UNIVERSITAS
GADJAH MADA
The Development of Tidally Corrected Automatic Coastline Extraction Framework for Supporting Indonesia's Maritime Baseline Monitoring.
Mohammad Zulfi Rahadi Putra, Ir. I Made Andi Arsana, S.T., M.E., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Indonesia, as the world's largest archipelagic state, maintains 183 official basepoints under Government Regulation No. 38 of 2002 and No. 37 of 2008, which serve as the geometric origin for all maritime zone delimitations under the United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS). The legal validity of these basepoints depends on their accurate referencing to a tidal datum yet the majority of existing coordinate records were established using legacy charting methods that predate modern satellite geodesy and vertical datum harmonization. This study develops and evaluates an automated, physics-corrected satellite shoreline extraction pipeline for the systematic monitoring and updating of Indonesia's archipelagic baseline across three epochs: 2002, 2008, and 2025.

The pipeline integrates Google Earth Engine cloud computing for multi-sensor imagery acquisition (Landsat 5/7 at 30 m and Sentinel-2 MSI at 10 m), the CoastSat framework for MNDWI-based waterline extraction, and the FES2022 global tidal model for tidal normalization. Horizontal shoreline displacement was further corrected for sea-level rise using the Bruun Rule and for vertical land motion using regionally stratified subsidence rates. Results indicate a national mean End Point Rate of −1.008 m/yr, with 91.8% of basepoints exhibiting net landward retreat exceeding −0.5 m/yr. No accretion signal was detected at any basepoint within the spatial and temporal resolution constraints of this study. Total corrected displacement ranged from −0.68 m at microtidal sites to −26.7 m at mesotidal sites, with tidal regime identified as the primary spatial stratified of displacement magnitude. Accuracy assessment employed a two-tier validation framework: primary validation against the BIG Garis Pantai 1:25,000 reference dataset at 10 basepoints (RMSE 12.70 m, MAE 7.49 m) and a supplementary ROI validation across 8 Java Island transect points spanning sandy, deltaic, estuarine, and volcanic coastal morphologies (RMSE 9.00 m, MAE 4.37 m). The combined weighted RMSE across all 18 validation points was 11.20 m, meeting the SNI 19-6502.1-2000 horizontal accuracy standard at the 90% confidence level.

These findings offer the first quantitative, reproducible, and legally traceable evidence of systematic baseline retreat across the full extent of Indonesia's archipelagic basepoint network. The observed mean landward displacement of 23.2 m since 2002 suggests a measurable physical contraction of the legal baseline that may warrant further review in the context of Indonesia's maritime zone management.

Keywords: archipelagic baseline, shoreline change, tidal normalization, FES2022, CoastSat, Sentinel-2, sea-level rise, Indonesia, UNCLOS, maritime boundary.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
The Development of Tidally Corrected Automatic Coastline Extraction Framework for Supporting Indonesia's Maritime Baseline Monitoring.
Mohammad Zulfi Rahadi Putra, Ir. I Made Andi Arsana, S.T., M.E., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Indonesia, sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki 183 titik dasar resmi berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 38 Tahun 2002 dan No. 37 Tahun 2008, yang berfungsi sebagai acuan geometris bagi seluruh penetapan zona maritim berdasarkan Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Hukum Laut (UNCLOS). Keabsahan hukum titik-titik dasar tersebut bergantung pada ketepatannya dalam mereferensikan datum pasang surut namun sebagian besar catatan koordinat yang ada ditetapkan menggunakan metode pemetaan lama yang mendahului geodesi satelit modern dan harmonisasi datum vertikal. Penelitian ini mengembangkan dan mengevaluasi alur kerja otomatis berbasis koreksi fisika untuk ekstraksi garis pantai dari citra satelit, guna mendukung pemantauan dan pemutakhiran garis pangkal kepulauan Indonesia secara sistematis pada tiga epoch: 2002, 2008, dan 2025.

Alur kerja ini mengintegrasikan komputasi awan Google Earth Engine untuk akuisisi citra multi-sensor (Landsat 5/7 resolusi 30 m dan Sentinel-2 MSI resolusi 10 m), kerangka kerja CoastSat untuk ekstraksi garis air berbasis MNDWI, serta model pasang surut global FES2022 untuk normalisasi pasang surut. Pergeseran horizontal garis pantai selanjutnya dikoreksi terhadap kenaikan muka air laut menggunakan Aturan Bruun dan terhadap gerakan vertikal tanah menggunakan laju penurunan tanah yang distratifikasi secara regional. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata nasional End Point Rate sebesar −1,008 m/tahun, dengan 91,8% titik dasar mengalami kemunduran ke arah darat melebihi −0,5 m/tahun. Tidak ada sinyal akresi yang terdeteksi pada titik dasar mana pun dalam batasan resolusi spasial dan temporal penelitian ini. Total pergeseran terkoreksi berkisar antara −0,68 m pada lokasi mikrotidal hingga −26,7 m pada lokasi mesotidal, dengan rezim pasang surut teridentifikasi sebagai stratifikator spasial utama besaran pergeseran. Penilaian akurasi menggunakan kerangka validasi dua tingkat: validasi primer terhadap dataset referensi BIG Garis Pantai 1:25.000 pada 10 titik dasar (RMSE 12,70 m, MAE 7,49 m) dan validasi ROI tambahan pada 8 titik transek Pulau Jawa yang mencakup morfologi pantai berpasir, deltaik, estuarin, dan berbatu vulkanik (RMSE 9,00 m, MAE 4,37 m). RMSE tertimbang gabungan dari seluruh 18 titik validasi adalah 11,20 m, memenuhi standar akurasi horizontal SNI 19-6502.1-2000 pada tingkat kepercayaan 90%.

Temuan ini menawarkan bukti pertama yang bersifat kuantitatif, dapat direproduksi, dan dapat ditelusuri secara hukum mengenai kemunduran garis pangkal secara sistematis di seluruh jaringan titik dasar kepulauan Indonesia. Pergeseran ke arah darat rata-rata sebesar 23,2 m sejak tahun 2002 mengindikasikan kontraksi fisik yang terukur pada garis pangkal hukum yang mungkin memerlukan tinjauan lebih lanjut dalam konteks pengelolaan zona maritim

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
The Development of Tidally Corrected Automatic Coastline Extraction Framework for Supporting Indonesia's Maritime Baseline Monitoring.
Mohammad Zulfi Rahadi Putra, Ir. I Made Andi Arsana, S.T., M.E., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Indonesia.

Kata Kunci: garis dasar kepulauan, perubahan garis pantai, normalisasi pasang surut, FES2022, CoastSat, Sentinel-2, kenaikan muka air laut, Indonesia, UNCLOS, batas maritim