurnal

$0.25 < F < 1.5$ = Campuran condong semi diurnal

$1.5 < F < 3.0$ = campuran condong diurnal

$F > 3.0$ = Diurnal

Untuk menentukan tinggi muka air pasang surut digunakan rumus:

Range pasut atau rata-rata selisih antara kedudukan air tinggi dan kedudukan air rendah adalah :

$$\text{Range} = 2(M_2 + S_2)$$

Mean Low Water Level (MLWL) atau kedudukan rata-rata air tinggi adalah :

$$\text{MLW} = \text{MSL} + (\text{Range}/2)$$

Mean High Water Level (MHWL) adalah :

$$\text{MHW} = \text{MSL} + (\text{Range}/2)$$

Hasil dan Pembahasan

Perairan belawan medan merupakan wilayah yang masih dipengaruhi oleh fenomena pasang surut. Berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran Tide Gauge pasang surut di perairan Belawan Medan yang digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut dan berapa elevasi muka air laut. Tinggi pasang surut di perairan Belawan Medan dapat dilihat pada Tabel 1.

No	Tanggal	Kisaran (cm)		Tinggi Pasut (cm)	
		Minimal	Maksimal	Minimal	Maksimal
1	01-Feb-23	88-151	60-124	63	64
2	02-Feb-23	79-163	39-134	84	95
3	03-Feb-23	76-174	25-154	98	129
4	04-Feb-23	60-185	15-161	125	146
5	05-Feb-23	48-193	1-164	145	163
6	06-Feb-23	42-197	(-12)-166	155	178
7	07-Feb-23	43-199	(-15)-173	156	188
8	08-Feb-23	39-193	(-14)-180	154	194
9	09-Feb-23	39-183	(-14)-183	144	197
10	10-Feb-23	46-176	(-8)-180	130	188
11	11-Feb-23	57-160	5-184	103	179
12	12-Feb-23	68-146	22-183	78	161
13	13-Feb-23	76-133	46-173	57	127
14	14-Feb-23	81-107	70-162	26	92
15	15-Feb-23	62-67	79-153	5	74
16	16-Feb-23	81-125	96-163	44	77
17	17-Feb-23	47-149	74-182	102	108
18	18-Feb-23	63-207	12-173	144	161
19	19-Feb-23	41-221	(-2)-193	180	195
20	20-Feb-23	33-231	(-27)-207	198	234
21	21-Feb-23	28-227	(-39)-217	199	256
22	22-Feb-23	19-208	(-40)-216	189	256
23	23-Feb-23	15-187	(-31)-213	172	244
24	24-Feb-23	20-164	(-10)-202	144	212
25	25-Feb-23	31-137	13-186	106	173
26	26-Feb-23	37-111	29-160	74	131
27	27-Feb-23	39-106	51-146	67	95
28	28-Feb-23	44-98	60-138	54	78
29	01-Mar-23	42-64	56-138	22	82

Tabel 1. Tinggi Pasang Surut Perairan Belawan Februari 2023

Analisis Harmonik Pasang Surut menggunakan metode Admiralty. Nilai amplitude dan fase komponen-komponen utama pasang surut M2, S2, N2, K1, O1, MS4, M4, K2, dan P1 dari pengukuran selama satu bulanan (29 hari) dapat dilihat pada tabel 2.

	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A(cm)	101,94	30,03	33,67	5,11	7,74	10,61	2,81	3,53	0,53	1,02
g	0	264	68	139	68	255	343	255	92	126
F	0,21									

Tabel 2. Konstanta Harmonik komponen Pasang Surut Perairan Belawan Februari 2023

Keterangan :

F : Formzahl

A : Amplitudo

g (0) : Fase perlambatan

So : Muka laut rata-rata (Mean Sea Level)

M2 : Konstanta harmonik oleh bulan

S2 : Konstanta harmonik oleh matahari

N2 : Konstanta harmonik oleh perubahan jarak bulan

K2 : Konstanta harmonik oleh perubahan Jarak Matahari

O1 : Konstanta harmonik oleh deklinasi Bulan

P1 : Konstanta harmonik oleh deklinasi Matahari

K1 : Konstanta harmonik oleh deklinasi Bulan dan Matahari

MS4 : Konstanta harmonik interaksi antara M2 dan S2

M4 : Konstanta harmonik ganda M2

Frekuensi pasang naik dan pasang surut setiap hari menentukan tipe pasang surut di wilayah perairan dan secara kuantitatif tipe pasang surut dapat ditentukan oleh perbandingan antara amplitudo (setengah tinggi gelombang) unsur pasang surut ganda utama (M2 dan S2) dan unsur-unsur pasang surut tunggal utama (K1 dan O1). Fluktuasi pasang surut di perairan belawan bulan Februari 2023 dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kurva tinggi Pasang Surut Perairan Belawan Medan

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan selama 29 hari di perairan belawan, diperoleh kisaran pasang surut atau rata-rata selisih antara kedudukan air tertinggi dan kedudukan air terendah adalah 127,39 cm (1,27 m) dan Mean Low Water Level (MLWL) atau kedudukan air terendah yaitu 38,24 cm (0,38 m) serta Mean High Water Level (MHWL) atau kedudukan rata-rata air tertinggi adalah 165,64 cm (1,66 m).

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa pasang purnama terjadi pada 01 hari bulan (21 Februari 2023) pada fase bulan baru. Pasang tertinggi mencapai 217 cm dan surut terendah adalah 40 cm dibawah mean Sea Level. Selisih antara pasang tertinggi dan surut terendah adalah 257 cm. Surut terendah terjadi pada 02 hari bulan (22 Februari 2023) dan pasang tertinggi terjadi pada 01 hari bulan (21 Februari 2023). Kisaran perbedaan antara tinggi pasang surut yang satu dengan yang lain mempunyai rentang antara 1 cm hingga 83 cm. Perbedaan terendah terjadi pada 10 hari bulan (01 Februari 2023) dan yang tertinggi terjadi pada 21 hari bulan (12 Februari 2023).

Tinggi pasang surut minimal dan maksimal dapat dilihat pada tabel 1. Berdasarkan tabel dapat diketahui bahwa tinggi pasang surut minimal tertinggi adalah 199 cm yang terjadi

pada 01 hari bulan (21 Februari 2023) saat fase bulan baru dan yang terendah adalah 05 cm yang terjadi pada 24 hari bulan (15 Februari 2023) saat fase perbani. Tinggi pasang surut maksimal yang tertinggi adalah 256 cm yang terjadi pada 02 hari bulan (22 Februari 2023) dan pasang surut maksimal terendah adalah 64 cm yang terjadi pada 10 hari bulan (01 Februari 2023). Perbedaan tinggi pasang surut antara pasang purnama dan pasang perbani memiliki kisaran antara 192 cm hingga 194 cm.

Selama pengamatan ditemukan 2 kali pasang purnama dan 2 kali pasang perbani. Pasang purnama fase *new moon* terjadi pada 01 hari bulan (21 Februari 2023) dengan tinggi pasang surut 256 cm dan pasang purnama fase *full moon* terjadi pada 18 hari bulan (09 Februari 2023) dengan tinggi pasang surut 197 cm. Pasang perbani pertama terjadi pada 10 hari bulan (01 Februari 2023) dengan tinggi pasang surut 64 cm dan pasang surut perbani kedua terjadi pada 24 hari bulan (15 Februari 2023) dengan tinggi pasang surut 74 cm. Tinggi pasang surut purnama pada fase *new moon* lebih rendah jika dibandingkan dengan tinggi pasang surut purnama fase *full moon* sedangkan tinggi pasang surut perbani kedua lebih tinggi dibandingkan dengan tinggi pasang surut perbani pertama.

Nilai bilangan *formzahl* adalah 0,21 mempunyai pengertian bahwa tipe pasang surut perairan di perairan Belawan Medan adalah semi diurnal (*semidiurnal tides*). Pasang surut semidiurnal berarti dalam satu hari terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut. Pada gambar 1 dapat dilihat dalam satu hari terdapat 2 kali pasang dengan ketinggian yang relatif sama

dan 2 kali surut dengan ketinggian yang relative sama antara surut pertama dan kedua dalam 1 hari.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis pasang surut dengan menggunakan metode *Admiralty* dapat disimpulkan bahwa tipe pasang surut di perairan belawan bulan Februari 2023 adalah tipe pasang surut semidiurnal (*semidiurnal tide*) yang ditunjukkan oleh bilangan *Formzahl*. Dalam satu hari terdapat 2 kali pasang dan 2 kali surut. Berdasarkan kurva tinggi pasang surut juga dapat disimpulkan bahwa terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dimana tinggi pasang surut pertama relatif sama dengan tinggi pasang surut yang kedua. Hasil pengamatan dan analisis ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat baik nelayan maupun yang memanfaatkan perairan muara seperti perairan Belawan Medan sebagai prasarana transportasi.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pimpinan Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan yang telah memberikan dukungan dan motivasi dalam menyelesaikan tulisan ini. Terimakasih juga penulis sampaikan kepada rekan-rekan Pusat Meteorologi Maritim yang telah membantu dalam menyelesaikan tulisan ini.

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z., Andreas, H., Djaja, R., Darmawan, D and Gama, M. 2007. Land Subsidence

- Characteristics of Jakarta between 1997 and 2005 as Estimated Using GPS Surveys. Springer – Verlag. Vol.59, pp.1753-1771.
- Azis, M.F. 2006. Gerak Air di Laut. Oseana. No.4: Hal. 9 – 21.
- BMKG Kota Medan. 2010. Analisa Banjir Rob Pesisir Medan Tahun 2010.
- Brown, J., A. Colling, D. Park, J. Phillips, D. Rothery, and J. Wright. 1989. Waves, Tides and Shallow-water Processes. The Open University. Pergamon Press. 187 p.
- Dahuri, R., J. Rais, S.P. Ginting dan M.J. Sitepu. 1996. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Pradya Paramita, Jakarta. 305 halaman.
- Frederick, H., Dwi, A.A., Hariadi. 2016. Jurnal Oseanografi. Pemetaan Banjir Rob terhadap Pasang Tertinggi di wilayah Pesisir Kecamatan Medan Belawan, Sumatera Utara. Hal. 334-339
- Galloway, W. E. 1975. Tides and Tidal Phenomena. In Asean-Australia Cooperative Program of Marine Science. 244-245p.
- Hutabarat, S. dan S. M. Evans. 1986. Pengantar Oseanografi. UI Press, Jakarta. 159 halaman
- Kennish, M. J. 1986. Ecology of Estuaries. Physical and Chemical Aspects. Volume I. CRC Press, Florida. 243p.
- Musrifin. 2011. Analisis Pasang Surut Perairan Sungai Mesjid Dumai. Jurnal Perikanan dan Kelautan No. 16: Hal. 48-55
- Nontji, A.1993. Laut Nusantara. Jambatan, Jakarta. 367 halaman.
- Pariwono, J. I. 1992. Proses-proses Fisika di Wilayah Pantai. Dalam Pelatihan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Secara Terpadu dan Holistik. Pusat Penelitian Lingkungan. Lembaga Penelitian Institut Pertanian Bogor, Bogor. Hal. 26-30.
- <http://inasealevelmonitoring.big.go.id/pasut/data/residu/day/28/>
(diakses tanggal 03 Maret 2023)

Lampiran 1. Data Pasang Surut Perairan Belawan Medan Bulan Februari 2023

Tanggal/ Jam	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01-Feb-23	60	72	88	105	118	124	121	114	101	92	88	91	97	108	120	137	148	151	144	125	99	72	51	37
02-Feb-23	39	48	71	97	118	130	134	125	112	93	85	79	82	89	109	130	150	161	163	149	121	86	56	35
03-Feb-23	25	34	56	86	113	137	151	154	140	118	95	83	76	80	95	116	139	162	174	169	148	108	70	41
04-Feb-23	19	15	37	66	99	128	150	161	154	127	97	74	64	60	75	104	138	159	178	185	169	133	89	47
05-Feb-23	19	1	13	45	79	114	142	164	159	142	108	74	57	48	59	89	123	150	177	193	189	158	109	63
06-Feb-23	23	-5	-12	15	59	97	133	156	166	155	128	87	57	46	42	62	98	136	167	190	197	176	134	83
07-Feb-23	36	3	-15	-1	39	82	124	154	170	173	147	107	70	49	43	49	79	119	154	184	199	188	154	104
08-Feb-23	56	13	-14	-7	23	64	105	146	170	180	163	129	89	59	39	42	63	100	137	167	188	193	168	123
09-Feb-23	74	30	-1	-14	6	49	93	133	163	183	178	152	112	74	52	39	48	78	115	147	172	183	173	138
10-Feb-23	90	44	13	-8	1	36	78	119	152	173	180	166	134	94	65	52	46	68	100	130	157	176	174	154
11-Feb-23	114	71	37	13	5	29	65	101	138	166	181	184	156	120	86	68	57	62	84	110	133	151	160	149
12-Feb-23	122	83	53	32	22	31	58	94	127	155	176	183	171	147	113	88	73	68	78	94	114	132	143	146
13-Feb-23	134	108	81	61	50	46	59	85	111	137	158	171	173	157	134	110	88	78	76	82	90	106	120	133
14-Feb-23	129	120	108	91	79	70	74	85	99	114	133	149	162	159	150	134	113	97	89	84	81	85	92	107
15-Feb-23	118	113	108	105	97	87	81	79	83	90	102	119	133	146	152	153	145	126	105	86	73	66	62	67
16-Feb-23	81	95	112	121	125	120	111	100	93	87	86	93	108	125	144	157	163	154	136	107	77	57	44	38
17-Feb-23	47	67	93	116	133	149	144	130	110	87	77	74	83	103	128	151	171	182	175	151	112	73	40	16
18-Feb-23	12	31	63	99	135	157	173	168	146	113	82	67	63	75	102	134	166	192	207	195	155	109	64	24
19-Feb-23	2	-2	25	68	115	155	179	193	180	146	103	67	50	41	62	102	145	182	209	221	201	152	98	48
20-Feb-23	4	-27	-16	27	79	130	171	196	207	182	137	94	60	39	33	66	119	163	201	226	231	188	129	76
21-Feb-23	24	-19	-39	-14	43	100	153	188	217	211	176	124	84	54	28	38	81	136	174	208	227	212	163	106
22-Feb-23	51	2	-31	-40	10	69	123	170	202	216	196	152	102	66	38	19	41	90	139	176	200	208	182	129
23-Feb-23	74	23	-11	-31	-8	43	99	148	186	210	213	178	127	84	50	22	15	50	97	137	169	187	181	148
24-Feb-23	98	50	14	-10	-4	31	79	125	164	190	202	183	142	96	60	35	20	33	68	106	136	157	164	147
25-Feb-23	113	69	34	17	13	32	69	107	141	168	186	181	154	114	77	51	35	31	55	81	105	126	137	131
26-Feb-23	110	79	49	34	29	36	62	95	120	141	155	160	147	119	87	63	46	37	49	67	83	94	108	111
27-Feb-23	101	84	68	56	51	57	72	92	110	124	138	146	140	128	116	82	58	43	39	54	72	86	99	106
28-Feb-23	98	90	82	71	63	60	74	86	102	114	123	136	138	132	128	108	73	61	54	44	62	78	82	98
01-Mar-23	92	86	80	72	68	56	62	74	86	108	118	124	134	138	132	116	108	98	82	68	54	46	42	64

Profil Cuaca saat Banjir Pasang (Rob) Februari 2023 di Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan Medan

Zulkarnaen Lubis, S.Pi

NIP. 198907272018011001 PMG Pertama

Stasiun Meteorologi Kelas II Maritim Belawan, Jl. Raya Pelabuhan III Gabion Belawan, Medan, 20414

*Email: zulkarnaen.lubis@bmet.go.id

Abstrak

Dalam jumlah yang proporsional air mendatangkan banyak manfaat, jika jumlahnya sudah berlebih maka akan merusak dan mendatangkan kerugian bagi manusia seperti banjir. Banjir Rob yang terjadi di wilayah pesisir dan estuaria disebabkan oleh kenaikan muka laut melebihi elevasi daratan disekitarnya. Faktor penyebab banjir Rob adalah gelombang pasang yang terjadi secara periodik maka kejadian banjir Rob akan terjadi secara berkala sesuai ketinggian gelombang pasang. Pesisir Belawan yang terletak di sisi timur pulau Sumatera memiliki topografi dataran rendah sehingga berpotensi terjadi rob ketika pasang maksimum. Ketinggian banjir Rob di Belawan dapat meningkat dikarenakan faktor cuaca seperti hujan lebat dan angin kencang. Selain itu posisi bulan terhadap bumi dan jarak antara bumi –bulan serta deklinasi antara bumi-bulan dapat meningkatkan ketinggian banjir Rob. Kejadian banjir Rob bulan Februari 2023 di Pesisir Belawan dipengaruhi oleh bulan yang berada di posisi perigee atau jarak terdekat dengan bumi saat fase full moon dan matahari yang berada di posisi Aphelion. Faktor cuaca yang berpengaruh adalah hujan dengan intensitas 145,9 mm pada periode spring tide di Belawan dan arah angin dominan dari Barat hingga Barat Laut yang bergerak menjauhi garis pantai pesisir Belawan.

Pendahuluan

Perairan selat Malaka berada di sebelah timur pulau Sumatera dan berbatasan dengan semenanjung Malaya di sebelah timur. Perairan selat Malaka merupakan perairan dangkal dengan topografi yang landai di sebelah barat, Wilayah pesisir timur Sumatera ditumbuhi vegetasi mangrove dari berbagai jenis spesies bakau. Wilayah belawan yang berada di pesisir timur Sumatera mendapat pengaruh yang signifikan dari perairan selat Malaka. Oleh karena itu, pola cuaca di belawan tergantung dengan kondisi oseanografi perairan selat Malaka. Salah satu kondisi oseanografi tersebut adalah gelombang pasang surut (*Tidal Wave*).

Pasang surut perairan selat Malaka memiliki pola semi diurnal dimana dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Gelombang pasang surut memberikan dampak terhadap

lingkungan sekitar baik secara fisik maupun sosial. Gelombang pasang yang naik melebihi ketinggian permukaan tanah akan berdampak ke lingkungan daratan di sekitarnya yaitu memicu terjadinya banjir rob atau banjir pesisir. Surut terendah menyebabkan kapal mengalami kesulitan untuk berlabuh di dermaga atau mengalami kandas di perairan dangkal. Selain pengaruh dari bulan dan matahari, ketinggian gelombang pasang surut sangat dipengaruhi oleh kondisi topografi wilayah pesisir, vegetasi dan cuaca saat terjadi gelombang pasang surut.

Laju pergerakan gelombang pasang surut di wilayah pesisir dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya topografi, tipe permukaan tanah dan vegetasi daratan. Wilayah pesisir yang landai akan menyebabkan gelombang pasang akan lebih cepat bergerak ke daratan

dibanding topografi yang terjal. Tipe permukaan tanah yang didominasi oleh lumpur akan mengakibatkan laju air akan semakin cepat bergerak ke daratan dibandingkan tipe tanah yang berbatu atau kasar. Kondisi wilayah pesisir yang ditumbuhi vegetasi akan berpengaruh terhadap laju pergerakan massa air laut di daratan.

Pada tanggal 17-23 Februari 2023 terjadi gelombang pasang surut maksimum (*spring tide*) fase bulan baru dan 3-9 Februari 2023 terjadi spring tide fase purnama yang berdampak di wilayah Belawan Medan. Gelombang pasang mengakibatkan banjir rob yang menggenangi pesisir belawan hingga mengakibatkan kerusakan bangunan, sarana prasarana dan menghambat aktifitas kegiatan masyarakat serta industri (BMKG, 2010). Penurunan permukaan tanah merupakan fenomena alami karena adanya pemanfaatan tanah yang masih lunak (Abidin, 2007). Berkaitan dengan hal tersebut maka perlu dilakukan analisis tentang gelombang pasang yang mengakibatkan banjir rob dan faktor yang mempengaruhi.

Fase Bulan

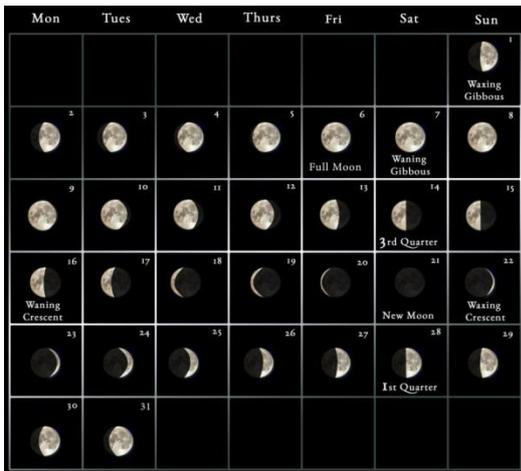
Bumi dan bulan membentuk suatu sistem tunggal, saling berputar dan mengelilingi pusat dengan periode 27,3 hari. Orbit bulan dan bumi berbentuk elips atau lonjong dan tidak sepenuhnya berbentuk lingkaran. Secara eksentrik bumi berputar mengelilingi pusat massa yang berarti semua titik dalam dan di permukaan bumi mengikuti lintasan melingkar dan mempunyai jarak yang sama ke pusat massa. Tiap titik juga memiliki kecepatan sudut yang sama. Hal ini menyebabkan semua titik di permukaan bumi mengalami percepatan

yang sama dan menghasilkan gaya sentrifugal yang sama dari pergerakan eksentrik. Gaya sentrifugal total pada sistem bumi-bulan menyeimbangkan gaya gravitasi yang bekerja diantara bumi dan bulan sehingga sistem bumi-bulan dalam keseimbangan. Dengan demikian gaya yang berpengaruh terhadap pasang di permukaan bumi adalah gravitasi bulan dan bumi serta gaya sentrifugal bumi yang timbul dari perputaran bumi.

Pada 04 Februari 2023 Bulan berjarak 406.475 km dari bumi dan pada tanggal 06 Februari 2023 pukul 01.28 WIB, bulan dalam fase purnama. Pada 19 Februari 2023, jarak bumi-bulan adalah 358.267 km dan pada 20 Februari 2023 pukul 14.05 WIB bulan dalam fase bulan baru. Selain itu posisi bulan yang berada di perigee atau jarak terdekat dengan bumi mengakibatkan gravitasi bulan berpengaruh lebih besar terhadap gelombang pasang surut. Waktu yang dibutuhkan bulan untuk melakukan satu putaran mengitari bumi adalah 24 jam 50 menit sedangkan rotasi bumi selama 23 jam 56 menit. Perbedaan tersebut mengakibatkan efek gravitasi bulan mengalami keterlambatan hingga tiga hari pada wilayah yang sama di permukaan bumi. Oleh karena itu pasang maksimum berlangsung hingga tanggal 23 dan 09 Februari 2023 di pesisir Belawan.

Selain dari gravitasi bulan, gravitasi matahari juga mempengaruhi ketinggian pasang di bumi. Pada bulan Februari 2023 posisi matahari berada pada jarak 147.862.758 km dari bumi. Sedangkan jarak terjauh bumi –matahari 152.104.285 km atau aphelion dan jarak terdekat bumi-matahari 147.091.663 km disebut perihelion. gaya gravitasi matahari dapat menambah ketinggian

pasang sekitar 0,46% dari bulan. jarak bumi-matahari pada bulan Februari 2023 yang berada dibawah rata-rata dan mendekati titik Perihelion memberikan kontribusi peningkatan tinggi pasang di belawan pada tanggal 17-23 dan 3-9 Februari 2023.



Gambar 1. Fase bulan pada Januari 2023

Kondisi Cuaca

Faktor cuaca dapat mempengaruhi ketinggian pasang surut atau banjir rob di suatu wilayah terutama di wilayah teluk, selat, perairan semi terbuka dan muara sungai seperti Belawan. Hujan dan angin kencang menyebabkan dampak banjir rob lebih signifikan karena menambah volume air dan angin mendorong massa air laut bergerak ke darat lebih jauh. Kondisi cuaca di Belawan pada saat terjadi gelombang pasang purnama fase bulan baru tanggal 17-23 dan 3-9 Februari 2023 di uraikan sebagai berikut.



Gambar 2. Curah Hujan Periode Spring tide fase New Moon Februari 2023

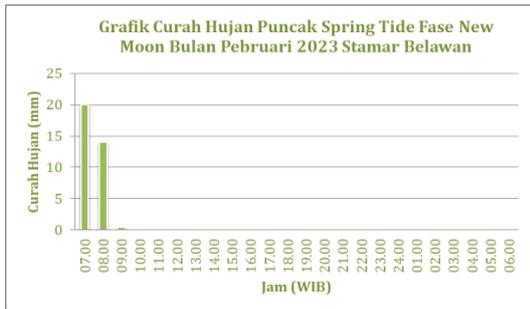
Kondisi Cuaca di Belawan pada saat terjadinya pasang maksimum fase new moon dari tanggal 17-23 Februari 2023 bervariasi mulai dari Cerah hingga hujan dengan intensitas ringan dan sedang yang disertai petir. Pada saat siang hari cuaca di belawan cerah berawan dan hujan ringan dan pada saat puncak pasang maksimum yaitu tanggal 20 Februari 2023 terjadi hujan di Stamar Belawan dengan intensitas ringan 34,4 mm. Selama periode spring tide fase new moon Februari 2023 intensitas hujan yang terjadi di Belawan adalah 42,8 mm. Kondisi ini berpengaruh terhadap ketinggian banjir rob di Belawan yang mengalami kenaikan yang diakibatkan hujan yang turun tidak dapat mengalir ke laut yang sedang pasang tinggi.



Gambar 3. Curah Hujan Periode Spring tide fase Full Moon Februari 2023

Pada saat spring tide fase purnama tanggal 3-9 Februari 2023, kondisi cuaca didominasi cuaca cerah berawan hingga hujan dengan intensitas ringan. Saat puncak spring tide fase purnama tanggal 09 Februari 2023 terjadi hujan dengan intensitas 2,7 mm. Pada saat periode spring tide fase purnama, curah hujan terukur di Stamar Belawan adalah 2,7 mm.

Pada saat puncak pasang fase new moon tanggal 20 Februari 2023 hujan terjadi dengan intensitas 34,4 mm. Pada saat puncak spring tide fase new moon hujan terjadi pada pagi hari yang bertepatan dengan fase gelombang surut



Gambar 4. Curah Hujan puncak spring Tide Fase New Moon Februari 2023

dan pasang kedua. Hujan yang turun saat pagi hari dan bertepatan dengan surut mengakibatkan hujan tidak mengalami hambatan saat mengalir ke laut. Oleh karena itu hujan yang turun secara bersamaan dengan fase surut memberikan pengaruh yang kecil terhadap peningkatan ketinggian pasang di pesisir belawan. Hujan yang terjadi saat puncak pasang fase new moon saat pagi hari pukul 07.00-10.00 WIB bersamaan dengan periode surut dan pasang kedua yang memiliki ketinggian pasang lebih kecil dibanding pasang pertama.



Gambar 5. Curah Hujan puncak spring Tide Fase Full Moon Februari 2023

Pada saat puncak pasang fase full moon tanggal 09 Februari 2023 hujan terjadi dengan intensitas ringan yaitu 2,7 mm. Pada saat puncak spring tide fase full moon hujan terjadi pada pagi hingga siang hari yang bertepatan dengan fase gelombang pasang naik pertama. Hujan yang turun pagi hingga siang hari bertepatan dengan periode pasang pertama sehingga mengakibatkan aliran air hujan terhambat saat menuju perairan

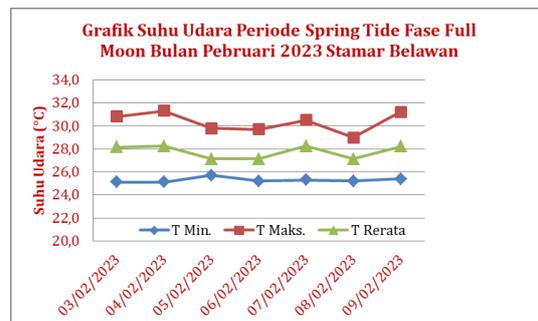
laut. Oleh karena itu hujan yang turun secara bersamaan dengan fase surut memberikan pengaruh yang kecil terhadap peningkatan ketinggian pasang di pesisir belawan. Hujan yang terjadi saat puncak pasang fase full moon saat pagi hari pukul 10.00-13.00 WIB.

Suhu Udara



Gambar 6. Suhu Udara periode spring tide fase New Moon Februari 2023

Pada tanggal 17-23 Februari 2023 Suhu Udara di Belawan memiliki kisaran antara 24°C–32°C. Suhu udara bervariasi disebabkan kondisi hujan sampai cuaca berawan sehingga pemanasan berlangsung optimal dan mengakibatkan tingginya suhu udara di belawan. Suhu udara rata-rata di belawan adalah 28,2°C selama periode spring tide fase new moon bulan Februari 2023 yang terjadi di pesisir Belawan. Kondisi suhu yang hangat mengakibatkan tingginya penguapan dan kelembaban udara. Kedua faktor tersebut mendukung terbentuknya awan konvektif yang menghasilkan hujan di Belawan selama periode spring tide Februari 2023.

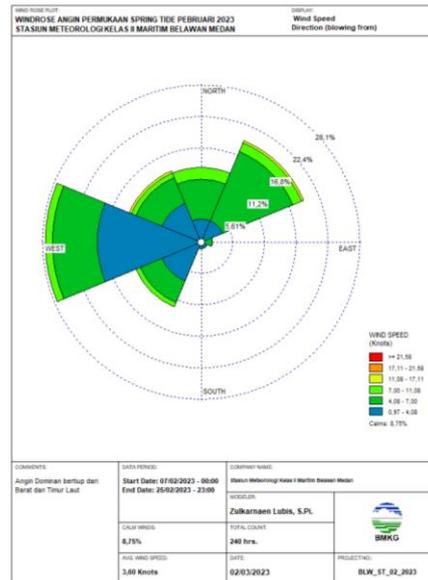


Gambar 7. Suhu Udara periode spring tide fase Full Moon Februari 2023

Pada tanggal 3-9 Februari 2023 Suhu Udara di Belawan memiliki kisaran antara 25°C–31°C. Suhu udara bervariasi disebabkan kondisi hujan sampai cuaca berawan sehingga pemanasan berlangsung optimal dan mengakibatkan tingginya suhu udara di belawan. Suhu udara rata-rata di belawan adalah 27,7°C selama periode spring tide fase full moon bulan Februari 2023 yang terjadi di pesisir Belawan. Kondisi suhu yang hangat mengakibatkan tingginya penguapan dan kelembaban udara. Kedua faktor tersebut mendukung terbentuknya awan konvektif yang menghasilkan hujan di Belawan selama periode spring tide Februari 2023.

Angin Permukaan

Kondisi Angin permukaan di stasiun meteorologi kelas II Maritim Belawan Medan selama periode Spring Tide Februari 2023 bervariasi dengan arah dominan bertiup dari Barat dan Timur Laut dengan kecepatan rata-rata 3,60 Knot dan kecepatan maksimum mencapai 12 knot yang bertiup dari arah Timur Laut selama periode pasang maksimum. Pada tanggal 20 Februari 2023, angin bertiup dari arah Barat dengan kecepatan 07 knot, hal ini menyebabkan massa air terdorong menjauhi garis pantai. Kondisi angin permukaan yang bertiup dari arah Barat berkontribusi dalam mempengaruhi ketinggian banjir Rob di pesisir Belawan karena arah angin yang bergerak menjauhi garis pantai menyebabkan massa air laut terdorong menjauhi pesisir lebih jauh. Pada tanggal 09 Februari 2023 angin maksimum bertiup dari arah Timur dengan kecepatan 05 knot. Hal ini menyebabkan massa air terdorong lebih jauh menuju garis pantai sehingga mempengaruhi kondisi rob di wilayah pesisir belawan.



Gambar 8. Windrose angin permukaan periode spring tide Februari 2023

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z., Andreas, H., Djaja, R., Darmawan, D and Gama, M. 2007. Land Subsidence Characteristics of Jakarta between 1997 and 2005 as Estimated Using GPS Surveys. Springer – Verlag. Vol.59, pp.1753-1771.

Azis, M.F. 2006. Gerak Air di Laut. Oseana. No.4: Hal. 9 – 21.

BMKG Kota Medan. 2010. Analisa Banjir Rob Pesisir Medan Tahun 2010.

Frederick, H., Dwi, A.A., Hariadi. 2016. Jurnal Oseanografi. Pemetaan Banjir Rob terhadap Pasang Tertinggi di wilayah Pesisir Kecamatan Medan Belawan, Sumatera Utara. Hal. 334-339

<https://www.bmkg.go.id/hilalgerhana/?p=fase-fase-bulan-dan-jarak-bumi-bulan-pada-tahun-2023&lang=ID>.

<https://wyldemoon.co.uk/the-moon/2023-lunar-calendar/>