

# Strategi Perencanaan dan Rekayasa Lingkungan untuk Mewujudkan Ekosistem Mangrove Berkelanjutan

Studi Kasus Kawasan *Science Techno Park* Penajam

## Environmental Planning and Engineering Strategy towards Sustainable Mangrove Ecosystem

Case of *Science Techno Park* Penajam

**REBA ANINDYAJATI PRATAMA DAN LESTARIO WIDODO**

Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi  
Gedung 820 Geostek, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan  
reba.anindyajati@bppt.go.id

### ABSTRACT

*The shift in Indonesia's development paradigm has encouraged the development of the maritime sector. On the other hand the protection of the mangrove ecosystem from landuse changing due to infrastructure development is also an important issue, one of the case is in Penajam Paser Utara. This research aims to find environmental planning and engineering strategy towards sustainable mangrove ecosystem in National Science Techno Park (NSTP) area. The results of this study found the planning of NSTP can cause changes in mangrove ecosystem. The existing mangrove forests are primary mangroves with calm current and high-density. NSTP design should consider water circulation for mangrove ecosystem. Environmental engineering strategy is aimed to build a canal with a width of 10 m, a depth of 6 m along the 500 m and 250 m. Spatial conservation directed to the provision of the built area does not exceed 30%.*

**Keywords:** *Mangrove, national science techno park, conservation, penajam*

### ABSTRAK

Perubahan paradigma pembangunan Indonesia telah mendorong pengembangan sektor maritim. Di sisi lain perlindungan ekosistem mangrove dari ancaman pembangunan infrastruktur pesisir juga menjadi isu penting, salah satunya di Kabupaten Penajam Paser Utara. Penelitian ini bertujuan untuk mencari alternatif dan strategi pengembangan kawasan yang berwawasan lingkungan di kawasan National Science Techno Park (NSTP). Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa perencanaan NSTP dapat menyebabkan perubahan ekosistem mangrove. Hutan mangrove yang ada adalah mangrove primer di perairan tenang, dengan kerapatan tinggi. Desain pengembangan kawasan NSTP perlu memperhatikan sirkulasi air untuk ekosistem mangrove. Rekayasa lingkungan diarahkan pada pembangunan kanal dengan lebar 10 m, kedalaman 6 m sepanjang 500 m dan 250 m. Konservasi spasial diarahkan pada ketentuan kawasan terbangun tidak melebihi 30%.

**Kata kunci:** *Mangrove, national science techno park, konservasi, penajam*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di era global, Indonesia menghadapi permasalahan pemerataan pembangunan daerah. Selama ini tren menunjukkan bahwa pembangunan ekonomi mengalami ketimpangan. Kesenjangan pembangunan yang ditunjukkan oleh kesenjangan wilayah, kesenjangan pendapatan dan kesenjangan sosial cenderung terjadi lebih besar di wilayah

luar Pulau Jawa<sup>(1)</sup>. Pada kondisi lain, tipologi distribusi sumberdaya Indonesia menunjukkan pola aliran dari wilayah luar Pulau Jawa menuju Pulau Jawa.

Sejak tahun 2014, terjadi perubahan paradigma pembangunan nasional yang menyatakan bahwa pembangunan dimulai dari tepi. Salah satunya adalah percepatan pembangunan daerah melalui sektor maritim. Pemerintah memberikan dukungan kebijakan nasional pembangunan *National Science Techno Park* (NSTP) yang salah satunya

berada di Kabupaten Penajam Paser Utara<sup>(2)</sup>. Pemilihan lokasi ini dilatar belakangi oleh potensi perikanan dan kelautan Indonesia Tengah & Timur yang besar. Terlebih sektor perikanan merupakan potensi kelautan terbesar di Indonesia timur yang meliputi Selat Makassar, Laut Arafura, Laut Flores, Laut Banda, dan Laut Ambon & Irian<sup>(3)</sup>. Keberadaan ini memerlukan dukungan teknologi yang diharapkan memberikan *multiplier effect* bagi ekonomi daerah.

Pada skala mikro, perencanaan kawasan NSTP akan membawa dampak lingkungan untuk kawasan sekitarnya. Perubahan lahan & pola ruang, perubahan aktivitas, perubahan lingkungan, hingga perubahan sosial dikhawatirkan akan terjadi dan berdampak buruk jika tidak diimbangi oleh strategi pembangunan yang baik. Akibatnya, perubahan ekosistem yang terjadi dapat berdampak pada penurunan ketahanan suatu wilayah<sup>(4)</sup>. Lebih jauh, hal ini tidak semata-mata hanya dikarenakan faktor lingkungan, tapi juga terpengaruh manajemen institusional<sup>(5)</sup> yang pada akhirnya juga akan berdampak pada tataran sosial-ekonomi.

Secara fisik, kawasan NSTP Penajam Paser Utara direncanakan di Kecamatan Buluminung. Kawasan ini memiliki tutupan lahan berupa kawasan mangrove primer yang terletak di Sungai Riko. Untuk mengantisipasi dampak perubahan lingkungan, diperlukanlah sebuah kajian khusus yang dapat memberikan rekomendasi ilmiah bagi kelangsungan ekosistem mangrove di kawasan NSTP.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi strategi konservasi ekosistem mangrove di kawasan NSTP mengacu pada filosofi preskripsi dari dampak pengembangan *master plan* NSTP.

Secara rinci, detail sasaran yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah;

- a. Identifikasi kondisi lingkungan kawasan NSTP Penajam Paser Utara
- b. Identifikasi konsep pengembangan kawasan NSTP
- c. Identifikasi strategi rekayasa lingkungan kawasan NSTP untuk mewujudkan ekosistem mangrove yang lestari

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan pendekatan eksploratif dan kuantitatif untuk mengidentifikasi kondisi

lingkungan hingga preskripsi perubahan lingkungan. Studi preskripsi mangrove dilakukan sebagai bentuk antisipasi terhadap perubahan lingkungan akibat pertumbuhan penduduk maupun perubahan ekonomi<sup>(6,7)</sup>. Hal serupa juga telah dilakukan di China yang menunjukkan bahwa kecenderungan konservasi mangrove dilakukan pada wilayah-wilayah yang mengalami pertumbuhan ekonomi pesat, sehingga mengakibatkan munculnya ancaman bagi ekosistem mangrove. Pada kasus Indonesia, keberadaan NSTP merupakan salah satu peluang perubahan lingkungan akibat intervensi manusia. Selain itu, studi ini juga dimaksudkan memberikan masukan atau perbaikan terhadap konseptual desain pengembangan kawasan NSTP dengan filosofi perencanaan kawasan yang berkelanjutan.

Model analisa yang dilakukan yaitu analisa kuantitatif terhadap faktor-faktor lingkungan, analisa penginderaan jauh maupun analisa preskriptif untuk mengidentifikasi perubahan lingkungan. Berkenaan dengan hal tersebut, dibutuhkan pemahaman yang menyeluruh terhadap ekosistem pesisir<sup>(8)</sup>. Selain itu, upaya konservasi mangrove tidak hanya terfokus pada faktor alamiah seperti pasang surut air laut, kualitas perairan, kesuburan tanah dan karakteristik fisik mangrove itu sendiri, tapi juga interaksinya dengan manusia, aktivitas ekonomi, dan perubahan lahan<sup>(9)</sup>. Pendalaman terhadap masalah ini dilakukan dengan pendekatan multi disiplin yang berorientasi pada upaya menganalisa kemungkinan perubahan di masa datang akibat adanya rencana atau aksi di masa kini.

### 2.2 Pengumpulan Data

Untuk menunjang proses analisis, jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian ini mencakup data primer dan data sekunder. Data primer meliputi kondisi ekosistem mangrove di kawasan NSTP yang meliputi variable-variable ekologis tanaman mangrove, tanah dan perairan. Data ini digunakan dalam menganalisa kondisi lingkungan awal yang hasilnya berupa kondisi/ status kualitas lingkungan awal.

Data sekunder penelitian ini meliputi dokumen pendukung antara lain dokumen kegiatan NSTP, peta tematik terkait ekosistem mangrove, dan dokumen tata ruang. Data ini digunakan untuk menganalisa proses perubahan yang mungkin terjadi di kawasan NSTP dan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Keberadaan peta tematik juga dilakukan untuk membantu proses analisa spasial menggunakan software Sistem Informasi Geografis ArcMap.

## 2.3 Lokasi

Lokasi penelitian adalah Kecamatan Buluminung, Kabupaten Penajam Paser Utara (PPU) Kalimantan Timur. Detail lokasi penelitian berada di sekitar Sungai Riko, dengan detail koordinat sebagai berikut;

Tabel 1. Titik koordinat batas lokasi pengamatan

Titik Batas	X	Y
1	465814	9864970
2	465814	9864670
3	466241	9864698
4	466305	9864697
5	466305	9864989
6	466458	9865294
7	466659	9865426
8	466882	9865923

Pengambilan sampel kualitas perairan dilakukan melalui pembagian segmentasi sungai kawasan NSTP. Pembagian segmen dimaksudkan untuk membantu peneliti dalam memisahkan kondisi ekologis ekosistem mangrove. Terdapat 3 (tiga) segmen yaitu S1, S2 dan S3 yang terlihat pada Gambar 1.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Kondisi Lingkungan Sekitar NSTP

Hutan mangrove merupakan komunitas vegetasi pantai tropis, mampu tumbuh, berkembang pada daerah pasang-surut, dan memiliki resistensi terhadap salinitas tinggi<sup>(10,11)</sup>. Mangrove merupakan karakteristik dari bentuk tanaman pantai, estuari atau muara sungai, dan delta di tempat yang terlindung daerah tropis dan sub tropis. Mangrove memiliki karakter utama sebagai ekosistem yang terdapat di antara daratan dan lautan<sup>(12)</sup>. Karena hidupnya di dekat pantai, mangrove sering juga dinamakan hutan pantai, hutan pasang surut, hutan payau, atau hutan bakau. Istilah bakau itu sendiri dalam bahasa Indonesia merupakan nama dari salah satu spesies penyusun hutan mangrove yaitu *Rhizophora sp.* Sehingga dalam percaturan bidang keilmuan untuk tidak membuat bias antara bakau dan mangrove maka hutan mangrove sudah ditetapkan merupakan istilah baku untuk menyebutkan hutan yang memiliki karakteristik hidup di daerah pantai.

Pembagian habitat kawasan mangrove secara umum dipengaruhi oleh adanya perbedaan penggenangan atau perbedaan salinitas yang meliputi<sup>(13)</sup>:

1. Zona yang paling dekat dengan laut, yaitu kawasan yang berhadapan langsung

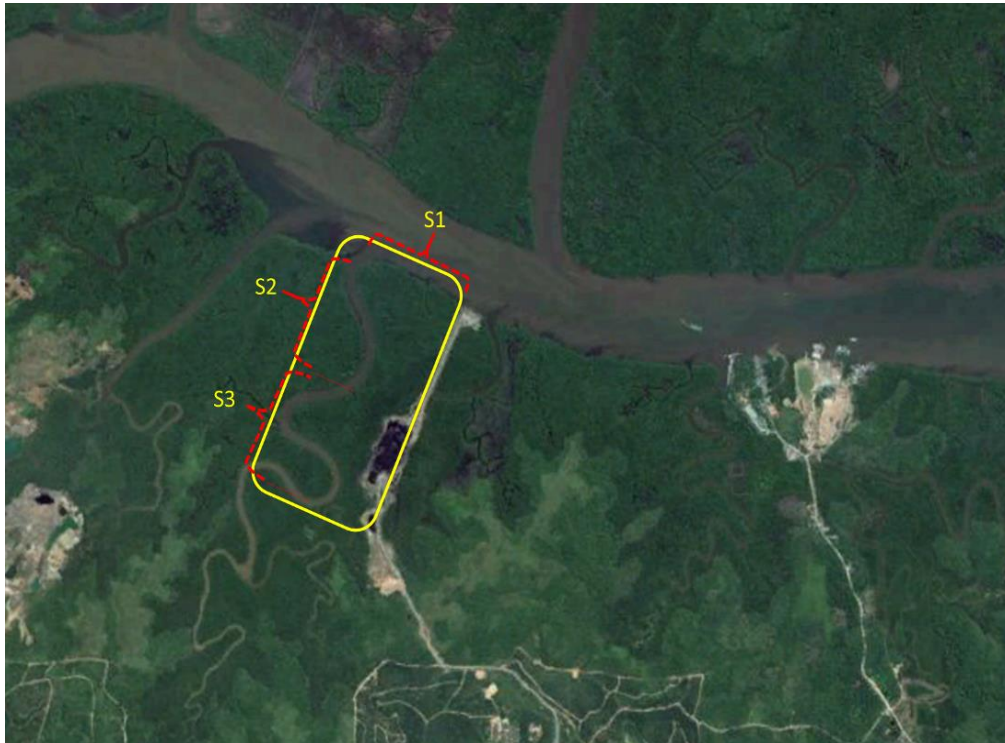
dengan laut. Kawasan ini didominasi oleh *Avicennia spp* dan *Sonneratia spp*, tumbuh pada lumpur lunak dengan kandungan organik yang tinggi.

2. Zona tengah, merupakan kawasan yang terletak di belakang zona garis pantai dan memiliki lumpur. Biasanya ditemukan jenis *Rhizophora apiculata*, *Bruguiera cylindrica*, dan *Rhizophora mucronata*,
3. Zona belakang, yaitu kawasan yang berbatasan dengan hutan darat. Jenis tumbuhan yang biasanya muncul antara lain *Bruguiera parviflora* dan *Xylocarpus granatum*. Hutan mangrove belakang didominasi oleh *Bruguiera gymnorhiza*

Kawasan Hutan mangrove di Kabupaten Penajam Paser Utara memiliki luas sekitar 13.653,00 Ha yang terletak disepanjang pesisir pantai PPU. Kawasan hutan mangrove terletak di sekitar Desa Nipah–Nipah, Desa Gunung Steleng, Desa Penajam dan beberapa Desa yang terdapat di pesisir pantai. Kawasan hutan mangrove membujur dari barat sampai selatan Kabupaten PPU. Jenis-jenis mangrove yang dapat ditemukan di Kabupaten PPU adalah bakau (*Rhizophora sp.*), api-api (*Avicennia sp.*), prapat (*Sonneratia sp.*), tanger (*Ceriops sp.*), nyiri (*Bruguiera sp.*) dan nipah (*Nypha fruticans*). Berdasarkan jenis mangrove yang ada, ekosistem mangrove di Kabupaten PPU digolongkan menjadi ekosistem mangrove zona tepi laut dan zona tengah. Mangrove zona tepi laut dapat di temui di pesisir Kecamatan Penajam, Waru dan Babulu yang secara langsung menghadap ke Selat Makassar. Mangrove zona tengah ditemui di Kecamatan Sepaku yang berada di sepanjang Sungai Riko dan menghadap Teluk Balikpapan.

Kawasan NSTP berada di tepi Sungai Riko, dengan guna lahan yang ada berupa Mangrove Primer seluas 56 Ha. Sungai Riko membentang di kawasan NSTP dengan lebar 390 m dan lebar anak sungai 60 m yang juga berbatasan langsung dengan kawasan NSTP.

Berdasarkan hasil olahan data primer, diketahui bahwa ekosistem mangrove di wilayah survei adalah mangrove pada kawasan payau/ zona tengah. Lokasi ini merupakan peralihan antara ekosistem mangrove wilayah terbuka (pantai) dengan wilayah daratan. Diketahui bahwa Sungai Riko merupakan sungai yang terhubung langsung ke Teluk Balikpapan. Sungai ini memiliki dimensi yang lebar >100 m, dan arus yang cukup tenang sehingga pencampuran air tawar dan air asin bisa terjadi hingga jauh ke dalam garis pantai.



Sumber: Image Digital Globe 2017/ Google

Gambar 1. Foto Udara Ekosistem Mangrove di Sungai Riko PPU

Berdasarkan sifat tumbuhnya, mangrove di wilayah pengamatan merupakan mangrove primer, yaitu mangrove yang tumbuh-kembangnya bersifat alami. Vegetasi mangrove yang ada dilokasi adalah tipe *Rhizophora Apiculata* dan *Rhizophora Mucronatta*. Ketinggian pasang surut/ rendaman air pada kawasan hutan mangrove berkisar antara 1 m - 1.25 m dari permukaan air terendah. Kerapatan batang mangrove pada wilayah pengamatan tergolong lebat, dengan jumlah >600 batang/ ha

Lebar tapak minimal yang tampak di atas permukaan tanah/ air berkisar antara 1.5 m hingga 2.5 m menunjukkan bahwa mangrove tersebut telah tumbuh dalam waktu yang cukup lama. Kelebatan pohon yang tinggi dan padat menunjukkan bahwa dalam perkembangannya tidak ada campur tangan manusia. Referensi lain juga menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman mangrove selain dipengaruhi oleh daya dukung nutrisi, juga dipengaruhi oleh kesesuaian varietas<sup>(14)</sup>. Artinya, jenis mangrove memiliki kemampuan adaptasi yang berbeda-

beda, tergantung lokasi tanaman. Semakin baik pertumbuhan mangrove, yang diindikasikan dengan ukuran dan kelebatan tanaman, maka dapat dikatakan baik pula daya dukung lingkungan maupun kemampuan adaptasinya.



Gambar 2. Daun Mangrove *Rhizophora*

Tabel 1 Karakteristik Tapak Mangrove di Kawasan NSTP

Lokasi	Zona Tumbuh	Jenis Vegetasi	Tinggi Pohon	Rendaman Batang Pasang Surut	Dominasi tapak dasar
S1- A	Payau	<i>Rhizophora</i>	8 m	1.25 m	2.25 m x 2.25 m
S1- B	Payau	<i>Rhizophora</i>	9 m	1.25 m	2.5 m x 2.5 m
S2 - A	Payau	<i>Rhizophora</i>	7 m	1.25 m	1.5 m x 1.5 m
S2 - B	Payau	<i>Rhizophora</i>	8 m	1.25 m	1.5 m x 1.5 m
S3 - A	Payau	<i>Rhizophora</i>	10 m	1.25 m	2.25 m x 2.25 m
S3 - B	Payau	<i>Rhizophora</i>	8 m	1.25 m	1.5 m x 1.5 m



Kondisi arus di sekitar kawasan NSTP tergolong tenang, dengan rata-rata kecepatan berkisar antara 0.1 – 0.5 m/s. Berdasarkan kecepatannya, arus dapat dikelompokkan menjadi arus sangat cepat (>1 m/s), arus cepat (0.5 - 1 m/s), arus sedang (0.1 – 0.5 m/s) dan arus lambat (< 0.1 m/s). Berdasarkan klasifikasi kecepatan tersebut, arus di Kawasan NSTP PPU tergolong arus lambat hingga sedang. Keberadaan arus yang tenang ini juga mendukung tumbuh kembang tanaman mangrove sehingga mampu bertahan hingga dewasa<sup>(15)</sup>. Suhu perairan di Sungai Riko berkisar antara 28°C – 31°C. Kandungan TDS di wilayah penelitian berkisar antara 11,790 mg/L - 21,380 mg/L.



Gambar 3. Mangrove primer jenis *Rhizophora*

### 3.2 Konsep Pengembangan Kawasan NSTP

NSTP PPU merupakan salah satu dari tiga lokasi implementasi konsep Indonesia *Marine Science Center* yang direncanakan dengan fokus utama di bidang Energi kelautan (migas,

mineral, dsb) dan juga Pengendalian Lingkungan (iklim dan cuaca)<sup>(2)</sup>.

Pengelolaan sumberdaya pesisir dan lautan terpadu adalah suatu pendekatan pengelolaan wilayah pesisir yang melibatkan dua atau lebih ekosistem, sumberdaya dan kegiatan pemanfaatan (pembangunan) secara terpadu (*integrated*) guna mencapai pembangunan wilayah pesisir secara berkelanjutan<sup>(16)</sup>. Dengan demikian, perencanaan NSTP ini dilakukan dengan mengakomodir filosofi perpaduan multi ekosistem dengan mengangkat ikon maritim.

Rencana pembagian zona dilakukan dengan mempertimbangkan area utara dan barat yang berbatasan langsung dengan laut, dan area selatan dan timur yang berbatasan langsung dengan kawasan darat.

- Area Utara yang merupakan gerbang/gate akan dialokasikan untuk pembangunan dermaga, dan area di sekitarnya dialokasikan untuk hal-hal yang berhubungan langsung dengan kegiatan kapal riset, seperti workshop, warehouse, riset, sebagian industri, dan beberapa fasilitas umum sebagai penunjang.
- Area Selatan yang berbatasan dengan wilayah darat akan dialokasikan untuk pembangunan fasilitas umum, institusi pendidikan dan hal lain yang erat kaitannya dengan kegiatan sosial kemasyarakatan.
- Area Tengah yang merupakan penghubung area utara dan selatan sekaligus sebagai pusat lokasi IMSTeP di Penajam Paser Utara dialokasikan untuk menjadi lingkungan sosial yang sarat dengan warna kelautan (*iconic*).

Mengacu pada filosofi fungsi dan rencana konseptual<sup>(2)</sup>, kawasan NSTP PPU diilustrasikan sebagai berikut;



Gambar 4 Konseptual Desain Kawasan NSTP PPU

Kawasan NSTP Penajam merupakan kawasan yang dikembangkan di area ekosistem mangrove. Luas kawasan ini secara keseluruhan mencapai 56 Ha. Adapun perencanaan peruntukan dan fungsi kawasan terbagi menjadi 2 kelompok utama yaitu; Kawasan Budidaya dan Kawasan Konservasi. Perencanaan lansekap konservasi cenderung fleksibel dengan adanya tambahan fungsi lainnya, namun tidak meninggalkan tujuan utamanya<sup>(17)</sup>.

Ketentuan yang ditetapkan bahwa area budidaya yang mengubah fungsi kawasan secara keseluruhan tidak boleh melebihi 30% dari luasan area. Terkait kondisi tersebut, zona konservasi akan dibagi menjadi beberapa zona peruntukan yang lebih mendetail yaitu; *green belt/ buffer zone*, Ruang Terbuka Non Hijau (RTNH), dan zona konservasi. Secara detail, uraian pembagian zona peruntukan di kawasan NSTP Penajam sebagai berikut;

#### A. Green belt

*Green belt* (sempadan hijau mangrove) adalah kawasan yang memiliki ketebalan 50 m dari bibir sungai atau kawasan produktif lainnya. Kawasan ini difungsikan sebagai pemisah ekosistem luar dengan zona konservasi. Keberadaan *green belt* selain untuk fungsi pembatasan kontaminan lingkungan, juga dimaksudkan sebagai bentuk mengintegrasikan sebuah komponen lansekap dengan alam<sup>(18)</sup>. Pada bibir sungai, ketebalan *buffer zone* diarahkan mencapai 50 m, sedangkan pada kawasan produktif lainnya diarahkan memiliki ketebalan 25 m. Luasan kawasan *green belt* ini sebesar 14,72 Ha, atau 26 % dari luas kawasan.

#### B. Zona konservasi

Zona konservasi merupakan zona inti yang diperuntukkan untuk menjaga kelangsungan ekosistem mangrove di kawasan NSTP Penajam Paser Utara. Kawasan konservasi dijaga pada kondisi alamnya, baik melalui kegiatan konservasi maupun pemanfaatan ruang yang tidak merubah maupun tidak memberi dampak buruk bagi ekosistem mangrove eksisting. Luasan zona konservasi ini sebesar 15.81 Ha, atau 28% dari luas kawasan.

#### C. RTNH

RTNH merupakan ruang terbuka semi terbangun, dimana terjadi perubahan tutupan lahan dari vegetasi asli, namun difungsikan sebagai ruang terbuka.

#### D. Zona Budidaya

Zona budidaya merupakan zona selain kawasan RTH, yang terdiri dari tapak bangunan,

dermaga, jalan raya, *track*, perkerasan tapak, dll. Total luasan kawasan ini mencapai 14.30 Ha, atau sebesar 25% dari luas kawasan.

Tabel 2 Penggunaan Lahan

No	Zona	Luas (Ha)	Persentase
1	Buffer Zone	14.72	26%
2	Konservasi Mangrove	15.81	28%
3	RTNH	11.62	21%
Total Kaw Konservasi		42.15	75%
1	Track	2.44	4%
2	Jalan Raya	6.36	11%
3	Bangunan	5.50	10%
Total Kaw Budidaya		14.30	25%

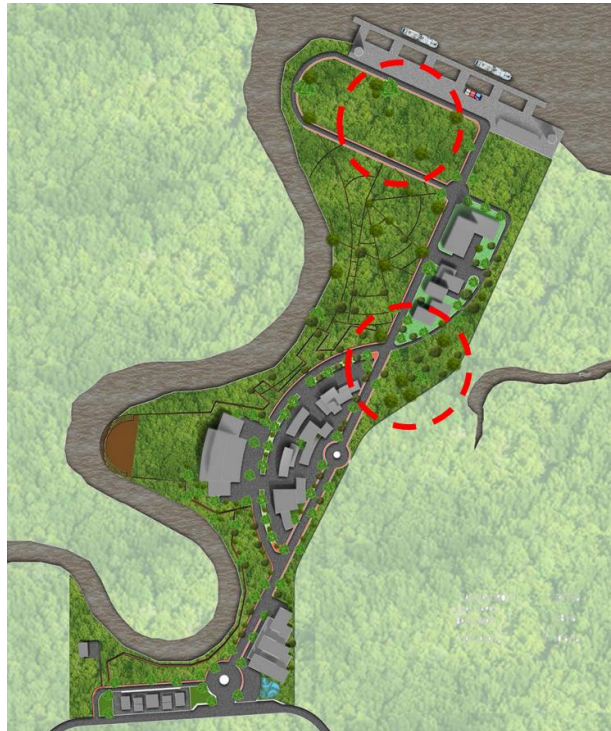
### 3.3 Strategi Rekayasa Lingkungan

Untuk mewujudkan ekosistem mangrove yang mampu beradaptasi dan berkelanjutan di kawasan NSTP, diperlukan beberapa strategi rekayasa lingkungan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas kawasan yang telah direncanakan. Beberapa kemungkinan pengembangan kawasan mangrove yang didasarkan pada studi kerusakan mangrove di Asia Tenggara, yaitu fungsi penelitian, pengembangan fungsi ekologis untuk keanekaragaman hayati, edukasi, rekreasi dan pariwisata<sup>(19,20)</sup>.

Keberadaan infrastruktur dasar berupa perkerasan jalan sebagai penunjang aksesibilitas di kawasan NSTP PPU selain dapat berakibat positif juga dapat berakibat negatif. Pada perspektif lain, penyelamatan lingkungan pada era global hendaknya mengadopsi konsep *green infrastructure* yang tidak hanya memberikan dampak positif terhadap lingkungan, tapi juga nilai tambah bagi lingkungan sosial<sup>(21)</sup>. Dengan demikian, terdapat peluang perbaikan terhadap konsptual desain kawasan NSTP yang didasarkan pada analisis ilmiah.

Mengacu pada konsep dan *masterplan* pengembangan, masih terdapat kelemahan dalam desain ditinjau dari perspektif lingkungan yaitu keberlanjutan mangrove di tengah area perencanaan. Hal ini dikarenakan adanya perubahan tutupan lahan menjadi area perkerasan jalan yang menghalangi pergerakan air dan mengakibatkan penurunan nutrisi tanah. Sebagaimana disebutkan pada bagian sebelumnya, kawasan konservasi ditujukan sebagai area percontohan yang memiliki filosofi mempertahankan keberadaan mangrove. Sehingga, ada bagian konseptual desain tersebut yang bertentangan dengan filosofi desain.





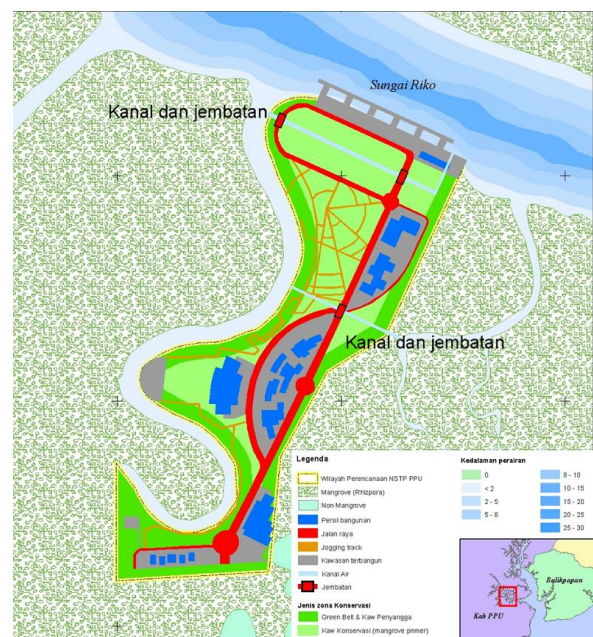
Gambar 5 Lokasi Terisolir pada Rencana NSTP

Pentingnya konsep *green infrastructure* dalam upaya penyelamatan lingkungan di era perubahan iklim, harus diwujudkan dalam proses pembangunan yang tidak merusak ekosistem<sup>(22)</sup>. Berkenaan dengan permasalahan kerentanan habitat pesisir, baik dikarenakan adanya faktor alam maupun manusia, maka strategi atau konsep dapat diterapkan yaitu *green infrastructure* yang bersifat adaptif sekaligus melindungi, serta pengaturan sosial yang tercermin melalui pengaturan aktivitas NSTP. Untuk dapat bertahan hidup, mangrove membutuhkan air dan nutrisi yang cukup. Namun, pada kasus-kasus reklamasi, ekosistem mangrove menjadi terganggu karena tidak adanya air yang memadai, adanya pencemaran, hingga intervensi habitat langsung oleh manusia<sup>(23)</sup>. Keberadaan desain jalan raya yang menimbun tanaman mangrove dan menghalangi pergerakan air dapat mengakibatkan degradasi ekosistem mangrove. Untuk itu diperlukan adanya infrastruktur lingkungan pendukung habitat mangrove antara lain kanal maupun jembatan.

Terdapat 2 (dua) lokasi yang diarahkan menggunakan sistem kanal dan jembatan untuk mengalirkan air yaitu pada segmen jalan dekat dengan dermaga, dan pada segmen jalan di gedung dan perkantoran. Ketentuan khusus yang dibuat untuk kondisi ini adalah;

- a. keberadaan jalan tidak boleh menghalangi pergerakan air,
- b. diperlukan jembatan untuk mengalirkan air dari sungai hingga ke dalam.

Dalam perspektif teknis konstruksi jalan, pembangunan di area mangrove dilakukan dengan melakukan pengurukan tanah, kemudian dipadatkan, dan diberi perkerasan aspal. Hal ini tentunya berakibat pada terisolirnya mangrove di tengah kawasan tersebut. Akibatnya, mangrove akan kekurangan air yang pada akhirnya justru akan mengganggu ekosistem mangrove tersebut. Rekayasa lingkungan yang dapat dilakukan adalah penambahan kanal. Penambahan kanal dilakukan untuk memberikan ruang sirkulasi air dari bibir sungai sampai ke dalam kawasan.



Gambar 6 Konsep rekayasa lingkungan

Bentuk dan dimensi kanal dalam kawasan direncanakan berukuran lebar minimal 10 m dengan kedalaman 6 m. Berdasarkan hasil analisa, diketahui bahwa panjang 2 (dua) buah kanal yang dibutuhkan mencapai 500 m dan 250 m. Dengan demikian, sirkulasi air masih dapat terjadi meskipun arus sungai tergolong lambat.

Strategi lain yang dilakukan adalah zonasi. Aturan zonasi untuk setiap zona peruntukkan didasarkan pada pertimbangan ekologis dan kesesuaian fungsi zona dengan aktivitas yang akan dilakukan. Dalam pelaksanaannya ketentuan ini difungsikan untuk mengatur aktivitas yang berlangsung baik pada masa kini maupun masa datang. Aturan ini dapat mengadopsi aturan zonasi yang telah ada<sup>(24)</sup>. Filosofi utamanya adalah mengatur jenis-jenis aktivitas yang diperbolehkan di dalamnya.

Contoh ketentuan zonasi yang dapat dilakukan sebagai berikut;

Table 3. Ketentuan Zonasi

No	Kegiatan	Zona Budidaya	Zona Lindung	
			Zona konservasi	Green belt
A Hunian				
1	Rumah dinas/ asrama	T	X	X
B Perdagangan dan jasa				
1	Kantin	I	X	X
2	Toko / Swalayan	I	X	X
C. Fungsi Perkantoran				
1	Kantor Manajemen	I	X	X
2	Laboratorium	I	B	X
3	Sarana edukasi lingkungan	I	B	B
D Fasilitas Umum				
1	Kesehatan	I	X	X
2	Ibadah	I	X	X
3	Lapangan olahraga	I	X	X
4	Jogging track	I	T	T
5	Pergudangan	I	X	X
E Infrastruktur Dasar				
1	Jalan raya	I	B	B
2	Dermaga	I	X	B
3	Air bersih	I	T	T
4	IPAL	I	X	X

Keterangan I (diizinkan) B (bersyarat) T (terbatas) X (dilarang)

Adapun penjelasan aktivitas pada masing-masing kelompok sebagai berikut;

a) Kawasan hunian

Kawasan hunian yang dimaksudkan adalah kawasan mess/ asrama/ tempat tinggal yang bersifat terbatas pada karyawan NSTP. Adapun lokasi yang diperbolehkan adalah pada zona budidaya, selebihnya tidak diperkenankan membuat pengembangan fungsi hunian pada kawasan konservasi. Detail luasan maupun koefisien dapat menyesuaikan kondisi yang ada, dengan syarat tidak memberikan dampak negative pada ekosistem mangrove sekitar.

b) Kawasan perdagangan dan jasa

Jenis aktivitas yang mungkin ditemui adalah adanya kantin dan swalayan untuk memenuhi kebutuhan karyawan. Adapun lokasi yang diperbolehkan adalah pada zona budidaya, dan menyatu dengan bangunan utama, selebihnya tidak diperkenankan membuat pengembangan fungsi perdagangan dan jasa pada kawasan konservasi. Detail luasan maupun koefisien dapat menyesuaikan kondisi yang ada, dengan syarat tidak memberikan dampak negative pada ekosistem mangrove sekitar

c) Kawasan perkantoran

Aktivitas perkantoran merupakan salah satu aktivitas yang ditemui di kawasan NSTP PPU, dalam kelompok ini dibagi menjadi aktivitas manajemen dan laboratorium. Pada kelompok aktivitas perkantoran manajemen, aktivitas ini hanya diperbolehkan pada kawasan budidaya. Sedangkan pada aktivitas laboratorium, sifatnya bersyarat dan dapat dilakukan pada kawasan konservasi. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi untuk fungsi laboratorium adalah;

- Memenuhi persyaratan kajian lingkungan
- Aktivitas laboratorium terkait konservasi lingkungan
- Tidak memberikan dampak negative berupa sifat *toxic* dan pencemar, maupun perubahan parameter air, tanah dan udara.
- Memiliki fasilitas pengolahan limbah yang terintegrasi

Sedangkan untuk fasilitas edukasi lingkungan, beberapa persyaratan yang dikenakan terkait kawasan konservasi yaitu;

- Memenuhi persyaratan kajian lingkungan
- Bangunan dapat diletakkan pada kawasan lindung dengan syarat pembatasan fungsi, *sebagai open hall* edukasi mangrove
- Desain dan konstruksi bangunan menggunakan pendekatan natural
- Luasan tidak lebih dari 200 m<sup>2</sup>



d) Fasilitas Umum

Jenis fasilitas umum yang dapat ditemui pada kawasan NSTP adalah fasilitas ibadah, kesehatan, lapangan olahraga, *jogging track*, dan pergudangan. Kesemua fasilitas dan aktivitas di dalamnya boleh dilakukan pada kawasan budidaya. Pada kawasan lindung dan *buffer zone*, keberadaan *jogging track* diperbolehkan dengan sifat terbatas. Beberapa ketentuan yang dikenakan terkait keberadaan *jogging track* adalah;

- a. Tidak merusak ekosistem mangrove
- b. *Jogging track* dibangun diatas/ diantara tumbuhan mangrove
- c. Lebar *jogging track* yang diperbolehkan adalah 2-3 m
- d. Memiliki ketinggian dari pasang surut 3 m
- e. Desain dan konstruksi bangunan menggunakan pendekatan alami

e) Infrastruktur dasar

Pembangunan infrastruktur pada kawasan NSTP tidak dapat dihindari, terlebih keberadaan infrastruktur dasar untuk menunjang aktivitas dan fungsi kawasan. Secara umum, ditemui beberapa infrastruktur dasar yang direncanakan yaitu; jalan raya, dermaga, jaringan air bersih, dan IPAL. Secara umum, seluruh aktivitas tersebut diperbolehkan pada kawasan budidaya. Namun demikian, hasil samping atau limbah tidak diperbolehkan dibuang langsung ke ekosistem mangrove karena akan menyebabkan kerusakan tanaman mangrove, maupun ketidakseimbangan ekosistem yang ada di dalamnya<sup>(25, 26)</sup>.

#### 4. KESIMPULAN

Dengan karakteristik ekosistem mangrove yang masih alami, diperlukan rekayasa desain kawasan yang lebih ramah lingkungan. Pendekatan sirkulasi air menjadi fokus utama, di mana masih diperlukannya sistem kanal untuk menjangkau kawasan mangrove di tengah area yang terkonversi. Untuk menjaga kelestarian ekosistem, luasan area terbangun diarahkan tidak melebihi 30% dari total kawasan. Dengan demikian aktivitas didalamnya tidak merubah wajah ekosistem sekitarnya. Keberadaan NSTP diharapkan tidak hanya membawa manfaat ekonomi, tapi juga manfaat ekologi.

#### PERSANTUNAN

Ucapan terimakasih ditujukan kepada seluruh anggota Kegiatan NSTP 2016 Kabupaten Penajam Paser Utara Penghargaan tertinggi saya sampaikan kepada Dr. Rudi Nugroho yang atas dukungan dan bimbingan

yang diberikan selama melaksanakan kegiatan ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Bappenas. (2013). Analisis Kesenjangan Antar Wilayah Indonesia. Kementerian PPN; Jakarta
2. Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi. (2014). Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan. Kementerian Ristekdikti; Jakarta
3. Dahuri, R. (2003). Keanekaragaman Hayati Laut. PT. Gramedia: Jakarta
4. Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: are they related?. *Progress in human geography*, 24(3), 347-364.
5. Hoiling, C. S., Schindler, D. W., Walker, B. W., & Roughgarden, J. (1997). Biodiversity in the functioning of ecosystems: an ecological synthesis. *Biodiversity loss: economic and ecological issues*, 44.
6. Chen, L., Wang, W., Zhang, Y., & Lin, G. (2009). Recent progresses in mangrove conservation, restoration and research in China. *Journal of Plant Ecology*, 2(2), 45-54.
7. Emerton, L. (2009). Investing in Natural Infrastructure: the Economic Value of Indonesia's Marine Protected Areas and Coastal Ecosystems, Coral Triangle Initiative. *The Nature Conservancy. (TNC), Denpasar*.
8. Chaves, F.O. et al. 2009. Maintenances of mangrove forest through the conservation of coastal ecosystems. *Journal of Coastal Research – Special Issue 56, 2009. ISSN 0749-0258*
9. Soares, M. L. G. (2009). A conceptual model for the responses of mangrove forests to sea level rise. *Journal of coastal research*, 267-271.
10. Nybakken, J. W. (1992). *Biologi Laut : Suatu pendekatan ekologis* (Terjemahan oleh : M. Eidman, Koesoebiono dan D. G. Bengen, M. Hutomo dan Sukristijono). Penerbit PT. Gramedia. Jakarta. Indonesia.
11. Kusmana C, Istomo, Wibobo C. (2008). *Manual Silvikultur Mangrove di Indonesia*. Departemen Kehutanan Republik Indonesia dan Korea International Cooperation Agency (KOICA). Jakarta (ID): Korea International Cooperation Agency (KOICA) The Rehabilitation Mangrove Forest ana Coastal Area damaged By Tsunami in Aceh Project.

12. Odum, E.P. (1993). *Dasar-dasar Ekologi*. Diterjemahkan oleh T. Samingan. Gajah Mada University press. Yogyakarta.
13. Kusmana, C. (1995). *Manajemen hutan mangrove Indonesia*. Lab Ekologi Hutan. Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, IPB. Bogor
14. Alwidakdo, A., Azham, Z., & Kamarubayana, L. (2014). Studi pertumbuhan mangrove pada kegiatan rehabilitasi hutan mangrove di Desa Tanjung Limau Kecamatan Muara Badak Kabupaten Kutai Kartanegara. *AGRIFOR*, 13(1), 11-18
15. Kusmana C, Wilarso S, Hilwan I, Pamoengkas P, Wibowo C, Tiryana T, Triswanto A, Yunasfi, Hamzah. (2003). *Teknik Rehabilitasi Mangrove*. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. 177 Hal
16. Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S. P., & Sitepu, M. J. (1996). *Pengelolaan sumberdaya wilayah pesisir dan lautan secara terpadu*. Pradnya Paramita, Jakarta, 305.
17. Garrett, Eckbo. (1995). *The Art of Home Landscaping*. Mc. Graw Hill Book Company, New York
18. Haughton, Graham (2003). *Sustainable Cities*. —(Regional Policy & Development Series; Vol. 7). Routhledge: Newyork
19. Hsiang, L. L. (2000). Mangrove conservation in Singapore: A physical or a psychological impossibility?. *Biodiversity & Conservation*, 9(3), 309-332.
20. Wati, Nuria., Bambangbanu Siswoyo., Ludhiwisnu Wardana., (2016). *Development Strategy of Mangrove Conservation and Ecotourism Beejay Bakau Resort*. IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM) Volume 18, Issue 5 .Ver. I (May. 2016), PP 116-122
21. Arkema, K. K., Verutes, G. M., Wood, S. A., Clarke-Samuels, C., Rosado, S., Canto, M., ... & Faries, J. (2015). Embedding ecosystem services in coastal planning leads to better outcomes for people and nature. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(24), 7390-7395.
22. Ruckelshaus, M. H., Guannel, G., Arkema, K., Verutes, G., Griffin, R., Guerry, A., ... & Rosenthal, A. (2016). Evaluating the benefits of green infrastructure for coastal areas: Location, location, location. *Coastal Management*, 44(5), 504-516.
23. Subramanian, A. N., & Vannucci, M. (2004). Status of Indian mangroves: pollution status of the Pichavaram mangrove area, south-east coast of India. *Mangrove management and conservation*. United Nations University Press, Tokyo, 59-75.
24. Departemen Pekerjaan Umum. (2006). *Konsep Dasar Panduan Penyusunan Peraturan Zonasi Wilayah Perkotaan*. Jakarta
25. Bartolini, F., Cimò, F., Fusi, M., Dahdouh-Guebas, F., Lopes, G. P., & Cannicci, S. (2011). The effect of sewage discharge on the ecosystem engineering activities of two East African fiddler crab species: consequences for mangrove ecosystem functioning. *Marine environmental research*, 71(1), 53-61.
26. Mohamed, M. O. S. (2008). *Are peri-urban mangrove forests viable? Effects of domestic sewage pollution on the structure and development of the mangroves of Mombasa (Kenya)*(Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis, Vrije Universiteit Brussel–Université Libre de Bruxelles, Belgium).