



PIDATO PENGUKUHAN GURU BESAR

Prof. Dr. Yassir Arafat, ST., MT.

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TADULAKO
JANUARI 2026**

RESPONS HIDRODINAMIKA PESISIR TERHADAP PERUBAHAN IKLIM DAN
DEFORMASI TEKTONIK PADA SISTEM SUNGAI DAN PANTAI DI SULAWESI
TENGAH

Pidato Pengukuhan Guru Besar
Dalam bidang : Rekayasa Sungai dan Pantai

Prof. Dr. Yassir Arafat,ST., MT.

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Tadulako

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh, Selamat Pagi dan Salam Sejahtera untuk kita semua.

Yang saya hormati,

- ✦ Rektor dan Para Wakil Rektor Universitas Tadulako
- ✦ Ketua, Sekretaris dan Seluruh Anggota Senat Universitas Tadulako
- ✦ Ketua, Sekretaris dan Seluruh Anggota Dewan Guru Besar Universitas Tadulako
- ✦ Para Dekan, Direktur Pascasarjana, dan Kepala Lembaga di lingkungan Universitas Tadulako
- ✦ Para Kepala Biro di lingkungan Universitas Tadulako
- ✦ Para Wakil Dekan, Wakil Direktur Pascasarjana dan Sekretaris Lembaga di lingkungan Universitas Tadulako
- ✦ Para Ketua dan Sekretaris Jurusan, Koordinator Program Studi di lingkungan Universitas Tadulako
- ✦ Seluruh sivitas akademika (dosen, Tendik dan mahasiswa) di lingkungan Universitas Tadulako
- ✦ Para tamu undangan, sanak keluarga, handai taulan dan hadirin yang berbahagia.

Bismillahirrahmanirrahim (بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ)

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang Puji dan syukur ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala Tuhan Yang Maha Kuasa, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga kita diberi kesempatan untuk mengikuti acara Pengukuhan Guru Besar hari ini. Izinkan saya menyampaikan pidato pengukuhan Guru Besar dengan judul **“Respons Hidrodinamika Pesisir Terhadap Perubahan Iklim dan Deformasi Tektonik Pada Sistem Sungai dan Pantai di Sulawesi Tengah”**.

Judul ini merepresentasikan perjalanan akademik dan riset yang saya tekuni selama lebih dari satu dekade, yang berfokus pada Rekayasa Sungai dan Pantai, mulai dari kajian fundamental hingga aplikasi rekayasa.

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Selama lebih dari satu abad, disiplin ilmu Teknik Sipil—khususnya di bidang Sumber Daya Air—dibangun di atas sebuah asumsi fundamental, yang berangkat dari logika sederhana: bahwa perilaku alam—hujan, aliran sungai, banjir—bersifat relatif stabil dan berulang dari waktu ke waktu .

Di masa lalu, kita percaya bahwa data sejarah 30 tahun terakhir adalah cermin untuk memprediksi 30 tahun ke depan. Di atas keyakinan inilah infrastruktur irigasi, pengendali banjir dan bangunan pantai kita dirancang. Istilah teknis seperti "Banjir 100 Tahunan" bukan sekadar statistik; itu adalah simbol arogansi intelektual kita bahwa alam dapat dipahami secara matematis . Dalam beberapa dekade terakhir, kita dihadapkan pada realitas baru. Perubahan iklim akibat aktivitas manusia telah mengintervensi siklus hidrologi bumi secara fundamental (Kundzewicz, 2008; Q. Wang et al., 2023). Pemanasan atmosfer meningkatkan kapasitas udara menampung uap air—sesuai hukum Clausius-Clapeyron—yang mengakibatkan hujan turun dengan intensitas ekstrem yang "menghukum", sementara periode kering menjadi lebih panjang dan menyiksa (Li et al., 2024).

Infrastruktur yang kita bangun dengan asumsi kestabilan alam, kini berdiri rentan menghadapi risiko kegagalan yang belum pernah kita perhitungkan sebelumnya. Intensifikasi siklus hidrologi ini tidak hanya meningkatkan frekuensi kejadian ekstrem—banjir yang lebih sering dan lebih besar, kekeringan yang lebih panjang dan lebih dalam—tetapi juga memperbesar ketidakpastian dalam sistem hidrologi itu sendiri (Koutsoyiannis, 2020; Xiong & Yang, 2024). Variabilitas meningkat. Peristiwa-peristiwa yang sebelumnya jarang terjadi kini menjadi lebih sering. Hubungan antara sebab dan akibat menjadi lebih kompleks dan kurang linear.

Dalam kondisi seperti ini, pemahaman yang telah kita gunakan selama berabad-abad mulai kehilangan relevansinya secara dramatis. Analisis frekuensi yang sepenuhnya bertumpu pada data historis tidak lagi mampu memberikan gambaran risiko yang utuh dan akurat. Peristiwa yang dahulu dianggap langka kini terjadi lebih sering (Xiong & Yang, 2024). Banjir yang dirancang untuk kemungkinan terjadi sekali dalam seratus tahun, pada kenyataannya dapat muncul kembali dalam rentang waktu satu atau dua dekade.

Infrastruktur air yang dibangun dengan asumsi kestabilan alam kini menghadapi risiko kegagalan yang lebih tinggi dari yang diperhitungkan saat desain. Kemajuan teknologi rekayasa yang kita banggakan—perhitungan yang presisi, material yang berkualitas tinggi, konstruksi yang kokoh—seringkali justru menjadi instrumen yang mempercepat degradasi lingkungan ketika didasarkan pada asumsi yang sudah tidak lagi valid.

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Jika perubahan iklim adalah ancaman global, maka Sulawesi Tengah adalah panggung di mana ancaman tersebut bertemu dengan kekuatan geologi yang dahsyat. Wilayah ini adalah laboratorium alam yang unik sekaligus menakutkan. Di bawah kaki kita, Sesar Palu-Koro berdenyut aktif dengan laju pergeseran 30 hingga 44 milimeter per tahun. Peristiwa gempa Mw 7.5 pada 28 September 2018 telah menjadi "guru yang keras" bagi kita. Gempa tersebut tidak hanya meruntuhkan bangunan, tetapi juga mengubah lanskap hidrologi dan morfologi pesisir kita secara permanen.

Studi kami di **Sungai Palu** pasca-bencana menunjukkan bagaimana sistem sungai merespons guncangan ini. Longsoran di hulu akibat gempa telah mengirimkan volume sedimen masif yang mendangkalan muara dan membentuk delta baru yang dinamis. Akibatnya, kapasitas sungai menurun drastis. Hujan dengan intensitas biasa, yang dulu aman, kini cukup untuk memicu luapan banjir. Fenomena ini menunjukkan bahwa proses tektonik, hidrologi, dan aktivitas manusia adalah satu kesatuan sistem yang tidak terpisahkan.

Penelitian di Sungai Palu, yang mencakup area tangkapan lebih dari 3.000 km², mengungkapkan betapa rentannya sistem sungai kita terhadap perubahan tata guna lahan dan gangguan geomorfologi. Transformasi hutan menjadi lahan terbangun dan perkebunan telah mengurangi kapasitas infiltrasi tanah aluvial yang secara alami memang mudah tererosi.

Melalui pemodelan numerik 2D menggunakan *HEC-RAS*, memperlihatkan terjadinya pengendapan sedimen hingga 0,75 meter di segmen muara dalam periode yang sangat singkat. Pengamatan satelit selama lima tahun terakhir mengonfirmasi pembentukan *delta-bar* yang sangat dinamis, yang berubah tidak hanya dalam skala tahunan tetapi juga musiman (Tunas et al., 2025). Hal ini menegaskan bahwa manajemen sungai di era perubahan iklim tidak bisa lagi hanya mengandalkan pemeliharaan konvensional, melainkan memerlukan pendekatan konservasi hulu yang jauh lebih integratif.

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Selain berdampak terhadap siklus hidrologi, kejadian hujan ekstrim, perubahan iklim berimplikasi juga pada kenaikan muka air laut, karena secara langsung merekam akumulasi energi panas yang tersimpan di dalam sistem samudra.

Secara fisik, kenaikan muka laut dipicu oleh dua mekanisme utama. Pertama adalah pemuai termal air laut. Ketika suhu global meningkat, samudra menyerap lebih dari sembilan puluh persen kelebihan panas yang terperangkap di atmosfer. Air laut yang memanas akan mengembang, sehingga volume samudra meningkat dan muka laut perlahan naik. Proses ini berlangsung secara terus-menerus, bahkan ketika laju pemanasan atmosfer melambat, karena samudra memiliki kapasitas panas yang sangat besar.

Mekanisme kedua adalah pencairan massa es daratan, terutama dari lapisan es Greenland, Antarktika, serta gletser-gletser pegunungan. Ketika es daratan mencair, air tawar tambahan mengalir ke samudra dan secara langsung meningkatkan volume air laut. Tidak seperti pemuai termal yang bersifat gradual, pencairan es memiliki potensi menghasilkan percepatan kenaikan muka laut yang signifikan apabila ambang-ambang kestabilan lapisan es terlampaui (Baird, 2024; H. Wang et al., 2023).

Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC) memproyeksikan bahwa pada skenario emisi tinggi, muka laut global dapat meningkat hingga mendekati satu meter pada akhir abad ke-21 (DeConto et al., 2021; Intergovernmental Panel On Climate Change, 2014). Angka ini mungkin tampak kecil dalam skala manusia, namun bagi wilayah pesisir yang datar, kenaikan beberapa puluh sentimeter saja sudah cukup untuk memperluas genangan, meningkatkan frekuensi banjir rob, mempercepat intrusi air asin, dan menggeser garis pantai secara permanen (Cazenave et al., 2014; Q. Wang et al., 2023).

Namun, di sinilah persoalan menjadi lebih kompleks dan lebih menantang secara ilmiah. Kenaikan muka laut yang sering kita dengar dalam laporan global sejatinya adalah rata-rata seluruh samudra dunia. Ia memberikan gambaran makro tentang arah perubahan iklim, tetapi tidak serta-merta menggambarkan realitas yang dialami oleh setiap wilayah pesisir.

Dalam kenyataannya, muka laut tidak naik dengan laju yang sama di semua tempat. Dinamika sirkulasi samudra, redistribusi massa air akibat perubahan gravitasi, serta pergerakan vertikal daratan menyebabkan kenaikan muka laut bersifat sangat tidak seragam secara spasial (Cazenave & Moreira, 2022). Di beberapa wilayah, laju kenaikan dapat melampaui rata-rata global hingga lebih dari dua kali lipat, sementara di wilayah lain dapat relatif lebih kecil, bahkan menunjukkan tren lokal yang berbeda. Yang lebih menentukan lagi bagi masyarakat pesisir bukanlah kenaikan muka laut global, melainkan kenaikan muka laut relatif terhadap daratan setempat (Arafat et al.,

2025). Di sinilah perubahan iklim mulai berinteraksi dengan dinamika geologi, geomorfologi, dan hidrodinamika lokal. Perubahan iklim tidak lagi hadir sebagai fenomena atmosfer semata, melainkan sebagai bagian dari sistem bumi terkopel, yang hasil akhirnya sangat bergantung pada karakter setiap wilayah.

Dalam konteks inilah, kajian hidrodinamika pesisir menjadi sangat penting. Ia memungkinkan kita untuk memahami bagaimana sinyal perubahan iklim global diterjemahkan menjadi perubahan nyata dalam pasang surut, arus, transport sedimen, dan stabilitas garis pantai. Lebih dari itu, ia membuka ruang bagi pendekatan adaptasi yang tidak bersifat generik, melainkan berbasis pada pemahaman mendalam tentang dinamika fisik local.

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Wilayah kita menghadapi tantangan yang lebih senyap namun destruktif: penurunan muka tanah (land subsidence). Data dari satelit *Sentinel-1* dan *ALOS PALSAR* menunjukkan fakta yang mengkhawatirkan. Di wilayah pesisir Donggala, khususnya Sirenja dan Tompe, tercatat penurunan tanah hingga 9,3 cm dalam periode singkat pasca-gempa. Secara berkelanjutan, laju *subsidence* di beberapa area terpantau stabil pada kisaran 3-4 cm per tahun (Tampubolon et al., 2020).

Dalam perspektif rekayasa, ini adalah sebuah "bencana dalam gerak lambat". Laut yang naik didorong oleh perubahan iklim, dan tanah yang turun oleh tektonik.

Kombinasi ini menciptakan Kenaikan Muka Air Laut Relatif (*Relative Sea Level Rise*) yang dapat menenggelamkan pesisir kita jauh lebih cepat. Hal ini sangat signifikan dan memiliki implikasi yang sangat serius bagi perencanaan infrastruktur jangka panjang di Pesisir Pantai Barat Donggala yang mengalami land subsidence.

Penelitian hidrodinamika kenaikan muka air laut di Teluk Tambu yang dipublikasikan pada jurnal *Mathematical Modelling of Engineering Problems* (2025) menggunakan model *Delft3D* memberikan informasi krusial: kenaikan muka air laut tidak terjadi secara pasif. Ia memicu amplifikasi energi hidrodinamika (Arafat et al., 2025).

Ketika volume air yang masuk ke teluk (*tidal prism*) meningkat, air bergerak dengan kecepatan yang lebih besar. Simulasi kami menunjukkan bahwa kenaikan muka air laut sebesar 1 meter akan meningkatkan tunggang pasang surut sebesar 25% dan kecepatan arus hingga 30% (Arafat et al., 2025). Karena energi kinetik air sebanding dengan kuadrat kecepatan, peningkatan ini berarti energi yang menghantam pesisir kita akan meningkat dan mengakibatkan erosi garis pantai. Energi ini akan menggoyahkan infrastruktur pelindung, dan mengancam infrastruktur jalan dan permukiman. Hal ini

menuntut kita untuk mendesain infrastruktur pesisir dengan memperhitungkan beban energi yang jauh lebih besar di masa depan.

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Berangkat dari sebuah kesadaran sederhana, namun mendasar: bahwa perubahan iklim tidak dapat dipahami secara utuh hanya melalui pendekatan global, dan tidak dapat dikelola secara efektif tanpa pemahaman yang mendalam tentang dinamika lokal. Dalam konteks negara kepulauan seperti Indonesia, di mana garis pantai membentang lebih dari seratus ribu kilometer dan jutaan penduduk bergantung pada wilayah pesisir, pendekatan ilmiah yang presisi menjadi kebutuhan strategis.

Kontribusi pertama yang ingin saya tekankan adalah penguatan kerangka konseptual mengenai relative sea level rise di wilayah pesisir tropis dan tektonik aktif. Selama ini, banyak kajian kenaikan muka laut berfokus pada sinyal global pemanasan, dengan perhatian terbatas terhadap interaksi antara perubahan iklim dan dinamika kerak bumi. Melalui kajian di Teluk Tambu, saya berupaya menunjukkan bahwa dampak nyata di pesisir merupakan hasil kopling antara kenaikan muka laut global, subsiden tektonik, morfologi teluk, dan rezim pasang regional.

Dalam kerangka ini, kenaikan muka laut tidak lagi dipandang sebagai proses linier, melainkan sebagai fenomena emergen dari sistem bumi terkopel. Pendekatan ini memungkinkan kita memahami mengapa wilayah tertentu mengalami percepatan risiko yang jauh lebih tinggi dibanding wilayah lain, meskipun terpapar sinyal iklim global yang sama. Saya meyakini bahwa perspektif ini penting untuk memperkaya literatur hidrodinamika pesisir di wilayah tropis, yang hingga kini masih relatif kurang terwakili dalam kajian internasional.

Kontribusi kedua adalah pengembangan pendekatan pemodelan hidrodinamika resolusi tinggi untuk wilayah teluk semi-tertutup di daerah rawan gempa. Melalui pemanfaatan Delft3D-FLOW dengan grid spasial yang halus, integrasi data batimetri lokal, serta kalibrasi berbasis data pasang surut aktual, kami mengembangkan suatu kerangka simulasi yang mampu merepresentasikan dinamika pasang, arus, dan distribusi energi secara realistis.

Pendekatan ini tidak hanya menghasilkan estimasi kenaikan muka air, tetapi yang lebih penting, mampu mengungkap perubahan energi hidrodinamika yang selama ini sering terabaikan. Temuan mengenai amplifikasi rentang pasang dan peningkatan kecepatan arus memberikan bukti bahwa dampak perubahan iklim di pesisir sering kali lebih dominan muncul dalam bentuk perubahan energi, bukan sekadar perubahan elevasi.

Kontribusi ketiga adalah penguatan pemahaman tentang peran geomorfologi dan konfigurasi teluk dalam memodulasi dampak perubahan iklim. Melalui kajian Teluk Tambu, kami menunjukkan bahwa teluk semi-tertutup dapat memoderasi kenaikan muka air rata-rata, namun sekaligus memperkuat resonansi pasang dan redistribusi energi. Dengan demikian, suatu wilayah yang tampak relatif “aman” dari sisi elevasi justru dapat mengalami peningkatan risiko erosi, instabilitas sedimen, dan degradasi ekosistem.

Temuan ini memperluas pemahaman kita bahwa adaptasi perubahan iklim tidak dapat hanya berbasis peta genangan, tetapi harus mempertimbangkan perubahan dinamika pasang, arus, dan transport sedimen sebagai determinan utama kerentanan pada infrastruktur yang ada di pesisir.

Kontribusi keempat yang ingin saya garis bawahi adalah penghubung antara sains hidrodinamika dan kebijakan adaptasi pesisir. Salah satu tantangan besar dalam pengelolaan pesisir adalah kesenjangan antara pengetahuan ilmiah dan praktik perencanaan. Melalui kajian ini, kami berupaya menyediakan informasi yang langsung relevan bagi perancang kebijakan, mulai dari penentuan zona rawan, perencanaan infrastruktur pesisir adaptif, hingga perancangan strategi berbasis ekosistem seperti restorasi mangrove dan pengelolaan sedimen.

Dalam perspektif ini, pemodelan hidrodinamika tidak lagi berhenti sebagai alat analisis akademik, tetapi menjadi instrumen pengambilan keputusan yang mendukung ketahanan wilayah pesisir dalam jangka panjang.

Lebih luas lagi, kontribusi ini sebagai bagian dari upaya membangun ilmu hidrodinamika pesisir yang berakar pada konteks Indonesia. Wilayah tropis, teluk semi-tertutup, sistem pasang kuat, serta pengaruh tektonik aktif merupakan karakter khas Sulawesi Tengah (Palu Donggala) yang belum sepenuhnya terwakili dalam literatur global. Dengan mengangkat kasus-kasus lokal sebagai laboratorium alam, kita tidak hanya memecahkan persoalan lokal, tetapi juga berkontribusi pada pengayaan pengetahuan dunia.

Hadirin yang saya hormati,

Ilmu pengetahuan berkembang bukan hanya melalui penemuan besar, tetapi melalui akumulasi pemahaman yang teliti, kontekstual, dan berkelanjutan. Melalui kajian hidrodinamika pesisir dan perubahan iklim ini, saya berupaya menempatkan diri dalam arus kecil kontribusi tersebut — membangun jembatan antara perubahan iklim global dan realitas pesisir Indonesia, antara teori dan kebijakan, serta antara ilmu dan pengabdian kepada masyarakat.

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Untuk mengakhiri orasi ini, izinkan saya menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Rektor Universitas Tadulako Bapak Prof. Dr. Ir. Amar, ST., MT., IPU, ASEAN Eng. dan Bapak/Ibu Wakil Rektor yang telah banyak membantu dan mendukung proses pengusulan Guru Besar.
2. Ketua Senat Universitas Tadulako Bapak Prof. Dr. H. Djayani Nurdin, S.E., M.Si dan Sekretaris Senat Universitas Tadulako Bapak Ir. Muhammad Iqbal ST. MT dan seluruh anggota Senat Universitas Tadulako,
3. Ketua Dewan Guru Besar Bapak Prof. Dr. Ir. Fathurrahman, MP. dan Sekretaris Dewan Guru Besar Bapak Prof. Dr. Jusman Mansyur, M.Si serta seluruh anggota Dewan Guru Besar.
4. Para Dekan, Direktur Pascasarjana, Para Kepala Biro dan Para Wakil Dekan dan Wakil Direktur Pascasarjana.
5. Dekan Fakultas Teknik Bapak Ir. Andi Arham Adam, ST., M.Sc(Eng), PhD, Wakil Dekan Fakultas Teknik, Ketua dan Sekretaris serta Anggota Senat Fakultas Teknik, Ketua dan Sekretaris Jurusan, Kordinator Program Studi dan seluruh dosen di lingkungan Fakultas Teknik yang telah membantu dan mendukung proses pengajuan Guru besar.
6. Kabag Umum beserta bapak/ibu Tenaga Kependidikan Fakultas yang telah banyak membantu dalam proses pengurusan kenaikan jabatan Guru Besar saya.
7. Senior senior kami Guru dan Mentor
8. Para dosen saya sewaktu menempuh S1, S2 dan S3. Terkhusus kepada Pembimbing S1 saya Bapak Ir. Robert Mustakim, Pembimbing S2 Dr. Ir, Cahyono, Pembimbing S3 saya Prof. Dr. Saleh Pallu.
9. Ketua Jurusan Teknik Sipil Ib Dr. Ir. Sriyati Ramadani, ST., MT, Koordinator Prodi S1 Teknik Sipil Bapak/Ibu Dosen, PLP Laboratorium, Tenaga Kependidikan yang banyak mendoakan, membantu serta mendukung seputar kegiatan tridarma Perguruan Tinggi sehingga saya bisa mencapai jabatan Guru Besar dan tak lupa saya haturkan banyak terima kasih kepada tim riset kami Prof Dr. Ir. Galib Ishak, MS., Prof Dr. Ir. Wayan Sutapa M.Eng, Prof Dr. Ir. Andi Rusdin ST. MT. MEng., Prof Dr. Ir. I Gede Tunas, ST. MT., dan teman dosen di KDK Air, dan seluruh teman dosen Kolega di Jurusan Teknik Sipil
10. Guru-guru saya di SD Negeri Kampiri, SMP Negeri Kampiri dan SPM Negeri 7 Makassar dan SMA Negeri 5 Makassar.

Rektor, Ketua Senat dan Para Hadirin yang saya hormati

Pada kesempatan ini, perkenankan saya menyampaikan secara khusus ucapan terima kasih dan rasa cinta yang mendalam kepada:

11. Keluarga Tercinta:

- Sujud bakti saya kepada Orang Tua: **Bapak Andi Burhanuddin Abidin (Almarhum)** dan **Ibu Hj. Andi Hasnah**. Serta Bapak Mertua **Ali Munir (Almarhum)** dan Ibu Mertua **Nurhasni**. Segala capaian ini adalah buah doa-doa tak putus dari beliau. *Insyallah*, semoga Almarhum mendapatkan tempat terbaik di sisi-Nya .
- Terima kasih kepada Kakek dan Nenek (Andi Zainal Abidin dan Andi Mapakanang), serta Om dan Tante teristimewa Andi Tenri Abeng yang mendidik dan mendukung saya sejak masa sekolah, dan almarhum Kolonel Andi Muh Syafri Abidin.
- Bapak Ir. Andi Muh. Yamin Astha, M.Si sekeluarga yang tidak pernah berhenti mendukung dan mendorong pencapaian ini, serta Dr. dr. Andi Salahuddin Abidin dan Ir. A. Muh Taufik Abidin yang banyak membimbing sejak SMP sampai awal karier.
- Kepada belahan jiwa saya, Istri tercinta Delnia, serta anak-anakku kebanggaan hati: Nisa, Afian, Zaki, dan Nadilah. Kalian adalah pelabuhan tempat saya pulang, dan energi terbesar dalam hidup saya.
- Kepada saudara-saudaraku: Andi Karsa dan adik saya Iwan Setiawan.
- Serta segenap keluarga besar.
- Semua pihak yang telah memberikan dukungan baik secara moril maupun materil sehingga saya dapat mencapai jabatan Guru Besar.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan Ridha dan kekuatan kepada saya dalam mengembang amanah ini dengan sebaik-baiknya. Akhirnya saya mengucapkan terima kasih kepada seluruh hadirin atas perhatian dan partisipasinya. Mohon maaf atas segala kekurangan.

Daftar Pustaka

- Arafat, Y., Tunas, I. G., & Hidayat, N. (2025). Modelling the Impact of Sea Level Rise on Ocean Hydrodynamics: A Case Study of Tambu Bay. *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 12(2).
- Baird, J. (2024). Global warming, a global energy resource. *Thermal Science and Engineering*, 6(2), 5268. <https://doi.org/10.24294/tse.v6i2.5268>
- Cazenave, A., Dieng, H.-B., Meyssignac, B., Von Schuckmann, K., Decharme, B., & Berthier, E. (2014). The rate of sea-level rise. *Nature Climate Change*, 4(5), 358–361. <https://www.nature.com/articles/nclimate2159>
- Cazenave, A., & Moreira, L. (2022). Contemporary sea-level changes from global to local scales: A review. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 478(2261), 20220049. <https://doi.org/10.1098/rspa.2022.0049>
- DeConto, R. M., Pollard, D., Alley, R. B., Velicogna, I., Gasson, E., Gomez, N., Sadai, S., Condron, A., Gilford, D. M., & Ashe, E. L. (2021). The Paris Climate Agreement and future sea-level rise from Antarctica. *Nature*, 593(7857), 83–89. <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03427-0>
- Intergovernmental Panel On Climate Change (Ed.). (2014). Sea Level Change. In *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis* (1st ed., pp. 1137–1216). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.026>
- Koutsoyiannis, D. (2020). Revisiting the global hydrological cycle: Is it intensifying? *Hydrology and Earth System Sciences*, 24(8), 3899–3932. <https://doi.org/10.5194/hess-24-3899-2020>
- Kundzewicz, Z. W. (2008). Climate change impacts on the hydrological cycle. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 8(2), 195–203. <https://doi.org/10.2478/v10104-009-0015-y>
- Li, X., Peachey, B., & Maeda, N. (2024). Global Warming and Anthropogenic Emissions of Water Vapor. *Langmuir*, 40(14), 7701–7709. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.4c00390>
- Tampubolon, T., Juliani, R., Hutahean, J., & Yanti, J. (2020). Deformation Mapping of the 2018 Sulawesi Earthquake by Satellite Radar and Optical Remote Sensing. *Journal of Physics: Conference Series*, 1428(1), 012043. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1428/1/012043>

- Tunas, I. G., Harsanto, P., Tunas, I. G., Harsanto, P., & Arafat, Y. (2025). *Modeling Bed Morphology Evolution in an Alluvial River under Extreme Rainfall Using a 2D Hydrodynamic-Sediment Transport Approach*. <https://doi.org/10.56578/ijcmem130315>
- Wang, H., Qiu, B., Liu, H., & Zhang, Z. (2023). Doubling of surface oceanic meridional heat transport by non-symmetry of mesoscale eddies. *Nature Communications*, 14(1), 5460. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41294-7>
- Wang, Q., Deng, H., & Jian, J. (2023). Hydrological Processes under Climate Change and Human Activities: Status and Challenges. *Water*, 15(23), 4164. <https://doi.org/10.3390/w15234164>
- Xiong, J., & Yang, Y. (2024). Climate Change and Hydrological Extremes. *Current Climate Change Reports*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.1007/s40641-024-00198-4>