
Analisis Tekno-Ekonomi dan Lingkungan Pengembangan K-SIGN Menggunakan Metode Produksi Garam Portugis dan Maduris dengan Pendekatan SWOT–USG

Triyono¹, Bambang Hari Wibisono¹, Deva Fosterharoldas Swasto¹

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

triyono1973@ugm.ac.id, triyonodkp2@gmail.com

Abstrak

Pembangunan Kawasan Sentra Industri Garam Nasional (K-SIGN) di Pulau Rote merupakan bagian dari Proyek Strategis Nasional untuk mendukung swasembada garam. Penelitian ini menganalisis kelayakan pengembangan K-SIGN melalui pendekatan SWOT–USG dengan fokus pada CAPEX–OPEX serta dampak lingkungan melalui perbandingan metode Portugis dan Maduris. Metode penelitian bersifat deskriptif-kualitatif dengan dukungan estimasi teknik, observasi lapangan, dan studi pustaka. Hasil analisis menunjukkan bahwa K-SIGN memiliki kekuatan berupa dukungan pemerintah, iklim yang sangat mendukung, dan potensi produksi besar, namun menghadapi kelemahan seperti geomorfologi berbukit, kebutuhan investasi tinggi, dan keterbatasan logistik kepulauan. Ancaman utama meliputi perubahan iklim, abrasi, sedimentasi, dan gangguan operasional akibat cuaca ekstrem. Secara ekonomi, metode Portugis menawarkan CAPEX–OPEX lebih rendah, sedangkan metode Maduris memberikan produktivitas dan kualitas garam lebih tinggi namun berbiaya besar. Dari aspek lingkungan, metode Portugis lebih berkelanjutan dengan jejak karbon rendah, sementara metode Maduris memiliki risiko limbah geomembran dan konsumsi energi tinggi. Penelitian menyimpulkan bahwa pendekatan hybrid Portugis–Maduris merupakan opsi paling optimal untuk menyeimbangkan efisiensi ekonomi, produktivitas, dan keberlanjutan lingkungan.

Kata kunci: K-SIGN, SWOT, USG, CAPEX, OPEX, metode Portugis, metode Maduris, tambak garam, keberlanjutan lingkungan.

I. Pendahuluan

Selama kurun Waktu 2019 - 2023 impor garam cenderung meningkat. Indonesia melakukan impor garam rata-rata sebesar 2,72 juta ton per tahun dengan negara asal Utama Australia. Sedangkan produksi garam menurun dengan produksi rata-rata pertahun sebesar 1,64 juta ton per tahun [1]. Gab antara kebutuhan dan produksi garam nasional ini disebabkan oleh beberapa hal antara lain :

1. Kondisi cuaca dan iklim akibat La Nina hingga April 2025 dan penbyusutan luas lahan.
2. Sumberdaya manusia yang jumlahnya semakin menyusut akibat alih profesi. KKP mencatat penurunan petambak garam sebesar 32,94% pada tahun 2022.
3. Penyerapanm produk garam masyarakat masih rendah. Menurut data Kemenperin, tahun 2023 hanya terserap 22,74% oleh industry pengolahan garam.
4. Tata Kelola kelembagaan di tingkat petambak masih lemah dan tumpeng tindih kewenangan di tingkat pusat antara KKP dan Kemenperin.

Kawasan Sentra Industri Garam Nasional (K-SIGN) di Pulau Rote merupakan proyek strategis nasional yang dirancang untuk mendukung kemandirian garam nasional melalui pembangunan kawasan produksi garam industri skala besar. Kawasan ini direncanakan memiliki luas pengembangan $\pm 12.604,26$ Ha dengan target produksi hingga 2,6 juta ton/tahun. Pembangunan K-SIGN menggunakan pendekatan *Design and Build* yang memungkinkan percepatan pelaksanaan konstruksi melalui integrasi desain dan pekerjaan lapangan. Namun demikian, proyek menghadapi berbagai tantangan meliputi pengadaan lahan, kondisi geomorfologi, keterbatasan waktu, hambatan logistik, dan tata kelola proyek.

Pulau Rote dipilih karena memiliki potensi iklim yang mendukung industri garam, antara lain temperatur tinggi, musim kemarau panjang, serta kualitas air laut yang baik. Akan tetapi, kondisi topografi berbukit dan dominasi lahan karst menyebabkan tingginya kebutuhan pekerjaan *cut and fill*. Dalam proyek skala besar seperti K-SIGN, diperlukan analisis ekonomi dan lingkungan secara komprehensif agar pembangunan dapat berjalan secara efisien dan berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan SWOT dan USG untuk mengevaluasi aspek strategis, risiko, ekonomi, dan lingkungan pembangunan kawasan garam nasional.

Operasional K-SIGN menggunakan metode hybrid, gabungan dari Metode Portugis dan Maduris dengan menerapkan geomembrane dan meja garam secara bersamaan. Secara teknis, metode Portugis lebih berfokus pada peningkatan kualitas, efisiensi evaporasi, dan standar industri, sedangkan untuk metode Maduris lebih kepada pemberdayaan masyarakat dengan biaya rendah dan adaptasi lokal. Pada proyek K-SIGN, adaptasi teknologi pembuatan garam Portugis tampak pada pembuatan petak evaporasi bertingkat dan terkontrol. Peta evaporasi bertingkat memungkinkan pengalirkan air laut dengan kadar baume lebih tinggi ke tahap penguapan selanjutnya (Pond 0 hingga Pond 3). Metode ini banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas garam industri dan efisiensi produksi. Produksi dilakukan secara tradisional dengan memanfaatkan energi matahari dan angin sebagai sumber utama evaporasi. [2]. Metode ini dikenal menghasilkan garam berkualitas tinggi, termasuk *fleur de sel*, dengan

tingkat kemurnian tinggi dan dampak lingkungan relatif rendah dibanding metode evaporasi termal industri. [3] Penggunaan geomembran juga membantu mengurangi kontaminasi tanah sehingga kadar NaCl dapat meningkat hingga di atas 94% [4].

Tabel 1. Perbedaan Antara Metode Portugis dan Metode Maduris

Aspek	Metode Portugis	Metode Maduris
Asal Metode	Adaptasi teknologi Eropa/Portugal	Tradisional Indonesia (Madura)
Sistem Produksi Teknologi Tambak	Semi modern-modern Petak evaporasi bertingkat dan terkontrol	Tradisional-semi tradisional Petak sederhana dengan penguapan alami
Dasar Tambak	Umumnya menggunakan geomembran atau tanah padat	Tanah alami/lantai tanah
Kualitas Garam	NaCl lebih tinggi dan lebih bersih	Kualitas bervariasi
Produktivitas Efisiensi Lahan	Tinggi Lebih efisien	Sedang hingga rendah Membutuhkan lahan lebih luas
Ketertgantungan Cuaca	Masih tergantung cuaca tetapi lebih terkontrol	Sangat tergantung cuaca
Investasi Awal Biaya Operasional	Tinggi Sedang	Rendah Rendah
Kebutuhan SDM	Membutuhkan pelatihan teknis	Mudah dipelajari masyarakat
Skala Produksi Standar Industri	Cocok untuk industri besar Lebih mudah memenuhi standar industri	Cocok untuk usaha rakyat Sulit memenuhi standar industri tanpa pengolahan tambahan
Kecepatan Kristalisasi Penggunaan Teknologi	Lebih cepat Tinggi	Lebih lambat Rendah
Penyerapan Tenaga Kerja Dampak Ekonomi Lokal	Lebih sedikit (lebih mekanis) Industri dan investasi besar	Lebih banyak (padat karya) Pemberdayaan masyarakat pesisir
Kelebihan Utama	Produksi besar dan kualitas tinggi	Murah dan mudah diterapkan
Kelemahan Utama	Modal besar	Produktivitas dan kualitas rendah

Dalam pembangunan K-SIGN Pulau Rote, kombinasi kedua metode dinilai paling efektif karena metode Portugis mendukung produksi garam industri berkualitas tinggi, metode Maduris mendukung pemberdayaan petambak loka, dan kombinasi keduanya menciptakan keseimbangan antara industrialisasi dan ekonomi masyarakat pesisir. Strategi hybrid ini juga dapat memperkuat program swasembada garam nasional dan mengurangi ketergantungan

impor garam industri. Alasan inilah yang mendasari dipilihnya lahan berkontur untuk produksi garam. Namun dari sisi lain, K-SIGN akan memberdayakan masyarakat sekitar dalam proses pembuatan garam. beberapa calon SDM pembuatan garam sudah menjalani pelatihan teknis. Penelitian menunjukkan usaha garam masih memiliki prospek finansial dan peluang keberlanjutan yang tinggi apabila didukung modernisasi teknologi dan manajemen rantai pasok. [5].

II. Kajian Pustaka

Program Kawasan Sentra Industri Garam Nasional (K-SIGN) di Rote Ndao memanfaatkan keunggulan komparatif dari daerah paling selatan Indonesia karena memiliki ciri iklim semi-arid dengan periode musim kemarau yang jauh lebih lama dibandingkan wilayah Jawa, yaitu mencapai delapan hingga sembilan bulan per tahun, serta kualitas air laut dengan salinitas tinggi yang sedikit polutan. Integrasi lahan dalam skema K-SIGN di area ini bertujuan untuk mengalihkan metode kristalisasi konvensional yang dulunya menggunakan tanah terbuka menjadi sistem meja garam berlapis geomembran untuk memastikan kadar Natrium Klorida (NaCl) mencapai standar industri di atas 97% [6].

Dalam rancangan teknisnya, K-SIGN menerapkan metode pembuatan garam Portugis, namun secara prinsip juga menerapkan metode Maduris. Metode Portugis merupakan metode produksi garam berbasis evaporasi matahari (*solar saltworks*) yang berkembang di wilayah pesisir Portugal seperti Aveiro, Algarve, dan Figueira da Foz. Sistem ini menggunakan serangkaian kolam evaporasi bertingkat untuk meningkatkan konsentrasi air laut hingga terbentuk kristal garam. Produksi dilakukan secara tradisional dengan memanfaatkan energi matahari dan angin sebagai sumber utama evaporasi. [2]. Metode ini dikenal menghasilkan garam berkualitas tinggi, termasuk *fleur de sel*, dengan tingkat kemurnian tinggi dan dampak lingkungan relatif rendah dibanding metode evaporasi termal industri [3].

Menurut [7], SWOT merupakan alat analisis strategis yang berfungsi mengidentifikasi faktor internal dan eksternal yang memengaruhi pencapaian tujuan organisasi. SWOT digunakan secara luas dalam proses perencanaan strategis karena sederhana, fleksibel, dan dapat diterapkan pada berbagai sektor organisasi. Metode analisis pada kajian ini menggunakan pendekatan USG atau *urgency Seriousness Growth* dengan pendekatan SWOT. Penggunaan metode USG didasarkan pada kepentingan untuk menetapkan prioritas strategi yang akan dikembangkan agar tercapai target operasional K-SIGN. Kekuatan (*strength*), kelemahan (*weakness*), peluang (*opportunity*) dan ancaman (*threats*) masing-masing diukur permasalahan strategisnya agar dapat dinilai Tingkat USGnya. Hasil pengukuran tersebut kemudian digambarkan dalam bentuk diagram kartesius dengan 4 kuadran yang masing-masing mencirikan strategi yang akan diterapkan. Kuadran I focus pada pertumbuhan (*growth*), Kuadran II focus pada stabilitas (*stability*), kuadran III focus pada metode bertahan (*defend*), dan kuadran IV kepada diversifikasi [7]. Metode USG merupakan metode penentuan prioritas masalah yang menggunakan tiga indikator utama, yaitu Urgency (Urgensi, Seriousness (Keseriusan), dan Growth (Perkembangan). [8]

Dalam operasional produksi garam K-SIGN perlu dihitung return dari operasional tersebut, terutama berhubungan dengan pencukupan (swasembada) garam nasional. Model tekno ekonomi yang digunakan pada kajian ini adalah model cost and benefit analysis. Model ini dipilih karena cukup memberikan tuntunan umum dan menyeluruh untuk mengidentifikasi masukan, mempertimbangkan beberapa parameter masukan seperti CAPEX, OPEX, Revenue. [9].

III. Metode penelitian

a. Analisis SWOT USG

SWOT sebagai alat analisis strategis untuk mengidentifikasi faktor internal dan eksternal yang memengaruhi pencapaian tujuan organisasi. Metode analisis pada kajian ini menggunakan pendekatan USG atau *urgency Seriousness Growth* dengan pendekatan SWOT. Penggunaan metode USG didasarkan pada kepentingan untuk menetapkan prioritas strategi yang akan dikembangkan agar tercapai target operasional K-SIGN. Kekuatan (strength), kelemahan (weakness), peluang (opportunity) dan ancaman (threats) masing-masing diukur permasalahan strategisnya agar dapat dinilai Tingkat UGSnya. Hasil analisis SWOT USG digambarkan dalam diagram kartesius dengan 4 kuadran yang masing-masing mencirikan strategi yang akan diterapkan. Kuadran I focus pada pertumbuhan (growth), Kuadran II focus pada stabilitas (stability), kuadran III focus pada metode bertahan (defend), dan kuadran IV kepada diversifikasi. Hasil dari analisa SWOT USG terhadap Proyek K-SIGN sebagai berikut (Tabel 2).

Tabel 2. Tabel SWOT–USG Penerapan Teknologi Pembuatan Garam Hybrid

No	Faktor SWOT	Permasalahan Strategis	Urgency (U)	Seriousness (S)	Growth (G)	Total	Prioritas	Keterangan
1	Strength	Kombinasi teknologi modern dan tradisional	-	-	-	-	-	Produksi lebih fleksibel
2		Kualitas garam industri dapat meningkat	-	-	-	-	-	NaCl lebih tinggi
3		Penyerapan tenaga kerja lokal tinggi	-	-	-	-	-	Memberdayakan masyarakat pesisir
4		Adaptasi masyarakat lebih mudah	-	-	-	-	-	Sistem Maduris sudah familiar
5		Efisiensi lahan meningkat	-	-	-	-	-	Metode Portugis meningkatkan produktivitas

No	Faktor SWOT	Permasalahan Strategis	Urgency (U)	Seriousness (S)	Growth (G)	Total	Prioritas	Keterangan
6		Mendukung swasembada garam nasional	-	-	-	-	-	Mengurangi impor
7	Weakness	Investasi infrastruktur cukup besar	4	5	4	13	4	Area industri modern membutuhkan modal tinggi
8		SDM membutuhkan pelatihan teknologi hybrid	4	4	4	12	6	Transfer teknologi perlu waktu
9		Ketergantungan terhadap cuaca ekstrem	5	5	5	15	1	Risiko utama produksi
10		Integrasi sistem tradisional dan modern kompleks	4	4	5	13	4	Membutuhkan tata kelola kuat
11	Opportunity	Permintaan garam industri nasional tinggi	-	-	-	-	-	Pasar masih terbuka luas
12		Dukungan pemerintah pusat dan daerah	-	-	-	-	-	Mendukung K-SIGN
13		Potensi ekspor garam industri	-	-	-	-	-	Jika standar kualitas tercapai
14		Pengembangan ekonomi maritim Pulau Rote	-	-	-	-	-	Menjadi pusat ekonomi baru
15		Pengembangan industri turunan garam	-	-	-	-	-	Kimia, pangan, farmasi
16	Threat	Persaingan harga dengan garam impor	5	5	4	14	2	Harga impor masih kompetitif
17		Perubahan iklim global	5	5	5	15	1	Curah hujan mengganggu evaporasi
18		Infrastruktur logistik Pulau Rote masih terbatas	5	4	4	13	4	Distribusi industri belum optimal
19		Potensi konflik lahan masyarakat pesisir	3	4	4	11	7	Perlu pendekatan sosial

No	Faktor SWOT	Permasalahan Strategis	Urgency (U)	Seriousness (S)	Growth (G)	Total	Prioritas	Keterangan
20		Risiko kerusakan lingkungan pesisir	4	5	4	13	4	Perlu pengelolaan berkelanjutan

Prioritasi dari hasil pengukuran USG diuantifikasi dengan skala likert 1,0 (tidak prioritis) hingga 5,0 (Prioritas Utama). Hasil prioritas USG sebagai berikut (Tabel 3).

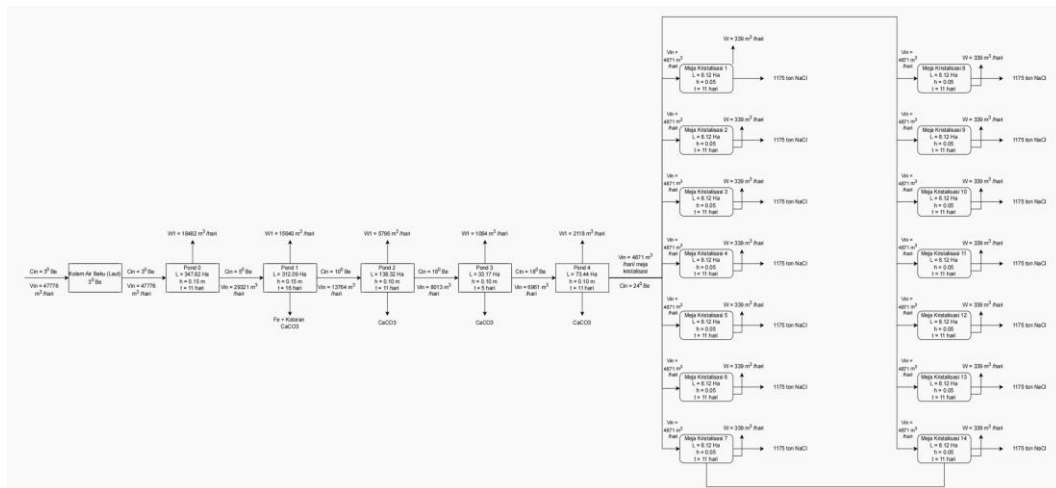
Tabel 3. Hasil Prioritas USG

Prioritas	Permasalahan Strategis	Nilai USG
1	Ketergantungan terhadap cuaca ekstrem	15
1	Perubahan iklim global	15
2	Persaingan harga dengan garam impor	14
3	Investasi infrastruktur cukup besar	13
3	Integrasi sistem tradisional dan modern kompleks	13
3	Infrastruktur logistik Pulau Rote terbatas	13
3	Risiko kerusakan lingkungan pesisir	13
6	SDM membutuhkan pelatihan teknologi hybrid	12
7	Potensi konflik lahan masyarakat pesisir	11

b. Analisis CAPEX dan OPEX

1) CAPEX (Capital Expenditure)

CAPEX adalah biaya investasi awal yang digunakan untuk membangun aset atau infrastruktur yang bersifat jangka panjang. Pada proyek K-SIGN, CAPEX mencakup seluruh pengeluaran untuk pembangunan kawasan, fasilitas produksi, dan sarana pendukung sebelum operasional berjalan [10]. Komponen CAPEX utama pada proyek K-SIGN berupa *cut and fill* lahan (25%), saluran dan tanggul (20%), geomembran (15%), rumah pompa dan intake (10%), infrastruktur jalan dan logistik (10%), alat berat (10%), *land clearing* (5%), dan perijinan dan AMDAL (5%). Komponen terbesar yaitu *cut and fill* merupakan konsekuensi logis dari pembangunan tambak garam metode Portugis yang mengutamakan tambak gravitatif. Tambak (pond) gravitatif terdiri dari berbagai tambak terasering berdasarkan fungsi peningkatan derajat baume.



Gambar 1. Skema proses pembuatan garam secara gravitatif (PT. Nindya Karya)

Lahan terbagi dalam tingkatan proses mulai dari Pond 0, Pond 1, Pond 2, Pond 3, Pond 4 hingga tambak kristalisasi. Layout vertikal ini membengkakkan biaya pembuatan tanggul dan saluran hingga 20% dari total pengeluaran untuk pembangunan. Di akhir proses, pembentukan garam perlu tempat yang steril dan bersih untuk menghasilkan garam dengan kadar NaCl > 97% maka dipasang geomembran pada tambak kristalisasi (15%).

Tabel 4. Luas komponen tambak garam

No	Komponen	Luas (Ha)
1	Bittern Pond	1,04
2	Fasilitas	17,78
3	Kristalisasi	144,32
4	Pond 0	233,93
5	Pond 1	279,46
6	Pond 2	103,85
7	Pond 3	29,62
8	Pond 4	73,73
Total		883,73

Operasionalisasi dan pengembangan K-SIGN dalam 10 tahun kedepan berdasarkan *Cost and Benefit Analysis* mempertimbangkan kelayakan operasional dan investasi pengembangan produksi garam, dengan asumsi dasar:

1. Peningkatan kapasitas produksi bertahap
2. Efisiensi biaya melalui mekanisasi
3. Kenaikan biaya tenaga kerja dan operasional rata-rata 5-7% per tahun
4. Stabilitas harga jual Harga jual garam industry
5. Optimalisasi penggunaan asset produksi dan lahan.

Investasi terbesar berada pada pengadaan mesin dan pengembangan infrastruktur lahan, meskipun metode Portugis menegaskan penggunaan energi matahari sebagai penggerak utama. Ekstensifikasi lahan dilakukan setiap tahun hingga tahun kelima meskipun dalam setiap fase pengembangan aset tentu ada penyusutan.

Kebutuhan modal kerja meningkat seiring pertumbuhan operasi dan kapasitas produksi. Nilai minimum cash requirement pada fase awal operasi berkisar pada tahun awal operasi: $\pm$ Rp5,8 miliar dan pada puncak kebutuhan modal kerja: >Rp30 miliar. Hal ini menunjukkan proyek membutuhkan dukungan likuiditas yang kuat pada fase ekspansi.

2) OPEX (Operational Expenditure)

OPEX merupakan biaya operasional tahunan setelah kawasan beroperasi. Komponen terbesar *Operational Expenditure* adalah pada tenaga kerja dan operasional produksi. Kenaikan biaya terjadi sejalan dengan peningkatan kapasitas produksi dan tonase, sedangkan efisiensi biaya diperkirakan meningkat setelah fase awal investasi.

Tabel 5. Komponen OPEX Utama

Komponen	Persentase
Operasional pompa	25%
BBM dan energi	20%
Pemeliharaan tanggul dan saluran	15%
SDM dan tenaga kerja	20%
Logistik dan distribusi	10%
Monitoring lingkungan	5%
Administrasi	5%

Berdasarkan estimasi perhitungan, maka komponen biaya masukan untuk produksi garam sebagaimana Tabel 6.

Tabel 6. Komponen Biaya Operasional Utama

Komponen	2026 (Rp)	2027 (Rp)	2028 (Rp)	2029 (Rp)
Biaya Bahan	4.000.000.000	6.000.000.000	13.000.000.000	14.000.000.000
Biaya Tenaga Kerja	6.000.000.000	10.000.000.000	17.000.000.000	21.000.000.000
Biaya Karyawan	4.100.000.000	5.400.000.000	6.200.000.000	6.200.000.000
Biaya Operasional	5.600.000.000	8.000.000.000	11.500.000.000	12.000.000.000
Penyusutan	136.000.000	226.000.000	316.000.000	376.000.000
Total OPEX	19.936.000.000	29.226.000.000	48.016.000.000	63.576.000.000

Biaya operasional (OPEX) pada proyek produksi garam menunjukkan tren peningkatan dari tahun ke tahun seiring dengan ekspansi kapasitas produksi dan peningkatan utilitas fasilitas produksi. Namun demikian, kenaikan OPEX masih berada dalam batas yang wajar karena diikuti pertumbuhan output produksi yang jauh lebih tinggi. Analisis operasional produksi garam untuk proyeksi 10 tahun dilakukan dengan menerapkan asumsi dasar, dengan pertimbangan:

- Peningkatan kapasitas produksi bertahap.

- Efisiensi biaya melalui mekanisasi.
- Kenaikan biaya tenaga kerja dan operasional rata-rata 5–7% per tahun.
- Stabilitas harga jual garam industri.
- Optimalisasi utilisasi aset produksi dan lahan.

Tabel 7. Proyeksi Operasional 10 Tahun

Tahun	Estimasi Produksi (Ton)	Estimasi OPEX (Rp Miliar)	Estimasi HPP (Rp/Ton)	Catatan Operasional
2026	17.394	20,0	1.151.636	Tahap awal operasi dan commissioning
2027	34.788	30,4	875.133	Penambahan kapasitas produksi
2028	104.364	49,2	471.587	Mekanisasi mulai optimal
2029	142.788	54,5	381.674	Efisiensi produksi meningkat
2030	150.000	57,0	370.000	Stabilitas operasional mulai tercapai
2031	155.000	60,0	365.000	Peningkatan utilisasi aset
2032	160.000	63,5	360.000	Optimasi distribusi dan handling
2033	165.000	67,0	355.000	Efisiensi tenaga kerja
2034	170.000	70,5	350.000	Produktivitas lahan meningkat
2035	175.000	74,0	345.000	Operasi mencapai fase mature

c. Analisis Lingkungan

Kajian lingkungan awal dilakukan melalui interpretasi citra satelit (sentinel-2 dan Landsat 8/9) untuk menggambarkan kondisi geomorfologi dan tatanan geografi lingkungan daerah kajian. Hasil interpretasi kemudian dioverlay dengan peta geologi dan peta tanah serta Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Rote Ndao. Kajian literatur pemelitim yang pernah dilakukan pada area kajian menjadi pembanding bagi hasil interpretasi data sekunder sebelumnya. Dari sudut pandang demografi dan social, analisis dilakukan terhadap data BPS sehingga ditemukan bahwa mata pencaharian Sebagian besar penduduk di Pulau Rote adalah nelayan, petani lahan kering, dan peternak [11].

Tabel 8. Matriks dampak lingkungan

No	Kegiatan	Komponen Lingkungan	Jenis Dampak	Sifat	Skala	Durasi	Signifikansi
1	Pembangunan permukiman pesisir	Geomorfologi pantai	Perubahan garis pantai, abrasi lokal	Negatif	Lokal	Jangka panjang	Tinggi
2	Pembukaan lahan pertanian lahan kering	Tanah & tutupan lahan	Erosi tanah, penurunan kesuburan	Negatif	Lokal–regional	Jangka menengah	Sedang–tinggi
3	Pengambilan air tanah dangkal	Air tanah & intrusi laut	Penurunan muka air tanah, intrusi air laut	Negatif	Lokal	Jangka panjang	Tinggi
4	Pembangunan jalan di perbukitan karst	Stabilitas lereng & karst	Longsor kecil, runtuh batu	Negatif	Lokal	Jangka menengah	Sedang
5	Pengembangan pariwisata pantai	Vegetasi pantai & ekosistem	Hilangnya vegetasi pelindung, gangguan habitat	Negatif	Lokal	Jangka panjang	Sedang–tinggi
6	Rehabilitasi mangrove & sabuk hijau	Pesisir & keanekaragaman hayati	Reduksi abrasi, peningkatan habitat	Positif	Lokal–regional	Jangka panjang	Tinggi
7	Pembangunan embung & konservasi air	Hidrologi & ketersediaan air	Peningkatan ketersediaan air, pengurangan kekeringan	Positif	Lokal	Jangka panjang	Tinggi
8	Penambangan material lokal (bila ada)	Bentuklahan & tanah	Perubahan mikro-bentuklahan, erosi	Negatif	Lokal	Jangka pendek–menengah	Sedang

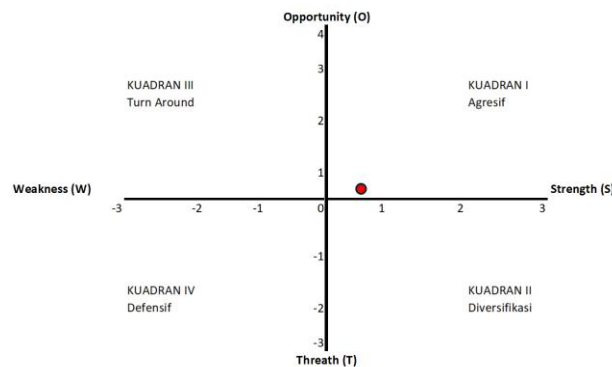
III. Hasil dan Pembahasan

a. Analisis SWOT USG

Berdasarkan hasil pembobotan urgensi dan keterkaitan antar variabel diperoleh bahwa faktor internal $S=2,25$ dan $W=1,9$, sedangkan faktor eksternal yang terbentuk $O=2,3$ dan $T=2,1$ (Tabel 9) yang bila digambarkan dalam bentuk diagram kartesius akan seperti Gambar 2.

Tabel 9. Pembobotan faktor

Internal Factors	Bobot	Rating	Skor
Strength	0.5	4.5	2.25
Weakness	0.5	3.8	1.9
External Factors			
Opportunity	0.5	4.6	2.3
Threat	0.5	4.2	2.1



Gambar 2. Grafik peta posisi kekuatan

Tabel 10. Startegi Prioritas Pengelolaan K-SING

No	Strategi Prioritas	Penjelasan
1	Ekspansi produksi garam industri	Memanfaatkan iklim Pulau Rote
2	Modernisasi tambak garam	Kombinasi Portugis–Maduris
3	Hilirisasi industri garam	Industri kimia dan pangan
4	Penguatan SDM petambak	Pelatihan teknologi hybrid
5	Pengembangan infrastruktur	Jalan, pelabuhan, logistik

Berdasarkan peta posisi kekuatan, produksi garam dengan metode hybrid pada K-SIGN berda pada Kuadran I (Agresif) Gambar 2, artinya proyek K-SIGN di Pulau Rote memiliki kekuatan besar dan peluang pasar dan dukungan pemerintah yang tinggi. Strategi ekspansi dan pengembangan agresif dapat diterapkan. Strategi prioritas yang akan dijalankan meliputi berbagai hal sebagaimana Tabel 10.

b. Analisis CAPEX dan OPEX

Kajian ini mengevaluasi kelayakan operasional dan investasi pengembangan operasi pegaraman di Rote selama horizon proyek 30 tahun. Analisis mencakup kebutuhan investasi awal (CAPEX), biaya operasional tahunan (OPEX), kebutuhan modal kerja, serta potensi

manfaat finansial dari peningkatan kapasitas produksi garam industri. CAPEX dalam analisis pengembangan K-SIGN memiliki koomponen utama investasi sebagai berikut:

Tabel 11. Komponen Investasi Utama

Komponen	Nilai Investasi (Rp)
Conveyorisasi	14.000.000.000
Normalisasi Ladang Garam	10.000.000.000
Mesin-Mesin	19.000.000.000
Bangunan Perusahaan	4.500.000.000
Emplasemen	14.000.000.000
Total CAPEX	61.500.000.000

Sebagai catatan, pengembangan K-SIGN memiliki investasi terbesar berada pada pengadaan mesin dan pengembangan infrastruktur lahan. Pola investasi dilakukan secara bertahap dalam beberapa periode operasi. Pada fase pengembangan aset, penyusutan tahunan bervriasi berkisar antara Rp. 136 juta hingga Rp. 2,6 milyar. Untuk komponen analisis OPEX, komponen biaya operasional utama meliputi biaya bahan, biaya tenaga kerja, biaya karyawan, biaya kesejahteraan, biaya pemeliharaan, biaya operasional, dan penyusutan.

Tabel 12. Komponen Biaya Operasional Utama

Komponen	2026 (Rp)	2027 (Rp)	2028 (Rp)	2029 (Rp)
Biaya Bahan	4.004.238.349	6.045.609.000	13.473.640.000	13.875.110.000
Biaya Tenaga Kerja	6.265.459.542	9.850.919.000	17.132.760.000	21.110.920.000
Biaya Karyawan	3.838.951.404	5.337.381.000	6.138.268.000	6.138.268.000
Biaya Kesejahteraan	100.000.000	100.000.000	100.000.000	100.000.000
Biaya Pemeliharaan	0	500.000.000	525.000.000	551.250.000
Biaya Operasional	5.686.900.000	8.384.200.000	11.531.050.000	12.346.900.000
Penyusutan	136.000.000	226.000.000	316.000.000	376.000.000
Total OPEX	20.031.549.295	30.444.110.000	49.216.720.000	54.498.450.000

Dengan catatan bahwa komponen biaya terbesar berasal dari tenaga kerja dan biaya operasional produksi, kenaikan biaya sejalan dengan peningkatan kapasitas produksi dan tonase, serta efisiensi biaya diperkirakan meningkat setelah fase awal investasi selesai.

c. Benefit Analysis - Benefit Operasional

Komponen *benefit analysis-benefit operasional* meliputi berbagai Tindakan, antara lain:

1. Peningkatan kapasitas produksi garam industry.

Peningkatan kapasitas produksi berarti volume garam yang dapat dihasilkan per siklus maupun per tahun menjadi lebih besar. Hal ini terjadi karena:

- 1) Luas lahan produksi lebih optimal dan ditata secara efisien.
- 2) Teknologi evaporasi, pemompaan, dan penanganan air asin lebih stabil dan terkontrol.
- 3) Proses produksi tidak lagi terlalu bergantung pada cuaca karena penggunaan material modern (misalnya geomembran).

Implikasinya, Industri dapat memenuhi kebutuhan pasar yang lebih besar, mengurangi ketergantungan impor, dan meningkatkan kontinuitas pasokan bagi industri hilir (chlor-alkali, makanan-minuman, tekstil, farmasi).
2. Modernisasi proses melalui mekanisasi dan conveyorisasi
Modernisasi proses mencakup penggunaan mesin dan sistem otomatis seperti:
 - 1) Pompa otomatis untuk air laut dan air tua
 - 2) Conveyor belt untuk memindahkan garam dari meja kristalisasi ke Gudang
 - 3) Loader dan alat berat untuk pengangkutan
 - 4) Sistem kontrol kualitas berbasis sensor

Manfaat utama modernisasi adalah untuk mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, mempercepat proses panen, pengeringan, dan pengangkutan, menghasilkan proses yang lebih konsisten dan dapat diprediksi. Implikasinya pada produktivitas yang meningkat, biaya operasional jangka panjang menurun, dan risiko kesalahan manusia berkurang.
3. Efisiensi distribusi dan handling material
Dengan adanya sistem mekanisasi dan tata letak kawasan yang dirancang baik, distribusi garam dari tambak ke gudang hingga ke transportasi menjadi lebih efisien. Efisiensi ini muncul dari jalur logistik yang terintegrasi (akses jalan, conveyor, jalur forklift), pengurangan waktu tunggu dan waktu pemindahan material, penurunan biaya transportasi internal, minimnya kerusakan atau kontaminasi garam selama proses pemindahan. Implikasinya pada penurunan biaya logistik, *throughput* meningkat, dan waktu pengiriman ke pelanggan lebih cepat
4. Penurunan risiko kehilangan hasil produksi
Kehilangan hasil produksi (*losses*) biasanya terjadi karena tumpah saat pengangkutan manual, terbawa angin, terlarut kembali karena hujan, kontaminasi tanah atau lumpur, dan penanganan yang tidak higienis. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dilakukan penanganan dengan sistem modern dimana garam tidak lagi bersentuhan langsung dengan tanah, proses panen lebih cepat sehingga tidak terpapar cuaca terlalu lama. penyimpanan lebih aman dan tertutup, dan pengangkutan menggunakan conveyor mengurangi tumpahan. Implikasinya terhadap hasil panen yang lebih maksimal, margin keuntungan meningkat, dan kualitas tetap terjaga.
5. Peningkatan kualitas garam industri
Kualitas garam industri ditentukan oleh kadar NaCl, kadar Ca, Mg, dan impuritas lainnya, warna dan kebersihan, dan ukuran kristal. Kualitas tersebut bisa dicapai dengan teknologi modern dalam proses evaporasi lebih terkontrol sehingga menghasilkan kristal lebih seragam, kontaminasi tanah berkurang drastis karena penggunaan geomembran, proses pencucian dan pengeringan lebih efisien, dan penanganan pasca-panen lebih higienis. Implikasinya garam yang dihasilkan memenuhi standar industri ($\geq 98,5\%$ NaCl), sehingga dapat masuk ke pasar industri bernilai tinggi dan mengurangi kebutuhan impor.

c. Benefit Finansial;

Volume produksi meningkat signifikan dari ± 17 ribu ton menjadi ± 143 ribu ton dengan HPP turun drastis seiring skala ekonomi dan peningkatan utilisasi aset.

Indikator	2026	2027	2028	2029
Tonase Produksi	17.394 ton	34.788 ton	104.364 ton	142.788 ton
HPP (Rp/Ton)	1.151.636	875.133	471.587	381.674

Tabel 13. Pertumbuhan Output

Tahun	Total OPEX	Pertumbuhan OPEX	Produksi
2026	Rp20,03 M	-	17.394 ton
2027	Rp30,44 M	52%	34.788 ton
2028	Rp49,22 M	62%	104.364 ton
2029	Rp54,50 M	11%	142.788 ton

Jika produksi mencapai target produksi garam, yaitu sebesar 2,6 juta ton/tahun dengan asumsi harga rata-rata Rp. 900.000 – Rp. 1.500.000 per ton maka potensi pendapatan tahunan dapat mencapai Rp. 2,3 – 3.9 trilyun/tahun. Dengan demikian, K-SIGN memiliki potensi *payback period* relatif baik apabila operasional berjalan optimal.

c. Analisis Lingkungan

Pembangunan K-SIGN dengan ekstensifikasi secara masif menimbulkan dampak positif dan dampak negatif. Sebagai program prioritas, dengan operasionalnya K-SIGN maka pertumbuhan produksi garam diharapkan meningkat pesat sehingga swasembada garam dapat tercapai. Selain itu, sebagai sebuah proyek besar tentu akan melibatkan sumberdaya manusia lokal yang besar pula. Pada saat ini sudah dilakukan persiapan sumberdaya manusia yang terampil dalam produksi garam melalui pelatihan bersertifikat BNSP. Peningkatan akses kawasan yang pada awalnya adalah hutan dan semak kering, kemudian terbangun akses jalan dengan geomteri yang memadai.

Namun demikian, perubahan topografi dan relief kawasan dapat meningkatkan resiko bentang lahan, seperti perubahan proses geomorfologi yang salah satunya adalah ditemukannya mud volcano pada beberapa area sehingga rentan risiko geologi yang dapat memengaruhi kualitas produksi garam dan stabilitas lahan. gangguan aliran alami, pendangkalan alur, potensi intrusi air laut dari proses salinasi, dan gangguan habitat pesisir. Selain itu, sedimentasi dari laut memerlukan pemeliharaan berkala agar sistem tambak tetap berfungsi optimal.

Dalam hal aspek lingkungan yang positif, dengan beroperasinya K-SIGN akan membuka peluang pekerjaan berupa petambak berpengalaman dalam produksi garam sebanyak 2.200 orang, petugas kebersihan 15 orang, petugas keamanan 15 orang, laboran 5 orang, teknisi

mesin 10 rang dan manajer operasional 5 orang. Sehingga paling tidak K-SIGN dapat menopang pekerjaan bagi 2.270 orang. Berdasarkan laporan harian pembangunan K-SIGN diperoleh data bahwa tahun 2025 telah melibatkan tenaga konstruksi sebanyak 804 orang, sedangkan tahun 2026 diproyeksikan meningkat menjadi 929.

IV. Kesimpulan dan Rekomendasi

a. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis tekno-ekonomi dan lingkungan pengembangan Kawasan Sentra Industri Garam Nasional (K-SIGN) di Pulau Rote menggunakan pendekatan SWOT–USG, dapat disimpulkan bahwa proyek K-SIGN memiliki prospek strategis yang sangat baik dalam mendukung program swasembada garam nasional. Posisi analisis SWOT menunjukkan bahwa K-SIGN berada pada Kuadran I (agresif), yang menandakan bahwa proyek memiliki kekuatan internal dan peluang eksternal yang besar, terutama dukungan pemerintah, potensi iklim yang mendukung, serta tingginya kebutuhan garam industri nasional.
2. Hasil analisis USG menunjukkan bahwa faktor prioritas utama yang perlu mendapatkan perhatian adalah ketergantungan terhadap cuaca ekstrem dan perubahan iklim global dengan nilai prioritas tertinggi. Selain itu, persaingan harga dengan garam impor, tingginya kebutuhan investasi infrastruktur, keterbatasan logistik, dan risiko kerusakan lingkungan pesisir menjadi tantangan strategis yang harus dikelola secara berkelanjutan.
3. Dari aspek teknis dan ekonomi, metode Portugis terbukti memberikan efisiensi lahan dan kualitas garam industri yang lebih tinggi melalui sistem evaporasi bertingkat dan penggunaan geomembran. Namun metode ini membutuhkan investasi awal (CAPEX) yang besar. Sebaliknya, metode Maduris memiliki keunggulan dalam penyerapan tenaga kerja lokal dan biaya investasi yang lebih rendah, tetapi produktivitas dan kualitas garam relatif lebih rendah. Oleh karena itu, penerapan metode hybrid Portugis–Maduris menjadi pilihan paling optimal karena mampu menyeimbangkan efisiensi ekonomi, produktivitas produksi, dan pemberdayaan masyarakat pesisir.
4. Analisis CAPEX dan OPEX menunjukkan bahwa biaya investasi terbesar berada pada pengadaan mesin, pengembangan infrastruktur lahan, conveyorisasi, dan normalisasi tambak garam. Sementara itu, komponen OPEX terbesar berasal dari tenaga kerja, energi, dan operasional produksi. Meskipun biaya operasional meningkat setiap tahun seiring ekspansi kapasitas produksi, peningkatan output produksi mampu menurunkan Harga Pokok Produksi (HPP) secara signifikan melalui skala ekonomi dan optimalisasi aset.
5. Dari sisi benefit finansial, peningkatan kapasitas produksi hingga ratusan ribu ton per tahun menunjukkan potensi pendapatan yang sangat besar serta peluang pengembalian investasi yang baik apabila operasional berjalan optimal. Selain manfaat ekonomi, pengembangan K-SIGN juga berpotensi menciptakan lapangan kerja bagi masyarakat lokal dan mendorong pertumbuhan ekonomi maritim di Pulau Rote.
6. Namun demikian, pembangunan K-SIGN juga berpotensi menimbulkan dampak lingkungan berupa perubahan geomorfologi, abrasi, sedimentasi, intrusi air laut, dan

gangguan ekosistem pesisir. Oleh karena itu, pengelolaan lingkungan yang terintegrasi dan berkelanjutan menjadi faktor penting dalam keberhasilan operasional kawasan.

b. Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa rekomendasi yang dapat diterapkan dalam pengembangan K-SIGN adalah sebagai berikut:

1. Pemerintah dan pengelola K-SIGN perlu memperkuat sistem manajemen risiko terhadap perubahan iklim dan cuaca ekstrem melalui sistem monitoring cuaca, pengaturan pola produksi, serta pengembangan infrastruktur adaptif.
2. Penerapan metode hybrid Portugis–Maduris perlu terus dikembangkan karena mampu meningkatkan kualitas dan produktivitas garam sekaligus menjaga pemberdayaan masyarakat lokal.
3. Pengembangan infrastruktur pendukung seperti jalan produksi, pelabuhan, saluran air, dan sistem logistik perlu diprioritaskan untuk meningkatkan efisiensi distribusi dan menurunkan biaya operasional.
4. Penguatan kapasitas sumber daya manusia lokal melalui pelatihan teknologi produksi garam modern, sertifikasi kompetensi, dan pendampingan teknis perlu dilakukan secara berkelanjutan.
5. Penggunaan teknologi digital seperti dashboard monitoring produksi, pengawasan hidrologi, dan sistem kontrol kualitas perlu diterapkan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan akurasi pengambilan keputusan.
6. Pengelolaan lingkungan harus menjadi bagian utama dalam operasional K-SIGN melalui rehabilitasi mangrove, pengendalian sedimentasi, konservasi air, dan monitoring kualitas lingkungan secara berkala.
7. Pemanfaatan energi terbarukan seperti tenaga surya untuk operasional pompa dan fasilitas produksi perlu dikembangkan guna menekan konsumsi energi fosil dan mengurangi jejak karbon industri garam.
8. Penelitian lanjutan perlu dilakukan terkait analisis kelayakan finansial jangka panjang, analisis sensitivitas harga garam, serta evaluasi dampak sosial-ekonomi dan lingkungan secara lebih detail untuk mendukung keberlanjutan proyek K-SIGN di masa mendatang.

V. Ucapan Terima Kasih

Dengan selesainya penyusunan paper ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung terselenggaranya kajian ini, diharapkan akan menjadi kontribusi positif dalam mensukseskan program swasembada garam nasional, antara lain:

1. Prof. Ir. Bambang Hari Wibisono, MUP., M.Sc., Ph.D., IPU.
2. Ir. Deva Fosterharoldas Swasto, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM
3. Komisaris PT. Garam
4. Project Manager K-SIGN, PT Nindya Karya
5. Dr. Zaki Mahasin, Direktorat Sumber Daya Kelautan

Daftar Pustaka

- [1] D. J. P. Kelautan, “Analisis Justifikasi Penunjukan Langsung Kegiatan Ekstensifikasi dan Intensifikasi Tambak Garam,” pp. 1–27, 2025.
- [2] C. M. Rodrigues, A. Bio, F. Amat, and N. Vieira, “Artisanal salt production in Aveiro/Portugal - an ecofriendly process,” *Saline Systems*, vol. 7, no. 1, pp. 1–14, 2011, doi: 10.1186/1746-1448-7-3.
- [3] N. Sainz-López, “Comparative analysis of traditional solar saltworks and other economic activities in a Portuguese protected estuary,” *Bol. Investig. Mar. y Costeras*, vol. 46, no. 1, pp. 171–189, 2017.
- [4] K. D. A. N. Perikanan, “Direktorat jenderal penguatan daya saing produk kelautan dan perikanan kementerian kelautan dan perikanan,” pp. 10–13, 2021.
- [5] P. Nugroho, A. S. D. Purnomo, and A. Susandini, “Analisis Keberlanjutan Finansial Usaha Garam: Tantangan dan Peluang dalam Menghadapi Perubahan Pasar,” *SEIKO J. Manag. Bus.*, vol. 8, no. 2, pp. 569–579, 2025.
- [6] Direktorat Jenderal Pengelolaan Kelautan, *Masterplan Modelling Tambak Garam Berbasis Korporatisasi*. Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2025.
- [7] D. I. Roma and S. O. C. Coop, “SWOT ANALYSIS: A THEORETICAL REVIEW,” *J. Int. Soc. Res. Cilt*, vol. Volume: 10, no. Issue: 51, pp. 1–59, 2017.
- [8] Maghfira, “DOI: <http://dx.doi.org/10.33846/sf13334> Analisis Matriks USG Terhadap Retensi dan Pemusnahan Berkas Rekam Medis di Puskesmas Sempu Banyuwangi Jennie Raissa Maghfira,” vol. 13, no. 269, pp. 748–757, 2022.
- [9] N. L. Heryana and T. Yuwono, “Analisis Teknis Ekonomi Capex Dan Opex Pada Perancangan Jaringan Fiber To The Home Di Kecamatan Purwokerto Timur,” vol. 66, pp. 37–39, 2012.
- [10] W. Kurniawan, “Musim Penangkapan Ikan Cakalang di Perairan Selatan Jawa Barat dan Kaitannya dengan Parameter Oseanografi,” *Oseana*, vol. XL, no. 4, pp. 53–60, 2015.
- [11] M. Thoriq Maulana, M. Hilmi Habibullah, Sunandar, N. Sholihah, M. Ainul Rifqi L. P., and F. Fahrudin, “Laporan Akhir Penyusunan Dokumen Materi Teknis Kajian Dampak Lingkungan Pembangunan K-SIGN di rute NDo tahun 2025,” *Lap. Akhir*, vol. 1, no. 201310200311137, pp. 78–79, 2015.