

**PENGGUNAAN DATA CITRA SATELIT SENTINEL-1 UNTUK
PENGAMATAN INTRUSI AIR LAUT BESERTA RELASINYA
TERHADAP PRODUKTIVITAS PADI DI KECAMATAN LABUHAN
MARINGGAI**

(Skripsi)

Oleh

**Choirunnisa Salsabila
NPM 1815013024**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGGUNAAN DATA CITRA SATELIT SENTINEL-1 UNTUK PENGAMATAN INTRUSI AIR LAUT BESERTA RELASINYA TERHADAP PRODUKTIVITAS PADI DI KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI

Oleh

CHOIRUNNISA SALSABILA

Sebagian besar lahan sawah di Indonesia berada pada wilayah pesisir, berpotensi tercemar intrusi air laut dan mengurangi tingkat produktivitas padi. Petani di Desa Sri Minosari dan Desa Margasari, Labuhan Maringgai, Lampung Timur saat ini menggunakan lahan sawah dekat dengan jarak sekitar 500 m dari garis pantai. Tetapi pemetaan intrusi air laut di lahan sawah Desa Sri Minosari dan Margasari belum dilakukan dan belum diketahui apakah ada pengaruh intrusi air laut terhadap produksi padi di kedua desa tersebut. Pada penelitian ini bertujuan untuk memetakan intrusi air laut menggunakan data Sentinel-1 dan mengetahui pengaruh intrusi terhadap produktivitas lahan sawah di Desa Sri Minosari dan Margasari. Pemetaan intrusi air laut dilakukan menggunakan metode regresi untuk mendapatkan model estimasi nilai salinitas dari data lapangan dan *backscatter* Sentinel-1. Estimasi nilai salinitas yang sudah teruji akurasi dengan metode RMSE digunakan dalam memetakan intrusi dengan metode *reclassify*. Kemudian data estimasi nilai salinitas tersebut dihubungkan dengan data panen padi menggunakan uji *chi square* untuk mengetahui hubungannya dengan produktivitas padi. Hasil estimasi nilai salinitas yang dilakukan melalui persamaan regresi mendapatkan nilai akurasi RMSE $\pm 0,1$ pada polarisasi VV dan VH dan RMSE $\pm 0,2$ pada polarisasi (VV+VH) dan (VV+VH)/2 menunjukkan bahwa data Sentinel-1 cukup baik dalam memetakan intrusi air laut, terutama pada polarisasi VH. Dari hasil pemetaan intrusi air laut di Desa Sri Minosari dan Margasari terdapat empat tingkatan intrusi yang teridentifikasi di kedua desa tersebut yaitu, tidak ada intrusi, intrusi sedikit, intrusi sedang, dan intrusi tinggi. Adanya intrusi air laut tersebut mempengaruhi produktivitas padi di Desa Sri Minosari dan Margasari yang dibuktikan berdasarkan uji *chi square*.

Kata Kunci: Produktivitas padi, Intrusi, Sentinel-1, Labuhan Maringgai

ABSTRACT

SENTINEL-1 SATELLITE IMAGE DATA FOR OBSERVING SEA WATER INTRUSION AND THEIR RELATIONSHIP ON PADDY PRODUCTIVITY IN LABUHAN MARINGGAI DISTRICT

By

CHOIRUNNISA SALSABILA

Most paddy fields in Indonesia tend to be located in coastal areas, so they are potentially polluted by seawater intrusion and can reduce rice productivity. . Farmers in Sri Minosari Village and Margasari Village, Labuhan Maringgai Subdistrict, East Lampung are currently using paddy fields close to a distance of about 500 m from the coastline. However, mapping of seawater intrusion in the rice fields of Sri Minosari and Margasari villages has not been carried out and it is not known whether there is an effect of seawater intrusion on rice production in the two villages. This study aims to present the potential of Sentinel-1 in mapping seawater intrusion and its effect on the productivity of paddy fields in Sri Minosari and Margasari villages, Labuhan Maringgai. Mapping of seawater intrusion was carried out using the regression method to obtain an estimated model of salinity value from field data and Sentinel-1 backscatter. Estimation of salinity values that have been tested for accuracy by the RMSE method is used in intrusion complexity by the reclassification method. Then the estimated salinity value data is connected with rice harvest data using the chi square test to determine the relationship with rice productivity. The results of estimating the salinity value using the regression equation obtained an accuracy value of $RMSE \pm 0,1$ on the VV, VH polarization and $\pm 0,2$ on VV+VH and $(VV+VH)/2$ polarizations indicating that Sentinel-1 data is quite good in maintaining seawater intrusion, especially on the VH polarization. From the results of seawater intrusion in Sri Minosari and Margasari Villages, there were four levels of intrusion identified in the two villages. The presence of sea air intrusion affects rice productivity in the villages of Sri Minosari and Margasari as evidenced by the chi square test.

Keywords: Paddy productivity, Intrusion, Sentinel-1, Labuhan Maringgai

**PENGGUNAAN DATA CITRA SATELIT SENTINEL-1 UNTUK
PENGAMATAN INTRUSI AIR LAUT BESERTA RELASINYA
TERHADAP PRODUKTIVITAS PADI DI KECAMATAN LABUHAN
MARINGGAI**

Oleh

CHOIRUNNISA SALSABILA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PENGGUNAAN DATA CITRA SATELIT
SENTINEL-1 UNTUK PENGAMATAN
INTRUSI AIR LAUT BESERTA RELASINYA
TERHADAP PRODUKTIVITAS PADI DI
KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI**

Nama Mahasiswa : **Choirunnisa Salsabila**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1815013024

Program Studi : Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik



M. Firman Ghazali, S.Pd., M.T.
NIP 198606252019031015

Ir. Armijon S.T., M.T., IPU.
NIP 197304102008011008

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.
NIP 196410121992031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

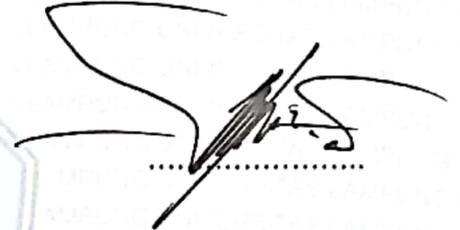
: M. Firman Ghazali, S.Pd., M.T.



.....

Sekretaris

: Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU.



.....

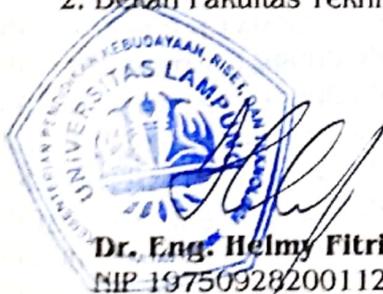
Anggota

: Anggun Tridawati, S.T., M.T.



.....

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 1975092820011210002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **18 April 2023**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Penulis adalah **CHOIRUNNISA SALSABILA** dengan NPM 1815013024 dengan ini menyatakan bahwa apa-apa yang tertulis dalam Skripsi ini adalah hasil karya penulis berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah penulis dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dengan hasil yang merujuk pada beberapa sumber seperti buku, jurnal, dan lain-lain yang telah dipublikasi sebelumnya dengan kata lain bukan hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini penulis buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam keterpaksaan, dan dapat dipertanggungjawabkan apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka penulis siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 11 Februari 2023
Yang membuat Pernyataan

A 10,000 Rupiah Indonesian banknote is shown with a signature written over it. The signature is in black ink and appears to be 'Choirunnisa Salsabila'. The banknote features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA' and 'TEMPEL'. The serial number 'FA022 FA022 1952671' is visible at the bottom of the note.

Choirunnisa Salsabila
NPM 1815013024

RIWAYAT HIDUP



Choirunnisa Salsabila, lahir pada tanggal 20 Mei tahun 2000 di Tangerang, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara pasangan Bapak Syaefullah dan Ibu Masitoh. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri Parung 01 dan lulus pada tahun 2012. Kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 10 Depok dan lulus pada tahun 2015. Setelah itu menempuh Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 10 Depok dan lulus pada tahun 2018. Selama menempuh SMA penulis aktif dalam berbagai macam kegiatan sekolah salah satunya pernah menjadi Wakil Ketua OSIS SMAN 10 Depok pada periode 2016-2017.

Setelah lulus dari SMA penulis mengikuti Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) yang membuat penulis lolos terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Lampung pada tahun 2018. Selama menjadi mahasiswa penulis cukup aktif mengikuti kegiatan penelitian mengenai penginderaan jauh, diantaranya membuat penulis berhasil menjadi pemateri di acara seminar internasional *Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR 2021)*, Seminar Nasional Biologi (SEMABIO) 2022, dan menjadi finalis dalam Lomba Riset Sawit Mahasiswa 2022 yang diadakan oleh BPDPKS. Pada masa terakhir sebagai mahasiswa penulis melakukan penelitian mengenai Penggunaan Data Citra Satelit Sentinel-1 Untuk Pengamatan Intrusi Air Laut Beserta Relasinya Terhadap Produktivitas Padi di Kecamatan Labuhan Maringgai sebagai syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.).

MOTTO

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(Q.S. Al Insyirah : 5)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu.”

(Umar bin Khattab)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas berkah, rahmat dan karunia-Nya. Pada kesempatan yang berbahagia ini, sebuah perjalanan panjang telah penulis lewati dari hal kecil yang tidak penulis ketahui sampai pada titik ini dimana engkau selalu membimbing dan mengarahkan pada hal-hal baik. Oleh karena itu, dari lubuk hati yang paling dalam karya ini penulis persembahkan sebagai bukti cinta kasih kepada:

1. Ayahanda tercinta yang telah berjuang sekuat tenaga agar anak-anaknya dapat menempuh pendidikan setinggi-tingginya, yang selalu mengajari penulis banyak hal baik, selalu menguatkan penulis, dan selalu percaya pada kemampuan penulis.
2. Ibunda tercinta yang tidak pernah letih untuk merawat penulis, menasihati penulis akan hal baik, menyayangi penulis, dan selalu berkorban mengutamakan kebahagiaan penulis dibandingkan dengan dirinya.
3. Keluarga penulis yang selalu mendukung setiap langkah penulis, selalu medoakan penulis, dan selalu menyayangi penulis.
4. Wulan Octavianto selaku sahabat tersayang penulis sejak masih duduk dibangku SMP yang selalu menjadi tempat keluh kesah penulis, tidak pernah lelah untuk menasihati dan menyayangi penulis, dan selalu ada dalam suka maupun duka.
5. Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung, yang telah memberikan banyak ilmu, cerita, dan pengalaman baru kepada penulis.
6. Almamater tercinta Universitas Lampung, terima kasih atas pendidikan yang diberikan dan pembelajaran yang sangat baik dan berharga ini.

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Esa atas segala berkah dan rahmat-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan sebagai syarat dalam meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Geodesi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung dengan judul “Penggunaan Data Citra Satelit Sentinel-1 Untuk Pengamatan Intrusi Air Laut Beserta Relasinya Terhadap Produktivitas Padi Di Kecamatan Labuhan Maringgai”. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari peranan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Mochamad Firman Ghazali, S.Pd., M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah memberi masukan, nasihat, motivasi dan telah banyak meluangkan waktu, tenaga, serta pikirannya sehingga penelitian pada skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
2. Bapak Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU., selaku dosen pembimbing II yang telah memberi banyak masukan, bimbingan, serta nasihat sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
3. Ibu Anggun Tridawati, S.T., M.T., yang berkenan menjadi dosen penguji dan memberikan banyak nasihat, kritik dan saran pada skripsi ini.
4. Bapak Agustinus Tri Handoko, SE., MM., selaku Camat Labuhan Maringgai yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian dan menyambut penulis dengan baik di Kecamatan Labuhan Maringgai.
5. Ibu Wahyu, selaku Kepala Desa Margasari yang selalu menerima penulis dengan baik dan membantu penulis dalam melakukan penelitian di Desa Margasari.

6. Bapak Syarif, selaku sekretaris Desa Sri Minosari yang telah menyambut peneliti dengan baik, menemani peneliti selama melakukan pengambilan data, dan membantu peneliti.
7. Bapak Yanto dan Bapak Narko, selaku perwakilan dari gabungan kelompok tani (GAPOKTAN) Desa Sri Minosari dan Margasari yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi mengenai kondisi petani dan lahan sawah di kedua desa tersebut.
8. Ananda, Mega, Mila, dan Ditta selaku sahabat penulis di Teknik Geodesi yang membantu penulis dalam melakukan pengambilan data penelitian dan pembuatan skripsi ini.
9. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, MT., IPM. selaku ketua jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika.
10. Bapak dan Ibu dosen Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung yang telah banyak memberikan ilmu dan pengalaman kepada penulis.
11. Keluarga besar Teknik Geodesi angkatan 2018 yang telah menemani, membantu, dan menjadi teman seperjuangan penulis dalam meraih gelar sarjana.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu mohon maaf bila terdapat kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Semoga nantinya skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 11 Februari 2023
Penulis,

Choirunnisa Salsabila
NPM 1815013024

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN.....	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Hipotesis.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Gambaran Umum Desa Sri Minosari dan Margasari	7
2.3 Intrusi Air Laut, Proses Terjadinya, dan Faktor Penyebabnya.....	8
2.4 Intrusi Air Laut di Lahan Sawah	13
2.5 Sentinel-1 Untuk Pengamatan Lahan Sawah	14
2.6 Pemetaan Intrusi Air Laut Dengan Data Sentinel-1	15
2.6.1 Koreksi Data Sentinel-1.....	15

2.6.2 Persamaan Regresi Untuk Estimasi Nilai Salinitas	16
2.6.3 <i>Reclassify</i> Data.....	17
2.7 Interpolasi	18
2.8 Uji Akurasi RMSE (<i>Root Mean Square Error</i>).....	18
2.9 Uji <i>Chi Square</i>	19
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan Waktu	20
3.2 Data	21
3.3 Metode.....	22
3.4 Pengambilan Data Lapangan.....	23
3.5 Pengolahan Data.....	27
3.5.1 Koreksi Data Sentinel-1	27
3.5.2 Estimasi Nilai Salinitas.....	28
3.5.3 Uji Akurasi.....	30
3.5.4 Klasifikasi Tingkat Intrusi Air Laut.....	31
3.5.5 Pemetaan Produktivitas Lahan Sawah.....	31
3.5.6 Uji Hipotesis	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Hasil.....	34
4.1.1 Koreksi Data Citra Sentinel 1	34
4.1.2 Estimasi Nilai Salinitas.....	35
4.1.3 Akurasi Estimasi Nilai Salinitas	37
4.1.4 Klasifikasi Tingkat Intrusi Air Laut di Desa Sri Minosari dan Margasari	39
4.1.5 Produktivitas Lahan Sawah	40
4.1.6 Uji Hipotesis (<i>Chi-Square</i>).....	40
4.2 Pembahasan	42

4.2.1 Sentinel-1 dalam Memetakan Intrusi Air Laut	42
4.2.2 Kondisi Intrusi Air Laut di Desa Sri Minosari dan Margasari Serta Hubungannya dengan Produktivitas Padi.....	42
V. SIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Simpulan.....	44
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Keadaan <i>interface</i> pada kondisi natural (a) dan pada saat terjadinya intrusi air laut (b).....	10
Gambar 2. Pengukuran salinitas menggunakan salinometer pada sampel air.	12
Gambar 3. Lokasi penelitian kajian intrusi air laut di Desa Sri Minosari dan Margasari.....	20
Gambar 4. Diagram alir penelitian.....	22
Gambar 5. Sebaran titik sampel kajian intrusi air laut di Desa Sri Minosari dan Margasari.....	25
Gambar 6. Sebaran titik sampel jumlah panen padi.....	26
Gambar 7. Data Sentinel-1 polarisasi VV (a) dan VH (b) yang digunakan dalam kajian intrusi air laut di Desa Sri Minosari dan Margasari.	27
Gambar 8. Histogram distribusi data panen (a) dan salinitas (B).	33
Gambar 9. Hasil koreksi citra Sentinel-1 pada polarisasi VV (a), VH (b), VV+VH (c), dan (VV+VH)/2 (d).	35
Gambar 10. Distribusi estimasi nilai salinitas berdasarkan hasil olah regresi pada polarisasi VV (a), VH (b), VV+VH (c), dan (VV+VH)/2 (d)	37
Gambar 11. Relasi estimasi nilai salinitas polarisasi VV (a), VH (b), VV+VH (c), dan (VV+VH)/2 (d) terhadap nilai salinitas lapangan.	38
Gambar 12. Peta tingkat intrusi air laut pada lahan sawah di Desa Sri Minosair dan Margasari.....	39
Gambar 13. Peta produktivitas lahan sawah di Desa Sri Minosari dan Margasari.	40
Gambar 14. Hasil uji <i>chi-square</i> antara nilai salinitas dengan produktivitas padi menggunakan perangkat lunak <i>R Studio</i>	41
Gambar 15. Relasi antara jumlah panen padi dengan nilai salinitas.....	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Penelitian terdahulu.....	5
Tabel 2. Klasifikasi tingkat intursi air laut berdasarkan nilai salinitas tanah.....	11
Tabel 3. Jadwal kegiatan Penelitian	20
Tabel 4. Data primer dalam studi intrusi air laut pada lahan sawah.	21
Tabel 5. Data Penginderaan Jauh Dalam Studi Intrusi Air Laut Pada Lahan Sawah.	21
Tabel 6. Data nilai salinitas lapangan.	24
Tabel 7. Data produktivitas lahan sawah berdasarkan hasil pemetaan partisipatif.	25
Tabel 8. Nilai salinitas lapangan dan nilai <i>backscatter</i> pada titik olah.....	28
Tabel 9. Uji relasi antara nilai salinitas lapangan dengan nilai <i>backscatter</i> pada titik olah menggunakan berbagai macam persamaan regresi.....	30
Tabel 10. Nilai salinitas aktual dan estimasi nilai salinitas pada titik uji untuk menguji akurasi model estimasi nilai salinitas.....	30
Tabel 11. Klasifikasi tingkat intrusi air laut berdasarkan rentang nilai salinitas. .	31
Tabel 12. Hasil estimasi nilai salinitas pada setiap polarisasi.....	36
Tabel 13. Hasil uji akurasi pada model estimasi nilai salinitas.....	38

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Guna meningkatkan kualitas kehidupan manusia untuk generasi berikutnya, para pemimpin dunia merencanakan aksi global yang dikenal dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs). SDGs ini bertujuan untuk memberantas kemiskinan, mengurangi kesenjangan dan melindungi lingkungan dengan 17 target utama (UNDP, 2020). Indonesia menggunakan SDGs sebagai acuan Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN). RPJPN memiliki kebijakan untuk menjaga pertanian yang berkelanjutan melalui peningkatan produktivitas lahan sawah sebagai cara untuk mencapai salah satu target utama SDGs yaitu tanpa kelaparan (Kementerian PPN, 2020). Langkah tersebut dilakukan untuk menjaga ketersediaan beras sebagai sumber pangan utama penduduk Indonesia.

Faktor utama yang menjadi inti permasalahan dari tercapainya tujuan tanpa kelaparan ini adalah produktivitas dari lahan sawah. Dimana, sebagian besar lahan sawah di Indonesia berada pada daerah pesisir, sehingga mendapatkan pengaruh dari dinamika wilayah pesisir, seperti pasang surut, abrasi air laut, dan intrusi air laut (Rachman dkk., 2018). Relasi sederhana yang menjadikan lahan sawah dan tanaman padi yang ditanam di dalamnya tidak dapat mentoleransi kehadiran garam. Sehingga, intrusi air laut menjadi salah satu ancaman bagi produktivitas lahan sawah. Pada tahun 2005 FAO memprediksi bahwa 20% lahan sawah di Indonesia berubah menjadi lahan salin. Lahan salin merupakan lahan yang memiliki kandungan natrium atau kadar garam yang tinggi berada diatas ambang batas aman kadar natrium tanaman. Merujuk dari penelitian yang dilakukan oleh Rachman dkk. (2018), bahwa semakin tinggi tingkat salinitas yang terjadi pada suatu lahan sawah, dapat menyebabkan turunnya produksi padi hingga mencapai 90% pada tingkat salinitas tinggi sampai dengan sangat tinggi.

Petani padi sawah di Desa Sri Minosari dan Desa Margasari, Kecamatan Labuhan Maringgai, Lampung Timur saat ini menggunakan lahan sawah yang berjarak kurang lebih 500 m dari garis pantai. Memiliki luas lahan sawah sekitar 1.666 hektar, dengan 41% dari total lahan sawahnya merupakan lahan sawah non-irigasi (BPS, 2021). Berdasarkan kondisi geografisnya, terdapat kemungkinan lahan sawahnya berpotensi tercemar intrusi air laut. Tetapi pemetaan intrusi air laut di lahan sawah Desa Sri Minosari dan Margasari, Labuhan Maringgai belum dilakukan dan belum diketahui apakah ada pengaruh intrusi air laut terhadap produksi padi di kedua desa tersebut.

Pemanfaatan data dan teknologi penginderaan jauh untuk memetakan intrusi air laut sudah banyak dilakukan. Al-Gaadi dkk., (2021) pada penelitiannya menggunakan data Sentinel-2 dan Sahbeni (2021) menggunakan data Landsat 8 untuk memetakan intrusi di lahan agrikultural. Sentinel-2 mendapatkan nilai RMSE sebesar 0,43 dan Landsat 8 mendapatkan nilai RMSE sebesar 0,081. Selain data citra optik, data radar juga dapat digunakan untuk memetakan intrusi. Hoa dkk., (2019) pada penelitiannya menggunakan dual-polarisasi Sentinel-1 (VV,VH) dan algoritma pembelajaran mesin (*machine learning algorithms*) untuk mendeteksi intrusi di delta sungai Mekong, dengan nilai RMSE sebesar 2,885. Taghadosi dkk., (2019) menggunakan data yang sama untuk memetakan intrusi di lahan terbuka dan lahan sawah, mendapatkan nilai RMSE sebesar 0,3561. Namun jika dibandingkan dengan data citra optik, pemanfaatan data radar untuk memetakan intrusi cenderung masih sedikit dilakukan terutama pada wilayah pesisir Indonesia.

Pentingnya menggunakan data radar, seperti citra satelit Sentinel-1 adalah mempertimbangkan kondisi klimatologis dari Indonesia yang merupakan daerah beriklim tropis dengan dua musim dan banyaknya awan dapat menghambat proses pengamatan lahan sawah (Fathoni dkk., 2017). Penggunaan data Sentinel-1 untuk memetakan intrusi air laut merupakan pilihan yang tepat. Selain unggul dalam hal resolusi spasial (Tsyganskaya dkk., 2018), penggunaan data radar Sentinel-1 juga tidak dipengaruhi oleh keadaan cuaca dan awan karena memiliki gelombang yang panjang (A. Lestari dan Kushardono, 2018). Meskipun unggul dalam sensor dan panjang gelombang, tetapi ketersediaan data radar yang terjangkau lebih sulit didapatkan dibandingkan dengan data optik (Phan dkk., 2021). Selain itu, data radar

masih lebih sulit untuk diinterpretasi dibandingkan dengan citra optis (Arief dkk., 2017).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memetakan intrusi air laut menggunakan data satelit Sentinel-1 dan mengetahui hubungan intrusi air laut terhadap produktivitas padi di Desa Sri Minosari dan Margasari, Labuhan Maringgai. Pada riset ini, kombinasi antara data citra penginderaan jauh berupa Sentinel-1, data salinitas, dan hasil panen padi digunakan untuk menganalisis fenomena tersebut menggunakan metode regresi dan uji *chi-square*. Hasil yang didapatkan adalah diperolehnya model estimasi nilai salinitas yang dapat digunakan untuk mengestimasi intrusi air laut, terbatas pada data Sentinel-1 dual polarisasi VV dan VH, serta dengan kondisi lahan sawah yang berada pada masa *transplanting* dengan resolusi ± 10 m . Hasil akhir penelitian ini berupa peta lahan sawah yang terklasifikasi berdasarkan tingkat intrusi air laut dan kondisi produktivitas padinya.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan intrusi air laut menggunakan data radar Sentinel-1 dan mengetahui hubungan antara intrusi air laut terhadap produktivitas padi.

1.3 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan uraian pada latar belakang dan masalah, dapat diketahui bahwa lahan sawah di daerah pesisir rawan terhadap terjadinya intrusi air laut. Intrusi air laut yang terjadi di lahan sawah akan mengganggu pertumbuhan dan produktivitas padi. Maka dari itu perlu adanya pemetaan intrusi air laut untuk mengetahui tingkat kerawanan intrusi. Hal tersebut dilakukan untuk mengukur kemampuan Desa Sri Minosari dan Desa Margasari dalam meningkatkan produktivitas lahan sawah.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sawah yang berada daerah pesisir rawan terhadap intrusi air laut dan berpotensi menyebabkan penurunan produktivitas padi. Hal tersebut akan dijawab dengan pengolahan data Sentinel-1 dan uji *chi square*. Dimana H_0 berarti tidak ada hubungan antara intrusi air laut dengan produktivitas padi. Sedangkan H_1 berarti terdapat hubungan antara intrusi air laut dengan produktivitas padi. Jika $p\text{-value} > 0,05$, maka H_0 diterima dan jika $p\text{-value} < 0,05$, maka H_0 ditolak. Lalu jika $p\text{-value} < 0,05$ maka H_1 diterima dan jika $p\text{-value} > 0,05$ maka H_1 ditolak.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan berdasarkan kajian pustaka yang bersumber dari karya ilmiah yang dibuat oleh peneliti terdahulu. Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan dan landasan dalam penelitian ini terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Penelitian terdahulu.

No.	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode	Data	Hasil
1.	<i>Soil Salinity Assessment By Using NIR Channel and Vegetation Soilsalinity Index Derived From Landsat 8 OLI Data: A Case Study In The Tra Vinh.</i> (Nguyen, et.all., 2020)	Mengetahui kemampuan Landsat 8 dalam memetakan intrusi.	VSSI dan regresi.	Landsat 8 dan nilai salinitas lapangan.	Kanal NIR dan indeks VSSI pada Landsat 8 dapat memetakan intrusi dengan akurat pada lahan yang memiliki nilai salinitas rendah. Tetapi pada lahan dengan nilai salinitas tinggi keakuratannya masih kurang baik.

2.	<i>Soil Salinity Mapping Using Landsat 8 OLI Data and Regression Modeling In The Great Hungarian Plain.</i> (Sahbeni, 2021)	Memprediksi salinitas tanah di Great Hungaria Plain	Regresi	Landsat 8	Landsat 8 dapat memetakan tingkat salinitas dengan ketelitian RMSE sebesar 0,081.
3.	Pertumbuhan dan Produksi Beberapa Varietas Padi (<i>Oryza Sativa L</i>) Pada Berbagai Tingkat Salinitas. (Jayani dan Ruffaida, 2016)	Menganalisis pengaruh kadar garam atau nilai salinitas terhadap produksi padi.	<i>Randomized Block Design</i> (RBD)	Beberapa varietas padi dan larutan NaCl.	Kadar garam tinggi akan memperlambat pertumbuhan padi sehingga berpengaruh terhadap jumlah malai, jumlah gabah per malai, bobot gabah per rumpun dan produksi per hektar.

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nguyen dkk. (2020) dan Sahbeni (2021) keduanya bertujuan untuk memetakan intrusi menggunakan data satelit Landsat 8 dengan metode regresi. Walaupun memiliki persamaan metode tetapi data yang digunakan berbeda, dimana pada penelitian yang sekarang menggunakan data satelit radar Sentinel-1. Pada penelitian yang dilakukan oleh Jayani dan Ruffaida (2016) bertujuan untuk membuktikan pengaruh kadar garam atau salinitas terhadap produktivitas padi. Meski memiliki tujuan yang sama tetapi metode dan data yang digunakan dengan penelitian yang sekarang berbeda. Pada penelitian tersebut pengaruh kadar garam terhadap produktivitas padi dilakukan

melalui uji coba di lab dengan kondisi buatan, sementara pada penelitian yang sekarang pengaruh kadar garam terhadap produktivitas padi didapatkan berdasarkan pengambilan sampel pada kondisi alami di lapangan dan dengan bantuan analisis penginderaan jauh.

2.2 Gambaran Umum Desa Sri Minosari dan Margasari

Desa Sri Minosari dan Margasari merupakan desa yang terletak di Kecamatan Labuhan Maringgai, Lampung Timur. Desa ini berada di pesisir timur berbatasan langsung dengan Laut Jawa dan berbatasan dengan sebelah selatan Taman Nasional Way Kambas (TNWK). Berada di pesisir pantai, Desa Sri Minosari dan Desa Margasari memiliki topografi dataran dengan ketinggian 7 mdpl dan kemiringan lereng yang bervariasi antara 0% sampai dengan 25% (BPS, 2018).

Desa Sri Minosari memiliki luas sekitar 1.250 ha dan Desa Margasari memiliki luas sekitar 1.702 ha (BPS, 2021). Tupan lahan pada pesisir Desa Sri Minosari dan Desa Margasari didominasi oleh tambak, sawah, mangrove, pemukiman, rawa serta tutupan lahan berupa kebun kelapa sawit dan kebun kelapa pada sebagian kecil areanya. Pada sepanjang pesisir desa tersebut terdapat rawa di daerah belakang pantai. Terdapat dua jenis rawa yaitu rawa bervegetasi tinggi dan rawa belakang. Rawa bervegetasi tinggi merupakan jenis rawa yang terdapat vegetasi mangrove sedangkan rawa belakang merupakan rawa yang terbentuk oleh limpasan air di sekitar areanya. Rawa belakang dapat berpotensi sebagai area rawan banjir karena memiliki kandungan air di permukaannya dan menunjukkan drainase yang jelek. Selain itu, sebagian tanah di Desa Sri Minosari dan Margasari memiliki kemampuan lahan yang jelek yang bersifat peka terhadap erosi, memiliki tingkat drainase tinggi, dan kestabilan tanah yang mulai berkurang. Hal tersebut membuat kedua desa tersebut rawan terhadap abrasi dan tercemar oleh intrusi air laut.

Sebagian besar masyarakat Desa Sri Minosari dan Margasari mengandalkan pertanian dan tambak sebagai mata pencaharian utama (BPS, 2021). Tetapi produktivitas padi di kedua desa tersebut dapat menurun dengan adanya kadar garam yang tinggi pada lahan sawah, hal ini disebabkan karena lahan sawahnya berbatasan langsung dengan tambak. Selain itu, pesisir Desa Sri Minosari

dan Margasari merupakan daerah yang rawan terjadi abrasi sehingga rawan terhadap intrusi air laut.

2.3 Intrusi Air Laut, Proses Terjadinya, dan Faktor Penyebabnya

Intrusi air laut merupakan masuknya air laut yang memiliki salinitas tinggi ke dalam tanah atau daratan, sehingga mencemari air tawar pada tanah tersebut. Peristiwa tersebut merupakan terjadinya fenomena hidraulik air laut pada bagian akuifer tanah. Fenomena tersebut merupakan isu global yang mempengaruhi kualitas air, vegetasi, dan kondisi tanah di sepanjang daerah yang berbatasan dengan garis pantai (Felisa dkk, 2013). Kondisi ini diperparah dengan adanya pemanasan global yang menyebabkan kenaikan permukaan laut (Werner dkk., 2013). Menurut Dewi (2020) ada beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya intrusi air laut yaitu:

1. Aktivitas manusia

Pertumbuhan penduduk yang tinggi di daerah pesisir seringkali berdampak pada lingkungan. Makin tingginya aktivitas manusia di daerah pesisir menyebabkan penggunaan air tanah yang berlebihan. Selain itu, adanya aktivitas manusia mengakibatkan alih fungsi lahan di sepanjang pinggir pantai menjadi tambak atau pemukiman yang menyebabkan berkurangnya ekosistem alami penahan air laut seperti mangrove dan terumbu karang di sepanjang pantai. Beragam aktivitas tersebut menyebabkan masuknya air laut ke dalam tanah.

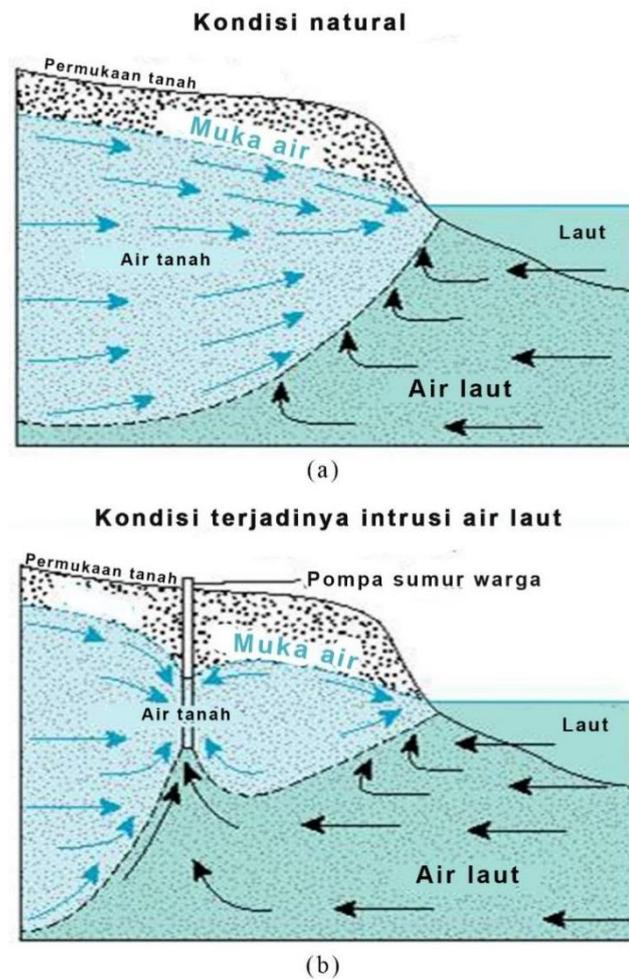
2. Karakteristik pantai

Pantai memiliki berbagai macam karakteristik, beberapa diantaranya adalah pantai dengan karakteristik batuan, pasir, dan mangrove. Pantai dengan karakteristik batuan cenderung lebih mudah mengalami intrusi air laut, hal ini disebabkan oleh pori-pori yang terbentuk tumpukan batu. Hal yang sama juga terdapat di pantai berpasir. banyaknya pori-pori yang terdapat pada pasir membuat kemampuan menyerap air tinggi. Sehingga air laut yang masuk ke daerah pantai akan terserap ke dalam pasir. Sedangkan pada pantai yang memiliki ekosistem

mangrove intrusi air laut lebih sulit terjadi. Akar-akar pada pohon mangrove dapat mengendapkan lumpur sehingga dapat mencegah perembesan air laut ke dalam tanah.

Air tanah berada di dalam lapisan tanah dan batuan yang disebut dengan akuifer, yaitu lapisan yang berfungsi untuk menyimpan dan mengalirkan air tanah (Widodo, 2020). Air yang tersimpan di dalam akuifer tanah di daerah pesisir rentan mengalami degradasi karena areanya yang dekat dengan air laut dan diperparah dengan eksploitasi air tanah karena aktivitas manusia di daerah pesisir (Werner dkk., 2013). Pada dasarnya air laut tidak dapat masuk jauh ke dalam akuifer tanah karena adanya tekanan osmotik pada air tanah yang menekan lebih kuat dibandingkan dengan air laut, lalu terciptalah *interface* atau batas antara air tanah dengan air laut.

Intrusi air laut terjadi ketika adanya gangguan keseimbangan antara air tanah dengan air laut. Pengambilan air tanah secara masif menyebabkan adanya ketidakseimbangan antara aliran air tawar yang masuk ke laut. Hal tersebut terjadi karena pengambilan air tanah yang masif membuat ruang kosong pada akuifer tanah, menyebabkan tinggi air tanah lebih rendah daripada tinggi air laut. Ruang kosong pada akuifer menyebabkan terjadinya aliran balik air laut masuk ke dalam sistem akuifer. Perbedaan ketinggian tersebut membuat air laut merembes ke dalam akuifer dan mencemari air tanah (Suhartono dkk., 2013). Lalu akan terjadi desakan air laut terhadap air tanah yang mendorong *interface*, batas antara air tanah dengan air laut, menuju ke arah sumber eksploitasi air tanah sehingga membentuk suatu kerucut dan menyebabkan air laut masuk ke dalam akuifer seperti pada Gambar 1 (Habibie, 2018).



Sumber (Habibie, 2018)

Gambar 1. Keadaan *interface* pada kondisi natural (a) dan pada saat terjadinya intrusi air laut (b).

Terjadinya intrusi air laut menyebabkan komponen kimiawi air tanah berubah. Intrusi air laut dapat teridentifikasi dengan salinitas. Salinitas merupakan tingkat garam terlarut pada air. Pada dasarnya air tawar memiliki tingkat salinitas rendah yaitu dibawah 3% dan air laut memiliki salinitas yang tinggi atau diatas 33%. Tetapi dalam proses terjadinya intrusi air laut, bercampurnya air tawar dengan air laut menyebabkan perubahan tingkat salinitas (Hasrianti dan Nurasia, 2016). Selain salinitas air terdapat juga salinitas tanah, atau salinitas yang terjadi pada media tanah. Pada lahan sawah salinitas diukur menggunakan tingkat salinitas tanah. Klasifikasi tingkat salinitas tanah dan pengaruhnya terhadap tanaman dan tanah seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi tingkat intrusi air laut berdasarkan nilai salinitas tanah.

Sumber (Aslam dkk., 2015)

Klasifikasi	Nilai Salinitas ‰	Efek	
		Tanah	Tanaman
Tidak ada intrusi air laut	< 0,2	Garam tidak terlihat	Pertumbuhan tidak terpengaruh
Intrusi air laut sedikit	0,2 - 0,5	Garam sedikit terlihat	Pertumbuhan tidak merata
Intrusi air laut sedang	0,6 - 1,0	Garam cukup terlihat	Pertumbuhan terhambat dan sangat tidak merata
Intrusi air laut tinggi	> 1,0	Garam tersebar luas	Pertumbuhan nihil atau sangat buruk

Untuk mengetahui salinitas terdapat berbagai macam alat dengan metode yang berbeda yaitu berdasarkan daya hantar listrik dan massa jenis air. Pada saat ini, sebagian besar pengukuran salinitas menggunakan metode daya hantar listrik karena memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan metode lain. Keuntungan yang dimilikinya adalah penggunaannya yang praktis, memiliki ketelitian tinggi, dan tampilan data dalam bentuk digital (Prakosa dkk., 2020). Salinometer merupakan salah satu alat berbasis daya hantar listrik yang sering digunakan untuk mengukur salinitas karena penggunaannya terbilang mudah dan mudah didapatkan (Indriastoni dan Kustini, 2014). Selain salinitas, umumnya salinometer juga dapat mengukur besaran lainnya seperti suhu air, nilai pH, TDS, dan EC, tergantung dengan jenis salinometer yang digunakan.

Salinometer memiliki prinsip kerja berdasarkan pengaruh daya hantar listrik, dimana semakin besar daya hantar listrik yang diterima maka semakin tinggi besaran salinitas yang diukur. Salinometer digunakan dengan cara mencelupkan alat tersebut ke dalam wadah yang sudah diisi dengan sampel air yang ingin diuji, nantinya skala salinitas akan terbaca secara digital pada salinometer seperti pada gambar 2 (Prakosa dkk., 2020). Tetapi penggunaan salinometer hanya terbatas pada air saja, sehingga perlu adanya tambahan larutan untuk mengukur salinitas pada tanah. *Distilled water* atau air suling merupakan salah satu alternatif tambahan larutan yang dapat digunakan untuk mengukur salinitas tanah, karena tidak memiliki kandungan berbahaya dan tahan untuk menghantarkan listrik. Dalam

pengukuran salinitas digunakan rasio antara tanah dengan air suling sebesar 1:5. Sampel tanah dan distilled water yang sudah dimasukkan ke dalam wadah kemudian diaduk hingga bercampur baru kemudian diukur dengan salinometer (Hardie dan Doyle, 2018).



Sumber (Prakosa dkk., 2020)

Gambar 2. Pengukuran salinitas menggunakan salinometer pada sampel air.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bado dkk. (2016) identifikasi salinitas pada lahan sawah sebaiknya dilakukan pada musim panas atau kemarau ketika kadar garam cenderung menumpuk. Selain itu, masa tanam padi juga menjadi pertimbangan pada saat melakukan pengambilan sampel, padi pada masa vegetatif atau masa pertumbuhan cenderung lebih sensitif terhadap kadar garam sehingga bisa menggambarkan kondisi aktual salinitas lahan sawah secara lebih baik. Penggunaan rasio 1:5 untuk mengetahui salinitas lahan sawah mendapatkan hasil yang baik, yaitu memiliki tingkat kesalahan dibawah angka 1 atau tingkat kesalahan paling besar berada pada angka 0,9. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *distilled water* dengan rasio 1:5 dapat digunakan untuk mengetahui salinitas pada tanah di lahan sawah dengan alat salinometer.

2.4 Intrusi Air Laut di Lahan Sawah

Pertumbuhan penduduk yang pesat di daerah pesisir mengakibatkan adanya alih fungsi lahan menjadi sawah. Pembukaan lahan sawah di daerah pesisir biasanya menempati tanah marginal, atau tanah dengan tingkat kesuburan rendah, dan belum tersedianya jaringan pengairan (Hendri dan Saidi, 2020). Para petani biasanya memanfaatkan aliran air sungai di sekitar sawah, tetapi umumnya sungai di sekitar pesisir tercemari oleh air laut akibat adanya intrusi. Adanya irigasi di lahan sawah juga tidak luput dari ancaman intrusi melalui rembesan pada saluran irigasi. Hal tersebut diperparah dengan banjir rob yang terjadi pada musim hujan, mengakibatkan air laut naik ke daratan, mencemari irigasi dan lahan sawah. Kondisi itu mengakibatkan banyak lahan sawah di daerah pesisir hanya bisa ditanami padi satu kali dalam setahun. Karena lahan sawah yang tercemari oleh air laut akan berubah menjadi lahan salin, atau lahan yang memiliki kadar garam yang tinggi diatas batas toleransi tanaman (Rachman dkk., 2018).

Panjangnya proses tumbuh padi harus mampu diamati dengan baik. Produksi hasil panen padi bergantung pada baik-tidaknya kualitas tanaman padi pada masa pertumbuhannya. Terdapat tiga fase masa pertumbuhan padi yaitu fase vegetatif, reproduktif, dan pematangan. Pada masa vegetatif terdapat tiga tahap pertumbuhan yaitu pertunasan, penyemaian, pertumbuhan anakan, pada masa reproduktif terdapat tiga tahap pertumbuhan yaitu pemasakan, pembungaan, keluar malai dan pada masa pematangan terdapat tiga tahap pertumbuhan yaitu gabah matang susu, gabah matang adonan, pematangan (Parul, 2017).

Kadar garam yang tinggi pada lahan sawah akan menghambat pertumbuhan akar, luas daun, dan batang karena keracunan ion dan kekurangan unsur hara (Hendri dan Saidi, 2020). Terdapat tiga aspek pengaruh kadar garam tinggi terhadap tanaman yaitu mempengaruhi keseimbangan hara, tekanan osmotik, dan pengaruh racun. Kadar garam tersebut dapat merusak daun, memperpendek batang, mengurangi jumlah anakan, dan hasil gabah (Jayani dan Ruffaida, 2016). Gejala yang timbul akibat kadar garam yang tinggi adalah mengeringnya bagian ujung daun dan adanya gejala kuning pada daun atau klorosis (Anandia dkk., 2014).

Uji salinitas terhadap pertumbuhan padi yang dilakukan oleh Jayani dan Ruffaida (2016) menunjukkan bahwa salinitas berpengaruh terhadap jumlah malai,

jumlah gabah per malai, bobot gabah per rumpun dan produksi per hektar. Padi dengan salinitas rendah mempunyai pertumbuhan padi yang lebih baik dibandingkan dengan padi dengan salinitas yang tinggi. Hal ini disebabkan karena adanya ion Na dan Cl yang berlebihan akibat adanya kadar garam sehingga tanaman sulit menyerap air. Efek lain yang ditimbulkan adalah terhambatnya pembelahan dan pembesaran sehingga jumlah anakan akan menurun dibandingkan dengan tanaman padi pada kondisi normal.

2.5 Sentinel-1 Untuk Pengamatan Lahan Sawah

Sampai dengan tahun 2014, pemantauan lahan pertanian pada skala besar dibatasi oleh tidak adanya ketersediaan data SAR (*Synthetic-Aperture Radar*) yang hemat biaya tetapi memiliki resolusi temporal yang tinggi. Hingga Badan Antariksa Eropa (ESA) meluncurkan satelit radar Sentinel-1, yang menyediakan data radar secara gratis dengan resolusi yang tinggi. Rangkaian data Sentinel-1 memiliki waktu interval 6 hari, yang dapat digunakan untuk memantau lahan pertanian di wilayah tropis. Sejak saat itu pemantauan lahan pertanian menjadi mungkin dilakukan oleh banyak peneliti (Phan dkk., 2021).

Gelombang yang dihasilkan oleh Sentinel-1 mengalami polarisasi. Polarisasi tersebut dibedakan berdasarkan sifat arah pantulan yang dihasilkan dan diterima, yaitu bersifat vertikal (V) dan horizontal (H). Pada polarisasi VV berarti pancaran sinyal yang dihasilkan oleh sensor bersifat vertikal dan pancaran nilai *backscatter* dari objek bersifat vertikal juga. Pada polarisasi VH berarti pancaran sinyal yang dihasilkan oleh sensor bersifat vertikal dan pancaran nilai *backscatter* dari objek bersifat horizontal. Setiap jenis polarisasi sangat mempengaruhi nilai hamburan balik (*backscatter*) yang dihasilkan oleh pantulan antara polarisasi Sentinel-1 dengan permukaan objek di bumi (Pasandaran dkk., 2020). Data Sentinel-1 memiliki keunggulan dalam melakukan pemantauan lahan sawah dibandingkan dengan data citra optik lainnya, karena unggul dari besar resolusi, tidak terhalangi oleh awan, dan memiliki gelombang yang lebih panjang dibandingkan dengan data optik (Nuevo dkk., 2017).

Penggunaan data Sentinel-1 dalam memantau lahan pertanian pada umumnya digunakan untuk mengamati kondisi tanah dan kondisi tumbuhan padi. Wakabayashi dkk., (2019) menggunakan data Sentinel-1 dengan polarisasi VV untuk mengamati kondisi kelembaban tanah pada lahan sawah di Indonesia, mendapatkan hasil dengan akurasi sampai dengan 98%. Kemudian Yang dkk., (2021) melakukan penelitian menggunakan data Sentinel-1 dan metode *Water Cloud Model* (WCM) untuk mengetahui kondisi kelembaban tanah, mendapatkan hasil RMSE sebesar 0.46. Penelitian yang dilakukan oleh Benninga dkk., (2020) menggunakan data Sentinel-1 dan metode *Soil Moisture Content* (SMC) untuk mengetahui kondisi kelembaban tanah juga memiliki hasil yang baik.

Kondisi tanaman padi seperti pertumbuhan dan produksi juga dapat diteliti dengan data Sentinel-1. Penelitian yang dilakukan oleh Suspidayanti (2021) dengan data Sentinel-1 polarisasi VV dan VH mendapatkan hasil dengan akurasi sebesar 75% untuk mengestimasi pertumbuhan dan produksi padi. H. Yang dkk., (2021) juga melakukan pengamatan pertumbuhan padi menggunakan data Sentinel-1 polarisasi VV dan VH, mendapatkan hasil estimasi pertumbuhan padi dengan level akurasi sebesar 92,97%. Mandal (2020) juga melakukan pengamatan pertumbuhan padi, tetapi menggunakan metode *dual polarization Radar Vegetation Index* (dpRVI) mendapatkan hasil dengan ketelitian *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar kurang dari 0,85. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut Sentinel-1 terbukti berpotensi untuk melakukan pengamatan lahan pertanian, baik itu kondisi tanah ataupun tanaman padi.

2.6 Pemetaan Intrusi Air Laut Dengan Data Sentinel-1

2.6.1 Koreksi Data Sentinel-1

Tahapan awal penggunaan data Sentinel-1 adalah dengan melakukan *preprocessing* atau koreksi data SAR menggunakan perangkat lunak SNAP 8.0. Terdapat 6 prosedur standar dalam melakukan *preprocessing* data Sentinel-1 yaitu *subset*, *apply orbit*, *calibration*, *speckle filtering*, *range doppler terrain correction* dan *linear to dB*. Data hasil akuisisi Sentinel-1 yang sudah diunduh dilakukan *crop*

atau pemotongan menggunakan *subset* agar lebih terfokus pada area penelitian dan mengurangi beban perangkat dalam melakukan pengolahan data. Untuk memberikan informasi posisi satelit yang lebih akurat maka dilakukan koreksi menggunakan *apply orbit*. Selanjutnya menggunakan *calibration* untuk mengubah nilai piksel menjadi nilai *backscatter* yang terkalibrasi secara radiometrik (Ghazali dkk., 2020).

Selain koreksi secara radiometrik data SAR juga perlu dikoreksi dari *noise* atau *speckle* menggunakan *Lee filter* (3x3) pada masing-masing polarisasi VV dan VH. Kemudian data Sentinel-1 juga dilakukan koreksi geometris untuk menghindari adanya distorsi oleh pengaruh topografi menggunakan *range doppler terrain correction* dengan data SRTM yang diunduh otomatis pada SNAP 8.0. Ketika semua tahap koreksi sudah dilakukan, langkah selanjutnya adalah mengubah koefisien backscatter kedalam bentuk nilai desibel (dB) pada polarisasi VV dan VH menggunakan *linear to dB*. Data Sentinel-1 yang sudah dilakukan *preprocessing* diproyeksi ke dalam sistem referensi WGS 48 dan diexport menjadi file GeoTIFF untuk mempermudah tahap pengolahan dan interpretasi data. Data yang telah diekspor ke dalam format GeoTIFF akan diolah menggunakan perangkat lunak QGIS. Untuk mendapatkan polarisasi VV+VH dan $(VV+VH)/2$ dilakukan perhitungan antara data polarisasi VV dan VH menggunakan menu raster kalkulator.

2.6.2 Persamaan Regresi Untuk Estimasi Nilai Salinitas

Persamaan regresi digunakan untuk mempelajari hubungan antara dua variabel atau lebih sehingga satu variabel lain dapat diprediksi (estimasi) dari variabel lainnya (Pangesti, 2016). Dalam penelitian ini, variabel yang diprediksi merupakan estimasi nilai salinitas. Penggunaan regresi sederhana untuk mengestimasi nilai salinitas dan memetakan intrusi sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh Nguyen dkk. (2020) dan Sahbeni (2021). Kedua penelitian tersebut menghubungkan data sampel nilai salinitas yang diambil di lapangan dengan data satelit Landsat 8 menggunakan persamaan regresi, sehingga menghasilkan model estimasi nilai salinitas yang mencakup seluruh area penelitian. Berdasarkan dua penelitian

tersebut, estimasi nilai salinitas yang dihasilkan oleh persamaan regresi memiliki akurasi yang cukup baik.

Pada penelitian ini ada beberapa kemungkinan model regresi yang akan digunakan yaitu *linier* (1), *logarithmic* (2), dan *polynomial* (3). Sebelum memutuskan model regresi yang digunakan, terlebih dahulu dilakukan uji relasi antara nilai salinitas dengan nilai *backscatter* menggunakan *pearson correlation* pada berbagai macam model regresi. Model regresi yang menghasilkan nilai R^2 paling baik atau paling mendekati angka 1 akan digunakan sebagai persamaan untuk membuat model estimasi nilai salinitas dalam pemetaan intrusi air laut.

$$Y = a + bX \quad (1)$$

$$Y = a + b^X \quad (2)$$

$$Y = a + bX + b_2X^2 \quad (3)$$

Y = Estimasi nilai salinitas

a = Konstanta

b = Koefisien variabel X

X = Nilai *backscatter* Sentinel-1

2.6.3 Reclassify Data

Reclassify merupakan salah satu metode untuk mengklasifikasi kembali suatu data spasial menjadi sebuah data spasial yang baru berdasarkan acuan atau kriteria atribut. Pada penelitian ini *reclassify* digunakan untuk memetakan tingkat intrusi air laut berdasarkan estimasi nilai salinitas. Estimasi nilai salinitas akan dibagi menjadi 4 kelas tingkat kerawanan intrusi berdasarkan klasifikasi rentang nilai salinitas yang pernah dibuat oleh Aslam dkk.,(2015). Pada proses ini mengubah data estimasi nilai salinitas menjadi peta klasifikasi tingkat intrusi air laut pada lahan sawah.

2.7 Interpolasi

Interpolasi adalah metode yang digunakan untuk mencari atau mengestimasi nilai suatu data yang tidak diketahui atau tidak terukur pada titik tertentu menggunakan data pada titik-titik di sekitarnya yang sudah diukur atau diketahui. Estimasi nilai tersebut memiliki pendugaan bahwa titik-titik yang berdekatan akan mirip nilainya dibandingkan dengan titik-titik yang berjauhan (Hadi, 2013). Metode yang biasa digunakan untuk interpolasi spasial yaitu IDW (*Inverse Distance Weighted*).

Metode IDW merupakan metode sederhana yang menggunakan prinsip bahwa nilai interpolasi akan lebih mirip pada titik sampel yang dekat dibandingkan titik sampel yang lebih jauh. Bobot pada nilai interpolasi IDW akan berubah secara linear mengikuti jaraknya dengan titik sampel. Menurut Kurniad dkk. (2018) metode interpolasi IDW merupakan metode yang baik dalam mengestimasi nilai pada sebaran titik. Metode IDW lebih akurat dalam mengestimasi kondisi lahan karena menghasilkan nilai estimasi yang mendekati nilai maksimum dan minimum dari sampel data (Pramono, 2008).

2.8 Uji Akurasi RMSE (*Root Mean Square Error*)

RMSE merupakan metode paling umum untuk mengevaluasi model estimasi. RMSE digunakan untuk mengukur tingkat akurasi suatu model dalam memprediksi atau mengestimasi sebuah nilai. Semakin kecil nilai RMSE, mendekati angka 0, menunjukkan bahwa semakin baik akurasi suatu model dalam melakukan estimasi (Suprayogi dkk., 2014). Pada penelitian yang dilakukan oleh Ghazali dkk. (2020) menggunakan RMSE (Persamaan 4) untuk menguji akurasi model estimasi nilai pH tanah. Hasil RMSE tersebut menunjukkan seberapa besar akurasi yang didapatkan model estimasi nilai pH tanah jika ingin digunakan untuk mengestimasi nilai pH tanah menggunakan jenis data dan kondisi lapangan yang sama dengan penelitian tersebut.

$$\text{RMSE} = \frac{\sqrt{\sum(X-Y)^2}}{n} \quad (4)$$

X = Nilai estimasi

Y = Nilai aktual

n = Jumlah data

2.9 Uji *Chi Square*

Uji *chi square* merupakan jenis uji statistik non parametris yang biasanya digunakan untuk membandingkan dua kelompok atau lebih berdasarkan data yang sudah dikategorikan. (Heryana, 2020). Oleh karena itu, sebelum menguji hipotesis dilakukan uji normalitas data, ketika data terdistribusi dengan tidak normal maka *chi-square* dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara intrusi air laut dengan produktivitas padi. Uji *chi-square* dapat dirumuskan seperti pada persamaan (5). Rumusan hipotesis H_0 dan H_1 yang digunakan pada penelitian ini adalah H_0 berarti tidak ada pengaruh yang signifikan antar variabel dan H_1 berarti terdapat pengaruh yang signifikan antar variabel. Adapun syarat pada uji chi square ini adalah:

1. Jika p-value > 0,05, maka H_0 **Diterima**
2. Jika p-value < 0,05, maka H_1 **Diterima**

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (5)$$

X^2 = Distribusi Chi-square

O_i = Nilai observasi (pengamatan) ke-i

E_i = Nilai ekspektasi ke-i

3.2 Data

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan oleh peneliti secara langsung di lapangan (Tabel 4). Data primer yang digunakan pada penelitian ini meliputi data salinitas dan informasi jumlah panen padi. Data salinitas berasal dari titik sampel yang sudah ditentukan sebelumnya yang nantinya akan digunakan untuk mengidentifikasi adanya intrusi air laut. Sedangkan data panen padi didapatkan melalui proses pemetaan partisipatif dengan petani Desa Sri Minosari dan Margasari. Data salinitas diambil melalui pengukuran nilai salinitas permukaan pada setiap titik sampel, menggunakan sampel tanah dengan kedalaman 10 sampai dengan 20 cm sebanyak 7 gr (Nguyen dkk., 2020). Pengukuran nilai salinitas dilakukan menggunakan alat *5 in 1 water quality tester* dengan ketelitian alat sebesar 0,1%.

Tabel 4. Data primer dalam studi intrusi air laut pada lahan sawah.

No	Data	Alat / Metode
1	Salinitas	5-1 <i>digital water quality tester</i>
2	Informasi panen padi	Pemetaan partisipatif

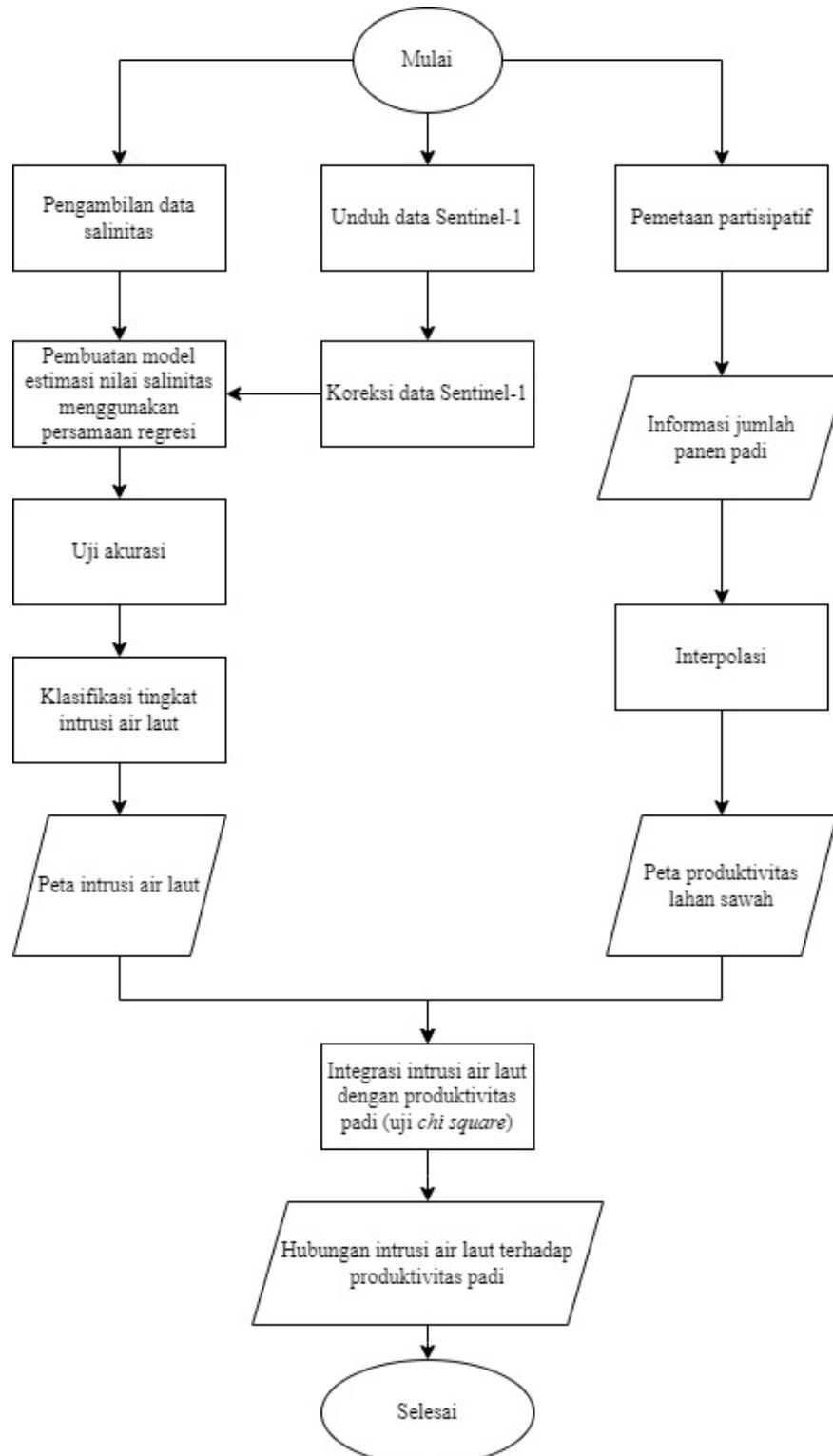
Data sekunder merupakan data yang didapatkan bukan dari pengambilan data lapangan. Pada sekunder yang digunakan adalah data satelit radar Sentinel-1 yang didapatkan secara gratis melalui situs <https://search.asf.alaska.edu/>. Data Sentinel-1 yang diunduh adalah data yang waktu akuisisinya bersamaan dengan waktu pengambilan data lapangan yaitu pada tanggal 2 Juli 2022. Data satelit ini nantinya digunakan untuk menganalisis intrusi air laut dan dampaknya terhadap produktivitas padi dalam perspektif penginderaan jauh. Rincian data Sentinel-1 yang digunakan seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Penginderaan Jauh Dalam Studi Intrusi Air Laut Pada Lahan Sawah.

Type File	Mode Beam	Polarisasi	Arah
L1 Detected High-Res Dual-Pol (GRD-HD)	IW	VV, VH	<i>Ascending</i> dan <i>Descending</i>

3.3 Metode

Rincian keseluruhan rangkaian proses penelitian seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir penelitian.

Proses penelitian dimulai dengan pengambilan data nilai salinitas di lapangan menggunakan alat salinometer dan pengambilan data jumlah panen padi melalui pemetaan partisipatif. Selain itu, pengambilan data Sentinel-1 diunduh melalui <https://search.asf.alaska.edu/>. Data Sentinel-1 yang sudah diunduh terlebih dahulu dioreksi untuk mendapatkan nilai *backscatter* yang lebih akurat dalam mewakili kondisi area citra. Nilai *backscatter* yang sudah terkoreksi akan dihubungkan dengan nilai salinitas lapangan untuk mendapatkan estimasi nilai salinitas yang mewakili seluruh area citra menggunakan persamaan regresi. Hasil model regresi yang sudah dibuat untuk mengestimasi nilai salinitas diuji akurasi melalui metode RMSE. Estimasi nilai salinitas dikelompokkan kembali menjadi 4 kelas tingkat intrusi berdasarkan rentang nilai salinitas untuk mendapatkan peta intrusi air laut.

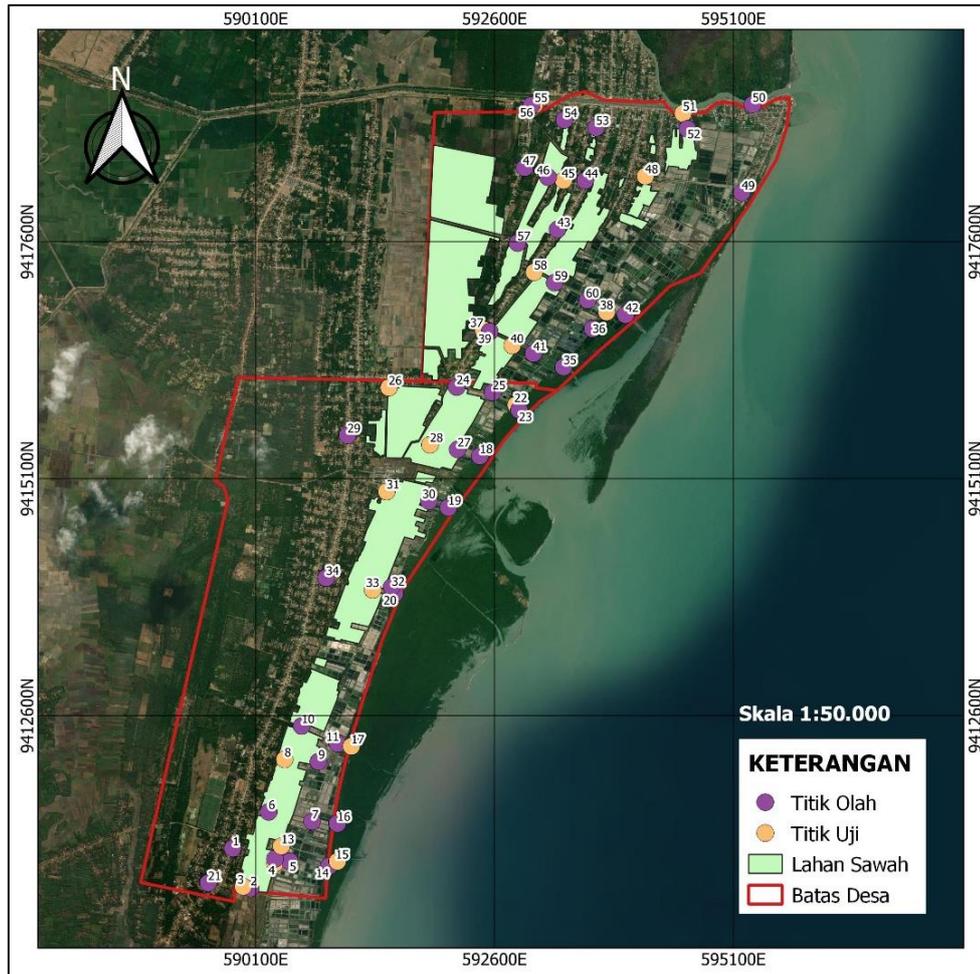
Pada data jumlah panen padi, titik sampel data diinterpolasi untuk mendapatkan jumlah panen padi pada seluruh area lahan sawah di Desa Sri Minosari dan Margasari. Kemudian titik tersebut akan dihubungkan dengan estimasi nilai salinitas menggunakan metode *chi square*. Hasil dari pengolahan *chi square* akan menghasilkan hubungan antara intrusi air laut dengan produktivitas padi.

3.4 Pengambilan Data Lapangan

Data lapangan yang diambil berupa nilai salinitas dan informasi jumlah panen padi. Data salinitas yang diambil merupakan salinitas permukaan di setiap titik sampel yang sudah ditentukan, dengan total sampel sebanyak 60 titik (Tabel 6). Penentuan titik sampel dilakukan menggunakan metode *random sampling* dengan mempertimbangkan jenis tutupan lahan. Titik sampel diambil pada setiap tutupan lahan yaitu sawah, mangrove, tambak, dan permukiman. Terdapat dua jenis titik yaitu titik olah dan titik uji. Titik olah berfungsi untuk melakukan perhitungan regresi dalam pembuatan model estimasi nilai salinitas sedangkan titik uji digunakan untuk menguji model yang dibuat. Terdapat 41 titik olah dan 19 titik uji. Sebaran titik olah dan titik uji seperti pada gambar 5.

Tabel 6. Data nilai salinitas lapangan.

Id	Longitude	Latitude	Salinitas (%)	Tutupan Lahan	Jenis Titik
1	105,81100	-5,32636	0,0049	Rumah	Titik Olah
2	105,81270	-5,33017	0,0045	Sawah	Titik Olah
3	105,81200	-5,33001	0,0023	Sawah	Titik Uji
4	105,81500	-5,32779	0,0213	Sawah	Titik Uji
5	105,81640	-5,32759	0,0617	Tambak	Titik Olah
6	105,81440	-5,32288	0,003	Sawah	Titik Olah
7	105,81850	-5,32378	0,083	Tambak	Titik Olah
8	105,81590	-5,31787	0,0107	Sawah	Titik Uji
9	105,81910	-5,31807	0,0623	Tambak	Titik Olah
10	105,81750	-5,31469	0,0075	Sawah	Titik Olah
11	105,82090	-5,31636	0,132	Tambak	Titik Olah
12	105,81500	-5,32736	0,079	Sawah	Titik Olah
13	105,81560	-5,32615	0,288	Tambak	Titik Uji
14	105,82010	-5,32805	0,0141	Mangrove	Titik Olah
15	105,82090	-5,32760	0,492	Mangrove	Titik Uji
16	105,82090	-5,32399	0,0268	Mangrove	Titik Olah
17	105,82220	-5,31661	0,294	Mangrove	Titik Uji
....
50	105,86002	-5,25533	0,0924	Rumah	Titik Uji
51	105,85345	-5,25619	0,132	Rumah	Titik Olah
52	105,85387	-5,25765	0,0187	Sawah	Titik Olah
53	105,84524	-5,25755	0,0112	Sawah	Titik Olah
54	105,84224	-5,25682	0,0113	Sawah	Titik Uji
55	105,83943	-5,25537	0,0041	Tanah Kosong	Titik Olah
56	105,83913	-5,25544	0,0479	Rumah	Titik Olah
57	105,83783	-5,26857	0,0046	Sawah	Titik Uji
58	105,83941	-5,27135	0,004	sawah	Titik Olah
59	105,84135	-5,27235	0,0413	Tambak	Titik Olah
60	105,84446	-5,27401	0,125	Tambak	Titik Olah



Gambar 5. Sebaran titik sampel kajian intrusi air laut di Desa Sri Minosari dan Margasari.

Informasi mengenai produktivitas lahan sawah didapatkan melalui pemetaan partisipatif dengan perwakilan ketua kelompok tani di Desa Sriminosari dan Margasari. Berdasarkan hasil pemetaan tersebut didapatkan 13 titik yang digunakan sebagai titik sampel rata-rata jumlah panen padi hektar sawah (Tabel 7). Semua titik sampel tersebut mewakili kemampuan panen padi di area sekitarnya karena memiliki kondisi lahan sawah yang tidak jauh berbeda. Sebaran titik sampel tersebut terdapat pada gambar 6.

Tabel 7. Data produktivitas lahan sawah berdasarkan hasil pemetaan partisipatif.

<i>Id</i>	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	<i>Panen Padi (ton/ha)</i>	<i>Desa</i>
1	105,83061	-5,25946	4,5	Margasari

2	105,84425	-5,26045	5,5	Margasari
3	105,84497	-5,26547	3	Margasari
4	105,84901	-5,26436	4,5	Margasari
5	105,85384	-5,25996	3,25	Margasari
6	105,83632	-5,26796	3,5	Margasari
7	105,84070	-5,27099	5,5	Margasari
8	105,83024	-5,27514	6	Margasari
9	105,83823	-5,27662	2	Margasari
10	105,82628	-5,29238	5	Sriminosari
11	105,82376	-5,30425	3,5	Sriminosari
12	105,92619	-5,28486	8	Sriminosari
13	105,81547	-5,32244	5,5	Sriminosari

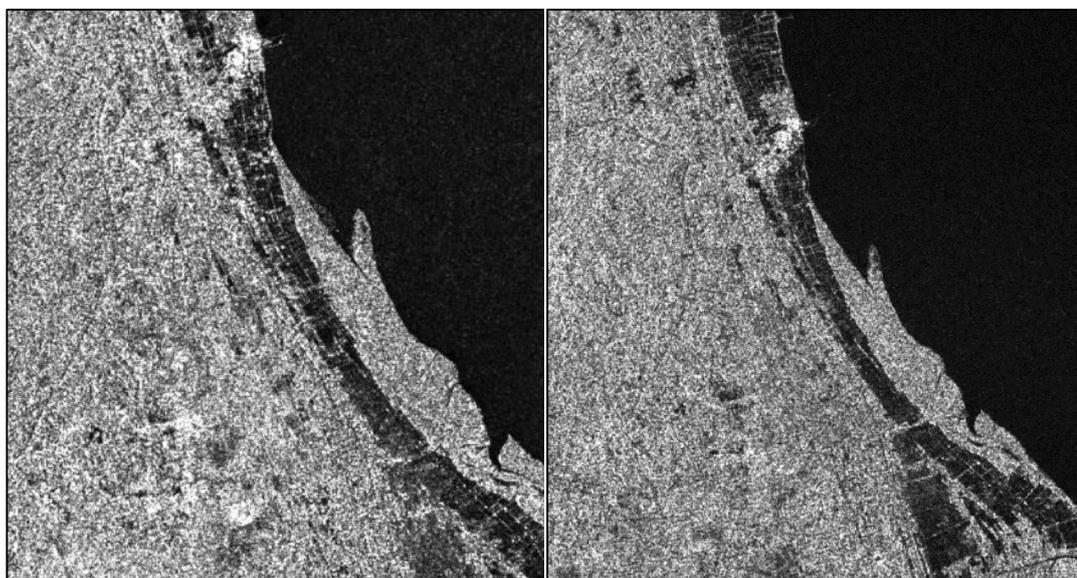


Gambar 6. Sebaran titik sampel jumlah panen padi.

3.5 Pengolahan Data

3.5.1 Koreksi Data Sentinel-1

Sebelum melakukan pengolahan data lebih lanjut, data Sentinel-1 harus dikoreksi terlebih dahulu. Koreksi ini dilakukan dengan 6 tahapan yaitu *subset*, *apply orbit*, *calibration*, *speckle filtering*, *range doppler terrain correction* dan *linear to dB* menggunakan *software* SNAP 8.0. Data Sentinel-1 yang digunakan dalam proses koreksi merupakan data L1 Detected High-Res Dual-Pol (GRD-HD), dengan polarisasi VV dan VH (Gambar 7). Citra satelit Sentinel 1 sebelum dilakukan koreksi akan terlihat *blur* dengan adanya *noise* (derau) dikeseluruhan citra. Letak geografis dari objek bumi tidak sesuai, missal objek yang seharusnya berada di sebelah selatan pada citra berada di sebelah utara. Selain itu juga sulit untuk membedakan objek satu dengan yang lainnya. Oleh karena itu, semua proses koreksi tersebut menghasilkan citra Sentinel-1 yang memiliki nilai *backscatter* yang lebih akurat dalam mewakili kondisi permukaan area penelitian. Kedua data hasil koreksi tersebut selanjutnya diproses menggunakan *raster calculator* untuk menghasilkan polarisasi VV+VH dan $(VV+VH)/2$.



(a)

(b)

Gambar 7. Data Sentinel-1 polarisasi VV (a) dan VH (b) yang digunakan dalam kajian intrusi air laut di Desa Sri Minosari dan Margasari.

3.5.2 Estimasi Nilai Salinitas

Estimasi Nilai Salinitas didapatkan melalui persamaan regresi antara nilai salinitas lapangan pada beberapa titik sampel dengan nilai *backscatter* pada citra Sentinel-1, sehingga dapat menghasilkan nilai salinitas di keseluruhan area citra. Nilai yang digunakan dalam pengolahan regresi merupakan nilai salinitas dan nilai *backscatter* yang berada pada titik olah. Terdapat 41 titik olah yang digunakan dalam perhitungan regresi (Tabel 8).

Tabel 8. Nilai salinitas lapangan dan nilai *backscatter* pada titik olah.

No.	Id	Salinitas (%)	Nilai <i>Backscatter</i>			
			VV	VH	VV+VH	(VV+VH)/2
1	1	0,0049	-9,2203	-15,8969	-25,1172	-12,5586
2	2	0,0045	-7,9864	-16,3301	-24,3165	-12,1583
3	5	0,0617	-14,5371	-20,5520	-35,0891	-17,5446
4	6	0,003	-12,0065	-18,6428	-30,6493	-15,3246
5	7	0,083	-11,4459	-18,7777	-30,2237	-15,1118
6	9	0,0623	-14,8669	-19,5006	-34,3675	-17,1838
7	10	0,0075	-9,8704	-16,4683	-26,3387	-13,1694
8	11	0,132	-11,2993	-17,8443	-29,1436	-14,5718
9	12	0,079	-9,0022	-15,6978	-24,7001	-12,3500
10	14	0,0141	-8,2407	-14,2189	-22,4596	-11,2298
11	16	0,0268	-8,1098	-13,7891	-21,8990	-10,9495
12	18	0,435	-8,3292	-15,0973	-23,4265	-11,7132
13	20	0,0902	-7,3247	-12,1677	-19,4924	-9,7462
14	21	0,0101	-7,6423	-13,8947	-21,5369	-10,7685
15	23	0,408	-9,0140	-15,2218	-24,2358	-12,1179
16	24	0,0054	-12,6115	-17,4241	-30,0356	-15,0178
17	25	0,123	-10,6413	-16,7986	-27,4399	-13,7200
18	27	0,0696	-10,4613	-17,5888	-28,0501	-14,0250
19	29	0,0028	-9,1985	-16,5214	-25,7199	-12,8600
20	30	0,0391	-12,9605	-17,7941	-30,7546	-15,3773

21	32	0,12	-13,6455	-18,8124	-32,4579	-16,2289
22	34	0,0036	-8,9188	-16,0784	-24,9972	-12,4986
23	35	0,396	-10,3526	-15,6923	-26,0449	-13,0225
24	36	0,274	-6,8597	-12,6592	-19,5189	-9,7594
25	39	0,0061	-10,7037	-15,2844	-25,9882	-12,9941
26	41	0,0521	-10,3051	-16,6127	-26,9178	-13,4589
27	42	2,42	-9,4033	-16,5535	-25,9568	-12,9784
28	43	0,0071	-7,9311	-11,0607	-18,9918	-9,4959
29	44	0,0726	-9,2579	-15,1027	-24,3606	-12,1803
30	46	0,0095	-14,2969	-19,2108	-33,5077	-16,7538
31	47	0,0054	-7,9794	-13,9231	-21,9025	-10,9512
32	49	0,054	-8,9210	-15,3480	-24,2691	-12,1345
33	50	0,0924	-5,7765	-16,5384	-22,3149	-11,1575
34	52	0,0187	-9,6408	-16,1191	-25,7599	-12,8799
35	53	0,0112	-9,6928	-15,1428	-24,8355	-12,4178
36	54	0,0113	-11,3950	-16,9993	-28,3943	-14,1971
37	56	0,0479	-5,7336	-16,4587	-22,1923	-11,0961
38	57	0,0046	-11,1569	-19,4384	-30,5953	-15,2976
39	59	0,0413	-9,8744	-17,1110	-26,9854	-13,4927
40	60	0,125	-11,0256	-15,6660	-26,6916	-13,3458
41	19	0,391	-6,7838	-13,4647	-20,2485	-10,1243

Sebelum melakukan perhitungan regresi untuk membuat model estimasi nilai salinitas, terlebih dahulu dilakukan uji relasi antara nilai salinitas lapangan dengan nilai *backscatter* menggunakan *pearson correlation* pada tiga model regresi yaitu *linier*, *logarithmic*, dan *polynomial*. Berdasarkan uji tersebut didapatkan nilai R^2 pada masing-masing persamaan regresi (Tabel 9). Hasil tersebut menunjukkan bahwa regresi *polynomial* menghasilkan nilai R^2 yang paling tinggi dibandingkan dengan persamaan regresi lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa pembuatan model estimasi nilai salinitas pada penelitian ini dilakukan menggunakan persamaan regresi *polynomial*.

Tabel 9. Uji relasi antara nilai salinitas lapangan dengan nilai *backscatter* pada titik olah menggunakan berbagai macam persamaan regresi.

No	Model Persamaan Regresi	Nilai R ²			
		VV	VH	VV+VH	(VV+VH)/2
1	<i>Linier</i>	0,0347	0,1967	0,1095	0,1095
2	<i>Logarithmic</i>	0,0431	0,1407	0,0942	0,0942
3	<i>Polynomial</i>	0,0671	0,2378	0,1505	0,1505

3.5.3 Uji Akurasi

Setelah model regresi estimasi nilai salinitas sudah didapatkan, langkah selanjutnya adalah menguji akurasi model tersebut menggunakan persamaan RMSE (*Root Mean Square Error*). Perhitungan RMSE dilakukan menggunakan nilai estimasi salinitas pada titik uji (Tabel 10). Hasil nilai RMSE menunjukkan seberapa besar akurasi model regresi yang didapatkan untuk mengestimasi nilai salinitas. Jika nilai RMSE berkisar antara 0 sampai dengan 0,1 maka estimasi nilai salinitas dapat dikatakan baik.

Tabel 10. Nilai salinitas aktual dan estimasi nilai salinitas pada titik uji untuk menguji akurasi model estimasi nilai salinitas.

No	Id	Salinitas (%)	Estimasi Nilai Salinitas (%)			
			VV	VH	VV+VH	(VV+VH)/2
1	3	0,0023	0,1433	-0,0184	-0,0396	-0,0388
2	4	0,0213	0,1175	-0,0223	-0,0070	-0,0062
3	8	0,0107	0,1703	-0,0451	-0,0042	-0,0035
4	13	0,288	0,1195	0,1850	-0,0159	-0,0151
5	15	0,492	0,2386	0,4047	0,3195	0,3201
6	17	0,294	0,2751	0,3729	0,6513	0,6517
7	21	0,0101	0,1849	0,1935	0,2718	0,2723
8	25	0,123	0,2022	-0,0134	0,1292	0,1299
9	27	0,0696	0,1139	-0,0274	-0,0497	-0,0489
10	30	0,0391	0,1526	-0,0507	0,0097	0,0105

11	32	0,12	0,0828	0,0954	-0,0252	-0,0242
12	36	0,274	0,3099	0,2583	0,6486	0,6490
13	37	0,0211	0,2419	0,1041	0,3022	0,3027
14	39	0,0061	0,0534	0,3579	0,1099	0,1111
15	44	0,0726	0,1435	-0,0310	0,0204	0,0211
16	47	0,0054	0,2081	0,0989	0,3509	0,3514
17	50	0,0924	0,2768	0,2100	0,4555	0,4559
18	54	0,0113	0,1182	-0,0535	-0,0378	-0,0370
19	57	0,0046	0,0889	-0,0129	-0,0484	-0,0474

3.5.4 Klasifikasi Tingkat Intrusi Air Laut

Hasil estimasi nilai salinitas yang sudah diuji akurasi akan diklasifikasi menggunakan metode *reclassify*. Estimasi nilai salinitas akan diklasifikasi menjadi empat kelas seperti pada tabel 11. Klasifikasi tersebut akan menghasilkan peta tingkat intrusi air laut berdasarkan kriteria rentang nilai salinitas.

Tabel 11. Klasifikasi tingkat intrusi air laut berdasarkan rentang nilai salinitas.

Sumber (Aslam dkk., 2015)

Klasifikasi	Nilai Salinitas ‰
Tidak ada intursi air laut	< 0,2
Intrusi air laut sedikit	0,2 - 0,5
Intrusi air laut sedang	0,6 - 1,0
Intrusi air laut tinggi	> 1,0

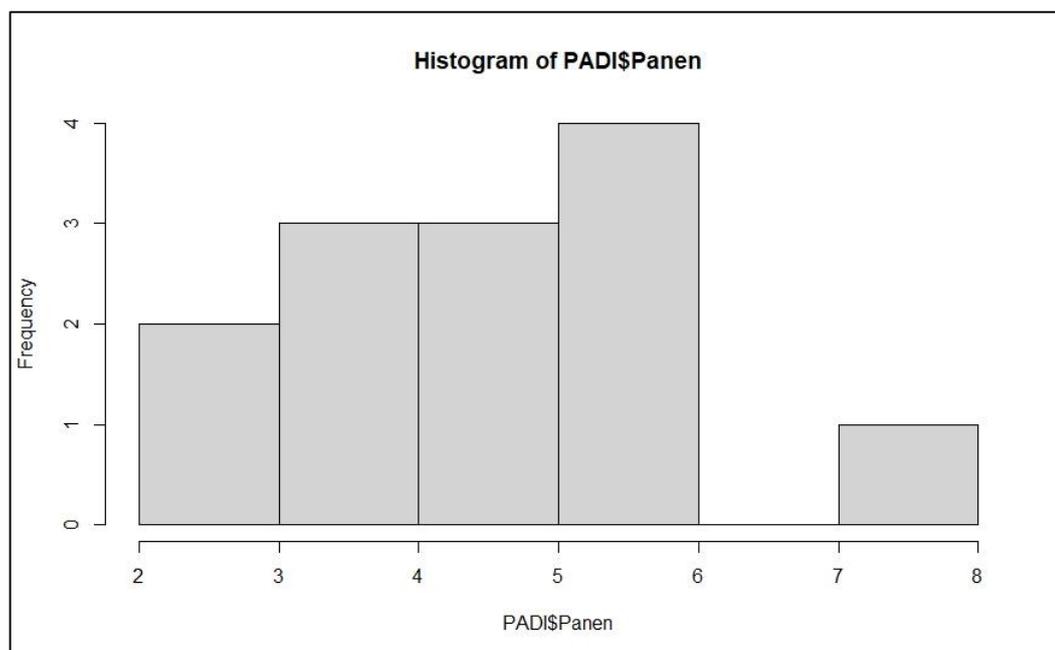
3.5.5 Pemetaan Produktivitas Lahan Sawah

Pemetaan produktivitas lahan sawah dilakukan melalui proses pemetaan partisipatif bersama petani di Desa Sri Minisoari dan Margasari. Pada pemetaan tersebut petani akan memberikan informasi rata-rata jumlah panen padi pada titik sampel yang sudah ditandai bersama. Titik sampel tersebut mewakili produktivitas

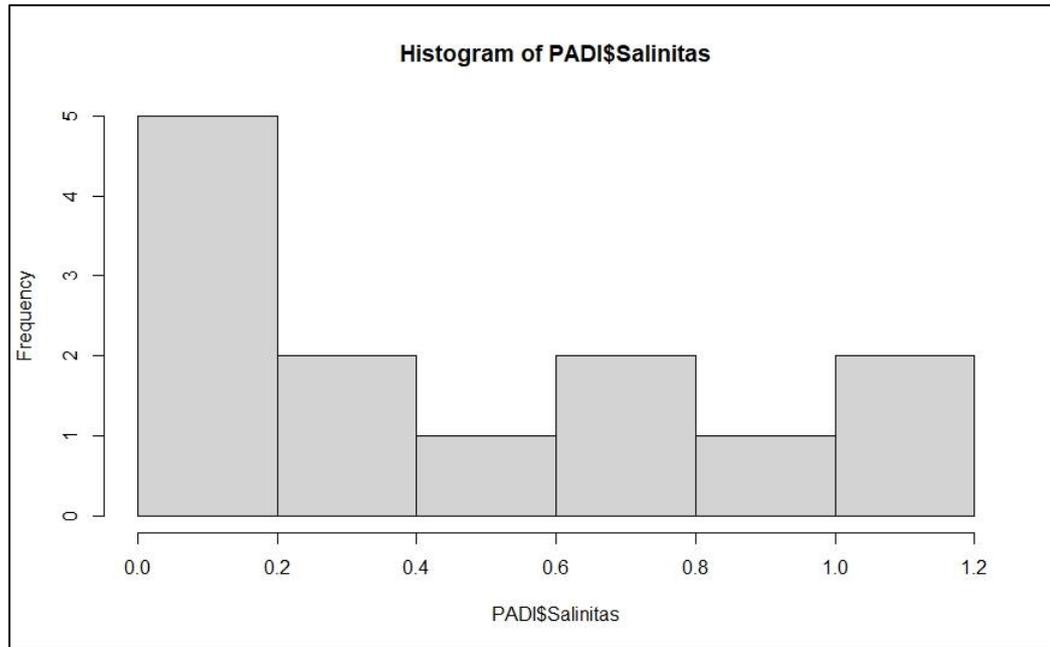
lahan sawah disekitarnya. Titik-titik sampel yang sudah dibuat tersebut akan diinterpolasi untuk mengetahui jumlah panen padi pada keseluruhan area lahan sawah di Desa Sri Minosari dan Margasari. Interpolasi tersebut menggunakan metode IDW.

3.5.6 Uji Hipotesis

Sebelum melakukan uji *chi square*, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas data untuk mengetahui sebaran data sebagai syarat digunakannya metode *chi square*. Data yang digunakan dalam uji ini merupakan data jumlah panen padi dengan nilai salinitas pada titik sampel hasil pemetaan partisipatif. Dari uji normalitas yang dilakukan sebaran kedua data tersebut tersebar seperti pada gambar 8.



(a)



(b)

Gambar 8. Histogram distribusi data panen (a) dan salinitas (B).

Berdasarkan bentuk histogramnya, data jumlah panen padi dan nilai salinitas terdistribusi secara tidak normal. Berarti kedua data tersebut memiliki nilai yang tidak homogen atau memiliki nilai yang bervariasi pada setiap titik sampel yang diuji. Variasi tersebut disebabkan oleh perbedaan lokasi titik sampel. Pada data yang terdistribusi secara tidak normal dapat dilakukan uji komparatif non parametris, salah satunya menggunakan uji *chi-square*. Oleh karena itu, uji *chi-square* digunakan untuk mengetahui hubungan antara intrusi air laut dengan produktivitas padi pada penelitian ini. Pengolahan *chi-square* dilakukan menggunakan *software R studio*.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Data Sentinel-1 polarisasi VV dan VH dapat digunakan untuk mengestimasi nilai salinitas dan memetakan intrusi air laut dengan tingkat ketelitian RMSE $\pm 0,1$ dan rata-rata kesalahan nilai sebesar $\pm 0,01$.
2. Produktivitas padi di Desa Sri Minosari dan Margasi berhubungan dengan intrusi air laut, dimana semakin tinggi nilai salinitas pada suatu lahan sawah maka produktivitas padinya akan semakin menurun.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Bagi peneliti lain, dengan kelebihan yang dimiliki oleh data Sentinel-1 yang tidak dipengaruhi oleh keadaan awan atau cuaca dan tingkat ketelitian yang baik seperti pada penelitian ini, data Sentinel-1 dapat dipertimbangkan sebagai alternatif data penginderaan jauh selain data satelit optik untuk memetakan intrusi air laut khususnya di Indonesia.
2. Bagi petani, perlu adanya pemeriksaan kadar garam pada lahan sawah secara berkala terutama pada lahan sawah yang dekat dengan garis pantai agar pertumbuhan padi tidak terhambat. Selain itu, petani perlu
3. mempertimbangkan penggunaan jenis padi yang memiliki tingkat toleransi tinggi terhadap kadar garam di lahan sawah agar produktivitas padi di wilayah pesisir tidak menurun akibat adanya intrusi air laut.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Al-Gaadi, K. A., Tola, E. K., Madugundu, R. dan Fulleros, R. B. (2021) “Sentinel-2 images for effective mapping of soil salinity in agricultural fields,” *Current Science*, 121(3), hal. 384–390. doi: 10.18520/cs/v121/i3/384-390.

Anandia, R., Indriyani, D. dan Herman (2014) “RESPON KECAMBAH PADI (*Oryza sativa* L.) SOLOK TERHADAP CEKAMAN GARAM,” *JOM FMIPA*, 1, hal. 639–643.

Arief, M., Anggraini, N., Adawiah, S. W., Hartuti, M. dan Suwargana, N. (2017) “Aplikasi Data Satelit Radar Sentinel-1A Guna Deteksi Hutan Mangrove Studi Kasus: Segara Anakan, Kabupaten Cilacap,” *Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-4 Tahun 2017*, 1982, hal. 277–289.

Aslam, K., Rashid, S., Saleem, R. dan Aslam, R. M. S. (2015) “Use of Geospatial Technology for Assessment of Waterlogging & Salinity Conditions in the Nara Canal Command Area in Sindh, Pakistan,” *Journal of Geographic Information System*, 07(04), hal. 438–447. doi: 10.4236/jgis.2015.74035.

Bado, S., Forster, B. P., Ghanim, A. M. A., Jankowicz-Cieslak, J., Berthold, G. dan Luxiang, L. (2016) *Protocols for pre-field screening of mutants for salt tolerance in rice, Wheat and barley, Protocols for Pre-Field Screening of Mutants for Salt Tolerance in Rice, Wheat and Barley*. doi: 10.1007/978-3-319-26590-2.

Benninga, H. J. F., van der Velde, R. dan Su, Z. (2020) “Sentinel-1 soil moisture content and its uncertainty over sparsely vegetated fields,” *Journal of Hydrology X*. Elsevier B.V., 9(August), hal. 100066. doi: 10.1016/j.hydroa.2020.100066.

BPS (2018) *Kecamatan Labuhan Maringgai Dalam Angka 2018*. Diedit oleh BPS Lampung Timur. Lampung: BPS Lampung Timur.

BPS (2021) “Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2020,” *Berita Resmi Statistik*, (22), hal. 1–20.

BPS Lampung Timur (2021) *Kecamatan Labuhan Maringgai Dalam Angka 2021*. Diedit oleh BPS Lampung Timur. Lampung: BPS Lampung Timur.

Dewi, A. R. (2020) *Studi Analisis Dampak Intrusi Air Laut, Tunas Agraria*. CV. MITRA MUDA REKAYASA. doi: 10.31292/jta.v3i3.129.

Fathoni, M. N., Chulafak, G. dan Kushardono, D. (2017) “Kajian Awal Pemanfaatan Data Radar Sentinel-1 untuk Pemetaan Lahan Baku Sawah di Kabupaten Indramayu Jawa Barat,” *Seminar Nasional Penginderaan jauh ke-4*, (October), hal. 179–186.

Felisa, G., Ciriello, V. dan Di Federico, V. (2013) “Saltwater intrusion in coastal aquifers: A primary case study along the adriatic coast investigated within a probabilistic framework,” *Water (Switzerland)*, 5(4), hal. 1830–1847. doi: 10.3390/w5041830.

Ghazali, M. F., Wikantika, K., Harto, A. B. dan Kondoh, A. (2020) “Generating soil salinity, soil moisture, soil pH from satellite imagery and its analysis,” *Information Processing in Agriculture*. China Agricultural University, 7(2), hal. 294–306. doi: 10.1016/j.inpa.2019.08.003.

Habibie, S. (2018) *Uji eksperimental pengaruh pasir pantai terhadap panjang rembesan air asin*. Makassar.

Hadi, B. S. (2013) “Metode Interpolasi Dalam Studi Geografi (Ulasan Singkat dan Contoh Aplikasinya),” *Geomedia*, 11(2), hal. 231–240.

Hardie, M. dan Doyle, R. (2018) “Chapter 28: Measuring Soil Salinity,” *Plant Salt Tolerance: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology*, 913, hal. 415–425. doi: 10.1007/978-1-61779-986-0.

Hasrianti dan Nurasia (2016) “ANALISIS WARNA, SUHU, pH DAN SALINITAS AIR SUMUR BOR DI KOTA PALOPO,” *Prosiding Seminar Nasional*, 02, hal. 747–753.

Hendri, J. dan Saidi, B. B. (2020) “Pengaruh Ameliorasi Lahan yang Terkena Intrusi Air Laut terhadap Pertumbuhan dan Produksi Padi,” *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-8 ke-8 Tahun 2020*, (Komoditas Sumber Pangan untuk Meningkatkan Kualitas Kesehatan di Era Pandemi Covid-19), hal. 978–979.

Heryana, A. (2020) “Jumlah kelompok Fungsi Syarat data,” *Universitas Esa Unggul*, (May), hal. 1–20. doi: 10.13140/RG.2.2.23266.15047.

Hoa, P. V., Giang, N. V., Binh, N. A., Hai, L. V. H., Pham, T. D., Hasanlou, M. dan Bui, D. T. (2019) “Soil salinity mapping using SAR Sentinel-1 data and advanced machine learning algorithms: A case study at Ben Tre Province of the Mekong River Delta (Vietnam),” *Remote Sensing*, 11(2). doi: 10.3390/rs11020128.

Indriastoni, R. N. dan Kustini, I. (2014) “Intrusi air laut terhadap kualitas air tanah dangkal dari pantai kota Surabaya,” *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3), hal. 228–232.

Jayani, I. dan Ruffaida, F. S. (2016) “PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI BEBERAPA VARIETAS PADI (*Oryza sativa* L) PADA BERBAGAI TINGKAT SALINITAS,” *Jurnal Agrotek Lestari*, 2(2), hal. 63–74.

Kementerian PPN (2020) “Pedoman Teknis Penyusunan Rencana Aksi - Edisi II Tujuan Pembangunan Berkelanjutan/ Sustainable Development Goals (TPB/SDGs),” *Kementerian PPN*.

Khai, H. V., Dang, N. H. dan Yabe, M. (2018) “Impact of salinity intrusion on rice productivity in the Vietnamese Mekong Delta,” *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 63(1), hal. 143–148. doi: 10.5109/1911216.

Kurniadi, H., Aprilia, E., Utomo, J. B., Kurniawan, A. dan Safril, A. (2018) “Perbandingan Metode IDW Dan Spline dalam Interpolasi Data Curah Hujan,” *Prosiding Seminar Nasional GEOTIK*, (September), hal. 213–220.

Lestari, A. dan Kushardono, D. (2018) “Potensi data satelit radar x- band dan c- band untuk pemantauan lahan sawah dan fase pertumbuhan padi,” *Inderaja*, IX(March).

Mandal, D., Kumar, V., Ratha, D., Lopez-Sanchez, J. M., Bhattacharya, A., McNairn, H., Rao, Y. S. dan Ramana, K. V. (2020) “Assessment of rice growth conditions in a semi-arid region of India using the Generalized Radar Vegetation Index derived from RADARSAT-2 polarimetric SAR data,” *Remote Sensing of Environment*. Elsevier, 237(July 2019), hal. 111561. doi: 10.1016/j.rse.2019.111561.

Nguyen, K. A., Liou, Y. A., Tran, H. P., Hoang, P. P. dan Nguyen, T. H. (2020) “Soil salinity assessment by using near-infrared channel and Vegetation Soil Salinity Index derived from Landsat 8 OLI data: a case study in the Tra Vinh Province, Mekong Delta, Vietnam,” *Progress in Earth and Planetary Science*. Progress in Earth and Planetary Science, 7(1), hal. 1–16. doi: 10.1186/s40645-019-0311-0.

Nuevo, R. U., Saludes, R. B., Dorado, M. A. dan Bantayan, N. C. (2017) “Monitoring of rice in small paddy fields using multi-temporal Sentinel-1 data,” *38th Asian Conference on Remote Sensing - Space Applications: Touching Human Lives, ACRS 2017*, 2017-October(October).

Pangesti, S. (2016) “SATS4312: Modul 1 Regresi Linear Sederhana,” in, hal. 52.

Parul, S. S. (2017) *Rice technical manual for extension officers*. Subregional Office for the Pacific Islands Food and Agriculture Organization of the United Nations Apia, 2017. Tersedia pada: <http://www.fao.org/3/a-i7107e.pdf>.

Pasandaran, E., Djufry, F., Rohmani, S. A., Djoko, S., Syam, M. dan Hendayana, R. (2020) *Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Pendugaan Kelembaban Tanah*. Diedit oleh E. Pasandaran, F. Djufry, S. A. Rohmani, S. Djoko, M. Syam, dan R. Hendayana. BALAI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN.

Phan, H., Toan, T. Le dan Bouvet, A. (2021) “Understanding dense time series of sentinel-1 backscatter from rice fields: Case study in a province of the mekong delta, Vietnam,” *Remote Sensing*, 13(5), hal. 1–23. doi: 10.3390/rs13050921.

Prakosa, J. A., Sirenden, B. H., Rustandi, D., Kartiwa, B., Wijornako, S., Maftukhah, T. dan Purwowibowo, P. (2020) “Perbandingan Pengukuran Salinitas Air antara Metode Daya Hantar Listrik dan Massa Jenis untuk Aplikasinya pada Bidang Pertanian,” *Instrumentasi*, 44(2), hal. 199. doi: 10.31153/instrumentasi.v44i2.221.

Pramono, G. H. (2008) “Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan,” *Forum Geografi*, 22(2), hal. 145. doi: 10.23917/forgeo.v22i2.4988.

Rachman, A., Dariah, A. dan Sutono, S. (2018) *Pengelolaan sawah salin berkadar garam tinggi*, Iiard Press.

Sah, S. S., Maulud, K. N. A., Sharil, S., Karim, O. A. dan Nahar, N. F. A. (2021) “Impact of Saltwater Intrusion on Paddy Growth in Kuala Kedah, Malaysia,” *Journal of Sustainability Science and Management*, 16(6), hal. 15–30. doi: 10.46754/jssm.2021.08.004.

Sahbeni, G. (2021) “Soil salinity mapping using Landsat 8 OLI data and regression modeling in the Great Hungarian Plain,” *SN Applied Sciences*. Springer International Publishing, 3(5), hal. 1–13. doi: 10.1007/s42452-021-04587-4.

Suhartono, E., Purwanto dan Suripin (2013) “Faktor Penyebab Intrusi Air Laut terhadap Air Tanah pada Akuifer Dalam di Kota Semarang,” *Wahana Teknik Sipil*, 18(2), hal. 76–87.

Suprayogi, I., Trimajon dan Mahyudin (2014) “Model Prediksi Liku Kalibrasi Menggunakan Pendekatan Jaringan Saraf Tiruan (ZST) (Studi Kasus : Sub DAS Siak Hulu),” *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 1(1), hal. 1–18.

Suspidayanti, L. dan Aries Rokhmana, C. (2021) “Identifikasi Fase Pertumbuhan Padi Menggunakan Citra Sar (Synthetic Aperture Radar) Sentinel-1,” 4(2), hal. 5–15.

Taghadosi, M. M., Hasanlou, M. dan Eftekhari, K. (2019) “Soil salinity mapping using dual-polarized SAR Sentinel-1 imagery,” *International Journal of Remote Sensing*. Taylor & Francis, 40(1), hal. 237–252. doi: 10.1080/01431161.2018.1512767.

Tsyganskaya, V., Martinis, S., Marzahn, P. dan Ludwig, R. (2018) “Detection of temporary flooded vegetation using Sentinel-1 time series data,” *Remote Sensing*, 10(8). doi: 10.3390/rs10081286.

UNDP (2020) “Sustainable Development Goals.”

Wakabayashi, H., Motohashi, K., Kitagami, T., Tjahjono, B., Dewayani, S., Hidayat, D. dan Hongo, C. (2019) "Flooded area extraction of rice paddy field in Indonesia using sentinel-1 SAR data," *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(3/W7), hal. 73–76. doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-3-W7-73-2019.

Werner, A. D., Bakker, M., Post, V. E. A., Vandenbohede, A., Lu, C., Ataie-Ashtiani, B., Simmons, C. T. dan Barry, D. A. (2013) "Seawater intrusion processes, investigation and management: Recent advances and future challenges," *Advances in Water Resources*. Elsevier Ltd, 51, hal. 3–26. doi: 10.1016/j.advwatres.2012.03.004.

Widodo, dan (2020) "Analisis Pengaruh Intrusi Air Laut terhadap Keberadaan Air Tanah di Desa Nusapati, Kabupaten Mempawah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas," *Indonesian Journal of Applied Physics*, 10(2), hal. 2089–0133.

Yang, H., Pan, B., Li, N., Wang, W., Zhang, J. dan Zhang, X. (2021) "A systematic method for spatio-temporal phenology estimation of paddy rice using time series Sentinel-1 images," *Remote Sensing of Environment*. Elsevier Inc., 259(November 2020), hal. 112394. doi: 10.1016/j.rse.2021.112394.

Yang, M., Wang, H., Tong, C., Zhu, L., Deng, X., Deng, J. dan Wang, K. (2021) "Soil moisture retrievals using multi-temporal sentinel-1 data over nagqu region of Tibetan plateau," *Remote Sensing*, 13(10), hal. 1–17. doi: 10.3390/rs13101913.