

PERAN HIDROINFORMATIKA DALAM UPAYA
PENGURANGAN RESIKO BENCANA
HIDROMETEOROLOGI



UNIVERSITAS GADJAH MADA

Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar
pada Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada

Diucapkan di depan Rapat Terbuka Dewan Guru Besar
Universitas Gadjah Mada pada
tanggal 14 November 2023 di
Yogyakarta

oleh:

Prof. Ir. Adam Pamudji Rahardjo, M.Sc., Ph.D., IPM.

Bismillahirrahmannirrahim.

Yang terhormat,

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas
Gadjah Mada,

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas
Gadjah Mada,

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik Universitas
Gadjah Mada,

Rektor dan Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada

Para Guru Besar Universitas Gadjah Mada

Dekan dan Wakil Dekan, Ketua dan Sekretaris Senat Fakultas
Teknik Universitas Gadjah Mada

Rekan-rekan Dosen dan Seluruh Sivitas Akademika Universitas
Gadjah Mada

Tamu Undangan, Sanak Keluarga serta Hadirin sekalian yang
saya hormati.

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Pertama-tama saya panjatkan segala puji syukur ke hadirat Allah subhana wata'ala yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya, sehingga kita semua dapat berkumpul di ruang Balai Senat ini. Terima kasih dan selamat datang saya ucapkan kepada hadirin sekalian yang telah berkenan hadir dan mendengarkan pidato pengukuhan Guru Besar saya di bidang ilmu Teknik Sipil - Hidroinformatika pada Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Pada kesempatan ini, saya akan menyampaikan pidato pengukuhan sebagai Guru Besar dengan judul:

**PERAN HIDROINFORMATIKA DALAM UPAYA
PENGURANGAN RESIKO BENCANA
HIDROMETEOROLOGI**

Hadirin yang saya muliakan,

A. Hidroinformatika

Dalam perkembangan keilmuan di bidang teknik sipil keairan, perhitungan gaya-gaya aliran atau gelombang yang diperlukan dalam perancangan atau evaluasi bangunan air maupun upaya non-struktural membutuhkan solusi penyelesaian persamaan-persamaan matematika dengan metode numerik. Perkembangan ini melahirkan bidang hidraulika komputasi (Abbot, 1976). Penerapan hidraulika komputasi memerlukan data input yang mencakup data statik dan dinamik, sehingga berkembang pula ilmu dan teknik pengukuran, pengumpulan, pengelolaan data digital parameter-parameter hidraulik, baik yang langsung maupun remote untuk keperluan tersebut. Perkembangan teknologi informasi juga memunculkan inovasi pendekatan teknik pengukuran, penyimpanan, pengelolaan dan penyaluran data parameter hidrologi dan hidraulik, baik untuk input komputasi numerik maupun untuk penyusunan infografis yang hasilnya diperlukan oleh pengguna data untuk perencanaan, evaluasi, dan pengambilan keputusan program dan kebijakan teknis maupun kebijakan yang lebih luas.

Keterkaitan antara proses pengukuran, pengambilan, pengelolaan, analisis data dan komputasi hidraulika serta penyampaian hasilnya pada pengguna dalam memenuhi keperluan pelayanan prasarana fisik keairan memunculkan bidang hidroinformatika yang pertama kali disampaikan oleh Michael Barry Abbot pada tahun 1991 (See dkk., 2007) yang merupakan bagian dari bidang teknik sipil hidro (keairan) yang mencakup model numerik, pengukuran, serta pemrosesan data. Selanjutnya bidang ini berkembang sesuai perkembangan teknologi informasi sehingga mencakup interpretasi dan penyajian data, serta sistem pendukung pengambilan keputusan (IAHR/IWA Joint Committee on Hydroinformatics, 2023). Berikut ini cakupan dan peran bidang

hidroinformatika yang berkembang dalam bidang teknik sipil, yaitu teknologi pengukuran, pengiriman dan penyimpanan data, serta pengolahan dan analisis data keairan (hidro).

A.1. Teknologi pengukuran

Teknologi pengukuran informasi parameter hidrologi dan hidraulika telah berkembang sehingga tidak sekedar mengukur dan memberikan informasi kuantitatif parameter yang diukur namun juga menyimpan data digital. Untuk keperluan penyimpanan data (logging) ataupun yang dilanjutkan dengan pengiriman data secara telemetri, data yang masih dalam bentuk analog diubah menjadi data digital dengan sampling rate sesuai kebutuhan tertinggi atau mengikuti konstrain yang ada, seperti kecepatan pengiriman data atau kemampuan sistem elektroniknya. Teknologi pengukuran dalam penyelesaian problem keairan, diantaranya adalah untuk mengukur intensitas hujan, elevasi muka air, kecepatan aliran, elevasi dasar perairan, angkutan sedimen dan polutan. Berikut ini penjelasan tentang perkembangan teknologi pengukuran dan pengolahan informasi parameter-parameter tersebut.

A.1.a. Pengukuran intensitas hujan

Kemajuan teknologi telah memungkinkan melakukan pengukuran intensitas atau kedalaman hujan pada lokasi tertentu dan pada periode tertentu, misalnya dalam satuan menit, jam, atau hari secara langsung di darat dan kemudian menyimpan data elektronik atau dikirim melalui gelombang elektromagnetik ke pusat data dan dihubungkan ke jaringan internet (Remote Monitoring, Hydraulic Laboratory, CEED, UGM, 2017). Satuan waktu pengukuran kedalaman hujan terpengaruh oleh kemajuan teknologi informasi. Jika dahulu pengukuran kedalaman hujan secara manual dengan alat penampung hujan berupa tabung yang diperiksa isinya dan dikosongkan dalam satu hari sehingga

memberikan data kedalaman hujan harian. Perkembangan alat ukur hujan secara mekanik memungkinkan mengukur intensitas hujan secara menerus yang ditulis berupa kurva di atas kertas gulung. Data yang diperoleh berupa kurva yang dalam analisis membutuhkan angka-angka diskrit sehingga kemudian kurva catatan hujan dibaca secara manual dalam satuan waktu sesuai kebutuhan dan dipindah menjadi tabel data hujan menitan atau jam- jaman yang pada waktu sekarang dapat disimpan dalam file elektronik. Pemanfaatan teknologi informasi dan mekanik memungkinkan membuat otomatisasi proses pengukuran hujan, diskritisasi data hujan, penyimpanan dan pengiriman data. Diskretisasi dapat dilakukan seawal mungkin sehingga tidak memerlukan unit elektronik untuk konversi data analog ke digital membuat sensor kedalaman hujan tipe tipping bucket menjadi lebih populer. Alat ini memberikan luaran data berupa cacah paket volume hujan. Cara lain diskretisasi data secara mekanik adalah dengan menggunakan tipe tabung tampungan dengan sensor konduktif yang digantung dan digerakkan ke atas dengan motor stepper yang mempunyai luaran cacah satuan ketinggian elevasi tampungan hujan, namun cara ini lebih rumit dan memerlukan sistem pengurusan dan perawatan mekanik yang kurang efisien dan mempunyai kehilangan periode pengukuran saat flushing. Tipe flip- bucket juga mempunyai kehilangan periode pengukuran saat penumpahan air di sudu air yang digunakan untuk pencacahan, namun kehilangan waktu ini relatif kecil dibandingkan dengan pada metode tabung dengan sifon penguras maupun dengan penguras elektronik. Dengan demikian, selalu diperlukan kalibrasi untuk mendapatkan akurasi hasil pengukuran intensitas hujan.

Teknologi pengukuran intensitas curah hujan secara tidak langsung diantaranya dilakukan dengan mengukur penyerapan dan pantulan pulsa gelombang mikro (X band, C band, S band) atau Radar Hujan (Hambali dkk., 2019, Rahardjo dkk., 2021, Wahyuni



dkk., 2023). Metode ini juga tergolong dalam penginderaan jauh (remote sensing). Pengukuran ini menghasilkan estimasi volume butir-butir air yang jatuh dan posisi masih di ketinggian (langit). Untuk keperluan pemanfaatan hitungan hidrologi, yang membutuhkan data kuantitatif hujan di darat, kalibrasi rumus konversi data hujan radar ke data hujan di permukaan tanah dengan metode ini sangat diperlukan (Hambali, dkk., 2019a). Kalibrasi membandingkan data hujan radar terhadap data hujan yang diukur di darat dengan metode langsung, memberikan persamaan koreksi sehingga mempunyai tingkat korelasi yang paling tinggi. Kisaran korelasi tertinggi sekitar 0,7 dan angka rasio G/R (rasio kedalaman hujan radar dan permukaan) antara 1 dan 2 (Fajriani dkk., 2019). Hal ini menunjukkan tingkat kepercayaan atau kehandalan data hujan radar pada saat digunakan untuk pengambilan keputusan dampaknya di darat.

Selain teknologi Radar Hujan estimasi hujan diukur juga melalui satelit cuaca. Satelit cuaca mengukur pantulan gelombang elektromagnetik dari luar angkasa oleh awan (infrared) atau butiran air hujan (microwave). Citra hasil pengukuran satelit cuaca ini sudah relatif dikenal masyarakat luas melalui media massa dalam acara peramalan cuaca. Hasil penginderaan jauh dengan satelit ini juga perlu dikalibrasi dengan hasil pengukuran di darat untuk pemanfaatan hitungan estimasi (kuantitatif) curah hujan. Data estimasi hujan satelit ini mempunyai korelasi maksimum terhadap hasil pengukuran curah hujan di darat yang lebih rendah dibanding korelasi maksimum data hujan radar untuk satuan waktu pendek maupun panjang. Dalam kalibrasi tersebut di atas, baik untuk data hujan radar maupun satelit, korelasi maksimum telah diupayakan dengan mempertimbangkan pergeseran lokasi horizontal akibat adanya angin dan keterlambatan waktu karena perjalanan butiran air hujan ke permukaan tanah.



A.1.b. Pengukuran elevasi muka air dan kecepatan aliran

Beberapa teknologi pengukuran elevasi muka air telah berkembang sejalan dengan perkembangan teknologi elektronika. Ada dua metode pengukuran yaitu secara langsung dan secara tidak langsung. Pengukuran langsung mengukur elevasi muka air secara visual pada papan dengan angka-angka elevasi, atau secara elektronik mengukur bagian yang tenggelam dari batang sensor melalui variasi konduktansi atau kapasitansi, atau dengan sensor tekanan air. Pengukuran tidak langsung adalah dengan mengukur waktu tempuh pantulan gelombang ultrasonik atau elektromagnetik oleh muka air, ataupun dengan kamera stereo dan teknologi fotogrametri. Teknologi komputasi dan pengolahan sinyal telah memungkinkan scanning sehingga sekali pengukuran langsung mendapatkan hasil profil muka air.

Teknologi pengukuran kecepatan aliran yang bermula dengan alat ukur jenis baling-baling juga telah berkembang pesat seperti pengukuran profil kecepatan aliran melalui pergeseran frekuensi (doppler effect) pantulan pulsa gelombang akustik (ultrasonic) oleh partikel-partikel yang bergerak bersama aliran pada beberapa lapis aliran sekaligus. Hal ini dimungkinkan karena pulsa pantulan oleh tiap lapis aliran tertangkap pada waktu yang berbeda. Pengukuran aliran dengan metode ini telah digunakan juga dalam mengukur kecepatan gerak partikel air dengan gelombang permukaan, baik untuk skala laboratorium maupun lapangan. Pada skala laboratorium teknologi pengukuran kecepatan juga berkembang metode image partikel (particle image velocimetry). Metode ini memberikan pola aliran dan sebaran kecepatan dua atau tiga dimensi.

A.1.c. Pengukuran elevasi dasar, angkutan sedimen dan polutan

Perkembangan teknologi pengukuran elevasi dasar perairan akhir-akhir ini adalah pada keterpaduan instrumen pengukur



kedalaman dengan transducer pulsa ultrasonik banyak (multibeam echo sounder), pengukur lokasi (GPS), analisis data dan antarmuka visual atau tabulasi. Data elevasi dasar perairan (bathimetri) ini diperlukan secara langsung untuk analisis gerusan dasar, volume sedimentasi atau volume pekerjaan pengerukan maupun untuk data masukan analisis lainnya seperti simulasi aliran, banjir, penjalaran gelombang, dinamika sedimen, dan juga polutan. Otomatisasi pengukuran elevasi dasar pada suatu kawasan masih menjadi tantangan walaupun kebutuhan otomatisasi tidak mendesak karena perubahannya lambat. Sementara ini otomatisasi bathimetri adalah dengan menggunakan unmanned boat yang dikendalikan operator atau diprogram. Dalam area yang luas, teknologi penginderaan jauh dengan satelit telah memungkinkan memperoleh informasi kedalaman lautan.

Sedimen dengan butiran halus yaitu lempung (clay) atau lanau (silt) sebagian besar bergerak melayang dalam aliran, sehingga pengukuran volume aliran sedimen melalui pengukuran konsentrasi sedimen melayang dan kecepatan aliran untuk mendapatkan debit aliran. Teknologi pengukuran konsentrasi sedimen melayang yang mampu mengukur secara menerus melalui pengukuran kekeruhan (turbidity) menggunakan gelombang cahaya terlihat maupun tidak terlihat. Teknologi pengukuran sedimen butir kasar yaitu pasir adalah dengan hydrophone (Harsanto dkk., 2020) yang mengukur akustik benturan butiran pasir pada sensor, atau gelombang elektromagnetik yang mengukur pantulan gelombang elektromagnetik oleh butiran pasir yang bergerak di atas dasar perairan. Untuk butiran yang lebih besar seperti gravel dan cobble digunakan sel tekanan (load cell) yang mengukur tekanan oleh gaya berat dan benturan.

Perkembangan teknologi sensor telah mampu mengukur kegaraman atau salinitas melalui pengukuran konduktivitas, pengukuran keasaman (pH), kekeruhan atau turbiditas dan



beberapa unsur lain, tidak lagi dengan mengambil sampel untuk dibawa ke laboratorium atau dengan kertas lakmus. Dengan demikian hasil pengukuran dapat berbentuk data elektronik yang dapat disimpan atau dikirim dulu kemudian baru disimpan. Teknologi pengukuran berkembang oleh tuntutan kebutuhan data untuk pemantauan dalam rangka peringatan dini bencana maupun komputasi simulasi prediktif.

A. 2. Pengiriman dan penyimpanan data

Data hasil pengukuran, seperti data intensitas curah hujan, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen atau polutan, selain disimpan dalam logger, dapat langsung dikirim melalui gelombang radio (UHF/VHF/Microwave-Satelit), maupun lewat jalur kabel telepon. Pengiriman data digital pada umumnya menggunakan paket data. Pengiriman paket data tidak selalu berhasil khususnya yang menggunakan gelombang radio, sehingga untuk kepentingan mendesak seperti untuk peringatan dini hal ini menjadi tantangan. Tantangan lain adalah sinkronisasi data waktu tiap paket data yang berasal dari unit sensor, khususnya yang berlokasi di daerah terpencil.

Data yang terkumpul memerlukan metode penyimpanan yang memfasilitasi pemanfaatan untuk berbagai kepentingan (information retrieval). Baik data mentah dari sensor yang terkirim atau tersimpan dalam logger, data yang telah diolah tahap awal sampai tahap akhir memerlukan pola penyimpanan. Pada umumnya selain variasi jenis data, ada variasi temporal, spasial, dan keterkaitan (topologi) karena proses fisiknya seperti susunan daerah aliran sungai (hierarchical), jaring saluran atau sungai (network).

Pada prakteknya, ada data yang berasal dari suatu kegiatan tertentu seperti survei dalam penelitian, perancangan, perencanaan, atau evaluasi permasalahan keairan. Pengumpulan dan



penyimpanan data yang diperoleh pada kegiatan tersebut juga memerlukan kekhususan pola dan tanda. Berbagai data mentah perlu diproses awal untuk memisahkan data yang berpotensi mengandung kesalahan baik karena alat ukur, kondisi pengukuran maupun pada proses pengiriman.

A. 3. Pengolahan data dan analisis

Analisis data hidrologi, hidraulika termasuk data meteorologi seperti kecepatan angin, panjang daerah bangkitan gelombang, kelembaban, curah hujan dimungkinkan untuk berbagai jenis analisis dari yang sederhana sampai pemodelan yang kompleks. Pengolahan data diartikan mengolah data dari data mentah menjadi data yang dapat diandalkan dengan tingkat kepercayaan tertentu, mengkategorikan data, memasukkan data dalam tabel untuk yang menunjukkan relasi, seperti antara data debit banjir dengan waktu, dan lokasi. Selain itu juga melakukan interpolasi sebagai estimasi korektif pada saat data tidak terbaca pada waktu tertentu, ataupun lokasi tertentu pada regular grid (Rahardjo dkk., 2021). Analisis data mencakup analisis sederhana seperti menghitung rasio data kedalaman perairan dengan data tinggi gelombang, analisis statistik, analisis penjalaran banjir (Zhuang dkk., 2020), gelombang tsunami (Benazir dkk., 2018), sampai analisis pemodelan deterministik aliran tiga dimensi yang kompleks (Sutikno dan Rahardjo, 2003).

A. 4. Sistem pendukung keputusan

Hasil analisis data baik dalam bentuk infografis spasial dan temporal maupun hasil simulasi hidrologi dan atau hidraulika dengan berbagai skenario rancangan berdasar kondisi masa depan menjadi sangat berguna bagi pengambilan keputusan pemangku kepentingan khususnya dalam pengurangan resiko bencana hidrometeorologi.



Simulasi hidrometeorologi, hidrologi dan hidraulika berguna untuk memperkirakan akibat atau dampak pada masa depan dari suatu keadaan sebelumnya (prakiraan) atau akibat dari suatu alternatif skenario, baik dalam perencanaan bangunan fisik untuk mitigasi bencana hidrometeorologi maupun tindakan mitigasi non-fisik seperti evakuasi dan relokasi.

Simulasi hidrologi dan hidraulika dapat memberikan gambaran akibat dari suatu perencanaan dam pengendali banjir. Alternatif perencanaan dapat dievaluasi dengan melakukan simulasi dan hasilnya dibandingkan untuk memutuskan alternatif perencanaan mana yang dipilih. Berbagai model hidrologi telah berkembang baik yang black box (stokastik) maupun yang deterministik dan memanfaatkan teknologi lain seperti distributed model berbasis raster DEM dan data hujan radar yang juga terdistribusi spasial.

Dalam sistem peringatan dini banjir, simulasi meteorologi untuk prakiraan hujan jangka pendek (nowcasting) simulasi dinamika angin, awan dan terbentuknya hujan menggunakan data berapa jam sebelumnya untuk memperkirakan kondisi ke depan dalam kurun waktu kurang dari 6 jam. Sementara pengukuran parameter tertentu dapat diukur terus menerus seperti butiran hujan dengan radar cuaca, data yang baru ditangkap digunakan untuk memperbaiki metode prakiraan sebelumnya (asimilasi data) sehingga diharapkan prakiraan menjadi semakin akurat (Chu, 2018). Pada kasus banjir bandang, kebutuhan prakiraan ini, dalam jangka waktu yang lebih pendek yaitu dalam hitungan menit, karena aliran banjir bandang mengalir sangat cepat dan terutama yang disebabkan oleh hujan lokal yang juga dapat terbentuk sangat cepat. Hal ini menjadi tantangan tersendiri dari metode komputasi dan suplai data menerus untuk dapat membantu pengambilan keputusan peringatan atau evakuasi dalam sistem peringatan dini banjir bandang. Pendekatan dalam simulasi untuk prakiraan hujan



ini juga ada berbagai pendekatan yaitu yang tergolong dalam pendekatan statistik dan pendekatan deterministik (Martinez, 2009).

Selain simulasi hidrometeorologi diperlukan juga simulasi hidrologi dan hidraulika untuk memperkirakan waktu rambatan aliran air di permukaan tanah yang memberikan tambahan waktu untuk evakuasi jika ada indikasi hujan yang terukur atau hasil prakiraan yang akan menyebabkan banjir bandang.

B. Banjir Bandang dan Upaya Mitigasinya

Hadirin yang saya hormati,

Bencana hidrometeorologi mencakup banjir genangan, banjir bandang, tanah longsor, serta kekeringan. Pada kesempatan ini, saya akan mengenalkan salah satu diantaranya yaitu banjir bandang yang akhir-akhir ini kejadiannya semakin meningkat di negara kita maupun di beberapa tempat di luar negeri. Peningkatan ini diyakini terpengaruh adanya fenomena perubahan iklim. Selain itu, akan disampaikan upaya-upaya pengurangan resiko bencana banjir bandang, serta rekomendasi untuk perbaikan di masa yang akan datang. Pembahasan difokuskan pada peran dan peluang hidrometeorologi dalam upaya mitigasi banjir bandang.

B.1. Fenomena dan ancaman banjir bandang

Pengertian banjir bandang dalam tulisan ini ditujukan pada banjir yang datang dengan cepat (flash flood) termasuk di dalamnya banjir debris dan banjir lahar. Banjir bandang pada umumnya terjadi di daerah dengan kemiringan permukaan tanah yang tinggi, sedangkan daerah yang terkena banjir bandang dapat berupa lembah sungai dan daerah sekitarnya dengan kemiringan tinggi atau rendah. Kejadian banjir bandang pada umumnya didahului oleh hujan dengan intensitas tinggi baik hujan lokal maupun hujan merata. Data kejadian banjir bandang menunjukkan bahwa bencana



banjir bandang sangat berpotensi menyebabkan korban jiwa dan kerusakan yang cukup tinggi.

B.1.a. Kejadian banjir bandang

BNPB mencatat dan mempublikasikan data 4132 kejadian banjir dalam 5 tahun terakhir tanpa membedakan antara banjir genangan dan banjir bandang (BNPB, 2023). Kejadian banjir bandang di Indonesia yang tercatat di media massa dalam 5 tahun terakhir menunjukkan kejadian banjir bandang ada di semua pulau besar, di antaranya adalah di Aceh Tenggara (2022), Labuhanbatu Utara, Sumut (2019), Deli-Serdang, Sumut (2023), Sumatera Barat (2023), Lahat-Pagar Alam, Sumsel (2023), Garut, Jabar (2016, 2021, 2022, dan 2023), Sleman, DIY (2020), Pati, Jateng (2022), Kota-Baru, Kalsel (2022), Luwu Utara, Sulsel (2020), Haruku, Maluku (2022), Flores Timur, NTT (2021), Sentani, Papua (2019), Teluk Wondama, Papua Barat (2019).

Belum lama ini, pada tanggal 8 Agustus 2023 (Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak, 2023) terjadi tebing longsor di Sungai Senowo yang membentuk dam alam dengan tinggi 40 - 15 m dan lebar 30 m dan telah dikonfirmasi pada kunjungan kuliah lapangan. Dam semacam ini berpotensi menjadi penyebab banjir bandang dengan material tanah atau banjir lahar. Catatan kejadian banjir bandang oleh keruntuhan dam alam menunjukkan kerugian dan korban yang besar. Sebagai contoh kejadian banjir bandang oleh keruntuhan dam alam yang tercatat di Indonesia adalah di Jember, Jatim (2006), Bahorok TNG Leuser, Aceh (2003), Pacet, Jatim (2002), Wasior, Papua Barat (2010), Sentani, Papua (2019), Way Ela, Maluku (2013), Nasiri, Maluku (2012) dan banyak tempat lain. Di negara tetangga juga terjadi banjir bandang semacam ini yaitu di Filipina, di Taiwan, di Jepang, dst.



B.1.b. Penyebab banjir bandang

Hujan lokal dengan intensitas tinggi sering terjadi pada periode perubahan musim, dari musim kemarau ke musim hujan atau sebaliknya. Banjir bandang yang diakibatkan oleh hujan lokal dengan intensitas tinggi seperti yang sering terjadi di Kota Ambon, dan di Turi, Sleman (Sathya, dkk, 2021), dan juga ada yang bersamaan dengan fenomena vulkanik sehingga menjadi banjir lahar dingin seperti yang terjadi di Sungai Putih, (Gn. Merapi), Sungai Kobo'an (Gn. Semeru), Sungai Konto (Gn. Kelud).

Hujan intensitas tinggi yang merata atau pada wilayah yang lebih luas umumnya terjadi akibat adanya siklon tropis. Hujan oleh pengaruh siklon tropis ini berpotensi lebih besar menyebabkan bencana banjir bandang dan juga bencana tanah longsor. Banjir bandang oleh siklon tropis di Indonesia seperti yang di Bima oleh siklon tropis Yvette (2016), yang terjadi di Yogyakarta oleh siklon tropis Cempaka (2017), dan yang di Flores Timur oleh siklon tropis Seroja (2021).

Banjir bandang juga dapat terjadi akibat keruntuhan dam, baik keruntuhan dam buatan maupun dam alam. Dam alam terbentuk oleh tanah longsor yang menimbun ruas sungai, menyumbat aliran sungai yang menyebabkan terjadinya waduk alam yang rentan longsor dan runtuh (Ishizuka, dkk., 2013). Dam buatan yang berusia tua dengan rancangan debit pelimpah yang terlalu kecil (Sujono, 2012) atau akibat adanya peningkatan intensitas hujan karena pemanasan global beresiko runtuh jika intensitas dan volume hujan melampaui kapasitasnya dalam melindungi tidak terjadinya pelimpahan air di tubuh bendungan.

Banjir bandang yang bukan disebabkan oleh keruntuhan dam alam jika dilihat dari probabilitas hujan maksimum pada suatu lokasi mungkin volume air banjir dan debit puncaknya tidak terlalu besar, namun demikian, hal yang spesifik dari banjir bandang adalah daya rusaknya karena mengandung momentum yang besar



pada front atau kepala banjir, seretan arusnya, serta membawa material sedimen atau lainnya seperti pepohonan.

B.1.c. Ancaman banjir bandang

Banjir bandang, karena meluncur dengan cepat, memberi kesan mendadak, dan mempunyai daya rusak yang tinggi. Kecepatan aliran yang tinggi memberikan momentum serta gaya yang sangat besar baik gaya seret (drag) maupun gaya benturan (impact). Dampak banjir bandang dapat berada pada ruas sungai curam maupun ruas sungai yang landai di sebelah hilirnya, bahkan dapat terjadi pada lembah sungai yang melebar (kipas aluvium). Pada ruas sungai yang curam pada umumnya mempunyai tampang sungai berbentuk “V” dimana alur sungai diapit oleh dua tebing yang curam di kiri dan kanannya. Pada daerah seperti ini ancaman bahaya banjir bandang berada di bawah, yaitu di alur sungai yang berupa ancaman pada fasilitas umum seperti bangunan pengambilan air baku, pilar jembatan, ataupun orang yang sedang beraktivitas di alur sungai seperti pencari rumput, pemancing, penambang ataupun pecinta alam. Selain itu serangan arus pada tebing sering menyebabkan gerusan pada dasar tebing dan selanjutnya menyebabkan tebing longsor yang menyeret ke bawah semua benda yang ada di atas tebing, seperti lahan pertanian, kebun, dan rumah termasuk penghuninya.

Di ruas sungai yang landai di bawah ruas sungai curam, banjir bandang dapat menyapu atau menenggelamkan apa saja yang ada di kiri dan kanan alur air. Hal ini disebabkan aliran banjir bandang, karena momentumnya besar, mampu mengalir naik meloncati tanggul atau halangan lain. Dengan sifat banjir bandang seperti itu fasilitas umum seperti tempat parkir, kantor, pasar dan rumah-rumah yang berada di kiri dan kanan sungai terancam dampak banjir bandang.



Hadirin yang saya hormati,

B.2 Mitigasi bencana banjir bandang

Untuk mengurangi resiko kerugian oleh kerusakan pada fasilitas publik, bangunan milik individu, serta kehilangan nyawa ada beberapa upaya yang dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu yang pertama adalah upaya fisik atau struktural yaitu membuat bangunan fasilitas tertentu, dan yang kedua adalah upaya non-fisik atau non-struktural. Upaya fisik ditujukan untuk mengurangi kecepatan aliran banjir bandang dan menahan material sedimen yang merusak dari aliran banjir, atau membelokkan aliran banjir bandang sehingga mengurangi kerugian, atau melindungi fasilitas yang terserang banjir seperti dengan pelindung tebing, pelindung pilar atau abutmen jembatan.

Upaya non-fisik adalah adaptasi terhadap fenomena banjir bandang yang dihadapi. Adaptasi tidak berupaya mengubah banjirnya namun dengan mengupayakan pemanfaatan lahan yang beradaptasi terhadap adanya banjir bandang dan kesiapsiagaan untuk menghindar jika ada banjir datang. Diantara upaya adaptasi ini adalah tata ruang, pembuatan jalur evakuasi maupun tempat evakuasi dan pembangunan sistem peringatan dini banjir bandang. Sistem peringatan dini banjir bandang dapat mencakup peralatan teknologi pengukuran, teknologi informasi seperti sensor hujan dan banjir, sistem dan prosedur operasi dan penyampaian peringatan, organisasi serta kapasitas masyarakat yang mendukung tindakan yang diperlukan. Dalam menghadapi banjir bandang ada dua parameter penting yaitu ketersediaan waktu untukantisipasi dan reaksi yang pendek serta gaya aliran yang tinggi. Dua parameter ini ada kesamaan dengan bencana tsunami, sehingga dalam halantisipasi atau pengurangan resiko bencananya ada beberapa kesamaan.



B.2.a. Peran hidroeinformatika dalam upaya mitigasi fisik

Pada perancangan bangunan air untuk mengurangi resiko bencana akibat banjir bandang atau banjir lahar seperti penurunan kemiringan dengan deretan dam, diperlukan data spasial-temporal hujan dan banjirnya sendiri untuk menentukan ukuran-ukuran bangunan serta spesifikasinya sesuai standar perancangan yang berlaku. Keberadaan dan kualitas data serta analisis simulasi banjir rancangan akan meningkatkan keandalan dari suatu perencanaan prasarana fisik keairan. Disinilah pengukuran dan pengelolaan data parameter hidrologi dan hidraulika serta simulasi kondisi aliran banjir untuk evaluasi kinerja bangunan amat diperlukan. Selain itu pada saat bangunan-bangunan air sudah terbangun, maka diperlukan monitoring untuk keperluan pemantauan efektivitas fungsi bangunan dan kondisi ketahanan bangunannya sendiri.

Hujan rancangan untuk perencanaan fisik bangunan-bangunan menggunakan data hujan dalam puluhan tahun terakhir untuk mendapatkan kurva probabilitas hujan harian maksimum tahunan. Dengan asumsi karakter probabilitasnya stasionary maka semakin panjang periode data semakin memberikan gambaran karakter probabilitas tersebut. Dengan adanya gejala perubahan iklim yang dirasakan akhir-akhir ini menimbulkan trend perubahan karakter statistik tersebut sejalan dengan berjalannya waktu. Untuk itu diperlukan pendekatan pengolahan data hujan yang berbeda dalam hitungan hujan rancangan atau banjir rancangan sebagai dasar perencanaan bangunan air untuk penanggulangan bencana banjir bandang termasuk banjir lahar dingin. Pemantauan dan pengukuran parameter hidrologi dan hidraulika sangat diperlukan untuk mendapatkan data yang diperlukan dan sekaligus dapat digunakan untuk mengkonfirmasi prediksi pengaruh perubahan iklim badan-badan dunia.



B.2.b. Peran hidroeinformatika dalam upaya mitigasi non-fisik

Mitigasi non-fisik bencana banjir bandang diantaranya adalah kebijakan mitigasi bencana banjir bandang, tata-ruang, sosialisasi ancaman bencana, pelatihan kesiapsiagaan menghadapi banjir bandang, simulasi evakuasi, dan sistem peringatan dini banjir bandang. Pengetahuan tentang resiko atau ancaman banjir bandang terkumpul dari kejadian banjir bandang sebelumnya, hasil analisis berdasar data pengukuran curah hujan, hasil simulasi numerik berbagai skenario banjir bandang yang mungkin terjadi, termasuk dengan mempertimbangkan pengaruh perubahan iklim yang dapat menimbulkan banjir bandang yang belum pernah terjadi pada suatu lokasi tertentu.

Pengumpulan dan penataan data hujan dan banjir pada lokasi-lokasi yang rentan oleh karena faktor topografi, geologi, tutupan lahan, serta kondisi masyarakat dan keberadaan fasilitas publik sangat diperlukan. Data tersebut digunakan untuk membangun knowledge data base, analisis prediktif, serta materi-materi penyadaran kepada masyarakat luas tentang bahaya yang mungkin terjadi. Selain itu, hal yang penting adalah monitoring curah hujan dan banjir baik menggunakan metode yang sederhana maupun yang canggih, menjadi kunci kesiapsiagaan dalam mengurangi resiko banjir bandang.

Kemampuan mengetahui seawal mungkin bahwa akan terjadi banjir bandang serta tempat-tempat yang akan terdampak menjadi sangat penting. Pengetahuan ini dimungkinkan dengan berbagai derajat kepastian dari yang jelas akan terjadi, tinggal menunggu waktu, sampai yang masih berupa kemungkinan akan terjadi. Untuk mendapat kepastian yang tinggi akan terjadinya banjir bandang diperlukan monitoring curah hujan di hulu yaitu di daerah tangkapan hujan dengan alat ukur langsung di darat dan relasi antara antara hujan dan banjir baik dari segi waktu dan tempat. Pengetahuan relasi ini dapat diperoleh dari data pengukuran



sebelumnya, analisis simulasi numerik dalam rangka memasukkan pengaruh perubahan-perubahan yang terjadi pada kondisi daerah tangkapan hujan.

Hadirin yang saya hormati,

B.3 Rekomendasi mitigasi bencana banjir bandang

Dari uraian di atas penulis memberikan saran dalam peningkatan peran hidroeinformatika dalam pengurangan resiko bencana banjir bandang sebagai berikut. Pertama adalah perlunya kebijakan yang mendukung upaya monitoring parameter hidrometeorologi termasuk aliran sungai dalam rangka pelayanan masyarakat di level mikro terutama mereka yang rentan menjadi korban banjir bandang.

Dalam jangka pendek dan menengah, investasi pengadaan, operasi dan perawatan peralatan monitoring diserahkan kepada badan yang berwenang di tingkat daerah dan menjaga keberlangsungan fungsinya. Peningkatan kapasitas daerah dalam melakukan analisis data, baik dalam rangka mitigasi fisik maupun non-fisik. Diperlukan upaya identifikasi dan pemetaan masyarakat rentan bencana banjir bandang serta penyediaan informasi kesiapsiagaan bencana banjir kepada masyarakat rentan di tingkat daerah sampai tingkat desa. Pengembangan keilmuan dan teknologi berbasis data yang mendukung pengurangan resiko bencana banjir bandang perlu didorong. Diantaranya adalah metode pengukuran hujan, banjir dan bangunan air secara langsung maupun tidak langsung, sistem basis data hidrologi dan hidraulika, pengembangan model cuaca atau pembentukan hujan, hidrologi dan hidraulika khususnya untuk banjir bandang, serta sistem komunikasi peringatan dini banjir bandang.

Dalam jangka panjang pemerintah pusat dapat memfasilitasi pemantauan kondisi hidrometeorologi dengan teknologi radar hujan jangkauan pendek yang lebih akurat (X-Band) di seluruh



pelosok daerah rentan diikuti dengan sistem peringatan dini termasuk peningkatan kapasitas masyarakat. Sistem informasi pemantauan kondisi bangunan air peredam banjir seperti dam pengendali banjir, dam pengendali sedimen, dam konsolidasi, dinding penahan tebing sungai, abutmen dan pilar jembatan juga harus diadakan, dioperasikan dan dijaga keberlangsungan fungsinya.

Hadirin yang saya hormati,

Penutup

Sebagai penutup pidato pengukuhan guru besar ini, perkenankan saya menyampaikan rasa syukur ke hadirat Allah Yang Maha Kuasa yang telah memberikan rahmat dan berkah-Nya sehingga saya sampai saatnya mengemban amanah pada jabatan fungsional tertinggi dalam karir dosen di perguruan tinggi. Saya sampaikan pula rasa terima kasih setulus-tulusnya kepada semua pihak atas dukungan, bantuan, arahan dan bimbingan selama meniti karir akademik sampai akhirnya mencapai jabatan Guru Besar, serta membantu terselenggaranya acara pengukuhan hari ini.

Hadirin yang saya muliakan dan saya hormati

Secara khusus, diucapkan terima kasih kepada Pemerintah Republik Indonesia yang telah memberi amanah kepada saya untuk memangku jabatan Guru Besar pada Fakultas Teknik UGM. Terima kasih saya sampaikan kepada Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan FT UGM, Senat Fakultas Teknik UGM, Dekan Fakultas Teknik UGM, Dewan Guru Besar UGM, Senat Akademik UGM dan Rektor UGM beserta jajarannya yang telah memproses, menyetujui dan mengusulkan kenaikan jabatan saya kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Pemerintah Republik Indonesia.



Saya sampaikan penghargaan setinggi-tingginya dan terima kasih sebesar-besarnya kepada para guru dan senior saya: Alm. Prof. Pragnyono Mardjikoen, Alm. Bapak Darmanto, M.Sc., Alm. Prof. Dr. Sunjoto, Alm. Prof. Dr. Sri Harto Br., Prof. Sudjarwadi, Ph.D., Prof. Nur Yuwono, Ph.D., Prof. Djoko Legono, Ph.D., Prof. Dr. Bambang Triatmodjo, dan Prof. Dr. Fatchan Nurrochmad, yang telah memberikan tauladan, arahan dan membimbing saya sejak awal karir sebagai asisten dan dosen. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Budi Santoso Wignyosukarto, dan Dr. Djoko Luknanto yang telah menginspirasi pengembangan model numerik dan laboratorium komputasi pada awal karir saya bersama rekan-rekan dosen hidro seangkatan, serta mengenalkan saya pada problematika komputasi jaringan irigasi pasang-surut yang akhir-akhir ini kembali dikembangkan lagi dalam kerjasama pendidikan magister khusus dengan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). Ucapan terima kasih yang tak terhingga saya sampaikan kepada Dr. Rachmad Jayadi, Sdr. Irawan Eko Prabowo, M.Eng. yang telah menginspirasi dan bersama-sama mengembangkan sistem peringatan dini banjir dan lahar telemetri di beberapa tempat di Indonesia. Terima kasih kepada rekan-rekan saya, khususnya di Lab. Hidro, Prof. Radiana Triatmadja, Ph.D., Prof. Nizam, Ph.D., dan Prof. Joko Sujono, Ph.D., yang telah memberi inspirasi untuk menempuh karir akademik sampai jabatan Guru Besar. Terima kasih kepada rekan saya Dr. Istiarto yang lima tahun lalu telah bersama-sama mengelola Program Magister Program Studi Teknik Pengelolaan Bencana Alam dan selanjutnya memberikan estafet pengelolaan kepada saya sehingga pengembangan keilmuan saya menjadi lebih kental di bidang kebencanaan. Kepada Prof. Dr. Bambang Agus Kironoto, dan Alm. Prof. Bambang Yulistiyanto, Ph.D. yang telah bersama-sama membimbing beberapa mahasiswa doktoral di bidang angkutan sedimen sehingga dapat saling mengisi dan saya dapat mendalami



lebih lanjut peran hidroeinformatika dalam penyelesaian permasalahan angkutan sedimen di lahan maupun di ruas sungai. Terima kasih sebesar-besarnya saya sampaikan kepada Prof. Koentjoro Soeparno, Ph.D., Prof. Dr. Ing. Achmad Munawar, Prof. Priyo Sulistyono, Ph.D., Prof. Dr. Subagyo Pramumijoyo, dr. Bella Donna, M.Kes., Dr. Ambar Kusumandari, Djoko Murwono, M.Sc., Dr. Ashar Saputra dan Dr. Ali Awaludin, yang telah memberi dukungan, bantuan dalam pengembangan kegiatan penelitian dan pemberdayaan masyarakat dalam kesiapsiagaan menghadapi bencana alam di kepulauan wilayah Indonesia Timur. Terima kasih sebesar-besarnya saya sampaikan kepada Prof. Bambang Suhendro, Ph.D. yang telah memberikan kesempatan, arahan dan bimbingan dalam mengampu mata kuliah Metode Elemen Hingga khususnya pada penerapannya di bidang hidro di DTSL FT UGM sejak awal karir saya sampai sekarang. Terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga saya sampaikan kepada rekan-rekan di Balai Teknik Sabo, Kementerian PUPR yang dalam sepuluh tahun terakhir ini memberikan kesempatan, dukungan dan bersama-sama dalam kegiatan pendidikan dan pengembangan sistem peringatan dini banjir telemetri, aplikasi simulasi banjir lahar (SIMLAR), dan bangunan pengendali sedimen. Terima kasih saya ucapkan kepada Prof. Dr. Masaharu Fujita, Dr. Tsutsuke Miyata, Dr. Jazaul Ikhsan, Dr. Puji Harsanto, Dr. Ani Hairani, dan Dr. Hendy Setiawan, serta rekan-rekan lain yang telah bersama-sama meneliti dan mengembangkan keilmuan yang tergabung dalam Multimodal Sediment Disaster Network atas inspirasi dan bahu-membahu dalam memanfaatkan sumberdaya penelitian yang terbatas.

Terima kasih yang tak terhingga saya sampaikan kepada para guru sejak pendidikan dasar, sampai tingkat doktoral yang telah memberikan tauladan, bimbingan, menanamkan nilai-nilai dan



membentuk karakter, mengantar pengembangan pengetahuan saya sampai sekarang.

Rasa hormat setinggi-tingginya dan terima kasih kepada bapak-ibu dosen beserta tenaga kependidikan DTSL FT UGM yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Terima kasih yang tulus saya sampaikan kepada teman-teman sejak di SD SMP, SMA dan di Teknik Sipil UGM. Kepada Prof. Teuku Faisal Fathani, Ph.D., dan Prof. Joko Sujono, Ph.D., saya ucapkan terima kasih atas koreksi dan masukannya terhadap naskah ini.

Sungguh sebuah kebahagiaan yang tak terhingga atas kehadiran Ibunda Suffi Marwiyah yang telah mendidik dan membesarkan saya bersama Ayahanda Alm. Prof. dr. Abdul Choliq Chuseri, M.Sc., Ph.D. dengan penuh kasih sayang dan menanamkan nilai-nilai kehidupan serta senantiasa mendoakan keselamatan dan kebaikan saya dalam kehidupan dunia dan akhirat nanti. Juga kepada Alm. Bapak-Ibu mertua saya dr. Asmir dan Rahelly yang senantiasa mengiringi perjalanan hidup saya dan keluarga dengan doa, bimbingan dan dukungannya dalam setiap langkah pengabdian saya sebagai dosen pegawai negeri sipil di UGM. Rasa hormat dan terima kasih atas kasih sayang beliau semua yang tidak akan pernah dapat saya balas kecuali dengan doa. Untuk bulik Nurni Maryani, kakak saya Prof. Dr. dr. Ani Retno Prijanti, dan adik-adik saya, dr. Artsini Manfaati, Sp. A., Ir. Lucy Handini, Muhammad Pamungkas, S.E., Sovia Sitta Sari, M.Si, Alm. Nurrokhman Supriyatno, S.T., dr. Tis'a Callosum, Sp. S., beserta kakak dan adik ipar, drg. Riesmalia dan Lukmanul Arsyad, S.E., serta saudara- saudara lainnya yang tidak dapat saya sebut satu persatu, disampaikan rasa hormat dan terima kasih atas bantuan, pengertian dan dukungannya selama saya meniti kehidupan dan karir selama ini.

Kepada isteri tercinta Ir. Anita Widianti, M.T. dan anak serta menantu saya, Fayruz Rahma, M.Eng. – Ary Mazharuddin



Shiddiqi, Ph.D; Hanif 'Azzami, Hafidzul 'Azmi, M.Sc – Desta Ayu Indraswari, S.Gz., Alm. Harits Muhammad, dan Hazim Alauddin, serta cucu-cucu saya, Avicena Alfary Shiddiqi dan Ilyas Shaquille Al Fasy, sungguh suatu anugerah dan rahmat Allah Swt. pada hari ini dapat berkumpul mengikuti pidato pengukuhan guru besar saya serta untuk mensyukuri atas nikmat karunia Allah Swt. Terima kasih atas kasih sayang, dukungan dan pengorbanannya. Semoga Allah Swt. senantiasa meridhoi serta memberikan rahmat dan hidayahNya untuk masa depan yang terbaik bagi anak-cucu saya, agar selalu bersyukur dan bermanfaat bagi sesama, nusa dan bangsa.

Untuk para mahasiswa dan bimbingan, belajar dan berkaryalah sepanjang hayat, persiapkanlah menjadi penerus pengembang ilmu, dan teknologi untuk masa depan dan peradaban dunia. Amalkan ilmu sebaik-baiknya untuk peningkatan kesejahteraan umat manusia.

Kepada hadirin sekalian, saya mengucapkan terima kasih atas kehadiran, keikhlasan dan kesabarannya untuk mengikuti acara pidato pengukuhan guru besar ini.

Terima kasih,

Wassalamu'alaikum warrahmatullahi wabarakatuh.



DAFTAR PUSTAKA

- Abbot, M.B., 1976, Computational Hydraulics: A Short Pethology, Journal of Hydraulic Research, Vol. 14, Issue 4, pp. 271-285.
- Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak, 2023, Survey Longsor Kali Senowo Hulu, Magelang, 10 Agustus 2023.
- Bappenas, 2015. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019. Buku III Agenda Pembangunan Wilayah, KPPN/Bappenas: 1-1 – 1-48.
- Benazir, B., Triatmadja, R., Rahardjo, A.P., Yuwono N., 2018, The Implementation of Combined Roughness and Reflected Model (CRRM) in Tsunami Run-up Simulation through Coastal Vegetation, Journal of the Civil Engineering Forum 4 (3), 201-208.
- BNPB, 2016. Risiko Bencana Indonesia (RBI). Direktorat Pengurangan Risiko Bencana, BNPB, Jakarta.
- BNPB, 2014. Rencana Nasional Penanggulangan Bencana (2015-2019). Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BNPB, 2023, Data Informasi Bencana Indonesia, <https://dibi.bnpb.go.id/>, diakses pada 13/9/2023.
- Chu H., Liu, M., Sun, M., and Chen, L., 2018, Rainfall Nowcasting by Blending of Radar Data and Numerical Weather Prediction, Chapter 4, intechopen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.81632>
- Fajriani, Q.R., Jayadi, R., Legono, D., 2019, Pengaruh Intensitas Hujan, Jangkauan Radar, dan Topografi terhadap Perkiraan Hujan Radar X-Band Multiparameter, Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana, Departemen Teknik Sipil FT-UI, Depok.
- Hambali, R., Legono, D., Jayadi, R., 2019a, Correcting Radar Rainfall Estimates Based on Ground Elevation Function. In



Journal of the Civil Engineering Forum, Vol. 5, No. 3, pp. 300-310

- Hambali, R., Legono, D., Jayadi, R., Oishi, S., 2019, Improving Spatial Rainfall Estimates at Mt. Merapi Area Using Radar-Rain Gauge Conditional Merging, Journal of Disaster Research, 14(1), 69-79.
- Harsanto, P., Ikhsan, J., Legono, D., Rahardjo, A.P., dan Tsutsumi, D., 2020, Sediment transport pre-measurement as revealed by the hydrophone monitoring technique at a volcanic river, IOP Conference Series: Earth Environ. Sci. 437 012050.
- Hidayat, M., Legono, D., Wignyosukarto, B., Jayadi, R., Rahardjo, A.P., Hairani, A., 2021, Flow Behavior of Boyong River as Revealed by Long-term Hydro-monitoring System, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 930 (1), 012023.
- IAHR/IWA Joint Committee on Hydroinformatics, 2023, Upcoming events 15th International Conference on Hydroinformatics, May 27-31, 2024, Beijing, China, <https://www.iahr.org/index/committe/15> (diakses 20/08/2023).
- Ishizuka, T., Morita, K., Kaji, A., Yamakoshi, T., Fukushima, J., Putuhena, W., dan Moriyasu, K., 2013, Landslide dam outburst flood in Way Ela river, Ambon island, Indonesia. In Proceedings of the Interpraevent (pp. 340-346).
- Jayadi, R., Rahardjo, A.P., Puspitosari, D.A., 2021, Identification of Flood-prone Areas using HEC-HMS and HEC-RAS, the Case of Ciberang River Basin, Lebak District of Banten Province, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 930 (1), 012082.
- Khaldirian, M.F., Rahardjo, A.P., Luknanto, D., Sondi, R.D.R., 2021, An Alternative Algorithm for Simulating Flash Flood, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 930 (1), 012076.



- Martinez, C.A., 2009, Using a hybrid approach to improve rainfall prediction for water management, Master of Science Thesis, UNESCO, IHE.
- Rahardjo, A.P., Syahmi, M.A., Legono, D., 2021, Estimating Additional Flood Warning Time using Raindrops Intensity Data Captured by X-Band MP Radar, *International Journal of GEOMATE*, 21 (83), 191-198.
- Rahardjo, A.P., Jayadi, R., Legono, D, 2023, Flash Flood Study on Mt. Merapi Slope for Improvement of the Monitoring Method, *International Journal of GEOMATE*, 25 (107), 42-49.
- Rahardjo, A.P., Sujono, J., 2023, Flood monitoring and community based flash flood warning system for Nasiri River, West Seram, Maluku, *Australasian Journal of Water Resources* 27 (1), 173-190.
- Remote Monitoring, Hydraulic Laboratory, CEED, UGM, 2017, <https://hidro.dctechinc.com>.
- Sathya, K., Rahardjo, A.P., Jayadi, R., Flash Flood Disaster Reconstruction for Estimating the Available Warning Time, the Case in Sempor River on 21st of February 2020, Mt. Merapi Slope, Yogyakarta Special Region, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 930 (1), 012080.
- See, L., Solomatine, D., Abrahart, R., Toth, E., 2007, *Hydroinformatics: computational intelligence and technological developments in water science applications – Editorial, Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques*, Special issue: *Hydroinformatics*, 52(3), pp. 391-396.
- Sujono, J., 2012, Hydrological analysis of the Situ Gintung dam failure. *Journal of Disaster Research*, 7(5), 590-594.
- Sutikno, S., Rahardjo, A.P., 2003, Metode Elemen Hingga untuk Penyelesaian Persamaan Aliran Turbulen $k-\epsilon$, *Jurnal Natur Indonesia* 6 (1), 61-66.



- Wahyuni, S., Rahardjo, A.P., Sujono, J., 2023, Early warning system for flash floods based on radar X-band data in Boyong river and Krasak river area, Merapi mountain, AIP Conference Proceedings 2846 (1).
- Zain, A., Legono, D., Rahardjo, A.P., Jayadi, R., 2021, Review on co-factors triggering flash flood occurrences in Indonesian small catchments, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 930 (1), 012087.
- Zhuang, Y., Yin, Y., Xing, A., dan Jin, K., 2020, Combined numerical investigation of the Yigong rock slide-debris avalanche and subsequent dam-break flood propagation in Tibet, China, Landslides 17, 2217–2229 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01449-9>.



BIODATA



Nama : Prof. Ir. Adam Pamudji
 Rahardjo, M.Sc., Ph.D., IPM.
 Tempat/Tgl Lahir: Yogyakarta/28 Feb. 1962
 NIP : 19620228 198710 1001
 Pangkat : Pembina Tk. 1
 Golongan : IV.b
 Jabatan : Guru Besar

Unit Kerja : Fakultas Teknik, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan

Alamat Kantor : Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan,
 FT UGM, Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta 55281

Alamat Rumah : Banyumeneng RT16, RW4, Jl. Puntadewa No. 5
 (dh. No. 469A), Banyuraden, Gamping, Sleman,
 DI Yogyakarta 55293

Keluarga : Ir. Anita Widiyanti M.T. (istri)
 Fayruz Rahma, S.T., M.Eng. (anak)
 Ir. Ary Mazharuddin Shiddiqi, S.Kom.,
 M.Comp.Sc., Ph.D., IPM. (menantu)
 Avicena Alfary Shiddiqi (cucu)
 Hanif 'Azzami (anak)
 Hafidzul 'Azmi, S.T., M.Sc. (anak)
 Desta Ayu Indraswari, S.Gz. (menantu)
 Ilyas Shaquille Al Fasy (cucu)
 Alm. Harits Muhammad (anak)
 Hazim Alauddin (anak)

Riwayat Pendidikan:

1968 – 1973 SD IKIP N 2 Percobaan, Yogyakarta



- 1973 – 1976 SMP Negeri 1 Yogyakarta
 1976 – 1979 SMA Negeri 3 Yogyakarta
 1980 – 1985 Jurusan Teknik Sipil, FT UGM (Ir.)
 1987 – 1989 Imperial College of Sci., Tech., and Med., Univ. of
 London (D.I.C., M.Sc.)
 1989 – 1991 Univ. College of Swansea, Univ. of Wales (Ph.D.)

Pelatihan/Profesi/Post Doctorates:

- 1998 Training for Trainer, Teaching Improvement Workshop, Engineering Education Development Project (EEDP), Cisarua, Bogor
 2002 Resource Management for Higher Education, EEDP Project, Center of Higher Education and Policy Study (CHEPS), Univ. of Twente, Enschede, the Netherland
 2004 Diklat Service Excellence; Membangun Akuntabilitas Kinerja Pelayanan Prima, Pusdiklat SPIMNAS, 3-7 Sept. 2004, Batam
 2005 Administration Management for Higher Education and Information Technology, JICA-DikTi, Okt-Nov 2005, Saga Univ, Kyushu, Japan
 2009 Senior Assessor Workshop on Institution Accreditation, Malaysia Qualification Agency – ASEAN Quality Assurance Network, 2009, Kuala Lumpur, Malaysia.
 2014 Short-term Research Program in Japan, Study on implementation of the GIS based integrated sediment production, supply and transport model on the Sakurajima Volcano area, Ujigawa Open Laboratory, Kyoto University, Japan.
 2018 Insinyur (Ir.), Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPPI) Fakultas Teknik UGM



2020 Insinyur Profesional Madya (IPM), Persatuan Insinyur Indonesia (PII)

Riwayat Pekerjaan:

1. Dosen dan Peneliti di Departemen Teknik Sipil & Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada (1986 – sekarang)
2. Kepala Laboratorium Komputasi, DTSL FT UGM (1997 – 2004, 2013 - 2016)
3. Anggota Majelis Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (2003 – 2012)
4. Direktur Perencanaan dan Pengembangan UGM (2004 – 2011)
5. Anggota ASEAN Quality Assurance Network (AQAN) Executive Board (2009 – 2012)
6. Wakil Rektor Senior Bidang Perencanaan, Aset dan SDM, UGM (2011-2012)
7. Kepala Program Magister Prodi Teknik Pengelolaan Bencana Alam, DTSL FT UGM (2017 – sekarang)
8. Lead Member Indonesia, ASEAN Hydroinformatics Data Centre Forum (2019 – sekarang)

Anggota Profesi:

- 2017 – sekarang International Association of Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR)
- 2010 – sekarang Multi-modal Sediment Disaster Network (MSD)
- 2021 – sekarang Ikatan Ahli Bencana Indonesia (IABI)
- 2011 – sekarang Himpunan Ahli Teknik Hidro Indonesia HATHI
- 2015 – sekarang Persatuan Insinyur Indonesia (PII)



Publikasi Pilihan/Unggulan:

1. Rizal, F., Rahardjo, A.P. 2000, Pengembangan Metode Pengukuran Medan Kecepatan Aliran dengan Metode Bayangan Partikel, Forum Teknik, 24, No. 1, 132 – 146.
2. Rahardjo, A.P., Rochmadi, R., Kamulyan, B., 2010, The Influence of Superficial Velocity and Bubble Hold-up in Vertical aerator Column to the Oxygen Transfer Coefficient, Jurnal Teknik Sipil UMS, ANILO: Libraries of ASEAN University Network, <http://aunilo.uum.edu.my/Find/Record/id-ugm-repo.33110#>,
3. Rahardjo, A.P., Syafiq, Z.S., Legono, D., 2020, The continuous snake-line method as a potential indicator of warning levels for landslides and lahar disasters, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 437 (1), 012054.
4. Rahardjo, A.P., Sujono, J., 2020, Pemantauan Pendangkalan (Agradasi) Dasar Sungai Nasiri sebagai Bagian dari Upaya Mitigasi Bencana banjir Bandang di Kepulauan Maluku, Bab dalam Buku: Ragam Ulas Kebencanaan, Soeparno, K., (Ed.), Deepublish, Yogyakarta,
5. Rahardjo, A .P., Syahmi, M.A., Legono, D., 2021, Estimating Additional Flood Warning Time using Raindrops Intensity Data Captured by X-Band MP Radar, International Journal of GEOMATE, 21 (83), 191-198.
6. Rahardjo, A.P., Sujono, J., 2023, Flood monitoring and community-based flash flood warning system for Nasiri River, West Seram, Maluku, Australasian Journal of Water Resources 27 (1), 173-190.
7. Rahardjo, A.P., Jayadi, R., Legono, D, 2023, Flash Flood Study on Mt. Merapi Slope for Improvement of the



Monitoring Method, International Journal of GEOMATE, 25 (107), 42-49.

Penghargaan/Capaian:

- The Indonesian Torey Science-Foundation Competitive Research Grant, 1999.
- The AUN/SEED Net Competitive Research Grant, 2001/2002
- The Best-three Papers, the 14 International Debris Flow Workshop and the 5th Multi-modal Sediment Disaster Network, Tainan, Taiwan, 2014
- Community Resilience and Economic Development Programme (CaRED) UGM-NZ Research Grant, (2014 – 2018)



SURAT PERNYATAAN SUDAH MEREVIEW
NASKAH PIDATO PENGUKUHAN GURU BESAR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Prof. Dr. Ir. Joko Sujono, M. Eng.

NIP : 196111261989021001

Pangkat/gol : Pembina Utama/IVe

Jabatan : Guru Besar

Telah melakukan pengecekan serta menelaah naskah pidato dengan judul ” Peran Hidroinformatika dalam Upaya Pengurangan Resiko Bencana Hidrometeorologi”. Kami melakukan pengecekan atas struktur pidato dan tidak bertanggung jawab terkait konten naskah pidato. Adapun naskah pidato akan dibacakan pada acara Pidato Pengukuhan Guru Besar bulan November 2023 bagi Dosen Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada dan tamu undangan lain oleh:

Nama : Prof. Ir. Adam Pamudji Rahardjo, M.Sc., Ph.D.,

NIP : 196202281987101001

Pangkat/gol : Pembina Tk. I/ IV/b

Jabatan : Guru Besar

Yogyakarta, 19 Oktober 2023

Riviewer



Prof. Dr. Ir. Joko Sujono., M.Eng.



SURAT PERNYATAAN SUDAH MEREVIEW
NASKAH PIDATO PENGUKUHAN GURU BESAR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Prof. Teuku Faisal Fathani, ST., MT., Ph.D., IPU, ASEAN Eng.

NIP : 197505261999031002

Pangkat/gol : Pembina Utama/IVe

Jabatan : Guru Besar

Telah melakukan pengecekan serta menelaah naskah pidato dengan judul ” Peran Hidroinformatika dalam Upaya Pengurangan Resiko Bencana Hidrometeorologi”. Kami melakukan pengecekan atas struktur pidato dan tidak bertanggung jawab terkait konten naskah pidato. Adapun naskah pidato akan dibacakan pada acara Pidato Pengukuhan Guru Besar bulan November 2023 bagi Dosen Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada dan tamu undangan lain oleh:

Nama : Prof. Ir. Adam Pamudji Rahardjo, M.Sc., Ph.D., IPM

NIP : 196202281987101001

Pangkat/gol : Pembina Tk. I/ IV/b

Jabatan : Guru Besar

Yogyakarta, 19 Oktober 2023

Riviewer



Prof. Teuku Faisal Fathani, ST., MT., Ph.D., IPU, ASEAN Eng.

