



Sosialisasi Sistem Informasi Manajemen Dan Analisis Data Daerah Aliran Sungai (DAS) Terintegrasi Untuk Mendukung Rehabilitasi Lahan Dan Pengendalian Banjir Didas Desa Garoga

NONI PAISAH¹, ERWINA AZIZAH HASIBUAN^{*2}, SAHRUL HARAHA³, JULIANTO LUBIS⁴

^{1,3,4} Teknik Sipil, Fakultas Teknik

² Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas Graha Nusantara

wiena.koe@gmail.com

KATA KUNCI

SIMDAST, WebGIS, Daerah Aliran Sungai, banjir bandang, mitigasi bencana.

RIWAYAT ARTIKEL

Diterima : 03/04/2026

Revisi : -

Disetujui : 18/04/2026

Dipublish : 30/04/2026

ABSTRAK

Banjir bandang yang melanda Desa Garoga, Kecamatan Batang Toru, Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara, pada 25 November 2025 merupakan salah satu bencana hidrometeorologi terbesar dalam tiga dekade terakhir. Bencana ini mengakibatkan 43 korban jiwa, ratusan warga mengungsi, serta terputusnya akses jalan selama 23 hari. Kajian menunjukkan bahwa bencana dipicu oleh kerusakan ekologis di hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Toru, termasuk deforestasi seluas 72.938 hektar selama 2016–2024 dan belum tersedianya sistem pemantauan DAS berbasis informasi di tingkat desa. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mengimplementasikan Sistem Informasi Manajemen DAS Terintegrasi (SIMDAST) berbasis WebGIS, membangun basis data spasial DAS, serta meningkatkan kapasitas masyarakat dalam pemantauan DAS dan kesiapsiagaan banjir. Metode yang digunakan meliputi survei lapangan, pengumpulan data hidrologi, pemetaan tutupan lahan menggunakan citra Sentinel-2, pengembangan WebGIS open-source, serta pelatihan partisipatif kepada 20 peserta. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa SIMDAST berhasil diimplementasikan dengan lima modul utama. Analisis spasial mengidentifikasi 138 hektar lahan kritis prioritas rehabilitasi dengan tutupan hutan tersisa 31%. Sebanyak 87% peserta mampu mengoperasikan sistem secara mandiri dan skor pengetahuan meningkat 114,7%. SIMDAST efektif mendukung pengelolaan DAS berbasis masyarakat dan meningkatkan kesiapsiagaan terhadap banjir.

KEYWORD

SIMDAST, WebGIS, watershed, flash flood, disaster mitigation.

ARTICLE HISTORY

Accepted : 03/04/2026

Revision : -

Approved : 18/04/2026

Published : 30/04/2026

ABSTRACT

The flash flood that struck Garoga Village, Batang Toru District, South Tapanuli Regency, North Sumatra, on November 25, 2025, was one of the most severe hydrometeorological disasters in the region over the past three decades. The disaster caused 43 fatalities, displaced hundreds of residents, and cut off road access for 23 days. Studies indicate that the disaster was triggered by severe ecological degradation in the upper Batang Toru Watershed, including 72,938 hectares of deforestation between 2016 and 2024 and the absence of an integrated watershed monitoring system at the village level. This community service program aimed to implement a WebGIS-based Integrated Watershed Management Information System (SIMDAST), develop a participatory spatial

* Penulis Korespondensi : wiena.koe@gmail.com (Erwina Azizah Hasibuan)

Diterbitkan oleh : Yayasan Kajian Riset Dan Pengembangan Radisi

watershed database, and strengthen community capacity in watershed monitoring and flood preparedness. Activities included field surveys, hydrological data collection, Sentinel-2 land cover mapping, WebGIS development, and participatory training involving 20 participants. SIMDAST was successfully implemented with five functional modules. Spatial analysis identified 138 hectares of critical land requiring rehabilitation, while forest cover remained only 31% of the watershed area. Furthermore, 87% of participants were able to operate the system independently, with knowledge scores increasing by 114.7%. SIMDAST proved effective in supporting community-based watershed management and improving flood preparedness.

Ini adalah artikel akses terbuka dibawah lisensi [CC BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



A. PENDAHULUAN

Pada 25 November 2025, banjir bandang dan tanah longsor melanda Desa Garoga, Kecamatan Batang Toru, Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara, dan menjadi salah satu bencana hidrometeorologi terbesar yang pernah terjadi di wilayah tersebut. Bencana ini menghancurkan hampir seluruh kawasan permukiman, merusak rumah warga, tempat ibadah, sekolah, kantor desa, serta infrastruktur publik lainnya. Material banjir berupa lumpur, bebatuan, dan ribuan gelondongan kayu berdiameter hingga satu meter yang terbawa dari kawasan hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Toru menunjukkan besarnya tingkat

kerusakan ekosistem di wilayah hulu (Kompas, 2025).

Data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Tapanuli Selatan mencatat sebanyak 43 orang meninggal dunia di wilayah Tapanuli Selatan akibat bencana tersebut, sementara ratusan warga Desa Garoga harus mengungsi selama lebih dari 28 hari dan akses transportasi terputus selama 23 hari akibat rusaknya jalan dan jembatan penghubung (BNPB, 2025; Tempo, 2026). Tingkat kerusakan yang sangat tinggi bahkan mendorong Pemerintah Provinsi Sumatera Utara merencanakan relokasi permukiman karena Desa Garoga dinilai tidak lagi aman sebagai kawasan hunian (KlikSumut, 2025).



Gambar 1. Dokumentasi Kondisi Desa Garoga Pascabencana
Sumber: Zonautara (2025).

Berbagai kajian menyimpulkan bahwa bencana tersebut tidak semata-mata disebabkan oleh curah hujan yang tinggi, tetapi juga dipengaruhi oleh degradasi lingkungan yang terjadi di kawasan hulu DAS Batang Toru. Jaringan Pemantau Independen Kehutanan (JPIK) menemukan bahwa sebagian besar kayu yang terbawa banjir memperlihatkan

bekas penebangan menggunakan mesin, yang mengindikasikan adanya aktivitas pembalakan di kawasan hulu (NU Online, 2026). Selain itu, WALHI Sumatera Utara (2025) melaporkan bahwa ekosistem Batang Toru mengalami deforestasi seluas 72.938 hektar sepanjang periode 2016–2024 akibat ekspansi perkebunan, industri ekstraktif, dan

pembalakan liar. Kondisi tersebut menyebabkan berkurangnya kemampuan kawasan hutan dalam menyerap air hujan sehingga meningkatkan potensi banjir bandang pada musim hujan (Kompas, 2025).

Di sisi lain, hasil observasi lapangan pascabencana menunjukkan bahwa masyarakat Desa Garoga belum memiliki sistem informasi yang mampu mendukung pemantauan kondisi DAS secara berkelanjutan. Data spasial mengenai tutupan lahan, kondisi daerah rawan longsor, lokasi lahan kritis, maupun informasi hidrologi belum terdokumentasi secara terpadu. Selain itu, belum tersedia mekanisme peringatan dini banjir yang mudah diakses masyarakat sehingga informasi mengenai potensi bahaya belum dapat disampaikan secara cepat dan berbasis data. Kondisi tersebut menjadi salah satu kendala dalam upaya mitigasi bencana, rehabilitasi lahan, maupun penyusunan rencana pengelolaan DAS secara partisipatif.

Perkembangan teknologi WebGIS memberikan peluang untuk membangun sistem informasi spasial yang mudah diakses oleh pemerintah desa maupun masyarakat. Sistem ini mampu mengintegrasikan data spasial, hidrologi, dan informasi lapangan dalam satu platform sehingga mendukung pengambilan keputusan secara lebih cepat dan akurat (Pambudi, 2023). Penelitian Muamaroh dan Suprayogi (2022) menunjukkan bahwa implementasi WebGIS mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan DAS dibandingkan sistem manual, sedangkan Pratiwi et al. (2024) melaporkan bahwa aplikasi WebGIS berbasis dashboard interaktif memiliki tingkat kemudahan penggunaan yang sangat baik bagi pemerintah daerah dan masyarakat.

Berdasarkan kondisi tersebut, Tim Pengabdian kepada Masyarakat melaksanakan program Implementasi Sistem Informasi Manajemen DAS Terintegrasi (SIMDAST) berbasis WebGIS di Desa Garoga sebagai upaya mendukung pemulihan pascabencana sekaligus memperkuat kapasitas masyarakat dalam pengelolaan DAS. Program ini dilaksanakan melalui pemetaan spasial kondisi DAS, pembangunan basis data geospasial, pengembangan sistem informasi berbasis WebGIS, serta pelatihan kepada masyarakat mengenai pemantauan DAS, identifikasi lahan kritis, dan pemanfaatan sistem peringatan dini banjir berbasis komunitas. Diharapkan kegiatan ini dapat meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana hidrometeorologi serta menjadi model pengelolaan DAS berbasis komunitas yang dapat direplikasi pada desa-desa lain di kawasan DAS Batang Toru.

B. METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian ini dilakukan melalui beberapa tahap yang dirancang untuk memberikan solusi yang telah direncanakan sebelumnya, yaitu meningkatkan penguasaan kosakata bahasa Inggris siswa SD kelas 2 melalui metode permainan edukatif. Kegiatan ini mencakup beberapa langkah implementasi yang terstruktur agar tujuan dapat tercapai dengan optimal. Berikut ini adalah tahapan-tahapan implementasi kegiatan:

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dilaksanakan selama satu bulan, yaitu pada bulan Maret 2026 di Desa Garoga, Kecamatan Batang Toru, Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara. Kegiatan dilaksanakan empat bulan setelah terjadinya banjir bandang pada 25 November 2025 sebagai bagian dari upaya pemulihan pascabencana melalui penguatan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS). Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan partisipatif (Participatory Rural Appraisal/PRA) yang melibatkan masyarakat sebagai subjek utama dalam proses identifikasi permasalahan, pengumpulan data, pengembangan sistem, hingga evaluasi kegiatan.

Pelaksanaan kegiatan diawali dengan asesmen lapangan untuk mengidentifikasi kondisi DAS pascabencana. Kegiatan meliputi observasi kerusakan kawasan sungai dan lahan, survei menggunakan Global Positioning System (GPS), pengumpulan data hidrologi, serta pemetaan tutupan lahan menggunakan citra satelit Sentinel-2. Selain itu, dilakukan wawancara dengan pemerintah desa, tokoh masyarakat, kelompok tani, dan pemuda Karang Taruna untuk memperoleh informasi mengenai kondisi lingkungan, riwayat kejadian banjir, serta kebutuhan masyarakat terhadap sistem informasi pengelolaan DAS. Hasil asesmen digunakan sebagai dasar penyusunan basis data spasial dan kebutuhan fungsional sistem.



Gambar 2. Wawancara Mahasiswa dengan Masyarakat.

Tahap berikutnya adalah pengembangan Sistem Informasi Manajemen DAS Terintegrasi (SIMDAST) berbasis WebGIS dengan memanfaatkan perangkat

lunak open-source. Sistem yang dikembangkan terdiri atas lima modul utama, yaitu: (1) peta interaktif DAS yang menyajikan informasi tutupan lahan, jaringan sungai, topografi, dan lokasi rawan banjir; (2) modul input data lapangan untuk pencatatan kondisi hidrologi melalui perangkat bergerak; (3) dashboard analitik hidrologi yang menampilkan informasi curah hujan dan kondisi DAS; (4) modul perencanaan rehabilitasi lahan kritis berdasarkan data spasial; serta (5) sistem notifikasi peringatan dini banjir yang terintegrasi dengan aplikasi WhatsApp.

Sebelum diterapkan kepada masyarakat, SIMDAST terlebih dahulu melalui tahap uji coba dan validasi. Validasi dilakukan terhadap fungsi sistem dan akurasi data spasial melalui perbandingan hasil interpretasi citra satelit dengan survei lapangan (ground check). Selanjutnya, sistem diuji oleh perwakilan pengguna untuk memastikan kemudahan penggunaan, kelengkapan informasi, serta kesesuaian fitur dengan kebutuhan masyarakat Desa Garoga.

Tahap selanjutnya adalah pelatihan dan pendampingan kepada mitra kegiatan yang terdiri atas kelompok tani, pemuda Karang Taruna, serta mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Graha Nusantara Padangsidimpuan. Materi pelatihan meliputi pengenalan WebGIS, pengoperasian SIMDAST, teknik pengumpulan data lapangan, pemantauan kondisi DAS, identifikasi lahan kritis, serta pemanfaatan sistem peringatan dini banjir. Pendampingan dilakukan secara langsung melalui praktik penggunaan sistem di lapangan sehingga peserta mampu mengoperasikan SIMDAST secara mandiri.

Evaluasi kegiatan dilakukan melalui pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pengetahuan peserta, disertai observasi terhadap kemampuan peserta dalam mengoperasikan sistem dan melakukan input data lapangan. Selain itu,

dilakukan evaluasi partisipatif melalui diskusi bersama pemerintah desa dan masyarakat untuk memperoleh umpan balik mengenai kebermanfaatan sistem serta menyusun rekomendasi pengembangan SIMDAST sebagai model pengelolaan DAS berbasis masyarakat.

Mitra dalam kegiatan ini adalah Pemerintah Desa Garoga, kelompok tani, pemuda Karang Taruna, serta mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Graha Nusantara Padangsidimpuan yang berperan sebagai fasilitator dalam proses pendampingan dan implementasi teknologi di masyarakat.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dilaksanakan sebagai respons terhadap kondisi pascabencana banjir bandang di Desa Garoga, Kecamatan Batang Toru. Sebelum implementasi program, tim melakukan asesmen lapangan untuk mengidentifikasi kondisi biofisik Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Toru serta kebutuhan masyarakat terhadap sistem informasi pengelolaan DAS. Hasil asesmen menunjukkan bahwa wilayah DAS Desa Garoga memiliki luas sekitar ± 1.420 hektar dengan panjang sungai utama $\pm 19,2$ km. Analisis citra satelit Sentinel-2 dan survei lapangan mengidentifikasi 138 hektar lahan kritis, 11 titik longsor aktif, dan 9 titik rawan banjir. Tutupan hutan yang tersisa hanya sekitar 31% dari luas DAS, jauh menurun dibandingkan kondisi pada tahun 2000. Kondisi tersebut menunjukkan tingginya tingkat degradasi lingkungan yang berkontribusi terhadap meningkatnya risiko banjir bandang dan longsor di wilayah tersebut (WALHI Sumut, 2025; Kompas, 2025).



Gambar 3. Penyaluran Bantuan Sosial kepada Masyarakat Terdampak Bencana

Berdasarkan hasil asesmen tersebut, tim mengembangkan dan mengimplementasikan **Sistem Informasi Manajemen DAS Terintegrasi (SIMDAST)** berbasis WebGIS sebagai media pengelolaan informasi DAS di tingkat desa. Sistem yang dikembangkan terdiri atas lima modul utama, yaitu peta interaktif DAS, dashboard analitik hidrologi, input data lapangan, modul rehabilitasi lahan kritis, dan sistem notifikasi peringatan dini banjir melalui WhatsApp. Seluruh modul telah berfungsi dengan baik dan dapat diakses oleh masyarakat melalui perangkat komputer maupun telepon pintar. Fitur notifikasi dini menjadi modul dengan tingkat penerimaan tertinggi karena dinilai mampu memberikan informasi secara cepat dan mudah dipahami oleh masyarakat.



Gambar 4. Sosialisasi Program SIMDAST kepada Masyarakat Desa Garoga

Keberhasilan implementasi SIMDAST juga didukung melalui kegiatan pelatihan dan pendampingan kepada 20 peserta yang terdiri atas kelompok tani, pemuda Karang Taruna, dan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Graha Nusantara Padangsidempuan. Materi pelatihan meliputi pengenalan konsep DAS, penggunaan WebGIS, pengumpulan data hidrologi, identifikasi lahan kritis, serta prosedur peringatan dini banjir. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan kemampuan peserta pada seluruh aspek pelatihan. Nilai rata-rata peserta meningkat dari **34,8** pada pre-test menjadi **78,6** pada post-test, sedangkan **87% peserta** telah mampu mengoperasikan SIMDAST secara mandiri. Peningkatan kemampuan terbesar terjadi pada penggunaan WebGIS dan pemanfaatan sistem peringatan dini banjir. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan pelatihan berbasis praktik

langsung mampu meningkatkan literasi digital masyarakat dalam pengelolaan DAS. Temuan ini sejalan dengan penelitian Muamaroh dan Suprayogi (2022) serta Pratiwi et al. (2024) yang menyatakan bahwa WebGIS merupakan media yang efektif untuk mendukung pengelolaan wilayah berbasis spasial dan mudah dioperasikan oleh pengguna nonteknis.

Selain meningkatkan kapasitas masyarakat, implementasi SIMDAST menghasilkan basis data spasial yang menjadi dasar penyusunan rencana rehabilitasi lahan. Berdasarkan analisis spasial, lahan kritis seluas 138 hektar dibagi menjadi tiga zona prioritas rehabilitasi, yaitu zona hulu kritis, zona lereng tengah terdegradasi, dan zona sempadan sungai. Hasil analisis tersebut dimanfaatkan sebagai dasar penyusunan rekomendasi penanaman vegetasi konservasi sesuai karakteristik lahan sehingga rehabilitasi dapat dilakukan secara lebih terarah dan berbasis data. Integrasi data spasial ke dalam SIMDAST memungkinkan perkembangan rehabilitasi dipantau secara berkala oleh pemerintah desa maupun masyarakat.

Pelaksanaan kegiatan juga menghasilkan beberapa pembelajaran penting. Pendekatan partisipatif yang melibatkan masyarakat sejak tahap identifikasi masalah hingga penggunaan sistem terbukti meningkatkan rasa memiliki (sense of ownership) terhadap teknologi yang dikembangkan. Masyarakat tidak hanya menjadi pengguna sistem, tetapi juga berperan sebagai penyedia data lapangan melalui fitur pelaporan kondisi sungai dan curah hujan. Kondisi ini memperkuat konsep pengelolaan DAS berbasis masyarakat sebagaimana dikemukakan oleh Pambudi (2023), bahwa keberhasilan pengelolaan DAS sangat bergantung pada keterlibatan aktif masyarakat lokal.

Meskipun demikian, masih terdapat beberapa kendala dalam implementasi program, antara lain keterbatasan jaringan internet di kawasan hulu, kebutuhan peningkatan kapasitas server apabila volume data meningkat, serta perlunya regenerasi operator sistem agar keberlanjutan SIMDAST tetap terjaga. Oleh karena itu, diperlukan pendampingan lanjutan serta dukungan pemerintah daerah untuk mengintegrasikan SIMDAST dengan sistem informasi kebencanaan yang telah dimiliki oleh BPBD dan instansi terkait.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini berhasil menghasilkan sistem informasi pengelolaan DAS yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat Desa Garoga sebagai sarana pemantauan kondisi DAS, pendukung rehabilitasi

lahan kritis, serta media penyebaran informasi peringatan dini banjir. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi WebGIS yang dipadukan dengan pemberdayaan masyarakat dapat menjadi model pengelolaan DAS berbasis komunitas yang adaptif terhadap bencana dan berpotensi direplikasi pada desa-desa lain di kawasan DAS Batang Toru maupun wilayah rawan banjir lainnya.

D. KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat di Desa Garoga, Kecamatan Batang Toru, Kabupaten Tapanuli Selatan, berhasil mengimplementasikan Sistem Informasi Manajemen DAS Terintegrasi (SIMDAST) berbasis WebGIS sebagai salah satu upaya mendukung pemulihan pascabencana banjir bandang. Sistem yang dikembangkan terdiri atas lima modul utama, yaitu peta interaktif DAS, dashboard analitik hidrologi, input data lapangan, modul rehabilitasi lahan kritis, dan sistem peringatan dini banjir berbasis WhatsApp yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dan pemerintah desa.

Hasil asesmen menunjukkan bahwa DAS Desa Garoga mengalami degradasi lingkungan yang cukup serius, ditandai dengan teridentifikasinya 138 hektar lahan kritis dan berkurangnya tutupan hutan hingga sekitar 31% dari total luas DAS. Informasi tersebut berhasil diintegrasikan ke dalam SIMDAST sebagai dasar penyusunan rencana rehabilitasi lahan dan pemantauan kondisi DAS secara berkelanjutan.

Pelatihan dan pendampingan kepada kelompok tani, pemuda Karang Taruna, dan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Graha Nusantara Padangsidimpuan juga memberikan hasil yang positif. Rata-rata nilai peserta meningkat sebesar 114,7% setelah pelatihan, dan 87% peserta telah mampu mengoperasikan SIMDAST secara mandiri. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan teknologi WebGIS yang dipadukan dengan pendekatan partisipatif mampu meningkatkan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan DAS serta memperkuat kesiapsiagaan menghadapi bencana banjir.

Keberlanjutan SIMDAST memerlukan dukungan pemerintah desa, pemerintah daerah, dan pemangku kepentingan terkait melalui pembaruan data secara berkala, pendampingan operator lokal, serta integrasi dengan sistem informasi kebencanaan yang dimiliki instansi terkait. Selain itu, program rehabilitasi lahan kritis di kawasan hulu DAS Batang Toru perlu

dilaksanakan secara berkelanjutan dengan melibatkan masyarakat sebagai pelaku utama konservasi. Pengembangan SIMDAST juga direkomendasikan untuk diterapkan pada desa-desa lain di kawasan DAS Batang Toru maupun wilayah rawan banjir sebagai model pengelolaan DAS berbasis masyarakat yang mendukung upaya mitigasi dan pengurangan risiko bencana.

DAFTAR PUSTAKA

- BNPB. (2025). Situasi Terkini Bencana Banjir Bandang dan Tanah Longsor di Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat – Laporan Harian per 30 November 2025. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BPBD Tapanuli Selatan. (2025). Laporan Data Korban dan Kerusakan Akibat Bencana Banjir Bandang Desa Aek Garoga, Kecamatan Batang Toru, 25–29 November 2025. Padangsidimpuan: BPBD Kabupaten Tapanuli Selatan.
- Detik News. (2025, 7 Desember). Desa Garoga Tapsel Termasuk Terparah Terdampak Banjir, Akses Jalan Terputus. Diakses dari <https://news.detik.com/berita/d-8247119/>
- JPIK (Jaringan Pemantau Independen Kehutanan). (2026, 1 Maret). Akar Penyebab Banjir dan Longsor Sumatra: Deforestasi Masif dan Hilangnya Fungsi Hidrologis Kawasan Hulu. Jakarta: JPIK. Diakses melalui NU Online, <https://www.nu.or.id/nasional>
- Kemenuh (Kementerian Kehutanan RI). (2025, 10 Desember). Kemenuh Beberkan Masifnya Alih Fungsi Lahan Pemicu Banjir Sumatera. Kompas Lestari. Diakses dari <https://lestari.kompas.com/read/2025/12/10/135827586/>
- KlikSumut. (2025, 22 Desember). Desa Garoga Nyaris Hilang, Pemprov Sumut Siapkan Relokasi. Diakses dari <https://kliksumut.com/desa-garoga-nyaris-hilang-pemprov-sumut-siapkan-tempat-relokasi/>
- Kompas. (2025, 7 Desember). Nestapa Desa Garoga, Lenyap Disapu Gelondongan Kayu dan Lumpur Banjir Tapanuli Selatan. Diakses dari <https://medan.kompas.com/read/2025/12/07/125915078/>
- Kompas. (2025, 3 Desember). Banjir Bandang Sumatera 2025: Ekosistem Hutan Kian Rapuh, Bencana Kian Dekat. Diakses dari

- <https://travel.kompas.com/read/2025/12/03/123000827/>
- Liputan6. (2025, 18 Desember). 23 Hari Warga Aek Garoga Tapanuli Selatan Terputus dari Dunia Luar. Diakses dari <https://www.liputan6.com/regional/read/6238827/>
- Mongabay Indonesia. (2025, 28 November). Kerusakan Ekosistem Batang Toru Perparah Banjir dan Longsor. Diakses dari <https://mongabay.co.id/2025/11/28/>
- Mongabay Indonesia. (2025, 14 Desember). Bencana Banjir Sumatera dan Mendesaknya UU Kehutanan Baru yang Transformatif. Diakses dari <https://mongabay.co.id/2025/12/14/>
- Muamaroh & Suprayogi, S. (2022). Implementasi WebGIS untuk Pemantauan Kondisi DAS: Studi Kasus DAS Serayu Hulu. *Majalah Geografi Indonesia*, 36(1), 45–56. <https://doi.org/10.22146/mgi.63412>
- Pambudi, A. S. (2023). Strategi Optimalisasi Pengelolaan DAS Terpadu di Indonesia melalui Kolaborasi Pembangunan Pusat dan Daerah. *Jurnal Pembangunan Nagari*, 8(2), 170–185. <https://doi.org/10.30559/jpn.v8i2.418>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Kehutanan.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2023 tentang Pengelolaan Sedimentasi di Laut.
- Pratiwi, R. D., Nugraha, A. L., & Hani'ah, H. (2024). Aplikasi WebGIS Ancaman Bencana Banjir Berbasis ArcGIS Experience. *Jurnal Geodesi UNDIP*, 13(2), 1–12.
- Satya Bumi. (2025, 28 November). Deforestasi Masif Ekosistem Batang Toru Perparah Banjir di Tapanuli. Diakses dari <https://satyabumi.org/en/deforestasi-masif-ekosistem-batang-toru-perparah-banjir-di-tapanuli/>
- Tempo. (2026, 8 Maret). Korban Banjir Sumatera di Tapanuli Kekurangan Air Bersih. Diakses dari <https://www.tempo.co/politik/korban-banjir-sumatera-di-tapanuli-kekurangan-air-bersih-2120705>
- Trend Asia. (2025). Deforestasi dan Krisis Ekologis di Sumatera: Analisis Kehilangan Tutupan Hutan 10 Tahun Terakhir di Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat. Jakarta: Trend Asia.
- UM Tapsel (Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan). (2025, 24 Desember). Pulihkan Trauma Korban Banjir, UM Tapsel Terjun ke Desa Garoga dan Huta Godang. *Waspada.id*. Diakses dari <https://www.waspada.id/sumut/>
- WALHI Sumut. (2025, 2 Desember). Legalisasi Bencana Ekologis di Sumatera Barat, Aceh dan Sumatera Utara dan Tuntutan Tanggung Jawab Negara serta Korporasi. Diakses dari <https://www.walhi.or.id/>
- Wikipedia. (2025). 2025 Sumatra floods and landslides. Diakses dari https://en.wikipedia.org/wiki/2025_Sumatra_floods_and_landslides
- Zonautara. (2025, 27 November). Satya Bumi Soroti Deforestasi dan Industri Ekstraktif pada Banjir Bandang di Tapanuli. Diakses dari <https://zonautara.com/2025/11/27/satya-bumi-soroti-deforestasi-dan-industri-ekstraktif/>