

BAB 4

ANALISIS PEMETAAN GENANGAN

4.1 Pengolahan Sentinel-1 untuk Genangan

Pengolahan citra Sentinel-1 untuk wilayah Kota Bontang cukup efektif untuk memetakan genangan. Citra Sentinel-1 yang mempunyai kelebihan dari sensor aktif SAR nya yang dapat menembus awan dan berbagai cuaca di Kota Bontang. Kondisi tersebut menjadi keunggulan dalam analisa genangan karena. Data dari radar Sentinel-1 ini juga bisa memperlihatkan perubahan permukaan lahan sebelum terjadi genangan dan pasca genangan. Penelitian ini menggunakan dua data citra Sentinel-1 pada saat kondisi sebelum tergenang dan sesudah genangan. Data tersebut digunakan untuk melihat kondisi permukaan sebelum tergenang dan sesudah tergenang. Metode pengolahan yang digunakan menggunakan metode *RGB Composite* dan *Threshold*. Metode ini nantinya akan memunculkan perbedaan warna dari wilayah tergenang dan wilayah tidak tergenang serta nilai ambang batas untuk membedakan antara genangan dan bukan genangan. Hasil dari pengolahan ini nanti akan ditumpang tindihkan dengan penggunaan lahan untuk melihat area penggunaan lahan mana saja yang terdampak.

4.1.1 Data Citra Satelit Sentinel-1 yang Digunakan

Data yang digunakan dalam proses identifikasi genangan pada tugas akhir ini adalah citra Sentinel-1 dengan menggunakan sensor aktif (SAR). Pemilihan data Sentinel-1 sebagai salah satu data utama untuk penelitian ini karena ketersediaan data nya yang mudah diakses secara *open source* dan setelah dilihat dan dibandingkan data SAR lainnya, data Sentinel-1 ini cukup menyediakan data citra dari berbagai waktu. Keunggulan data Sentinel-1 yang memiliki sensor aktif dari radar *Synthetic Aperture Radar* (SAR) tidak gampang terpengaruh oleh cuaca dan awan tebal, serta yang paling penting ialah sensor ini tidak bergantung pada faktor eksternal seperti cahaya matahari. Cara kerja dari Sentinel-1 ini itu memancarkan energinya sendiri seperti sinyal gelombang mikro (C-band) ke permukaan dan menerima gelombang kembali.

Data citra Sentinel-1 yang akan dijadikan bahan analisa ialah data sebelum genangan terjadi dan pasca genangan terjadi pada tahun 2026. Data yang diambil pada tahun 2026

yakni data sebelum genangan terjadi di tanggal 13 Januari 2026 dan data genangan pada tanggal 18 Februari 2026. Berdasarkan data yang sudah diperoleh dapat diketahui sebagai berikut.

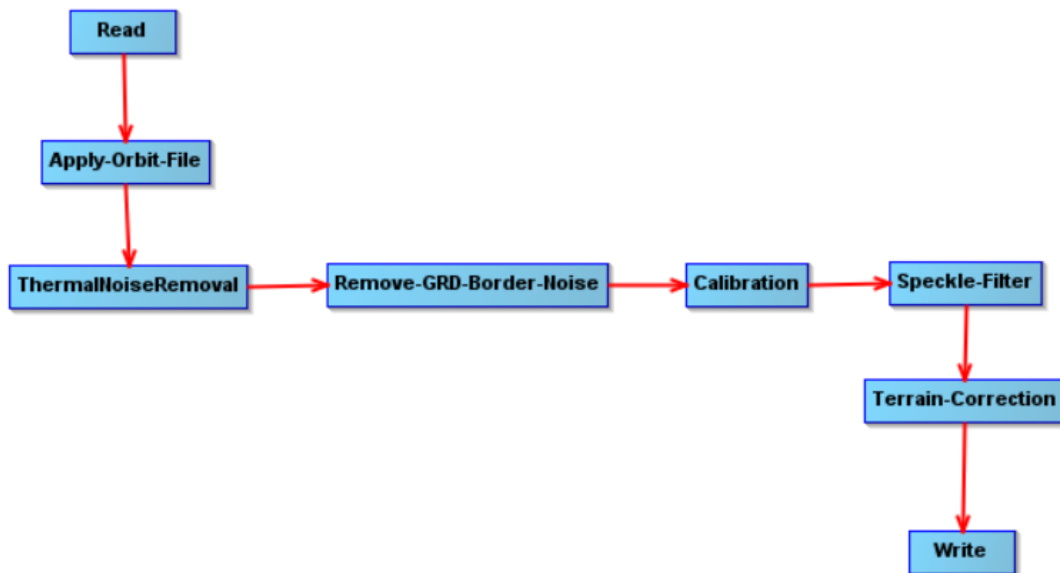
Tabel 4. 1 Data Perekaman Sentinel-1 yang Digunakan

Sentinel-1 Image	Date	Type Data
S1A_IW_GRDH_1SDV_20260113T215109_20260113T215134_062754_07DEA7_D59F.SAFE	13/01/2026	Dry
S1A_IW_GRDH_1SDV_20260113T215044_20260113T215109_062754_07DEA7_BEAC.SAFE	13/01/2026	Dry
S1A_IW_GRDH_1SDV_20260218T215107_20260218T215132_063279_07F220_2CED.SAFE	18/02/2026	Wet
S1A_IW_GRDH_1SDV_20260218T215042_20260218T215107_063279_07F220_3D7B.SAFE	18/02/2026	Wet

Sumber: Copernicus ESA

4.1.2 Preprocessing Data

Data citra Sentinel-1 sebelum dilakukan analisis harus dilakukan proses *pre-processing* terlebih dahulu sebagai langkah untuk menyiapkan data agar layak digunakan dalam menganalisis genangan. Data SAR yang direkam oleh satelit Sentinel-1 pada dasarnya terdapat berbagai kekurangan jika ingin dianalisis lebih lanjut, contoh kekurangannya seperti *noise*, distorsi geometrik, maupun ketidaksesuaian nilai hamburan balik atau *backscatter*. Kondisi tersebut menyebabkan data asli yang didownload (*raw data*) belum bisa digunakan langsung, karena dapat memengaruhi hasil interpretasi dan akurasi dalam mengidentifikasi genangan. Metode *RGB Composite* dan *Threshold* memerlukan kesesuaian data antar waktu perekaman agar perubahan kondisi permukaan dapat ditampilkan secara baik. Data SAR yang belum terkoreksi dengan baik akan berpotensi memunculkan perbedaan warna yang tidak sepenuhnya menampilkan perubahan kondisi genangan, kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh kesalahan radiometrik maupun geometrik dari data SAR. Proses *pre-processing* menjadi tahapan penting dalam tugas akhir ini, karena digunakan untuk menghasilkan data yang optimal seperti memiliki kualitas visual yang baik dan menggambarkan perubahan kondisi permukaan yang tergenang. Berikut merupakan *graph builder* atau diagram dari *pre-processing* Sentinel-1.



Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 1 Diagram *Preprocessing Graph Builder*

Proses pengolahan data Sentinel-1 ini menggunakan berbagai tahapan sesuai dengan *graph builder* yang sudah dilakukan. Tahapan yang dilakukan dibagi menjadi tahap *preprocessing* dan tahap penggabungan data (*Stack*). Berikut merupakan penjelasan setiap tahap yang dilakukan.

a. Apply Orbit File

Tahap pertama adalah *Apply Orbit File*, karena hasil perekaman dari Sentinel-1 belum sepenuhnya terkoreksi dengan baik, maka tahap ini bertujuan untuk mengoreksi akurasi geometrik/geolokasi dengan baik pada citra yang sudah diunduh (Filipponi, 2019). Gambar di bawah ini adalah *graph builder*, klik kotak merah (*Apply Orbit File*), lalu terdapat menu *orbit state vectors* dan *polynomial degree* yang tidak perlu diubah (*default* saja). Namun pada bagian "*Do not fail if orbit file is not found*" dicentang saja.

Read Apply-Orbit-File ThermalNoiseRemoval Remove-GRD-Border-Noise Calibration Speckle-Filter Terrain-Correction Write

Orbit State Vectors: Sentinel Precise (Auto Download) ▼

Polynomial Degree: 3

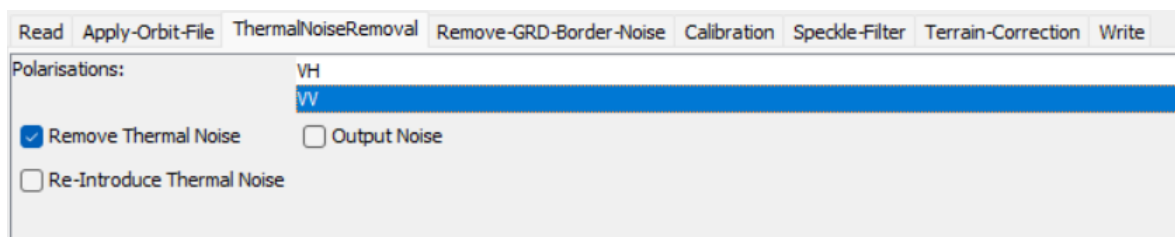
☒ Do not fail if new orbit file is not found

Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 2 Proses *Apply Orbit File*

b. Thermal Noise Removal

Tahap penghapusan *thermal noise* ini dilakukan yang bertujuan untuk menghilangkan gangguan dari sensor radarnya. Jika tidak dihilangkan, beberapa bagian citra bisa menunjukkan nilai yang tidak sesuai dengan objek permukaan yang direkam. (Filipponi, 2019). Gambar di bawah ini menunjukkan untuk memilih polarisasi VV dan hanya *checkbox* pada menu "Thermal Noise Removal".

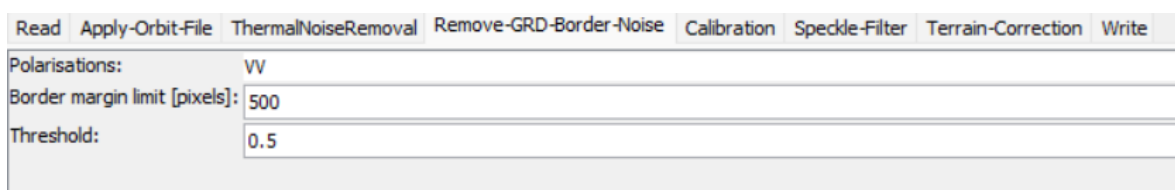


Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 3 Proses Thermal Noise Removal

c. Border Noise Removal

Pada pengolahan Sentinel-1 di SNAP biasanya terdapat gangguan di tepi citra yang memunculkan piksel-piksel abnormal. Oleh karena itu, tahap ini bertujuan untuk menghilangkan piksel-piksel abnormal di bagian tepi citra yang diolah (Filipponi, 2019). Adapun caranya seperti gambar di bawah ini, pada pilihan menu pada tahap ini dibuat *default* saja dengan *Border Margin Limit* 500 dan *Threshold* 0.5.

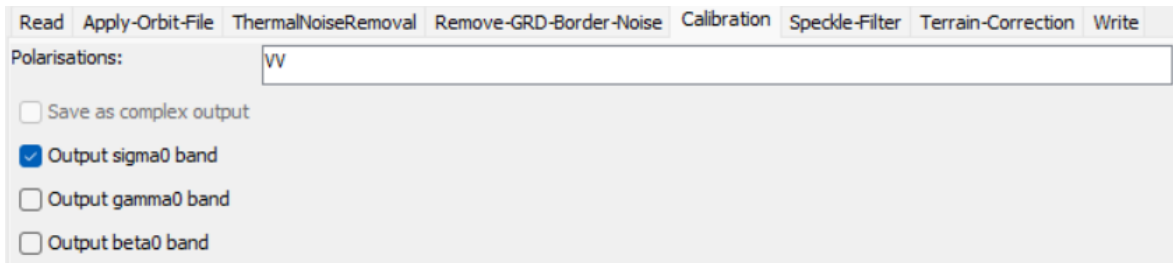


Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 4 Proses Border Noise Removal

d. Calibration

Tahap ini menjelaskan terkait kalibrasi radiometrik yang bertujuan untuk mengubah nilai dari citra menjadi nilai hamburan balik (*backscatter*). Nilai hamburan balik ini nantinya akan menjadi parameter untuk mengidentifikasi genangan, umumnya jika permukaan halus seperti permukaan air dan genangan *backscatter* cenderung rendah dibandingkan daratan atau vegetasi (Filipponi, 2019). Gambar di bawah ini menunjukkan beberapa menu seperti *output sigma*, *gamma*, dan *beta band*, di tahap ini dibuat *default* seperti gambar saja.

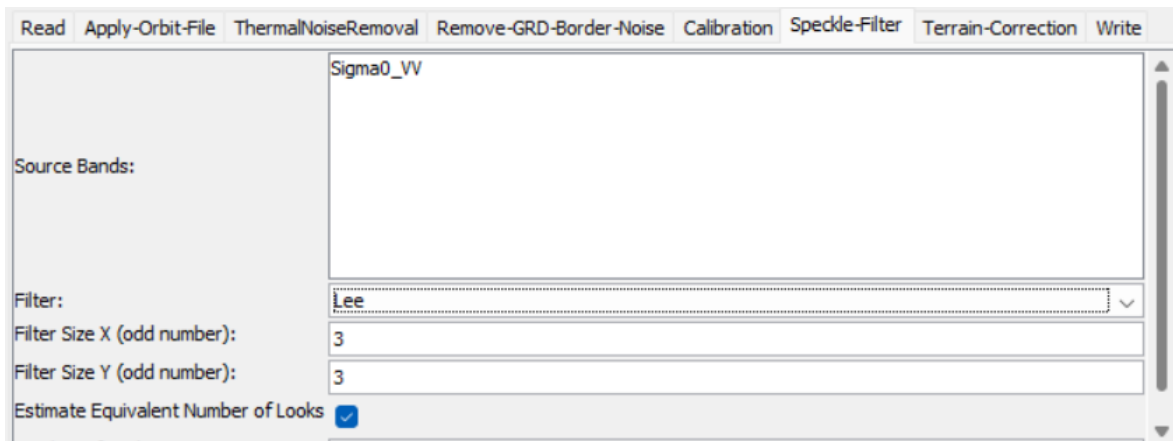


Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 5 Proses Calibration

e. *Speckle Filter*

Citra Sentinel-1 umumnya selalu muncul bintik-bintik pada citranya dan gangguan tersebut dinamakan *speckle noise*. Tujuan dari tahap ini ialah mengurangi *speckle* dan lebih terlihat halus dibandingkan sebelum dilakukan tahap ini (Filipponi, 2019). Pada gambar di bawah ini menunjukkan beberapa menu pilihan seperti *filter*, *filter size X*, *filter size Y* dan lain sebagainya, pada tahap ini semuanya dibuat *default* saja.

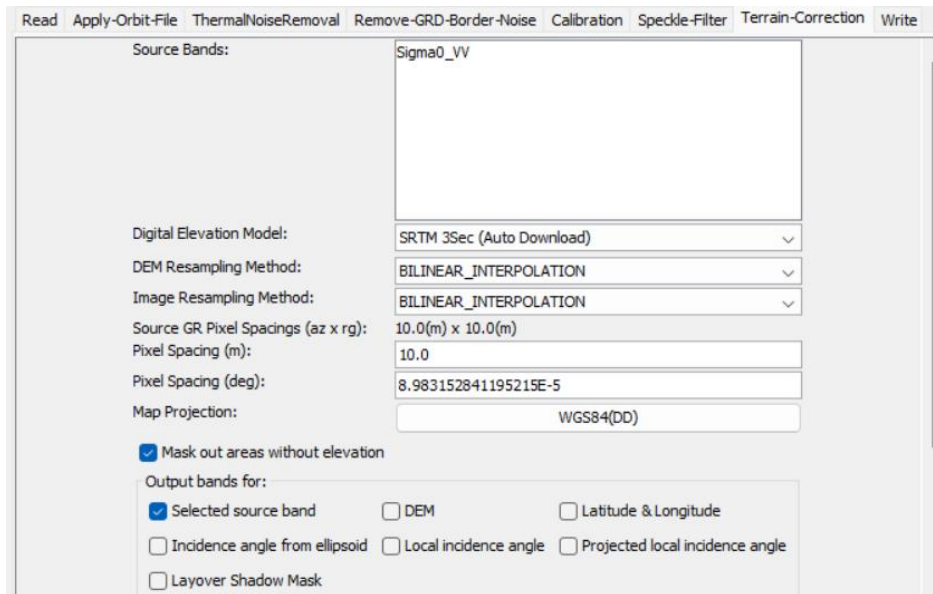


Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 6 Proses Speckle Filter

f. *Terrain Correction*

Citra Sentinel-1 sebelum dilakukan koreksi seperti tahap ini terkadang akan mengalami distorsi pada bentuk dan posisi pada objek citra. Oleh karena itu, tujuan dari tahap *terrain correction* ialah posisi objek disesuaikan menggunakan data elevasi sehingga posisi objek menjadi lebih akurat (Filipponi, 2019). Pada tahap ini sesuaikan dengan gambar di bawah (dibuat *default* saja).

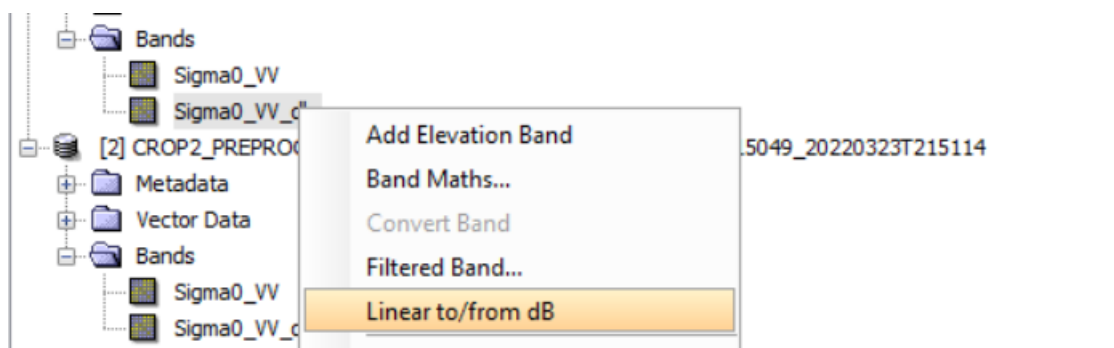


Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 7 Proses Terrain Correction

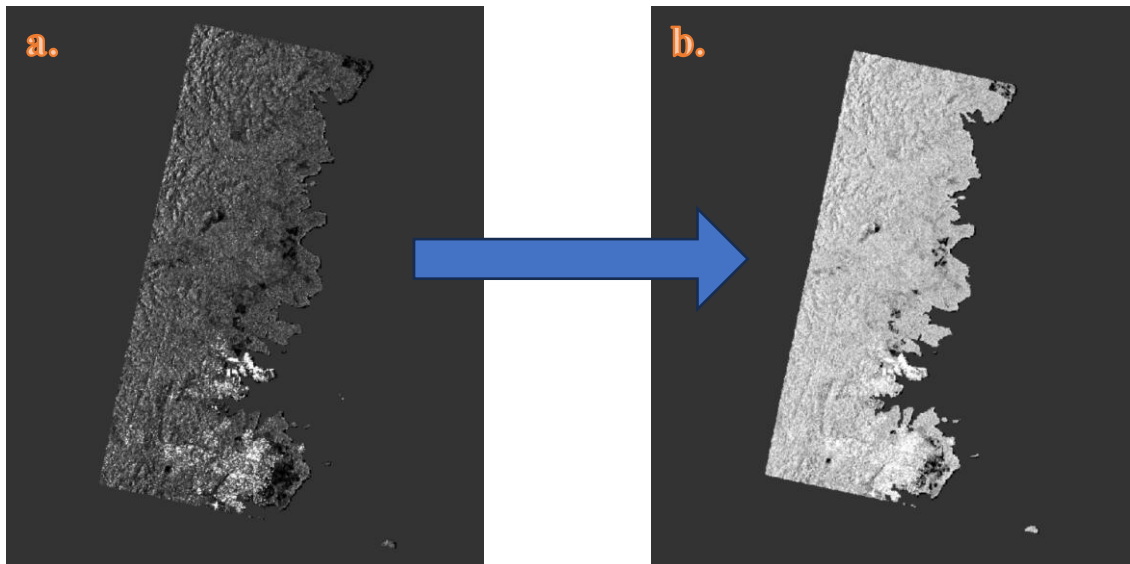
g. dB Conversion

Pada proses pengolahan *calibration* dan *terrain correction* selesai dilakukan, hasil dari citra tersebut masih memiliki nilai hamburan balik dalam bentuk skala linear. Nilai linear yang masih ada biasanya memiliki rentang yang cukup besar dan tidak merata. Oleh karena itu, dilakukan proses *linear to dB conversion* untuk mengubah nilai *backscatter* dari skala linear ke skala desibel (dB) (Bagja dkk., 2025; Filipponi, 2019). Gambar di bawah ini menunjukkan dengan cara klik kanan pada hasil *preprocessing* (Sigma0_VV) lalu pilih *linear to/from dB*.



Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 8 Proses dB Conversion



Sumber: SNAP ESA

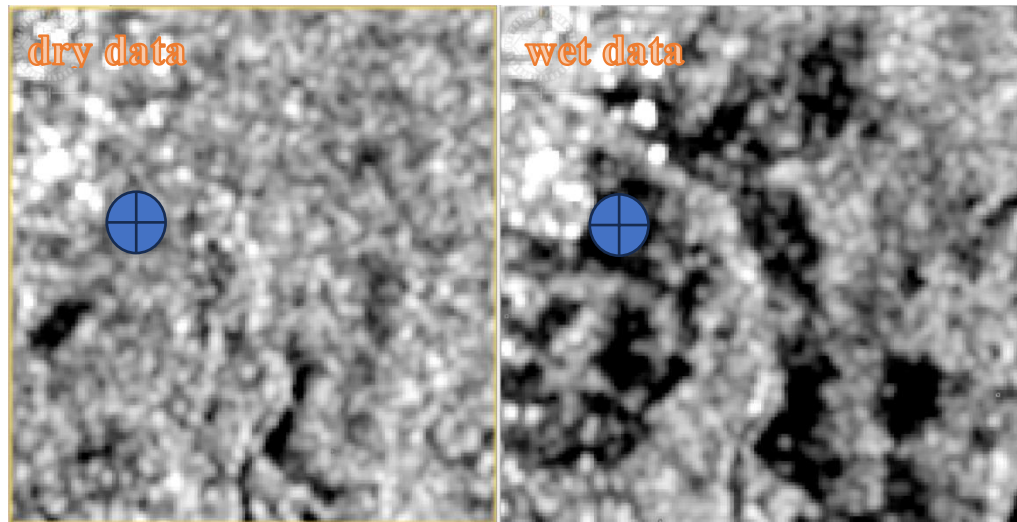
Gambar 4. 9 Sebelum Konversi dB (a.) dan Sesudah Konversi dB (b.)

Hasil dari konversi desibel dapat dilihat seperti gambar di atas. Terdapat perubahan yang cukup jelas pada kontras citranya, objek yang lebih gelap merupakan area dengan *backscatter* yang lebih rendah dibandingkan area yang lebih terang. Area gelap umumnya menandakan objek genangan, dan badan air. Namun pada hasil pengolahan di wilayah Kota Bontang, terdapat objek yang terlihat gelap tetapi bukan badan air ataupun genangan, objek tersebut ialah landasan pacu bandara. Objek seperti landasan pacu bandara tersebut terlihat gelap karena nilai *backscatter*nya rendah serta terpengaruh pada permukaan yang relatif datar dan homogen. Oleh karena itu, objek yang berwarna gelap tidak serta merta menunjukkan genangan, tetapi bisa terpengaruh objek lain yang memiliki karakteristik seperti permukaan air.

4.1.3 Pengolahan Genangan Metode *RGB Composite*

Metode *RGB Composite* digunakan untuk mengidentifikasi perubahan kondisi permukaan lahan tergenang dengan menggabungkan dua scene citra sebelum genangan dan sesudah genangan (Denis, 2019). Peran data sebelum genangan (*dry data*) dan sesudah genangan (*wet data*) setelah dikomposisikan dengan klasifikasi *Red Band = Dry Data*, *Green Band = Wet Data*, dan *Blue Band = Wet Data*, akan menghasilkan perubahan permukaan pada area tergenang yang berwarna merah. Metode ini bisa untuk memetakan area tergenang di Kota Bontang, karena terdapat scene citra dalam kondisi normal (tidak

pada saat terjadi genangan) dan kondisi tergenang, yang akan menghasilkan perubahan kenampakan permukaan yang cukup jelas.



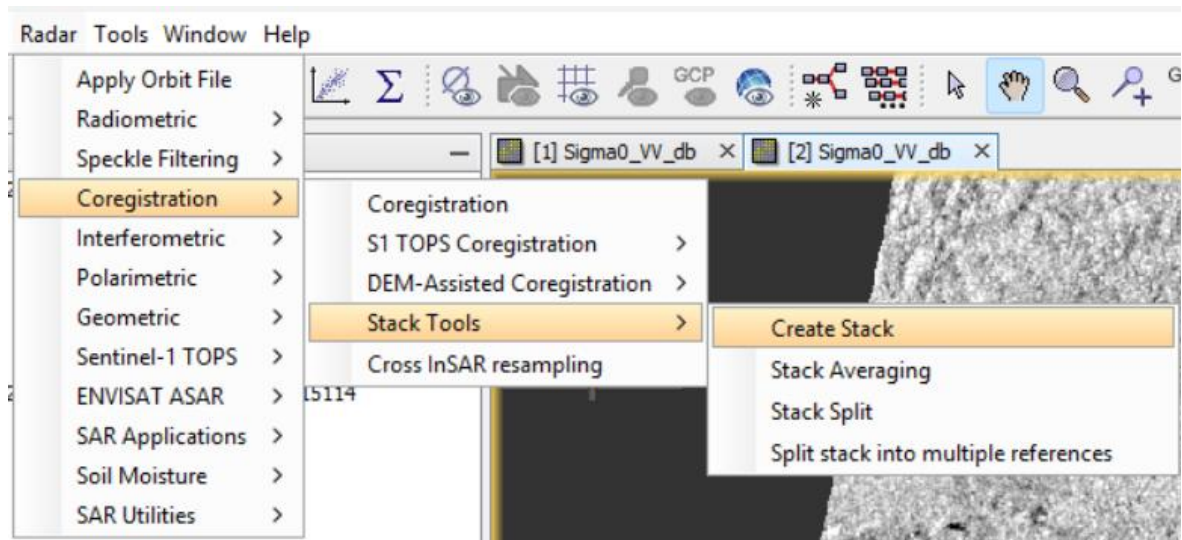
Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 10 Visualisasi Dry Data dan Wet Data

Proses dalam pengolahan *RGB Composite* ini dilakukan setelah tahap *preprocessing* dan konversi nilai ke desibel (dB) sudah selesai. Tahap dalam *preprocessing* merupakan proses yang penting dalam pengolahan *RGB Composite* ini, karena dengan melewati tahap *preprocessing* dan konversi ke dB visualisasi hasil dari metode ini akan terlihat cukup jelas pada area yang terindikasi tergenang. Pada gambar di atas dapat diketahui dua *scene* citra Sentinel-1 yakni *dry data* dan *wet data*. Kedua data ini merupakan data yang akan diakumulasikan sebagai nilai ambang batas dari nilai dB yang dihasilkan dari value *backscatter* nya. Data sebelum genangan (*dry data*) yakni pada tanggal 13/01/2026 dan setelah genangan terjadi (*wet data*) 18/02/2026 ini masing-masing menghasilkan *backscatter* yang berbeda. Kedua *scene* citra tersebut dilakukan identifikasi melalui nilai value piksel di titik yang sama, antara area yang gelap (pada *scene wet data*) dan area yang lebih terang tetapi pada titik yang sama dengan area yang gelap. Maka diperoleh nilai hamburan balik (dB) nya ialah *dry data* dengan nilai -7.41582 dan *wet data* dengan nilai -22.85376. Menurut (Denis, 2019) berikut merupakan tahap untuk mengolah RGB komposit agar menghasilkan visual perubahannya.

a. *Create Stack*

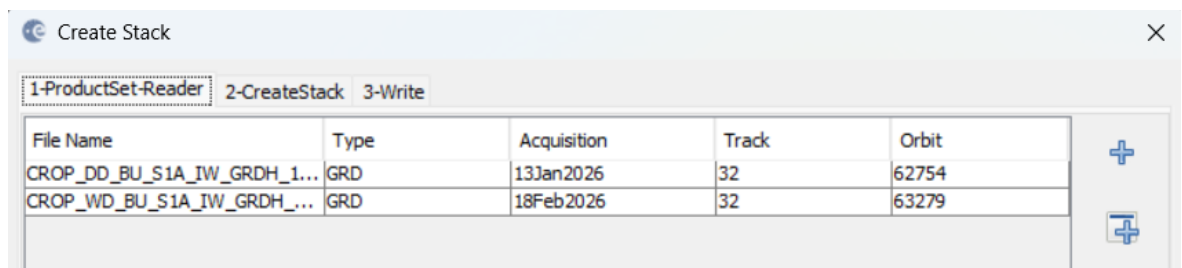
Tahap *create stack* dilakukan menggunakan dua *scene* citra. Tujuan dari proses ini adalah menggabungkan citra pada tanggal 13 Januari 2026 dan 18 Februari 2026 ke dalam satu dataset multitemporal.



Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 11 Proses Create Stack

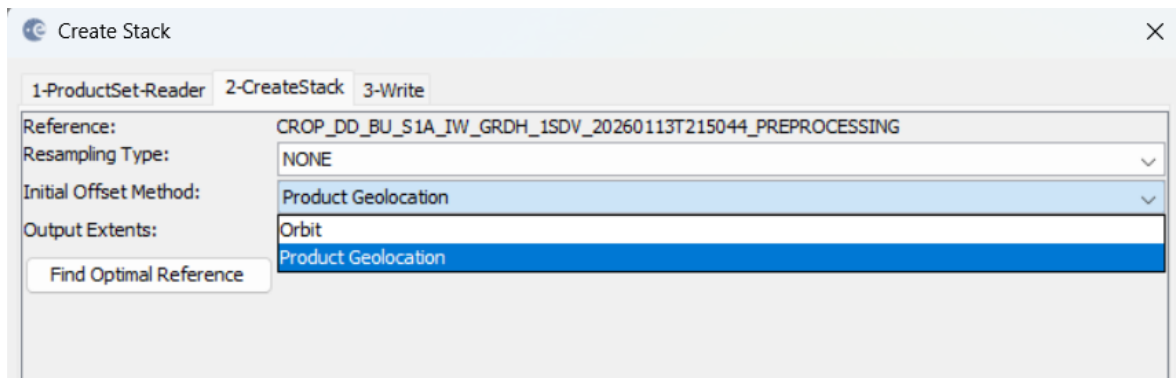
Proses *create stack* dilakukan dengan memilih menu *Tools > Coregistration > Stack Tools > Create Stack* seperti gambar di atas.



Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 12 Proses Pemilihan Citra untuk Create Stack

Seperti gambar di atas, masukkan data citra yang sudah dilakukan *preprocessing* ke dalam menu *ProductSet-Reader* dengan memilih kedua citra tersebut (citra sebelum genangan dan citra sesudah genangan). Tanggal citra akan terlihat pada label bertuliskan *acquisition*.



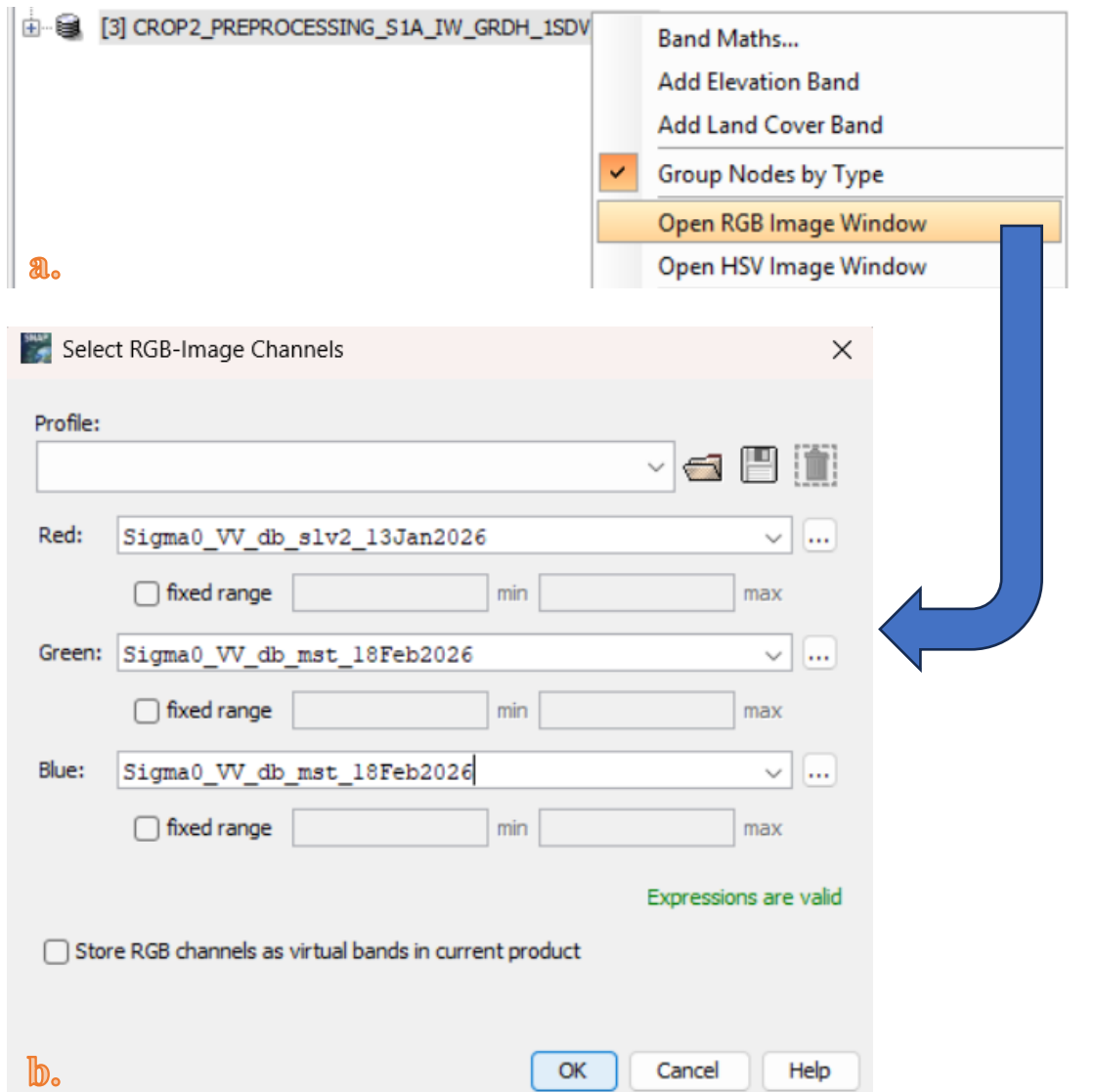
Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 13 Proses Pemilihan *Output Extents Create Stack*

Pada proses seperti gambar di atas, menunjukkan beberapa menu seperti *resampling type*, *initial offset method*, dan *output extent*. Klik pada menu *initial offset method* dengan pilihan *product geolocation*, karena scene citra di wilayah Kota Bontang tidak tersedia *orbit file* nya maka digunakan parameter *product geolocation* (menggunakan informasi koordinat geografis hasil *preprocessing*). Tujuan dari tahap *create stack* ini agar memastikan kedua citra tersebut sudah *coregistered* dan sudah tergabungkan menjadi satu.

b. *RGB Image Windows*

Tahap setelah melakukan penggabungan kedua citra yang sudah melalui tahap *preprocessing* ialah pembentukan komposit warna menggunakan *RGB Image Window*. Komposit RGB diproses dengan hasil *stacking* dengan menyesuaikan tiga band, *red (R) band*, *green (G) band*, *blue (B) band*. Menu untuk menampilkan *RGB Window* dengan memilih menu *RGB Image Window* dan memilih *Open RGB Image Window* seperti gambar di bawah ini.



Sumber: SNAP ESA

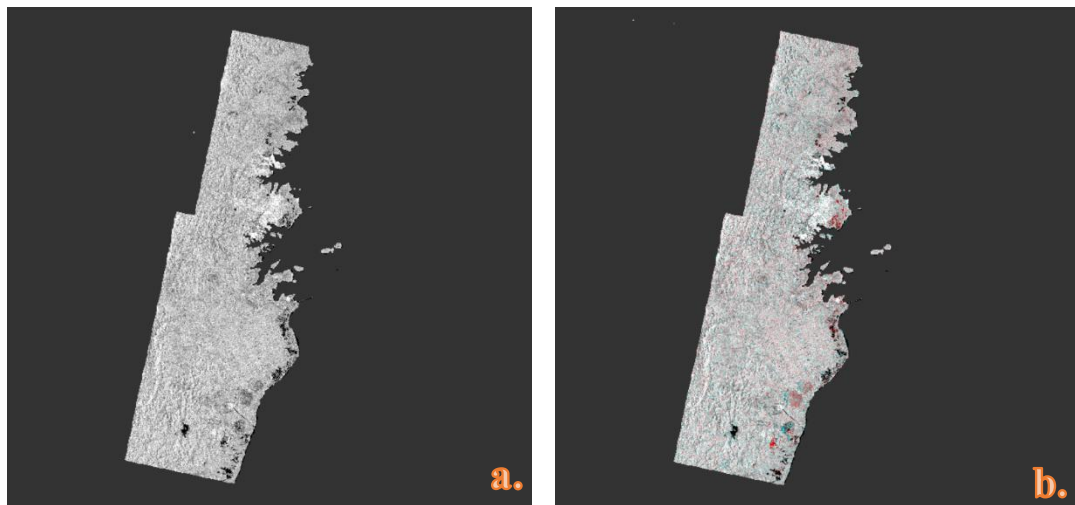
Gambar 4. 14 Proses RGB Image (a.), (b.)

Pada penelitian ini digunakan kombinasi band sebagai berikut:

- Red (R) = Dry Data (Sigma0_VV_db_slv2_13Jan2026)
- Green (G) = Wet Data (Sigma0_VV_db_mst_18Feb2026)
- Blue (B) = Wet Data (Sigma0_VV_db_mst_18Feb2026)

Kombinasi tersebut menghasilkan visualisasi perubahan yang dapat memperlihatkan area dengan *backscatter* rendah akibat genangan air. Permukaan air yang cenderung

halus menghasilkan pantulan spekular sehingga energi gelombang radar dipantulkan menjauhi sensor dan menyebabkan nilai hamburan balik menjadi rendah. Area yang tergenang akan menampilkan warna yang berbeda dibandingkan area yang tidak mengalami perubahan. Hasil dari parameter ini nantinya area tergenang akan berwarna merah, area permukiman cenderung berwarna putih, area vegetasi cenderung berwarna abu-abu bercampur sedikit kebiruan, dan warna gelap merupakan representasi dari badan air serta objek yang memiliki *backscatter* rendah (landasan pacu bandara). Metode *RGB Composite* pada penelitian ini mengutip dari prinsip analisis multitemporal Sentinel-1 yang dilakukan oleh (Amitrano dkk., 2019), yaitu dengan menggunakan *dry data* dan *wet data*. Kombinasi dari band $R = \text{Dry Data}$, $G = \text{Wet Data}$, dan $B = \text{Wet Data}$ untuk mempermudah visualisasi perubahan *backscatter* antara sebelum genangan dan sesudah genangan.



Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 15 (a.) Sebelum Sebelum Pengolahan *RGB Composite* dan (b.) Hasil Sesudah *RGB Composite*

4.1.4 Pengolahan Genangan Metode *Threshold*

Metode pemetaan dengan memanfaatkan data Sentinel-1 untuk memetakan genangan salah satunya ialah *Threshold*. Sentinel-1 yang merupakan dari data SAR dapat mendeteksi hamburan balik dari suatu objek atau *backscatter* yang menerima pantulan dari radar ke objek lalu ke radar kembali (Bagja dkk., 2025). Metode dengan melihat nilai ambang batas diperoleh dari piksel citra SAR yang sudah dilakukan pengolahan dengan melihat sebaran piksel badan air dan non badan air (Liang & Liu, 2020). Nilai hamburan balik memiliki kecenderungan rendah jika mendeteksi objek sebagai badan air, oleh karena itu teknologi

SAR mampu mendeteksi genangan atau badan air (Liang & Liu, 2020). Metode *threshold* adalah sebagai pembatasan nilai antara deteksi badan air dan non badan air dengan sampling menggunakan *training area* (digitasi area gelap yang terindikasi genangan) (Bagja dkk., 2025). Nilai *threshold* dapat diketahui dari analisa histogram dan nilai intensitas *backscatter* dengan analisa nilai badan air dan non badan air (Liang & Liu, 2020). Metode *threshold* umumnya terbagi menjadi dua yakni *local threshold* dan *global threshold*, yang menjadi pembeda adalah *global threshold* memanfaatkan nilai histogram dari 1 scene data SAR, sedangkan *local threshold* membagi scene menjadi beberapa bagian wilayah untuk mempermudah deteksi nilai ambang batas dan pembacaan grafik histogram (Liang & Liu, 2020).

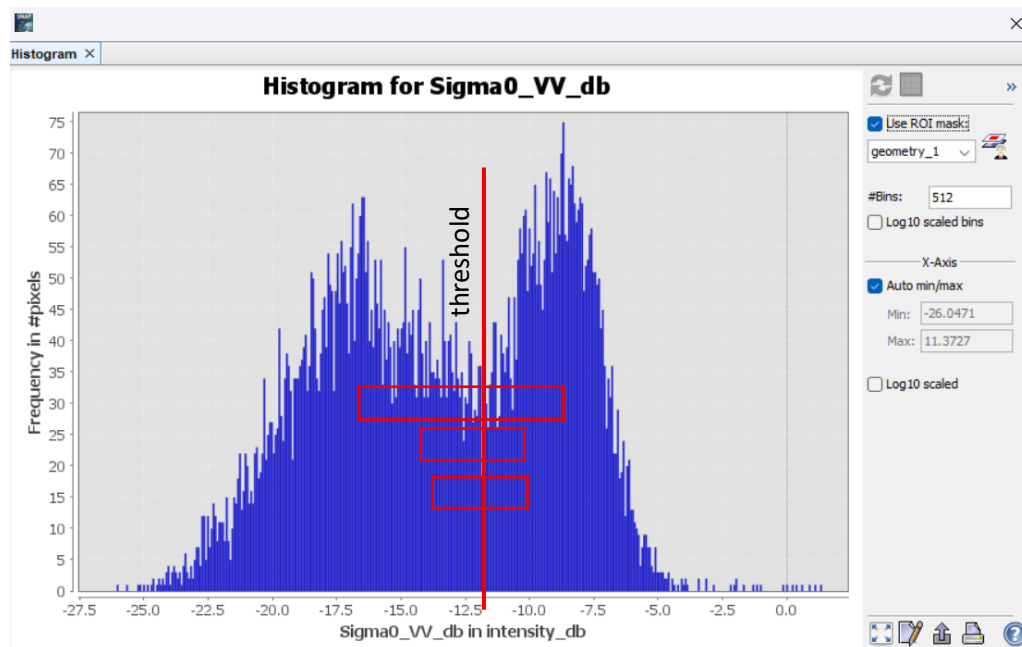
Setelah melakukan proses *preprocessing* pada data Sentinel-1, proses menggunakan metode *threshold* ini dilakukan seperti 4.1.2 pada poin g. Penjelasan pada poin g tersebut merupakan proses *db conversion* yaitu mengubah nilai *backscatter* linear menjadi *decibel*. Untuk mengetahui nilai *backscatter* pada skala *decibel* dilakukan menggunakan cara *training area*, yaitu menempatkan poligon-poligon pada komposisi area yang gelap dan terang seperti gambar di bawah ini.



Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 16 Training Area

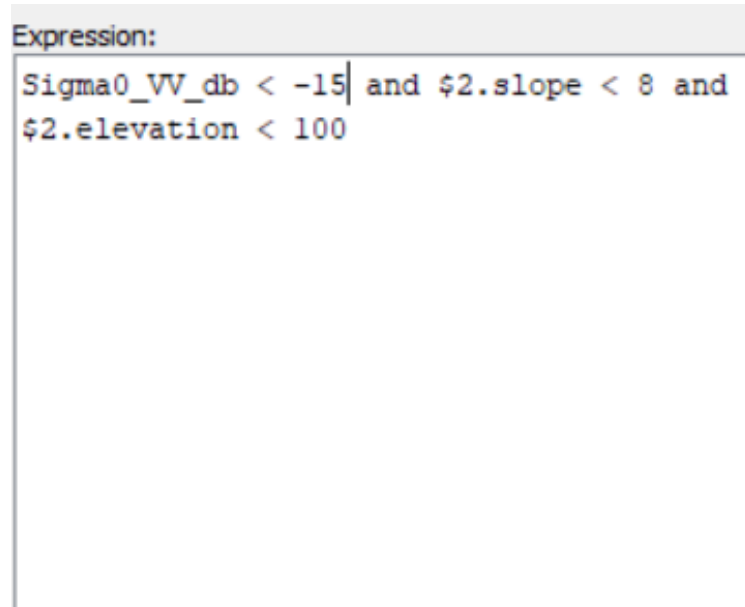
Berdasarkan gambar *training area* diatas, nantinya hasil dari *training area* tersebut akan dilihat nilai *db* nya untuk mengetahui nilai *backscatter* dari histogramnya seperti gambar di bawah ini.



Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 17 Histogram

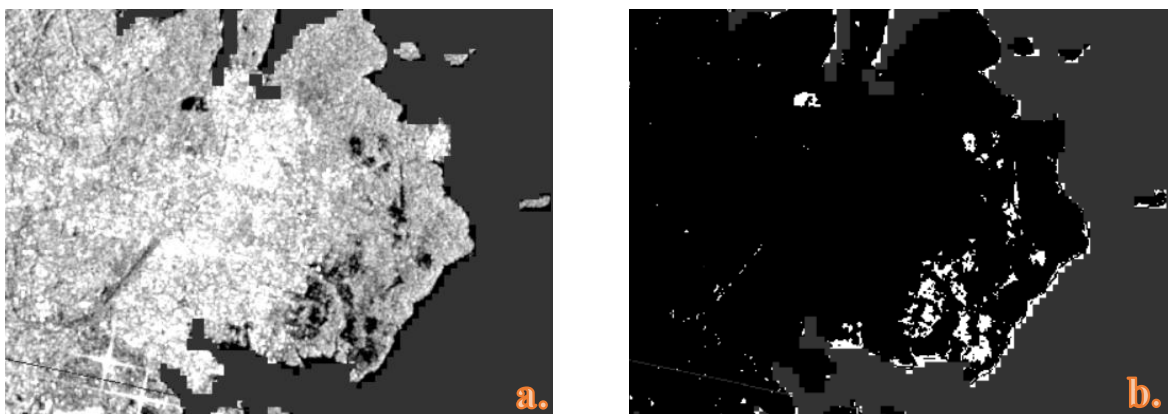
Dapat diketahui dari nilai histogram diatas, pada kotak merah menunjukkan nilai *db* yang berkisar dari - 15.5 – 10.0 *db*. Hasil ini menandakan nilai *backscatter* antara area tergenang dan tidak tergenang berada pada nilai tersebut. Hasil dari histogram ini merupakan idetinfikasi nilai value dB dari *training area* di *scene* citra genangan terjadi (*wet data*). Nilai yang diketahui pada histogram menunjukkan angka absolut dari hasil *training area*. Nilai yang berbentuk gelombang ke kanan menandakan bukan genangan, dari sini nilainya bisa merepresentasikan sebagai vegetasi, bangunan, ataupun yang lainnya dan tidak berkaitan dengan badan air atau genangan, tetapi nilai yang bergelombang sebaliknya merupakan representasi dari badan air.



Sumber: SNAP ESA

Gambar 4. 18 Band Math

Proses perhitungan dari nilai *db* dilakukan dengan menggunakan *band math* sebagai tools untuk mencari hasil genangan dari nilai tersebut. Pada gambar di atas, dapat diketahui data tambahan yang digunakan sebagai perhitungan adalah data *slope* dan *elevation*. Adapun rumusnya sebagai berikut. “*scene db < intensity db < slope < elevation*” (Bagja dkk., 2025; Zhang dkk., 2020). Nilai ambang batas di angka -15.0 *db* merupakan nilai yang dihasilkan dari intensitas *backscatter* dengan penentuan yang mewakili nilai air. Penelitian dari (Wagner dkk., 2026) menyebutkan bahwa nilai -15.0 *db* merupakan nilai ambang batas yang mewakili air. Berikut merupakan hasil *band math* yang menghasilkan genangan.



Sumber: SNAP ESA

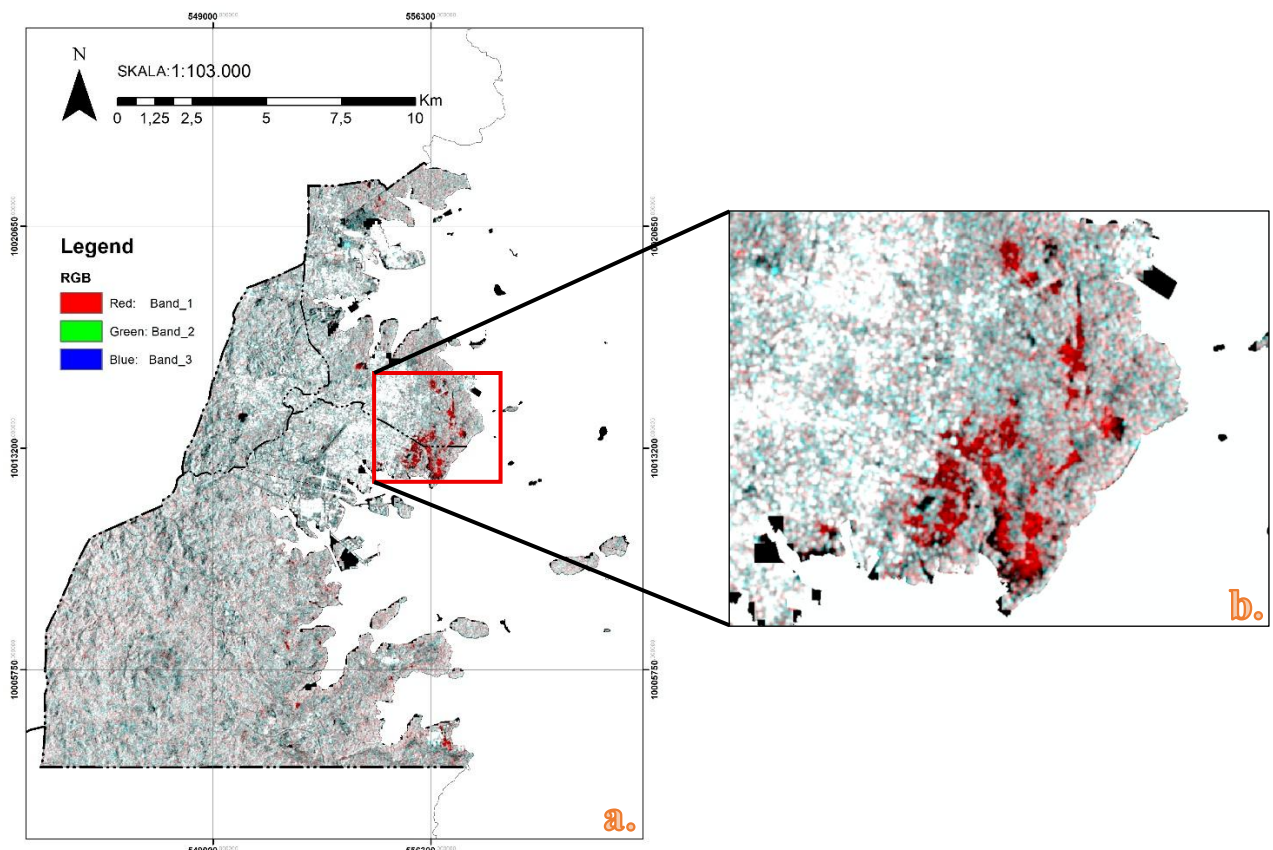
Gambar 4. 19 Sebelum Band Math (a.), Sesudah Band Math (b.)

4.1.5 Peta Genangan Tentative

Proses pemetaan genangan di Kota Bontang pada penelitian ini menggunakan dua *scene* citra Sentinel-1. Data Sentinel-1 yang terdiri dari data kondisi normal sebelum genangan (*dry data*) dan kondisi pada saat genangan terjadi. *Dry data* yang digunakan adalah citra pada tanggal 13 Januari 2026 yang terdiri dari dua *scene* (karena citra Kota Bontang terpisah menjadi dua *scene*). Sementara itu untuk data saat genangan (*wet data*) didasarkan oleh kejadian banjir besar di Kota Bontang pada tanggal 14 Februari 2026. Jarak temporal antara kejadian banjir dan akuisisi *wet data* di tanggal 18 Februari 2026 itu masih tergolong valid karena genangan sisa (*residual inundatio*) dan biasanya untuk dataran rendah seperti pesisir Kota Bontang banjir rob itu masih menggenangi dataran bisa lebih dari 24 jam akibat pasang surut air laut dan drainase yang belum optimal (Asmirah dkk., 2024). Setelah melakukan *preprocessing* dan *stacking* pada kedua *scene* citra Sentinel-1 tersebut menggunakan Metode *RGB Composite* dengan formula sebagai berikut.

$$RGB = [VV_{before\ flood}, VV_{after\ flood}, VV_{after\ flood}]$$

Sumber: SentinelHub Script Maryam Salehi

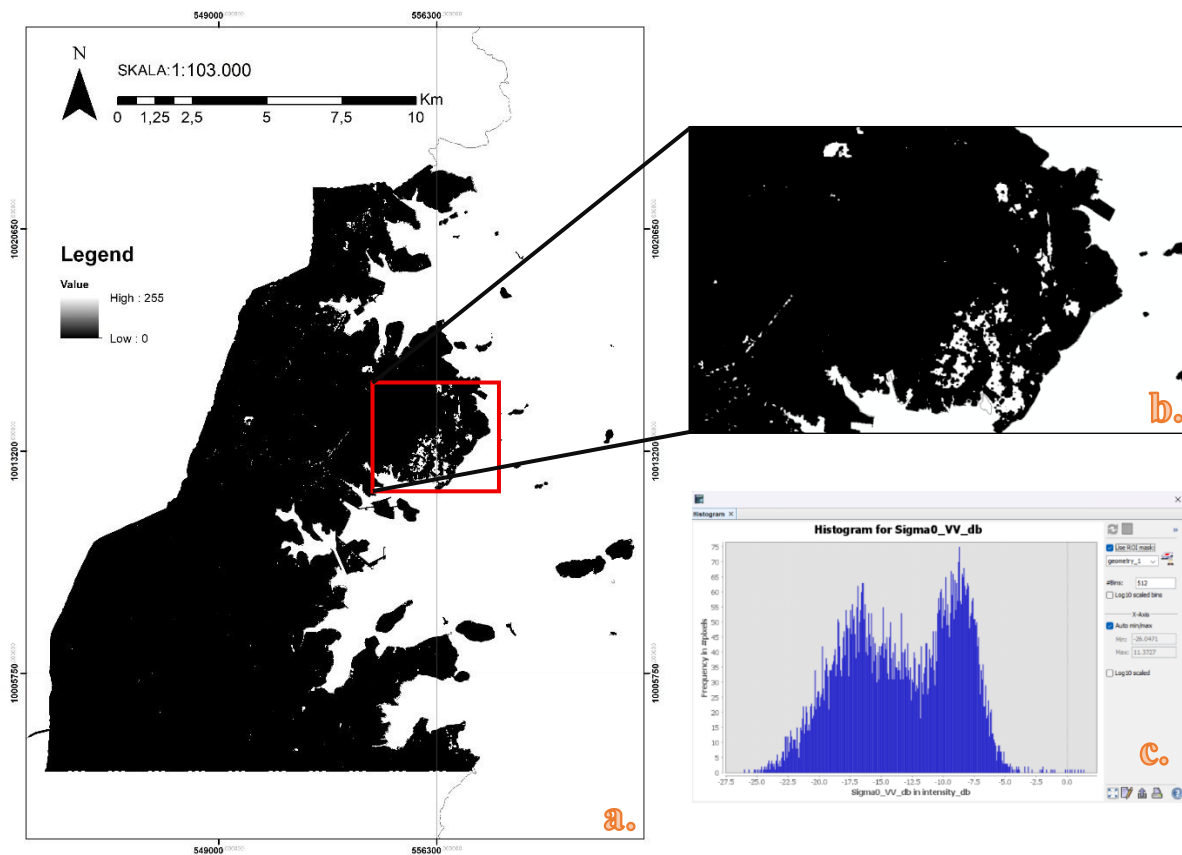


Sumber: Pengolahan Sentinel-1, 2026

Gambar 4. 20 Visualisasi Hasil Pengolahan *RGB Composite* (a.), *Zoom In* (b.)

Hasil komposit RGB menampilkan diferensiasi warna yang mencerminkan perubahan kondisi permukaan lahan antara kedua periode. Area berwarna merah merepresentasikan kawasan yang mengalami penurunan nilai *backscatter* secara signifikan antara kondisi *dry* dan *wet*, yang mengindikasikan terjadinya genangan. Kawasan berwarna putih hingga abu-abu terang merupakan area permukiman dan lahan terbangun yang relatif tidak mengalami perubahan *backscatter* antar waktu. Kawasan berwarna abu-abu hingga biru gelap merepresentasikan vegetasi dan area non-terbangun, sementara warna gelap atau hitam merupakan representasi dari badan air permanen. Berdasarkan visualisasi RGB tersebut, area tergenang pada tahun 2026 mayoritas letaknya di wilayah timur Kota Bontang, tepatnya di Kelurahan Bontang Kuala dan Kelurahan Guntung yang berbatasan langsung dengan pesisir Selat Makassar (Aziza dkk., 2021).

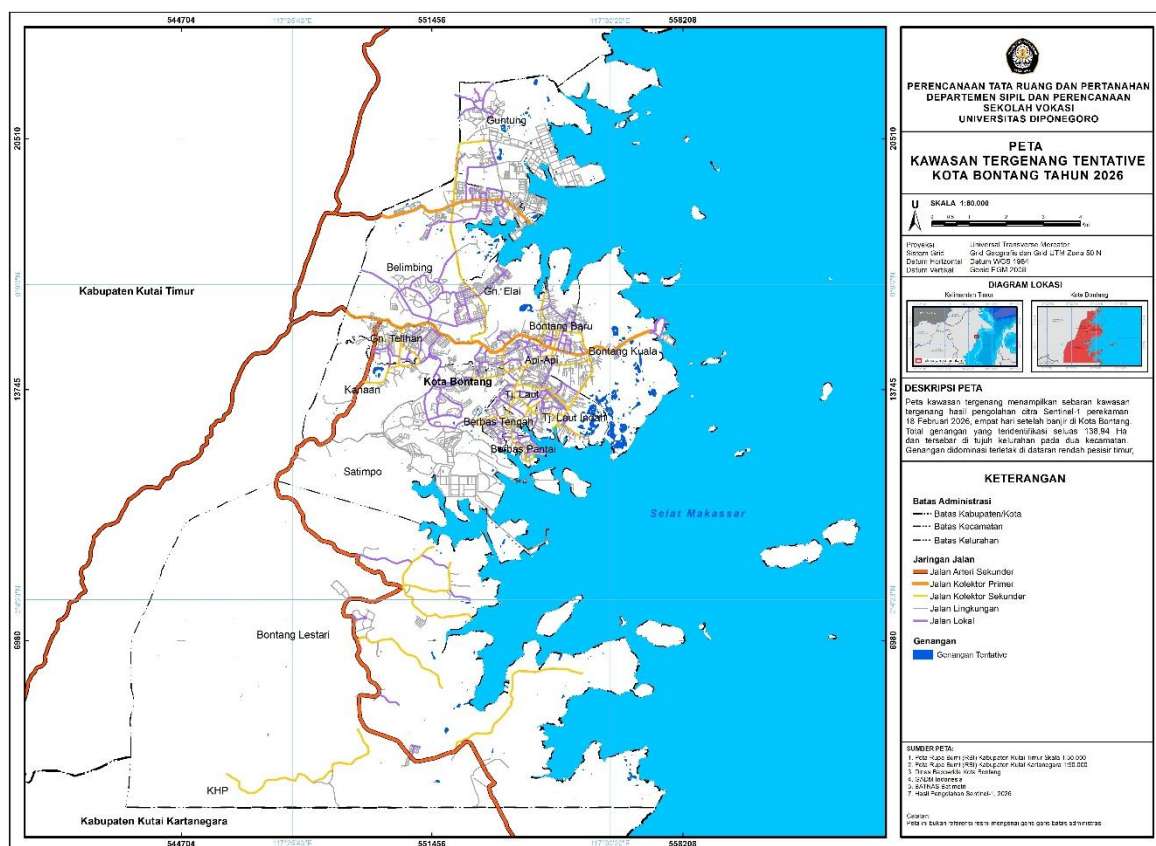
Perhitungan luasan area tergenang secara kuantitatif, dilakukan proses ekstraksi berbasis metode *thresholding* terhadap nilai *backscatter* hasil *preprocessing*. Metode *threshold* digunakan untuk memisahkan piksel badan air dan genangan dari piksel non-air berdasarkan nilai ambang batas (*threshold value*) pada histogram *backscatter* (Liang & Liu, 2020). Penentuan nilai ambang batas dilakukan secara terpisah untuk masing-masing *scene* citra karena perbedaan karakteristik permukaan dan kondisi atmosferik antar wilayah. Untuk *scene* bagian utara (Kecamatan Bontang Utara), nilai ambang batas yang ditetapkan adalah -15 dB, sedangkan untuk *scene* bagian selatan (Kecamatan Bontang Selatan), nilai ambang batas yang ditetapkan adalah -15 dB. Perbedaan nilai *threshold* antara kedua *scene* ini mencerminkan variasi karakteristik tutupan lahan dan tingkat kelembaban permukaan pada masing-masing wilayah, di mana Kecamatan Bontang Selatan yang memiliki proporsi kawasan hutan mangrove dan rawa yang lebih besar cenderung menghasilkan nilai *backscatter* lebih rendah bahkan pada kondisi tidak tergenang (Pangi dkk, 2023).



Sumber: Pengolahan Sentinel-1, 2026

Gambar 4. 21 Visualisasi Hasil Pengolahan *Threshold* (a.), *Zoom In* (b.), *Histogram* (c.)

Proses ekstraksi area tergenang menggunakan metode *threshold*, ditemukan bahwa kawasan Bandara Bontang bisa teridentifikasi sebagai area tergenang. Fenomena ini terjadi karena permukaan landasan pacu bandara yang relatif datar, rata, dan homogen menghasilkan efek refleksi spekular (*specular reflection*) terhadap gelombang radar, sehingga sebagian besar energi gelombang dipantulkan menjauhi sensor dan mengakibatkan nilai *backscatter* yang sangat rendah menyerupai karakteristik permukaan air (Cimpianu & Mihu-Pintilie, 2018). Kondisi yang sama juga sudah disampaikan pada subbab 4.1.2, yaitu objek dengan permukaan datar dan homogen seperti landasan pacu tidak selalu mencerminkan keberadaan genangan. Oleh karena itu, badan air permanen dieliminasi secara manual menggunakan data *shapefile* batas kawasan sebelum dilakukan perhitungan luas akhir. Setelah proses eliminasi, total luas genangan yang teridentifikasi di Kota Bontang pada Februari 2026 adalah 117,17 Ha, dengan distribusi utama di Kelurahan Bontang Kuala dan Kelurahan Guntung. Berikut merupakan visualisasi hasil peta genangan tentative yang sudah diolah dan dibandingkan dengan *treshold* dan *RGB Composite*.



Sumber: Pengolahan Sentinel-1, 2026

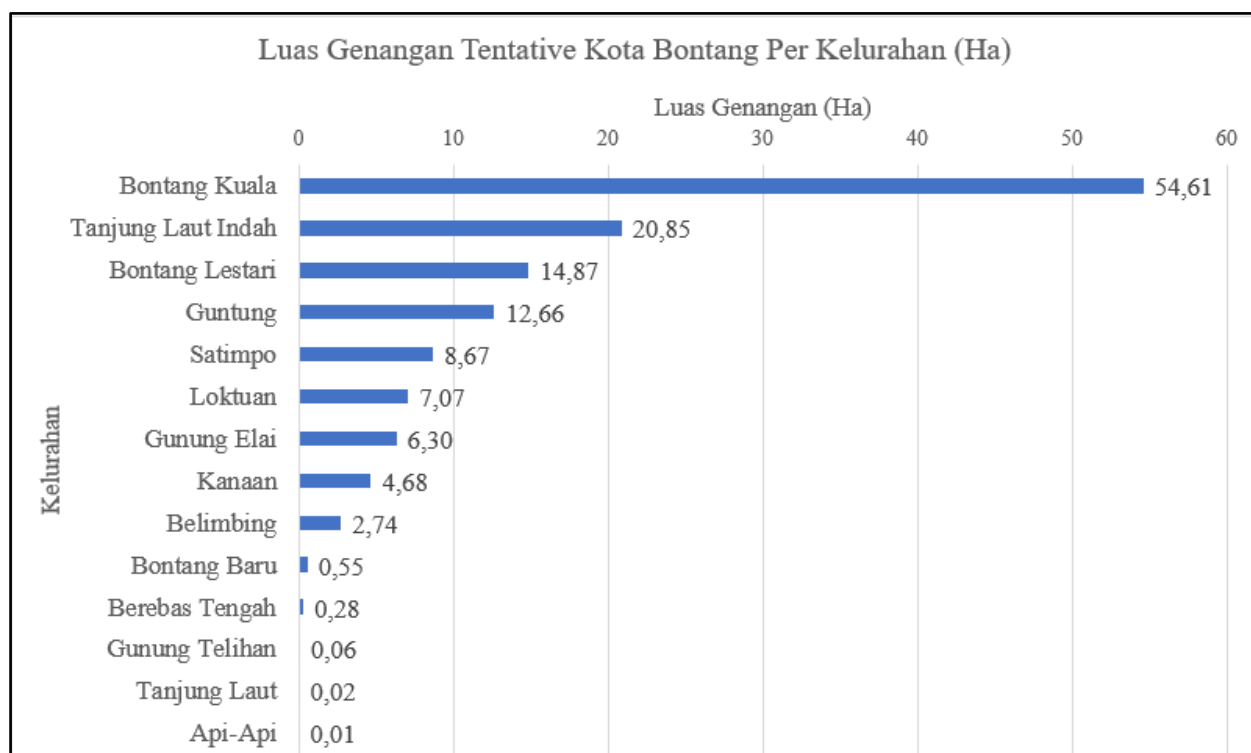
Gambar 4. 22 Peta Genangan *Tentative* Kota Bontang Hasil Pengolahan Sentinel-1

Tabel 4. 2 Luas Genangan *Tentative* Kota Bontang Per Kelurahan

No	Kelurahan	Kecamatan	Luas Tergenang (Ha)
1	Bontang Kuala	Bontang Utara	54,61
2	Tanjung Laut Indah	Bontang Selatan	20,85
3	Bontang Lestari	Bontang Selatan	14,87
4	Guntung	Bontang Utara	12,66
5	Satimpo	Bontang Selatan	8,67
6	Loktuan	Bontang Utara	7,07
7	Gunung Elai	Bontang Utara	6,30
8	Kanaan	Bontang Barat	4,68
9	Belimbing	Bontang Barat	2,74
10	Bontang Baru	Bontang Utara	0,55
11	Berebas Tengah	Bontang Selatan	0,28
12	Gunung Telihan	Bontang Barat	0,06

No	Kelurahan	Kecamatan	Luas Tergenang (Ha)
13	Tanjung Laut	Bontang Selatan	0,02
14	Api-Api	Bontang Utara	0,01
TOTAL			133,38

Sumber: Analisis, 2026



Sumber: Analisis, 2026

Gambar 4. 23 Diagram Batang Luas Genangan *Tentative* Kota Bontang Per Kelurahan

Tabel dan diagram di atas menampilkan hasil perhitungan luas genangan tentative per kelurahan berdasarkan pengolahan citra Sentinel-1. Total luas genangan tentative yang teridentifikasi di Kota Bontang mencapai 133,38 Ha dan tersebar pada 14 kelurahan di tiga kecamatan, yaitu Bontang Utara, Bontang Selatan, dan Bontang Barat. Genangan terluas berada di Kelurahan Bontang Kuala dengan 54,61 Ha atau sekitar 40,9% dari total luas genangan, diikuti Kelurahan Tanjung Laut Indah 20,85 Ha (15,6%), Kelurahan Bontang Lestari 14,87 Ha (11,1%), dan Kelurahan Guntung 12,66 Ha (9,5%). Sebaran tersebut menunjukkan letak genangan pada kelurahan daerah pesisir. Kelurahan seperti Gunung Telihan, Tanjung Laut, dan Api-Api hanya memiliki luasan genangan di bawah 0,1 Ha sehingga pengaruhnya sangat kecil. Hasil ini masih bersifat tentative karena belum melalui proses validasi, sehingga sebagian piksel dengan nilai *backscatter* rendah yang bukan

genangan, seperti permukaan landasan bandara dan badan air permanen, masih mungkin terhitung sebagai area tergenang.

4.2 Validasi Genangan

Proses validasi dalam penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kesesuaian antara hasil pemetaan genangan berbasis citra Sentinel-1 dengan kondisi aktual di lapangan. Validasi dilakukan melalui dua pendekatan yang saling melengkapi, yakni validasi berbasis observasi lapangan dan validasi berbasis data sekunder. Metode pengambilan sampel yang digunakan dalam validasi lapangan adalah *random sampling* dengan perhitungan jumlah titik sampling menggunakan rumus slovin.

4.2.1 Validasi Genangan dengan Observasi Lapangan

Validasi lapangan bertujuan untuk melihat kesesuaian antara area genangan hasil pengolahan Sentinel-1 dan kondisi actual di lapangan. Pengamatan terhadap area genangan tidak memungkinkan dari segi waktu maupun aksesibilitas, karena itu jumlah titik pengamatan ditentukan melalui penentuan sampel. Populasi dalam tahap validasi ini adalah seluruh poligon genangan hasil olahan Sentinel-1, sebanyak 55 poligon. Rumus penentuan titik sampel menggunakan rumus Slovin sebagai berikut.

$$n = \frac{N}{(1 + Ne^2)}$$

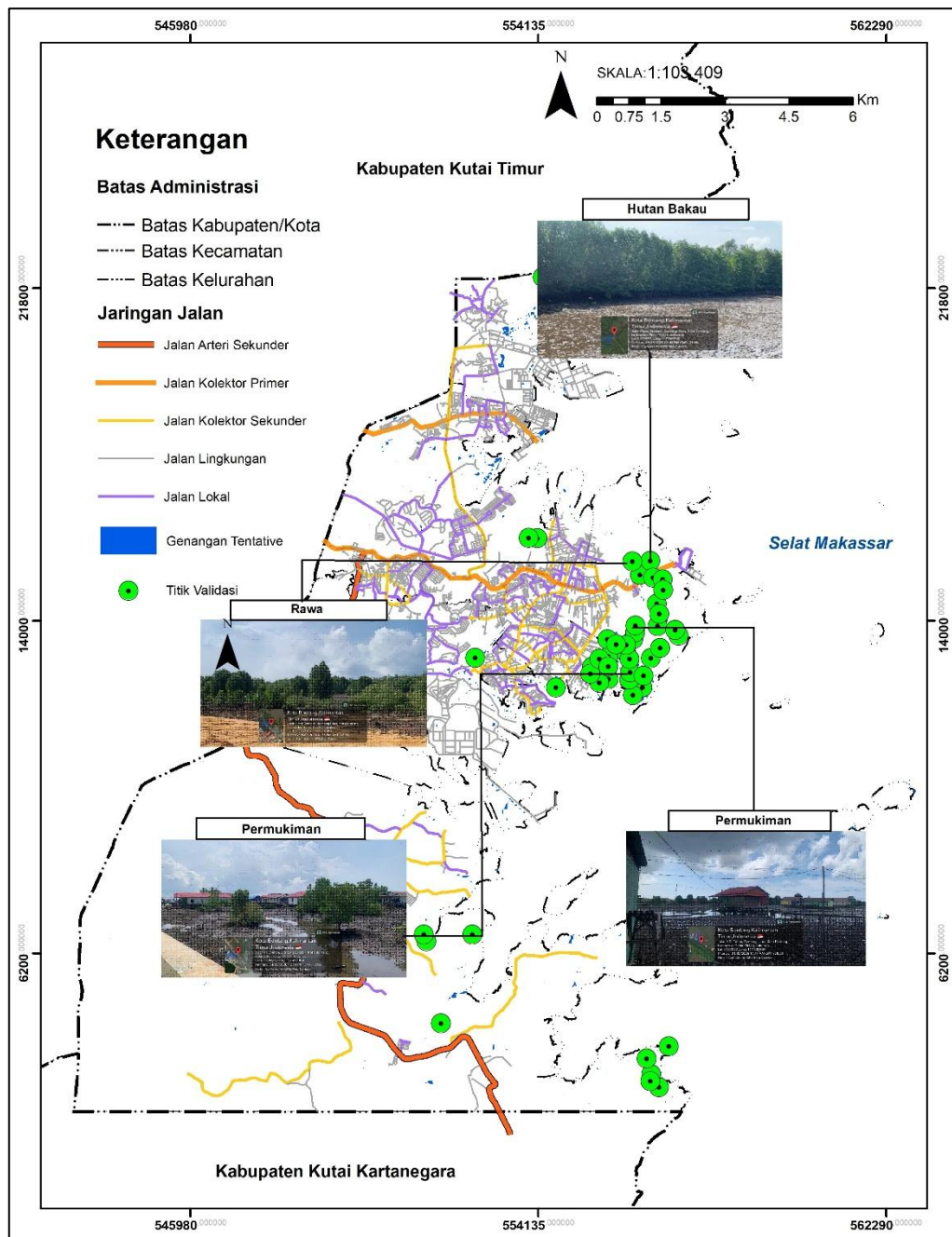
Keterangan :

N = Jumlah Populasi

e = Nilai Toleransi Kesalahan

Jumlah titik validasi pada tugas akhir ini dengan N = 55 poligon dan nilai toleransi kesalahan (e) sebesar 5%, sehingga diperoleh n = 49 titik sampel. Rumus Slovin dipilih karena merujuk pada standar BIG tentang tingkat kelayakan informasi geospasial tematik (IGT) di dalam peta tematik dengan tiga syarat. IGT diuji dengan syarat nilai hasil uji *polygon area*, *near distance*, dan *circularity ratio* secara sampling dengan tingkat *trust* sebesar 90% atau dengan kesalahan 10%. Penelitian (Nugraha & Santosa, 2020) menyebutkan bahwa data sampel objek uji terhadap data referensi yang harus memiliki skala lebih besar dari 1:10.000 dengan tingkat error setidaknya 10%. Pelaksanaan observasi lapangan sebanyak 49 titik disebar secara acak pada area genangan hasil olahan Sentinel-1 menggunakan tools *create random point* di software *ArcGIS*. Sampel dari keseluruhan titik terdapat area-area yang tidak bisa dijangkau, seperti area genangan yang terekam oleh

Sentinel-1 letaknya di area dekat pesisir (rawa/hutaa bakau). Titik sampel yang tidak bisa dijangkau divalidasi dengan cara menggali informasi dari warga sekitar dan secara spasial. Berikut merupakan hasil observasi lapangan secara langsung pada area-area terindikasi tergenang oleh Sentinel-1.



Sumber: Pengolahan Sentinel-1, 2026

Gambar 4. 24 Peta Komik Titik Validasi

Tabel 4.3 Hasil Observasi Lapangan

No	Koordinat	Kondisi Lapangan	Jenis Genangan	Keterangan	Dokumentasi
	Easting, Northing, Decimal Degree				
1	E:555567,595471 N: 12568,943929 Long: 117,499367 Lat: 0,113711	Tergenang	Genangan Rob	Permukiman	
2	E: 555756,927713 N: 13585,101577 Long: 117,501068 Lat: 0,122904	Tergenang	Genangan Rob	Permukiman	

No	Koordinat		Kondisi Lapangan	Jenis Genangan	Keterangan	Dokumentasi
	Easting, Northing, Decimal Degree					
3	E: 555960,570314 N: 13465,663657 Long: 117,502898 Lat: 0,121823		Tergenang	Genangan Rob	Permukiman	
4	E: 556520,661774 N: 15098,231687 Long: 117,507932 Lat: 0,136593		Tergenang	Genangan Rob	Rawa	

Sumber: Hasil Validasi, 2026

Peta komik dan tabel validasi menunjukkan bahwa seluruh titik yang sudah dilihat di lapangan berada dalam kondisi tergenang yang terindikasi dari pengolahan Sentinel-1. Genangan pada titik-titik tersebut merupakan genangan rob yang berada di area dekat pesisir dan menggenangi beberapa penggunaan lahan, seperti permukiman, rawa, hutan bakau, dan tambak ikan. Sebaran ini memperkuat indikasi bahwa wilayah pesisir Bontang paling rentan terhadap genangan rob. Kesesuaian antara hasil olahan Sentinel-1 dan kondisi lapangan pada titik-titik yang dapat dijangkau menunjukkan bahwa metode yang digunakan cukup mampu mengenali area tergenang, khususnya genangan yang dipengaruhi pasang air laut. Titik yang sulit dijangkau, seperti area rawa dan hutan bakau, dikonfirmasi melalui informasi warga sekitar dan pendekatan spasial.

Kelayakan hasil pengolahan dinilai melalui perhitungan persentase tingkat akurasi dari validasi lapangan. Akurasi dihitung dengan membandingkan jumlah titik yang sesuai dengan kondisi lapangan (benar) bahwa validasi di titik tersebut tergenang terhadap seluruh titik sampel pada tiap kelurahan, kemudian dijumlahkan untuk memperoleh akurasi keseluruhan. Berikut merupakan hasil uji akurasi validasi genangan.

$$\text{Persentase Akurasi} = \frac{\text{Benar}}{\text{Jumlah Sampel (n)}} \times 100\%$$

Tabel 4. 4 Persentase Hasil Validasi

No	Kelurahan	Jumlah Sampel	Benar	Salah	Persentase
1	Guntung	2	2	0	100%
2	Gunung Elai	2	0	2	0%
3	Bontang Kuala	26	26	0	100%
4	Tanjung Laut Indah	10	10	0	100%
5	Bontang Lestari	9	7	2	77,87
Total		49	45	4	91,84%

Sumber: Hasil Analisis, 2026

Berdasarkan tabel di atas, akurasi keseluruhan :

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{45}{49} \times 100\%$$

$$= 91,84\%$$

Tingkat *error* kesesuaiannya :

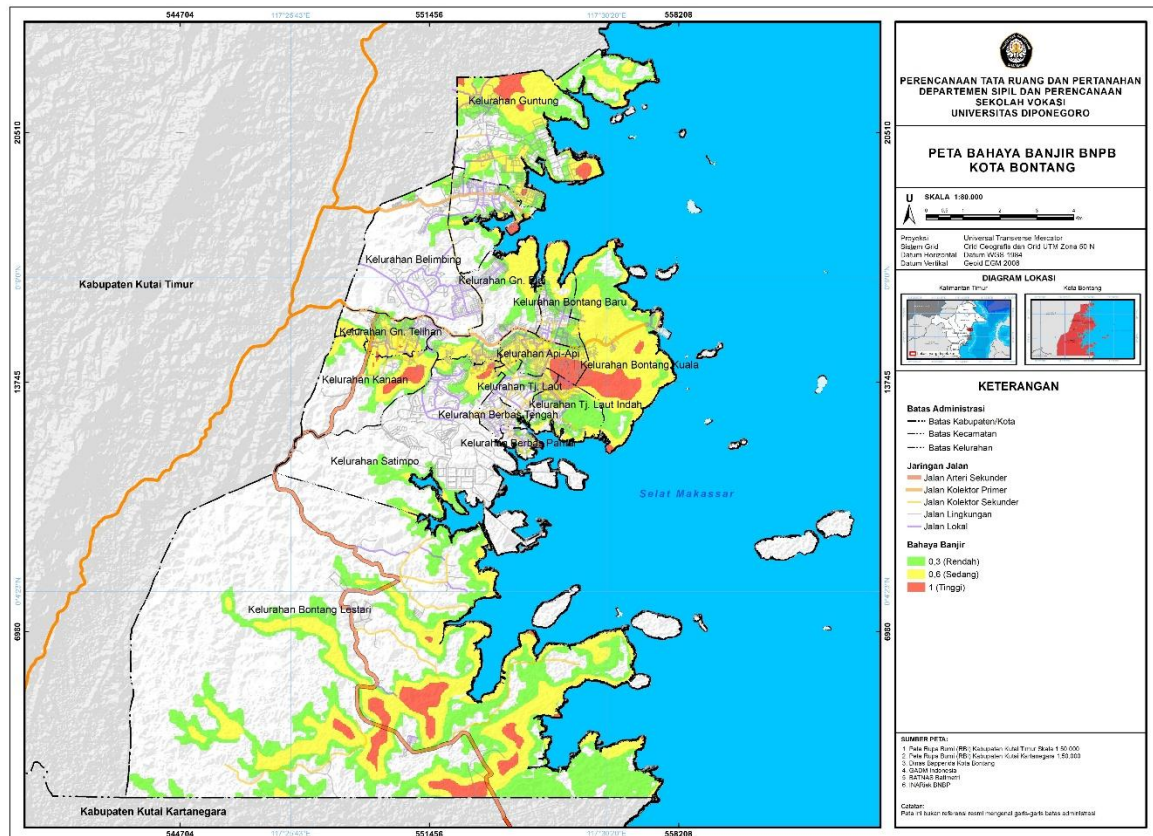
$$\text{Tidak Sesuai (error)} = \frac{4}{49} \times 100\%$$

$$= 8,16\%$$

Dapat diketahui bahwa dari tabel di atas dengan total 49 sampel dengan 45 sampel benar (tergenang) dan 4 sampel salah (tidak tergenang). Nilai akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) yang diperoleh sebesar 91,84%, menandakan bahwa identifikasi genangan memiliki tingkat ketelitian yang cukup akurat dan bisa merepresentasikan kondisi di lapangan. Tingkat *error* dari persentase sampel di atas juga hanya berkisar 4 sampel yang *error* sebesar 8,16%, penelitian (Clifford dkk., 2022) menyebutkan jika kesesuaian akurasi dari peta digital atau peta tematik ialah 85% yang dapat diterima sebagai hasil yang baik.

4.2.2 Validasi Genangan dengan Peta Bahaya Banjir BNPB

Validasi terhadap peta bahaya banjir dilakukan untuk menguji kesesuaian antara area genangan hasil pengolahan Sentinel-1 dan tingkat bahaya banjir yang dipetakan oleh instansi. Kota Bontang termasuk wilayah yang sering dilanda banjir, dan berdasarkan kajian risiko pada InaRISK BNPB kota ini memiliki risiko bahaya banjir sedang dan tinggi. Salah satu kejadian besar tercatat pada April 2019, ketika banjir menggenangi delapan kelurahan dengan ketinggian muka air antara 50 hingga 100 sentimeter. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa genangan di Bontang bukan peristiwa yang jarang terjadi. Peta bahaya yang digunakan dalam validasi ini bersumber dari InaRISK BNPB dengan tiga kelas, yaitu bahaya rendah (0,3), sedang (0,6), dan tinggi (1). Validasi dilakukan dengan menampalkan hasil genangan Sentinel-1 terhadap peta bahaya tersebut untuk melihat sebaran genangan pada setiap kelas bahaya.



Sumber: InaRISK BNPB

Gambar 4. 25 Peta Validasi Terhadap Peta Bahaya BNPB

Hasil penampalan menunjukkan genangan tersebar pada ketiga kelas bahaya banjir. Luas genangan yang bertampalan dengan kelas bahaya rendah tercatat paling besar, yakni 56,31 Ha atau sekitar 48,1% dari total genangan seluas 117,12 Ha. Kelas bahaya sedang mencakup 44,89 Ha atau sekitar 38,3%, sedangkan kelas bahaya tinggi seluas 15,98 Ha atau sekitar 13,6%. Sebaran ini menunjukkan bahwa sebagian besar genangan hasil olahan Sentinel-1 berada pada zona yang diklasifikasikan berbahaya rendah hingga sedang oleh InaRISK BNPB. Salah satu kemungkinan penyebabnya adalah genangan di Bontang banyak dipengaruhi banjir rob di area pesisir, sementara peta bahaya InaRISK lebih menekankan banjir akibat luapan dan limpasan air hujan. Temuan ini mengindikasikan perlunya mempertimbangkan bahaya rob secara khusus dalam pemetaan risiko genangan di wilayah pesisir Bontang.

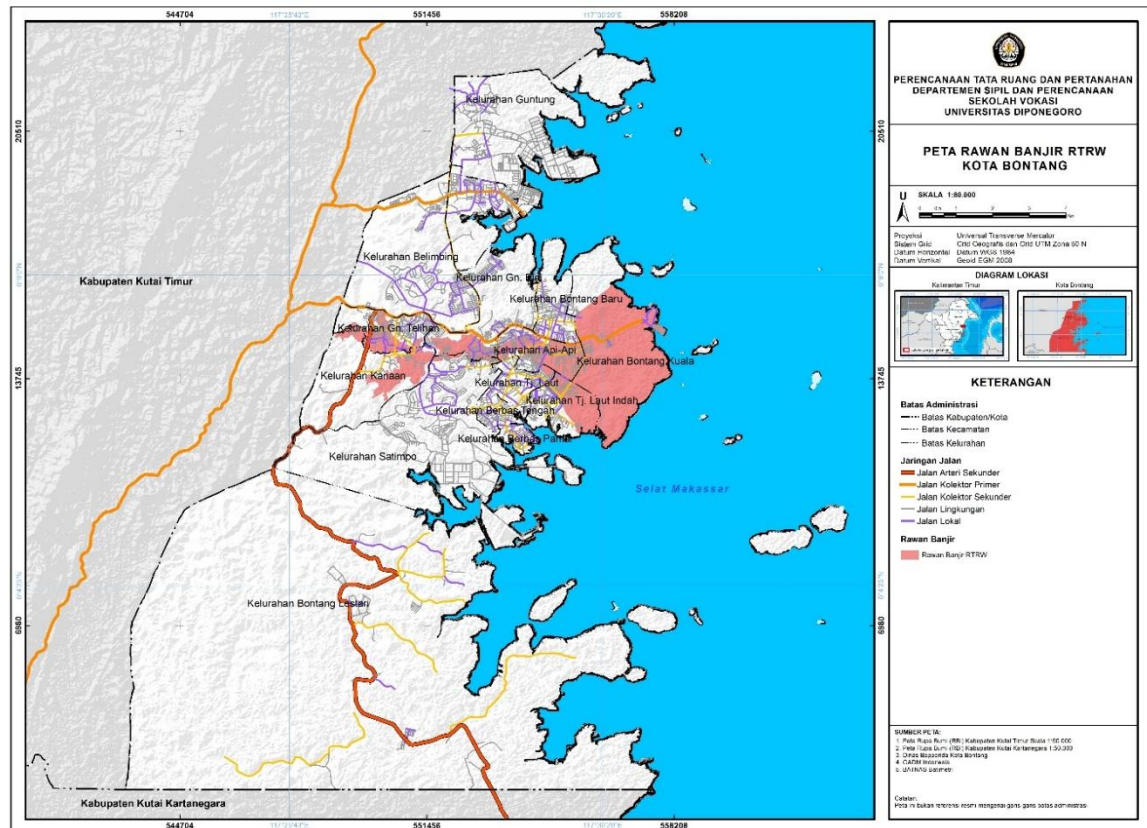
4.2.3 Validasi Genangan dengan Peta Rawan Banjir RTRW Kota Bontang

Validasi juga dilakukan terhadap peta rawan banjir yang tercantum dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Bontang. Tujuannya adalah menilai kesesuaian antara area genangan hasil pengolahan Sentinel-1 dan kawasan yang ditetapkan rawan banjir dalam dokumen perencanaan kota. Pendekatan ini penting karena RTRW menjadi acuan resmi dalam penataan ruang. Berdasarkan peta rawan banjir RTRW, kawasan rawan banjir di Kota Bontang tersebar pada delapan kelurahan yang berada di tiga kecamatan, yaitu Bontang Selatan, Bontang Utara, dan Bontang Barat. Kelurahan tersebut meliputi Tanjung Laut, Tanjung Laut Indah, Satimpo, Bontang Kuala, Gunung Elai, Api-Api, Kanaan, dan Gunung Telihan. Sebagian kelurahan tersebut berada di wilayah pesisir, sedangkan sebagian lainnya berada di bagian dalam kota. Validasi dilakukan dengan menampalkan hasil genangan Sentinel-1 terhadap peta rawan banjir RTRW untuk melihat kesesuaian sebaran genangan dengan kawasan rawan banjir yang telah ditetapkan.

Tabel 4. 5 Luas Rawan Banjir RTRW Kota Bontang

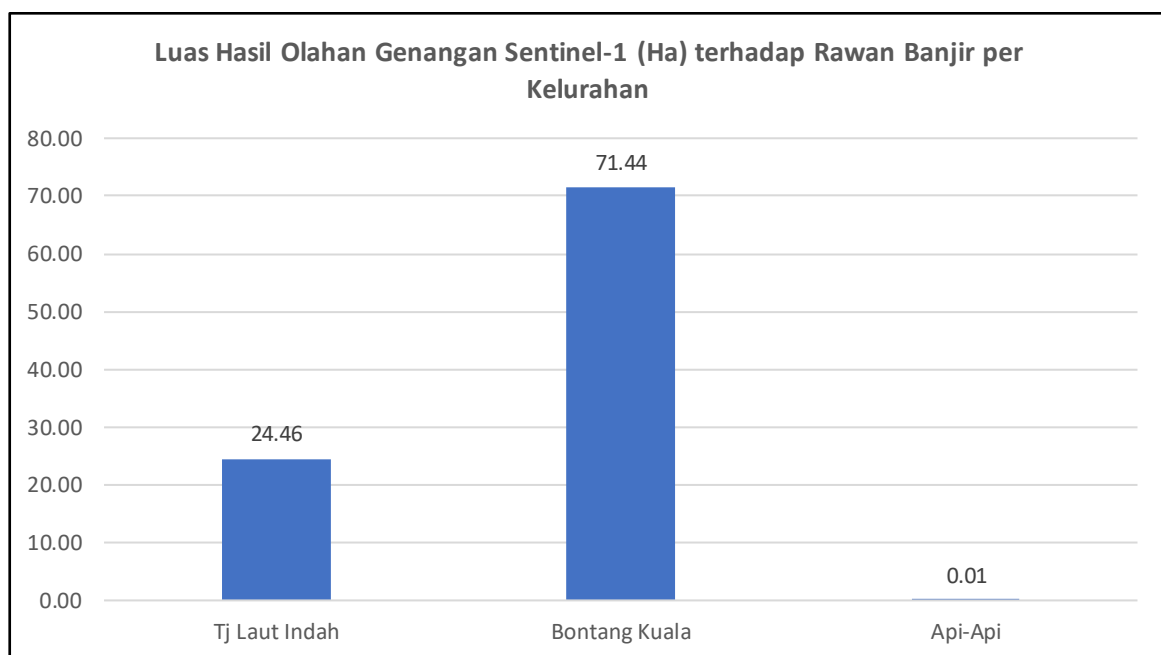
No	Kecamatan	Kelurahan	Luas Rawan Banjir (Ha)
1.	Bontang Utara	Bontang Kuala	681,80
		Gunung Elai	75,80
		Api-Api	156,40
2.	Bontang Selatan	Tanjung Laut	9,50
		Tanjung Laut Indah	119,30
		Satimpo	17,20
3.	Bontang Barat	Kanaan	122,70
		Gunung Telihan	79,90
	Total		1.262,60

Sumber: Bapperida Kota Bontang



Sumber: Pengolahan Sentinel-1, 2026

Gambar 4. 26 Peta Rawan Banjir RTRW Kota Bontang



Sumber: Analisis, 2026

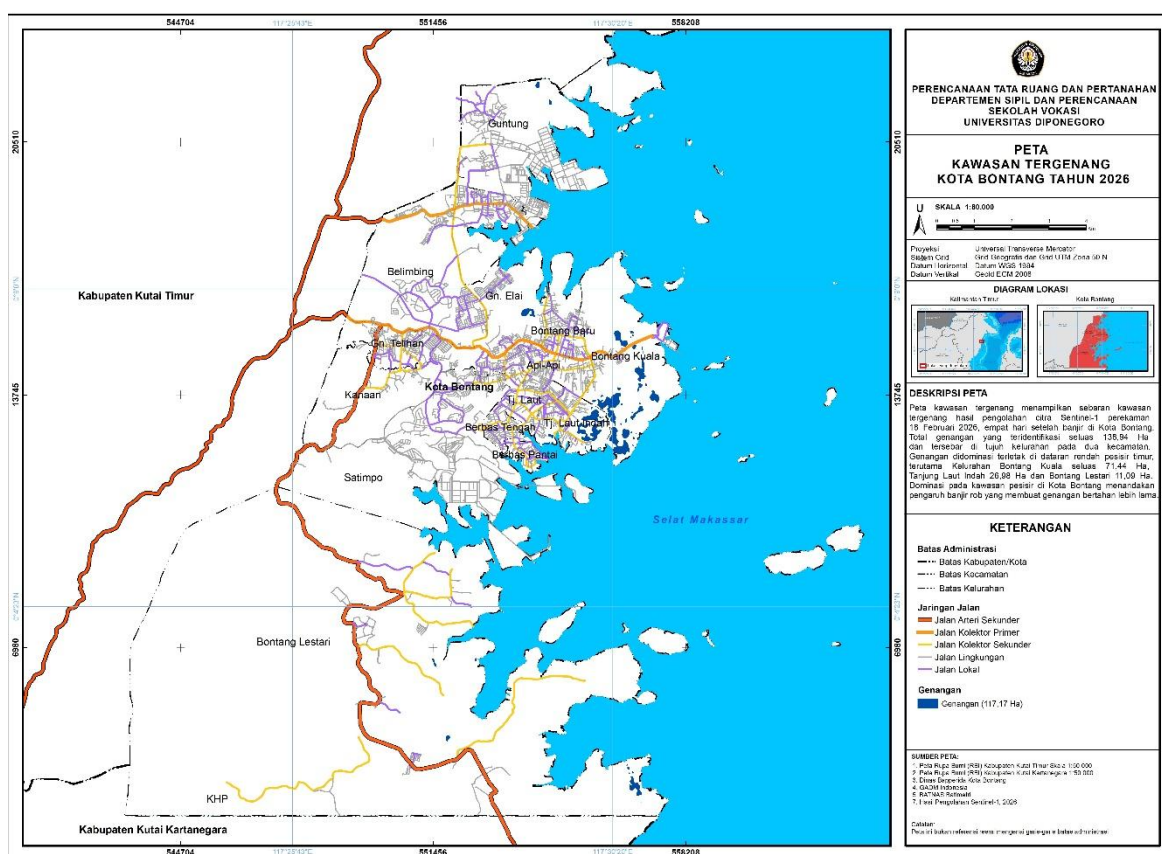
Gambar 4. 27 Diagram Batang Luas Hasil Olahan Genangan Sentinel-1 Rawan Banjir RTRW Per Kelurahan

Diagram di atas menampilkan luas genangan yang bertampalan dengan kawasan rawan banjir RTRW pada tiap kelurahan. Berdasarkan hasil penampalan, total luas genangan yang berada di dalam kawasan rawan banjir mencapai 95,92 Ha dan tersebar pada tiga kelurahan. Kelurahan Bontang Kuala memiliki luas genangan terbesar, yaitu 71,44 Ha atau sekitar 74,5% dari total genangan pada kawasan rawan banjir. Kelurahan Tanjung Laut Indah menempati urutan kedua dengan luas 24,46 Ha atau sekitar 25,5%. Sementara itu, Kelurahan Api-Api hanya memiliki genangan seluas 0,01 Ha sehingga hampir tidak berpengaruh. Sebaran ini menunjukkan bahwa genangan yang masuk kawasan rawan banjir RTRW terkonsentrasi di wilayah pesisir, khususnya Bontang Kuala yang sebagian besar permukimannya berada di atas perairan. Pola tersebut memperkuat indikasi bahwa genangan di Kota Bontang banyak dipengaruhi oleh banjir rob di area pesisir. Kesesuaian antara hasil Sentinel-1 dan kawasan rawan banjir RTRW menunjukkan bahwa wilayah yang ditetapkan rawan dalam dokumen perencanaan memang terbukti mengalami genangan, sehingga relevan dijadikan dasar penataan ruang. Adapun lima kelurahan rawan banjir lainnya, yaitu Tanjung Laut, Satimpo, Gunung Elai, Kanaan, dan Gunung Telihan, tidak terdeteksi genangan oleh Sentinel-1, mengingat banjir di kelurahan tersebut lebih dipengaruhi limpasan air hujan yang bersifat sementara dan sebagian berada di wilayah yang lebih tinggi serta padat permukiman.

4.3 Pemetaan Genangan

Peta genangan Kota Bontang dihasilkan dari kombinasi metode *RGB composite* dan *threshold*. Metode *RGB composite* menampilkan sebaran awal genangan dari perubahan nilai *backscatter* antara kondisi *dry* dan *wet*. Metode *threshold* memisahkan area tergenang dengan nilai ambang batas -15 dB untuk mengetahui area tergenang dan tidak tergenang. Kedua metode tersebut menghasilkan genangan tentative seluas 133,38 Ha di 14 kelurahan. Proses validasi menjadikan luasan tersebut menjadi 117,12 Ha di tujuh kelurahan.

Validasi memastikan peta genangan melalui tiga sumber pembanding. Observasi lapangan menghasilkan tingkat akurasi 91,84% terhadap titik genangan yang diamati secara langsung. Peta bahaya banjir BNPB menempatkan sebagian besar genangan pada kelas bahaya rendah hingga sedang. Peta rawan banjir RTRW mencakup 95,92 Ha genangan di kawasan yang telah ditetapkan rawan banjir. Hasil validasi tersebut menjadi dasar penampalan peta genangan dengan rencana pola ruang.



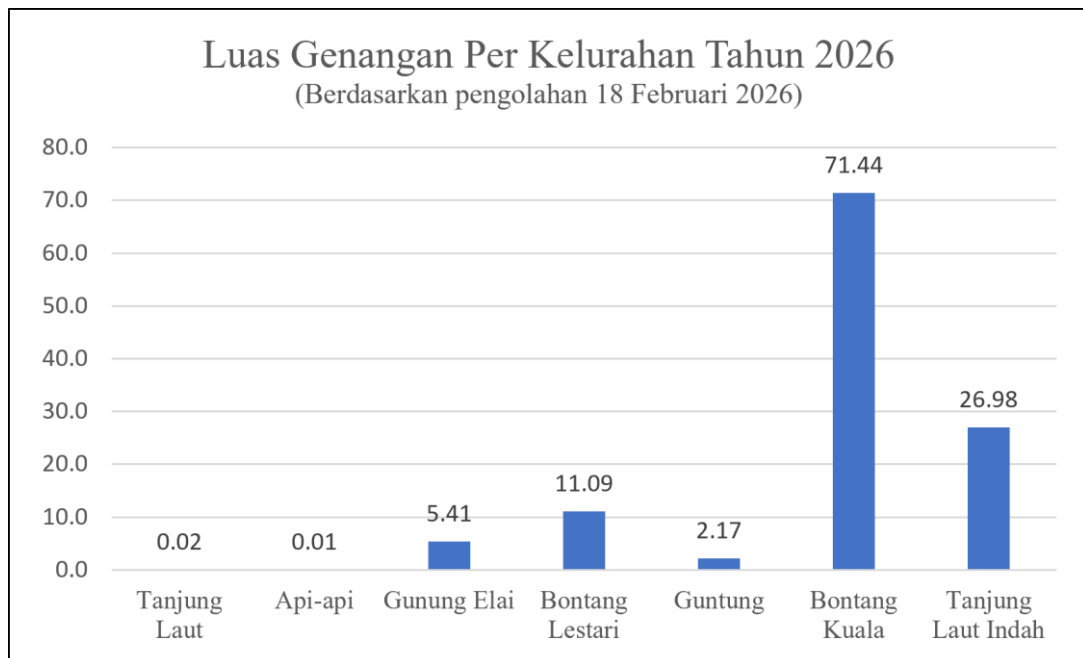
Sumber: Pengolahan Sentinel-1, 2026

Gambar 4. 28 Peta Kawasan Tergenang Kota Bontang Tahun 2026

Tabel 4. 6 Luas Tergenang di Kota Bontang Tahun 2026

No	Kelurahan	Kecamatan	Luas Tergenang (Ha)
1	Bontang Kuala	Bontang Utara	71,44
2	Gunung Elai	Bontang Utara	5,41
3	Guntung	Bontang Utara	2,17
4	Api-Api	Bontang Utara	0,01
5	Tanjung Laut Indah	Bontang Selatan	26,98
6	Bontang Lestari	Bontang Selatan	11,09
7	Tanjung Laut	Bontang Selatan	0,02
TOTAL			117,12

Sumber: Analisis, 2026



Sumber: Analisis, 2026

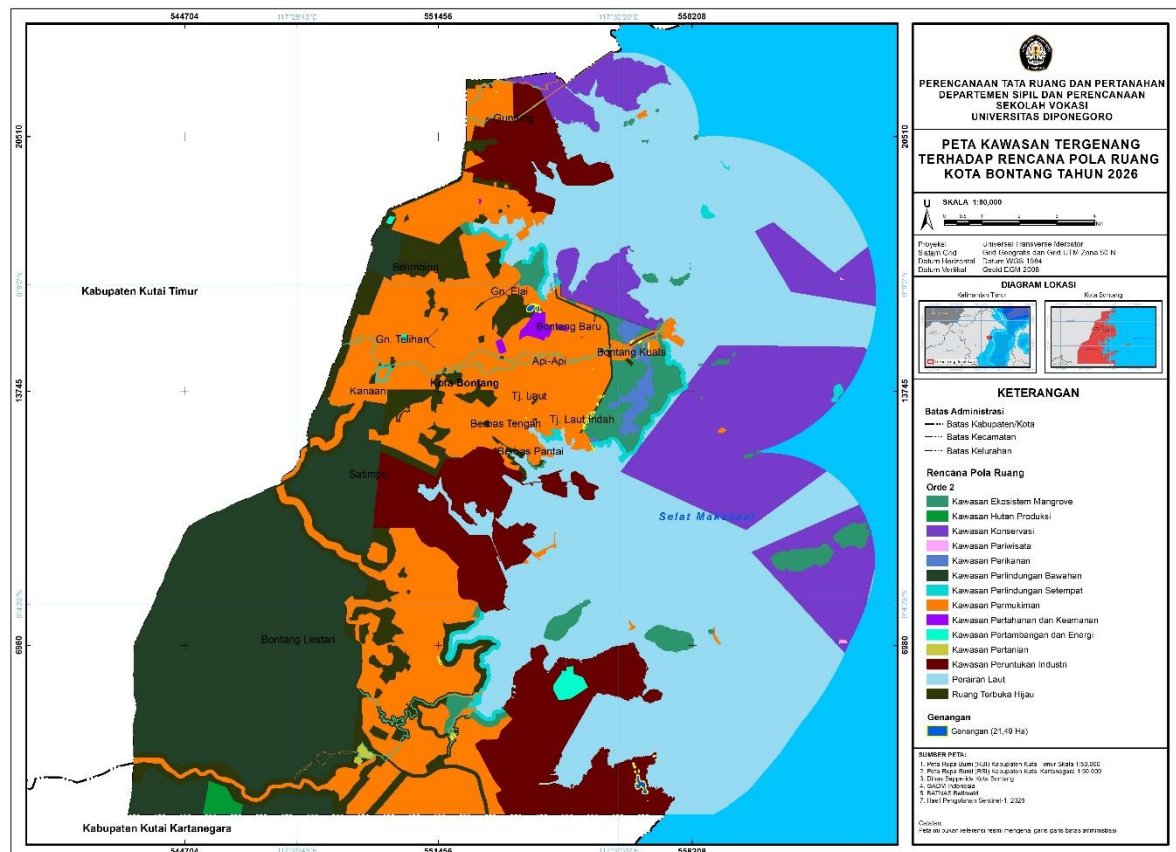
Gambar 4. 29 Diagram Batang Luas Genangan Kota Bontang Per Kelurahan

Berdasarkan hasil perhitungan luas genangan yang sudah dipetakan per kelurahan pada tabel dan diagram diatas, total luas genangan yang teridentifikasi di Kota Bontang pada 18 Februari 2026 adalah 117,12 Ha tersebar di tujuh kelurahan dan dua kecamatan. Genangan paling luas dan mendominasi ada di Kelurahan Bontang kuala (71,44 ha), Kelurahan Tanjung Laut Indah (26,98 ha), dan Kelurahan Bontang Lestari (11,09 ha). Kelurahan lainnya seperti Kelurahan Api-Api dan Tanjung Laut hanya memiliki luasan genangan di bawah 0,1 ha. Dominasi genangan pada kelurahan tersebut dari karakteristik wilayahnya yang berupa dataran rendah dan letaknya berdekatan dengan pesisir. Kondisi ini diperparah oleh pengaruh pasang surut air laut atau yang kerap disebut banjir rob, sehingga genangan pada kawasan pesisir cenderung lebih luas dan bertahan lebih lama (Pangastuti dkk., 2024).

4.4 Overlay Peta Genangan dengan Rencana Pola Ruang

Hasil pemetaan genangan dengan Sentinel-1 yang sudah divalidasi digunakan sebagai dasar dalam proses perencanaan tata ruang. Integrasi data ini mengikuti amanat UU No 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, yang mewajibkan perencanaan ruang mempertimbangkan aspek kebencanaan agar terwujudnya ruang yang aman dan berkelanjutan. Bapperida Kota Bontang mencatat kejadian genangan di Kota Bontang

menurun sepanjang tahun 2019 sampai 2026. Penurunan tersebut belum menjadikan Kota Bontang bebas dari genangan. Genangan terakhir tercatat pada 14 Februari 2026. Kejadian tersebut menjadi dasar tugas akhir ini untuk memetakan genangan dengan Sentinel-1 dan menganalisis sebarannya terhadap rencana pola ruang serta tutupan lahan.



Sumber: Pengolahan Sentinel-1, 2026

Gambar 4. 30 Peta Kawasan Tergenang Terhadap Rencana Pola Ruang

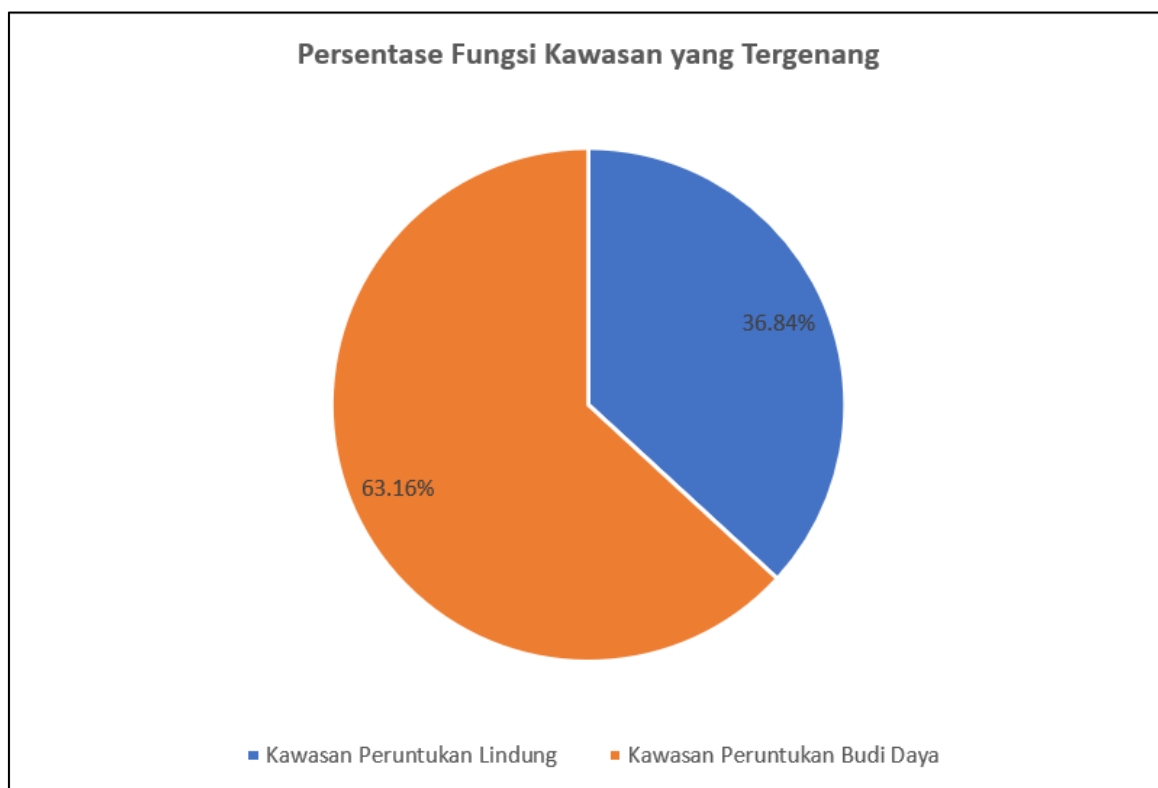
Peta genangan di atas di-overlay dengan rencana pola ruang Kota Bontang orde 1 dan orde 2 untuk melihat fungsi dan peruntukan ruang yang terdampak. Sebelum luasnya dihitung, genangan di area basah dikeluarkan (*mask out*), yaitu kawasan ekosistem mangrove, kawasan perikanan, kawasan perlindungan setempat, kawasan konservasi, dan perairan laut. Area tersebut memang tergenang secara alami atau berupa badan air, sehingga genangan di dalamnya tidak dihitung sebagai dampak. Setelah *mask out*, luas genangan berkurang dari 117,18 Ha menjadi 21,49 Ha. Artinya, sekitar 81,7% genangan hasil Sentinel-1 berada di area basah. Pada fungsi kawasan, genangan lebih banyak berada di kawasan peruntukan budidaya seluas 13,57 Ha (63,2% dari total genangan), sedangkan kawasan peruntukan lindung seluas 7,92 Ha (36,8%). Dibandingkan dengan luas rencananya, bagian yang tergenang sangat kecil, yaitu 0,16% dari 8.315 Ha kawasan budidaya dan 0,07% dari

10.720 Ha kawasan lindung, atau 0,11% dari total 19.035 Ha. Rinciannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 7 Luas dan Persentase Pola Ruang yang Tergenang (Fungsi Kawasan)

Fungsi Kawasan	Luas Rencana Pola Ruang (Ha)	Luas Tergenang (Ha)	Persentase Luas Genangan terhadap Total Genangan	Persentase Rencana yang Tergenang
Kawasan Peruntukkan Lindung	10.720	7,92	36,8%	0,07%
Kawasan Peruntukkan Budidaya	8.315	13,57	63,2%	0,16%
Total	19.035	21,49	100%	0,11%

Sumber: Hasil Analisis, 2026



Sumber: Analisis, 2026

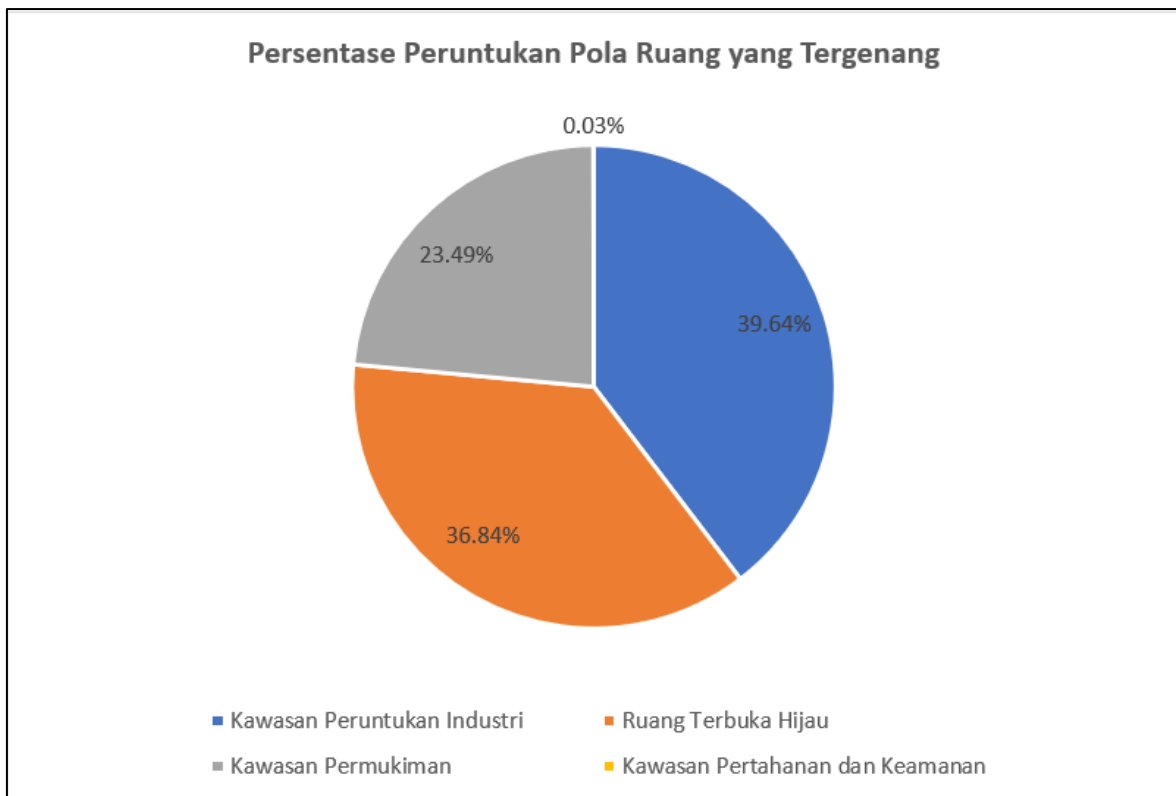
Gambar 4. 31 Diagram Pie Persentase Rencana Fungsi Kawasan yang Tergenang

Pada peruntukan pola ruang orde 2, genangan setelah *mask out* tersisa di empat peruntukan. Kawasan peruntukan industri paling luas tergenang, yaitu 8,52 Ha (39,64% dari total genangan). Setelah itu ruang terbuka hijau 7,92 Ha (36,84%) dan kawasan permukiman 5,05 Ha (23,49%). Kawasan pertahanan dan keamanan hanya tergenang 0,01 Ha (0,03%). Seluruh genangan di kawasan lindung berada di ruang terbuka hijau, karena peruntukan lindung lainnya sudah termasuk area basah yang di-mask out. Luas dan persentase tiap peruntukan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 8 Luas dan Persentase Tergenang (Peruntukan Pola Ruang)

No	Peruntukkan Pola Ruang	Luas Rencana Pola Ruang (Ha)	Luas Tergenang (Ha)	Persentase Luas Tergenang terhadap Total Genangan	Persentase Rencana yang Tergenang
1	Kawasan Peruntukkan Industri	2.894	8,52	39,64%	0,30%
2	Ruang Terbuka Hijau	1.717	7,92	36,84%	0,46%
3	Kawasan Permukiman	5.149	5,05	23,49%	0,10%
4	Kawasan Pertahanan dan Keamanan	53,29	0,01	0,03%	0,01%
Total			21,49	100%	

Sumber: Hasil Analisis, 2026



Sumber: Analisis, 2026

Gambar 4. 32 Diagram Pie Persentase Rencana Peruntukan Pola Ruang yang Tergenang

Jika dilihat dari persentase luas rencana yang tergenang, ruang terbuka hijau paling terdampak dengan 0,46% arealnya tergenang. Berikutnya kawasan peruntukan industri (0,30%), kawasan permukiman (0,10%), dan kawasan pertahanan dan keamanan (0,01%). Semuanya masih di bawah 1%, sehingga dampak genangan terhadap rencana pola ruang tergolong kecil. Terdapat perbedaan antara permukiman pada data penggunaan lahan dan kawasan permukiman pada pola ruang. Pada penggunaan lahan, permukiman yang tergenang hanya 0,30 Ha karena mewakili bangunan yang sudah terbangun saat ini. Pada pola ruang, kawasan permukiman yang tergenang mencapai 5,05 Ha karena mencakup seluruh zona peruntukan permukiman, termasuk lahan yang belum terbangun. Dari selisih ini terlihat bahwa zona rencana permukiman lebih luas daripada permukiman eksisting, dan sebagian lahan yang disiapkan untuk permukiman ke depan berada di area rawan genangan.

Dari hasil overlay, genangan tahun 2026 (perekaman 18 Februari) di Kota Bontang sebagian besar berada di area basah pesisir, yaitu kawasan ekosistem mangrove, kawasan perikanan, kawasan perlindungan setempat, kawasan konservasi, dan perairan laut. Genangan di area ini bersifat periodik dan memang menjadi ciri kawasan pesisir, sehingga tidak dihitung sebagai dampak. Setelah area basah dikeluarkan, genangan yang mengenai

rencana pola ruang tersisa 21,49 Ha, tersebar di kawasan peruntukan industri, ruang terbuka hijau, kawasan permukiman, dan sebagian kecil kawasan pertahanan dan keamanan. Genangan di kawasan permukiman dan industri perlu lebih diperhatikan dalam perencanaan karena berkaitan langsung dengan aktivitas penduduk dan kegiatan ekonomi.