



## Studi Pengembangan Potensi Pantai Firdaus Di Kecamatan Kema Kabupaten Minahasa Utara

Meivitha M. Rimbing<sup>#a</sup>, M. Ihsan Jasin<sup>#b</sup>, Jeffry D. Mamoto<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>a</sup>meivitharimbing@gmail.com, <sup>b</sup>sanyjasin02@yahoo.com, <sup>c</sup>jeffrymamoto@unsrat.ac.id

### Abstrak

Pantai Firdaus terletak di kecamatan Kema, Kabupaten Minahasa Utara adalah pantai yang disepanjang pesisirnya dilewati jalan penghubung antara kabupaten Minahasa Utara dan Minahasa, selain itu wilayah pesisir yang memiliki pasir hitam itu juga dijadikan masyarakat sebagai tempat bersandarnya kapal-kapal nelayan sehingga dapat dikatakan pantai Firdaus ini memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan. Studi pengembangan potensi wilayah pantai harus dilakukan dengan mengumpulkan data sekunder berupa data angin, data gelombang, data pasang surut, juga melalui software penunjang yang ada. Kemudian data tersebut di analisis sehingga didapatkan potensi apa yang dapat dikembangkan di wilayah pantai Firdaus. Berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap wilayah Pantai Firdaus menggunakan data gelombang dan angin (masa lalu) 5 tahun, maka diperoleh hasil Tinggi gelombang signifikan ( $H$ ) = 0.746 meter, periode gelombang signifikan ( $T$ ) = 4.365 detik dan tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) = 0.946 meter. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan pantai Firdaus memiliki tinggi gelombang yang relative rendah sehingga sangat aman dikembangkan untuk kegiatan masyarakat, ditunjang juga dengan lokasi Pantai yang mudah untuk diakses membuat wilayah Pantai Firdaus sangat strategis untuk Pariwisata, dan sesuai juga dengan RTRW Kabupaten Minahasa Utara yang merencanakan strategi pengembangan wisata pantai dan bahari di kecamatan Kema.

*Kata kunci: Pantai Firdaus, potensi pantai, beach nourishment*

### 1. Pendahuluan

#### 1.1. Latar Belakang

Provinsi Sulawesi Utara adalah salah satu provinsi yang memiliki beberapa kawasan pantai, baik di bagian utara maupun bagian selatan. Wilayah pantai ini merupakan wilayah yang memiliki potensi ekonomi, sosial, dan lingkungan. Daerah wilayah pantai Firdaus ini dapat memberikan kontribusi terhadap pembangunan ekonomi, terutama dalam sektor pariwisata dan perikanan.

Pantai Firdaus terletak di desa Kema Dua, Kecamatan Kema, Kabupaten Minahasa Utara. Jarak dari kota Manado sekitar 30 kilometer dan dapat ditempuh dengan perjalanan darat dengan waktu tempuh sekitar 40 menit dengan berkendara dengan kecepatan normal, wilayah pantai ini memiliki kawasan wisata pantai dengan adanya pondok-pondok serta fasilitas alat rekreasi pantai, selain itu wilayah pesisir pantai ini juga dijadikan masyarakat sebagai tempat bersandarnya kapal-kapal nelayan sehingga dapat dikatakan pantai Firdaus ini memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan.

Untuk itu, dengan kondisi tersebut tentunya membutuhkan pengembangan potensi wilayah pantai untuk mengetahui dan memaksimalkan potensi di wilayah pantai agar dapat memberikan dampak positif dan daya tarik untuk perkembangan wilayah pantai tersebut.

#### 1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penyusunan studi ini sebagai berikut:

- a. Bagaimana mengidentifikasi pengembangan potensi pantai Firdaus?
- b. Apa saja potensi yang bisa dikembangkan di pantai Firdaus?.

### 1.3. Batasan Masalah

Dalam penulisan ini, masalah dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan di Kawasan Pantai Firdaus, Desa Kema, Kecamatan Kema, Kabupaten Minahasa Utara
2. Penelitian ini dilakukan hanya akan membahas potensi pantai dari kondisi pantai
3. Perencanaan pengaman pantai menggunakan data yang sudah ada
4. Tidak memperhitungkan Rencana Anggaran Biaya

### 1.4. Tujuan Penelitian

Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengembangan potensi pantai Firdaus Kema agar dapat dikembangkan dengan optimal.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh pengetahuan mengenai pengembangan potensi pantai
2. Untuk mengetahui kendala-kendala yang dihadapi dalam pengembangnya
3. Sebagai bahan refrensi dalam mempelajari mengenai pengembangan potensi pantai

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Lokasi Penelitian

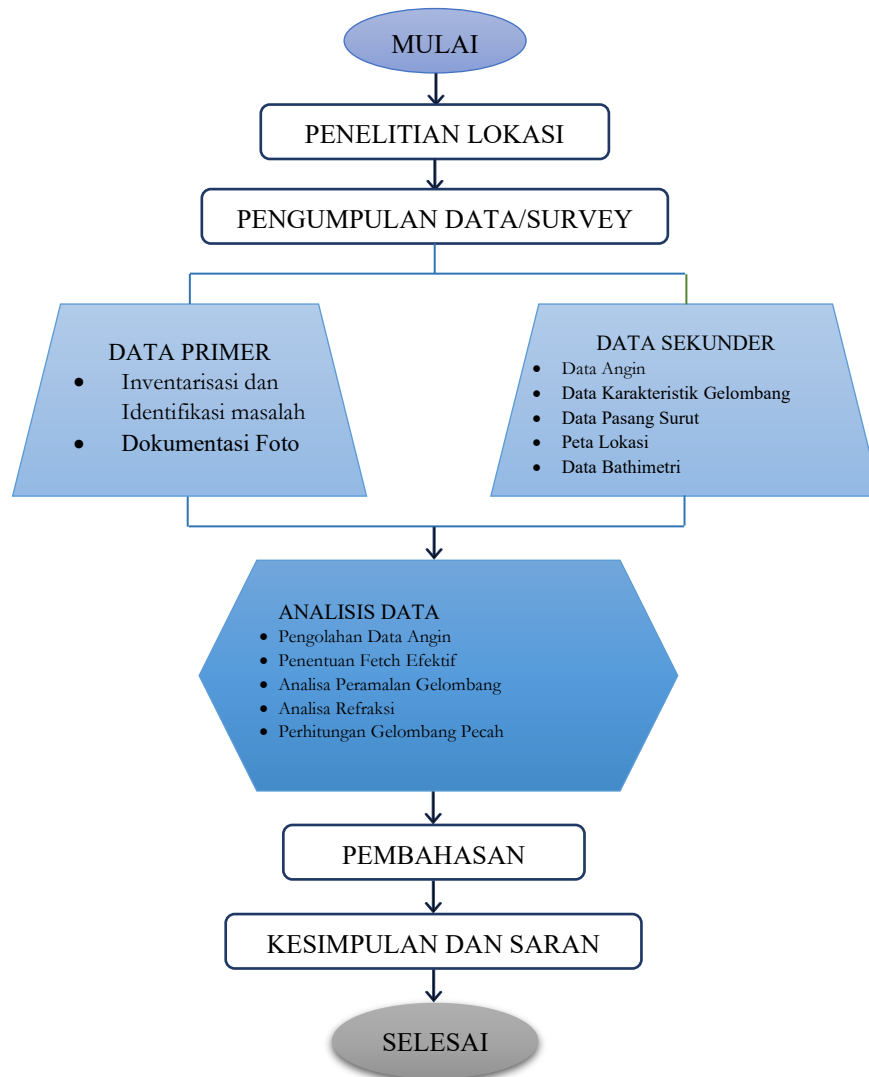
Penelitian ini dilaksanakan pada daerah pantai Firdaus, Kecamatan Kema, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Secara geografis Pantai Firdaus terletak pada 1°22'00"N125°04'41"E.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian (Google Earth)

## 2.2. Bagan Alir Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan menurut alur pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

## 3. Hasil Dan Pembahasan

### 3.1. Perhitungan Pasang Surut Dengan Metode Admiralty

Tabel 1 merupakan data pengukuran langsung pasang surut Pantai Firdaus, Kecamatan Kema, Minahasa Utara selama 15 hari dalam interval waktu 1 jam yang diperoleh dari Pangkalan Utama TNI AL VIII Kairagi, dengan hasil sebagai berikut ;

**Air Tertinggi : 2.1m**

**Air terendah : 0.5 m**

### 3.2. Penentuan Tipe Pasang Surut

Dengan menggunakan metode *Admiralty* maka dapat ditentukan tipe pasang surut yang terjadi di Pantai Firdaus Kema dengan menggunakan angka pasang surut "F" (*tide form number "Formzahl"*). Dimana F ditentukan sebagai berikut :

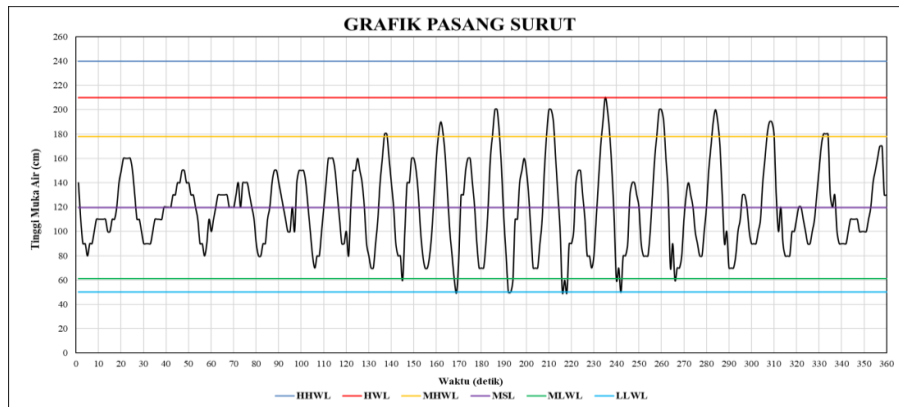
$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = 0.135$$

Pasang Surut termasuk tipe **harian ganda** (*semi diurnal tide*) dengan nilai **F<0,25**, dimana **F=**

0,135

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Pasang Surut

No	Tanggal	Jam																								Jumlah	Bacaan
		1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Bacaan	Rerata/jam	
1	1-Nov-2022	1.4	1.1	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	28.1	1.17
2	2-Nov-2022	1.5	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	28.2	1.18
3	3-Nov-2022	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	28.2	1.18
4	4-Nov-2022	1.2	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.2	28.1	1.17
5	5-Nov-2022	1.0	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.6	1.6	1.5	1.3	1.1	0.9	0.9	1.0	28.6	1.19
6	6-Nov-2022	0.8	1.2	1.5	1.5	1.6	1.5	1.4	1.2	0.9	0.8	0.7	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	1.8	1.6	1.4	1.2	0.9	0.8	0.8	29.1	1.21
7	7-Nov-2022	0.6	1.0	1.4	1.4	1.6	1.6	1.5	1.3	1.0	0.8	0.7	0.7	0.8	1.0	1.3	1.6	1.8	1.9	1.8	1.6	1.3	1.0	0.8	0.6	29.1	1.21
8	8-Nov-2022	0.5	0.8	1.3	1.3	1.5	1.6	1.6	1.4	1.2	0.9	0.7	0.7	0.7	0.9	1.2	1.6	1.8	2.0	2.0	1.8	1.5	1.1	0.8	0.5	29.4	1.23
9	9-Nov-2022	0.5	0.6	1.1	1.1	1.4	1.5	1.6	1.5	1.3	1.0	0.8	0.7	0.7	0.9	1.1	1.5	1.8	2.0	2.0	1.9	1.6	1.3	1.0	0.5	29.4	1.23
10	10-Nov-2022	0.6	0.5	0.9	0.9	1.2	1.4	1.5	1.5	1.3	1.1	0.9	0.8	0.7	0.8	1.1	1.4	1.7	1.9	2.1	2.0	1.8	1.5	1.1	0.6	29.3	1.22
11	11-Nov-2022	0.7	0.5	0.8	0.8	1.0	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0	0.8	0.8	0.8	1.0	1.3	1.6	1.8	2.0	2.0	1.9	1.6	1.3	0.7	29	1.21
12	12-Nov-2022	0.9	0.6	0.7	0.7	0.9	1.1	1.3	1.4	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7	1.9	2.0	1.9	1.7	1.4	0.9	28.8	1.20
13	13-Nov-2022	1.0	0.7	0.7	0.7	0.8	1.0	1.1	1.3	1.3	1.2	1.1	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.0	28.7	1.20
14	14-Nov-2022	1.2	0.9	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.8	1.8	1.8	1.6	1.2	28.7	1.20
15	15-Nov-2022	1.3	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.6	1.3	28.4	1.18	



Gambar 3. Grafik Pasang Surut Pantai Firdaus

Tabel 2. Komponen Pasang Surut Hasil Analisis untuk Lokasi Pengukuran di Pantai Firdaus Kema

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	120	32	26	6	23	13	1	4	7	8
g°	0.00	52.6	215.3	301.7	324.0	50.6	3.9	243.9	215.3	324.0

3.3. Penentuan Elevasi Muka Air

Tabel 3. Elevasi Muka Air

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	239.75
HWL	cm	210.00
MHWL	cm	177.90
MSL	cm	119.56
MLWL	cm	61.21
LLWL	cm	50.00
Z0	cm	120.19

### 3.4. Perhitungan Angin, Arah Angin dan Tekanan Angin

Perhitungan yang angin pada Tabel 4 menggunakan data yang diambil dari BMKG Kota Bitung pada Pantai Firdaus, Kecamatan Kema, Minahasa Utara.

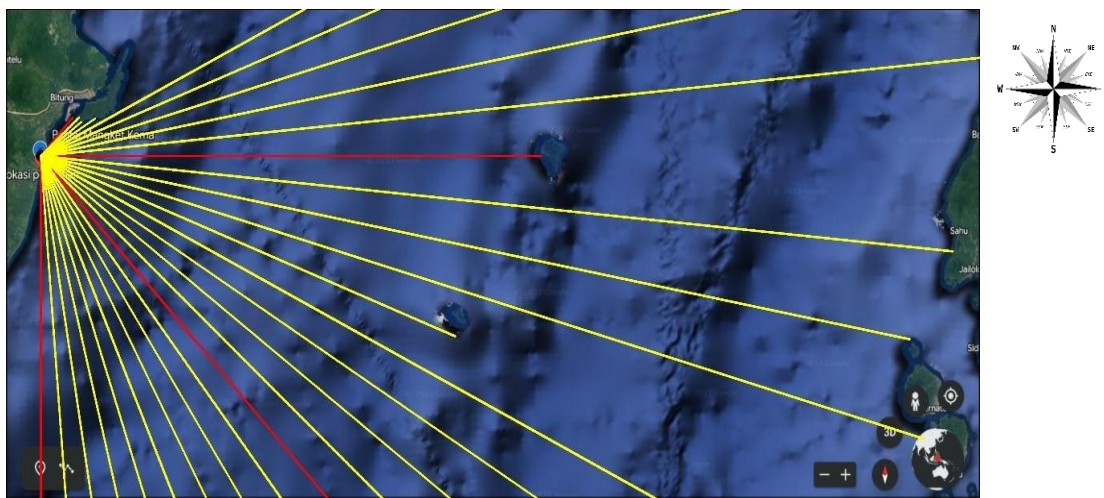
**Tabel 4.** Perhitungan Tegangan Angin Tahun 2020

Perhitungan Wind Stress Factor Pada Tahun 2020					Z = ±	10
					RT	1.1
Bulan	Arah	Uz	Uz ( BULAT )	$U_{10} = Uz \left( \frac{10}{Z} \right)^{\frac{1}{7}}$	R <sub>L</sub>	U <sub>A</sub> = R <sub>T</sub> . R <sub>L</sub> . U <sub>10</sub>
<b>2020</b>						
Januari	SE	2.532	2.5	2.53	1.68	4.68
Februari	SE	3.116	3.1	3.12	1.61	5.52
Maret	SE	2.414	2.4	2.41	1.69	4.49
April	SE	1.854	1.9	1.85	1.79	3.65
Mei	S	2.017	2	2.02	1.78	3.95
Juni	S	2.500	2.5	2.50	1.68	4.62
Juli	S	2.764	2.8	2.76	1.63	4.96
Agustus	S	3.426	3.4	3.43	1.56	5.88
September	S	2.538	2.5	2.54	1.68	4.69
Oktober	S	2.272	2.3	2.27	1.7	4.25
November	S	1.797	1.8	1.80	1.8	3.56
Desember	SW	1.664	1.7	1.66	1.83	3.35

### 3.5. Hindcasting Geombang

Berdasarkan interpretasi fetch (Gambar 4) dibuat perhitungan untuk lokasi Pantai Firdaus, Kecamatan Kema, Minahasa Utara yang ditampilkan dalam Tabel 5. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa:

- Fetch efektif total = 526,270 km
- Fetch efektif dominan = 200,000 km, dari arah Tenggara



**Gambar 4.** Fetch Lokasi Penelitian

**Tabel 5.** Perhitungan Fetch Aktif

PERHITUNGAN FETCH	
Feff (total)	<b>526.270</b>
Feff (dominan)	<b>200.000</b>

**Tabel 6.** Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode

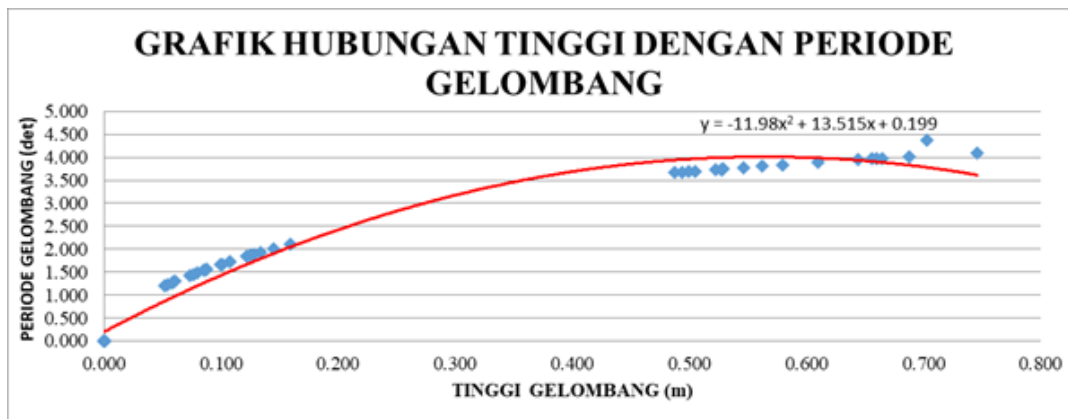
Bulan	H – T	Arah Datang Gelombang			Max Tiap Bulan		
			E	SE	S	Arah	H – T
JANUARI	H (m)		0.159			E	<b>0.159</b>
	T (det)		2.099				<b>2.099</b>
FEBRUARI	H (m)			0.703		SE	<b>0.703</b>
	T (det)			4.365			<b>4.365</b>
MARET	H (m)		0.144		0.528	S	<b>0.528</b>
	T (det)		2.001		3.741		<b>3.741</b>
APRIL	H (m)		0.085	0.087	0.054	SE	<b>0.087</b>
	T (det)		1.537	1.556	1.229		<b>1.556</b>
MEI	H (m)				0.125	S	<b>0.125</b>
	T (det)				1.863		<b>1.863</b>
JUNI	H (m)				0.579	S	<b>0.579</b>
	T (det)				3.834		<b>3.834</b>
JULI	H (m)				0.665	S	<b>0.665</b>
	T (det)				3.978		<b>3.978</b>
AGUSTUS	H (m)				0.746	S	<b>0.746</b>
	T (det)				4.102		<b>4.102</b>
SEPTEMBER	H (m)				0.688	S	<b>0.688</b>
	T (det)				4.014		<b>4.014</b>
OKTOBER	H (m)				0.494	S	<b>0.494</b>
	T (det)				3.674		<b>3.674</b>
NOVEMBER	H (m)				0.080	S	<b>0.080</b>
	T (det)				1.490		<b>1.490</b>
DESEMBER	H (m)						<b>0.000</b>
	T (det)						<b>0.000</b>
MAX TIAP ARAH	H (m)		<b>0.159</b>	<b>0.703</b>	<b>0.746</b>	SE	<b>0.746</b>
	T (det)		<b>2.099</b>	<b>4.365</b>	<b>4.102</b>		<b>4.365</b>

Berdasarkan rekapitulasi pada Tabel 6, didapatkan nilai

- Tinggi Gelombang (H) = 0,746 m
- Periode Gelombang (T) = 4,365 det

### 3.6. Analisis Transformasi Gelombang

Untuk memperoleh periode gelombang maksimum berdasarkan perubahan kedalaman, maka dibuat hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum (5 tahun data masukan) yang telah dihitung dengan metode hindcasting untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan.



**Gambar 5.** Hubungan Tinggi dengan Periode Gelombang

Berikut merupakan hasil perhitungan Shoaling berdasarkan grafik hubungan.

**Tabel 8.** Perhitungan Shoaling untuk Arah Tenggara

Lo	d/Lo	d/L	L	no	N	Kr	Ks	H
20.384	0.491	0.493	20.284	0.500	0.513	1.003	0.980	0.733
24.608	0.325	0.335	23.893	0.500	0.563	1.019	0.915	0.684
23.164	0.216	0.239	20.950	0.500	0.650	1.063	0.851	0.618
20.996	0.095	0.137	14.640	0.500	0.819	1.223	0.876	0.662
22.477	0.044	0.077	12.920	0.500	0.911	1.334	0.954	0.843
27.099	0.018	0.055	9.166	0.500	0.963	1.727	1.535	2.236

Analisis berikutnya dibuat pada Tabel. 9

**Tabel 9.** Perhitungan Refraksi Untuk Arah Tenggara

a <sub>o</sub>	d	Ho	T	Lo	d/Lo	d/L	L	Co	C	sin a	A	cos a/cos a	Kr
45	10	0.746	3.615	20.384	0.491	0.4930	20.284	5.639	5.611	0.704	44.719	1.006	1.003
44.7186	8	0.733	3.972	24.608	0.325	0.3348	23.893	6.196	6.016	0.683	43.095	1.038	1.019
43.0947	5	0.684	3.853	23.164	0.216	0.2387	20.950	6.011	5.437	0.618	38.164	1.129	1.063
38.1643	2	0.618	3.669	20.996	0.095	0.1366	14.640	5.723	3.991	0.431	25.523	1.495	1.223
25.5226	1	0.662	3.796	22.477	0.044	0.0774	12.920	5.922	3.404	0.248	14.339	1.780	1.334
14.3392	0.5	0.843	4.168	27.099	0.018	0.0546	9.166	6.502	2.199	0.084	4.805	2.984	1.727

### 3.7. Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Minahasa Utara

Sesuai dengan RTRW Kabupaten Minahasa Utara Tahun 2013-2014, Bab II, Bagian Ketiga tentang “Strategi Penataan Ruang” Pasal IV di point keempat

- (4) Strategi pengembangan wisata pantai, wisata berbasis agro, wisata alam, wisata budaya serta wisata rohani sebagaimana dimaksud dalam pasal 3 huruf d, terdiri atas :
- mengembangkan wisata pantai dan bahari Likupang Timur, Likupang Barat, Wori dan **Kema** dengan eksotisme lokasi sebagai daya tarik wisata;
  - mengembangkan kegiatan pariwisata di pulau-pulau kecil secara terbatas dan terkendali yang disesuaikan dengan daya dukung dan daya tampung lingkungan serta melibatkan masyarakat setempat

Dan juga pada Bab IV, Bagian Ketiga tentang “Kawasan Budidaya”, paragraf ke delapan tentang “Kawasan Peruntukan Pariwisata” Pasal 56 di point ke dua terdapat Pantai Firdaus.

- (2) Kawasan pariwisata alam sebagaimana yang dimaksud pada ayat (1) huruf a, terdapat di Pulau Bangka, Pulau Sahaung, Pantai Surabaya, Pantai Kalinaun, Pantai Pal, Pantai Pulisan, Pemandian Air Panas Wineru di Kecamatan Likupang Timur, Pulau Gangga, Pulau Lihaga, Pulau Tindila, Pulau Paniki, Pantai Batuline, Pantai Patuku di Kecamatan Likupang Barat, Air Terjun Kokoleh di Kecamatan Likupang Selatan, Pantai Makalisung, Pantai Batu Nona/Pantai Kaburukan, Pantai Tasik Oki, **Pantai Firdaus**, Air Terjun Paseki di Kecamatan Kema, Arung Jeram Sungai Tondano, Pemandian Air Panas Tanggari, Gunung Klabat di Kecamatan Airmadidi, Air Terjun Tunan di Kecamatan Talawaan, Danau Zepper, Batu Konde, Air Terjun Dano Tua di Kecamatan Kauditan, Pulau Naen dan Pulau Mantehage di Kecamatan Wori dan wisata bahari di Pulau dan Pesisir Minahasa Utara;

Sehingga dapat dikatakan pantai Firdaus yang berada di Kecamatan Kema akan dikembangkan untuk wisata pantai dan bahari.

### 3.8. Penentuan Potensi Pantai Firdaus

Perlu adanya penataan ulang dengan mempertimbangkan prioritas akan kebutuhan

wisatawan di kawasan pantai Firdaus ini, hal tersebut akan sangat berpengaruh untuk pengembangannya, sehingga wisatawan dapat merasakan value dari sebuah kawasan pantai Firdaus ini.

### 3.9. Potensi Olahraga/Wahana di Pantai Firdaus dilihat hanya berdasarkan Hasil Perhitungan yaitu Pantai Firdaus Memiliki Gelombang yang Relatif Rendah

**Tabel 10.** Olahraga/Wahana di Pantai Firdaus

No.	Potensi	Keunggulan	Kendala	Keterangan
1.	Banana boat	tinggi gelombang yang relative rendah	-	Pernah diadakan
2.	Rolling Donut	tinggi gelombang yang relative rendah	-	Belum diadakan
3.	Wakeboarding	tinggi gelombang yang relative rendah	-	Belum diadakan
4.	Berselancar	-	tinggi gelombang yang relative rendah	Belum diadakan
5.	Jetski	tinggi gelombang yang relative rendah	-	Belum diadakan
6.	Snorkeling dengan Jaket Pelampung	tinggi gelombang yang relative rendah	Pantai yang kurang bersih dan bawah laut yang kurang indah	Belum diadakan
7.	Scuba diving	tinggi gelombang yang relative rendah	Pantai yang kurang bersih dan bawah laut yang kurang indah	Belum diadakan
8.	Fly Board	tinggi gelombang yang relative rendah	-	Belum diadakan
9.	Seawalker	tinggi gelombang yang relative rendah	Pantai yang kurang bersih dan bawah laut yang kurang indah	Belum diadakan
10.	Sportfishing	tinggi gelombang yang relative rendah	-	Sudah diadakan

### 3.10. Beach Nourishment

Beach nourishment adalah tindakan pengisian kembali dengan bahan material sedimen (biasanya pasir) untuk menggantikan sedimen yang terbawa air laut. Beach nourishment bertujuan untuk menambah lebar pantai dan melindungi pantai. Untuk mempertahankan beach nourishment dan meminimalisir kerusakan pantai tentunya harus ada pengaman pantai.

### 3.11. Perhitungan Angkutan Sedimen Metode CERC

Metode yang dipakai untuk analisis angkutan sedimen sepanjang pantai adalah metode CERC. Berdasarkan rekapitulasi arah, tinggi dan periode gelombang dari masing-masing fetch berdasarkan Hindcasting Gelombang tahun 2022 yang ditampilkan dalam Tabel 6, diketahui bahwa arah dominan Timur pada bulan Maret.

#### 3.12.1 Angkutan Sedimen Sejajar Pantai (Longshore Transport)

Diketahui:

$$\begin{aligned} H_b &= 0,875 \text{ m} & g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\ d_b &= 1.015 \text{ m} & K &= 0.39 \text{ (Shore Protection Manual, chapter 4-96)} \\ n &= 0.4 & \alpha_b &= 45^\circ \\ \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 & \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{K}{(\rho_s - \rho) \times g \times (1-n)} \times P_l \\ P_l &= \frac{\rho \cdot g}{8} \times H_b^2 \times C_b \times \sin \alpha_b \times \cos \alpha_b \\ C_b &= \sqrt{g \cdot d_b} \end{aligned}$$

$$\text{Jawaban: } C_b = \sqrt{9.81 \times 1.015} = 3.155 \text{ m/d}$$

$$P_l = \frac{1025 \times 9.81}{8} \times 0.875^2 \times 3.155 \times \sin 45 \times \cos 45 = 1518.296 \text{ kg m/d}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{0.39}{(2650 - 1025) \times 9.81 \times (1 - 0.4)} \times 1518.296 = 0.0619 \text{ kgm}^3/\text{d} \\ &= 0.0000619 \text{ m}^3/\text{d} = 0.0000579 \times 24 \times 3600 = 5.349/\text{hari} \\ &= 5.159 \times 36 = 1952.334 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$



Nilai angkutan sedimen untuk sejajar pantai adalah **1952.334 m<sup>3</sup>/tahun**

### 3.12.2 Angkutan Sedimen Tegak Lurus Pantai (Onshore-Offshore Transport)

Nilai  $f = d$  dipakai 0.49 yang diambil dari referensi penelitian terdahulu. Hal tersebut berdasarkan asumsi bahwa distribusi ukuran butiran sedimen lokasi penelitian berdekatan dengan referensi yang digunakan.

Diketahui:

$$\begin{aligned} f=d(D) &= 0.49 & g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\ H_b &= 0.875 \text{ m} & \alpha_b &= 45^\circ \\ \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 & \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Penyelesaian: } Q_s = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho) \times g \times D} \quad \tau_b = \rho_s \times U_*^2 \quad U_* = \sqrt{D/2}$$

$$\text{Jawaban: } U_* = \sqrt{0.49/2} = 0.495$$

$$\tau_b = 2650 \times 0.495^2 = 649.250$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{649.250}{(2650 - 1025) \times 9.81 \times 0.49} = 0.0831 \text{ kg m}^3/\text{d} = 0.0000831 \text{ m}^3/\text{d} \\ &= 0.000083 \times 24 \times 3600 = 7,1814 \text{ m}^3/\text{hari} = 2621.200 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Didapat nilai angkutan sedimen tegak lurus pantai adalah **2621,200 m<sup>3</sup>/tahun**

Dikarenakan angkutan sedimen terbesar adalah angkutan sedimen tegak lurus pantai, maka pengaman pantai direncanakan mengikuti garis pantai.

### 3.12. Penentuan Tipe Pengaman Pantai

Berdasarkan penentuan potensi pantai yaitu dengan melakukan beach nourishment maka perlu adanya bangunan pengaman pantai, tipe pengaman pantai yang di pilih adalah **revetment**.

### 3.13. Perhitungan Gelombang Rencana dan Gelombang Pecah Revetment

Tinggi gelombang pecah ini biasanya dikaitkan dengan kedalaman perairan ( $d_s$ ) dan landai dasar pantai ( $m$ ). Apabila pantai relatif datar, maka tinggi gelombang pecah dapat ditentukan dengan rumus (CERC,1984):

$$H_b = 0,875d_s$$

Keterangan :

$$H_b = \text{Tinggi gelombang pecah} \quad d_s = \text{Kedalaman air lokasi bangunan}$$

Dengan demikian tinggi gelombang rencana ( $H_d$ ) dapat ditentukan dengan rumus :  $H_d = H_b$ .

Elevasi dasar revetment direncanakan LLWL = 0,5 m . Ketinggian muka air pada ujung bangunan sebesar HHWL= 2,4 m dari dasar laut, sehingga didapatkan  $d_s = \text{HHWL}$ . Dari penjelasan diatas maka untuk perhitungan gelombang rencana pada revetment Pantai Firdaus adalah sebagai berikut:

**Tabel 11.** Perhitungan Gelombang Pecah

$d_s = \text{HHWL}$	$H_b$	$H^*o$	$H^*o/gT^2$	$m$	$H_b/H^*o$	$H_b$
= 2,4 m	= 0,875 × $d_s$	0,7609	0,0059	0,0241	1,15	0,875
	= 0,875 × 2,4	0,8013	0,0052	0,0235	1,18	0,946
	= 2,25 m	0,8038	0,0055	0,0223	1,16	0,932
$H_d = H_b$	= 2,098 m	0,7058	0,0053	0,0208	1,14	0,805
		0,6937	0,0049	0,0217	1,18	0,819
		0,5492	0,0032	0,0208	1,65	0,906

### 3.14. Perhitungan Elevasi Mercu

Elevasi mercu bangunan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Elevasi Mercu} = \text{DWL} + R_u + F_b$$

Dimana : DWL : *Design Water Level* (elevasi muka air rencana)

$R_u$  : Run-up gelombang (Rayapan gelombang) yang merupakan fungsi dari bilangan *Irrabaren* ( $I_r$ )

$F_b$  : Tinggi jagaan direncanakan = 0,5 meter

*Run-up* gelombang

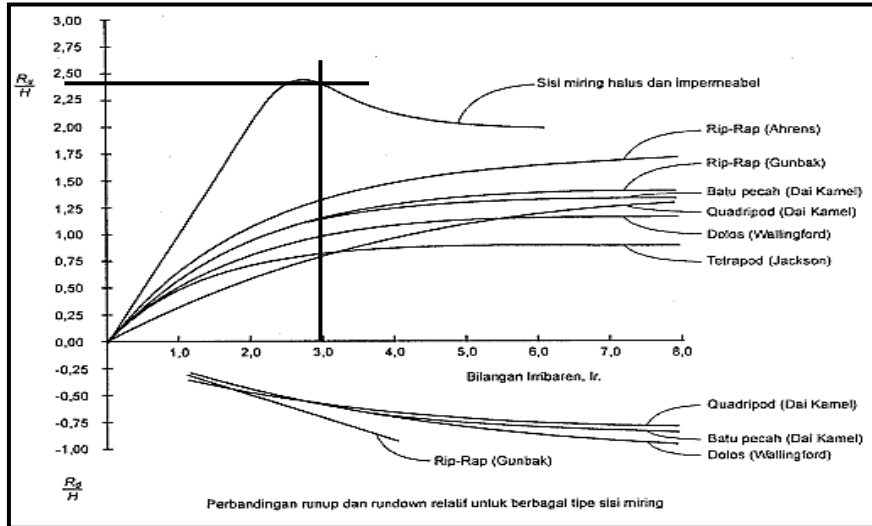
Direncanakan : Jenis bangunan = Revetment

Lapis lindung = Blok beton

Tinggi gelombang (Hd) = 2,098 meter

$$L_o = 1,56 T^2 = 1,56 \times 3,939^2 = 23,450 \text{ meter}$$

$$I_r = \frac{tg \theta}{\left(\frac{T}{L_o}\right)^{0.5}} = \frac{1/2}{\left(\frac{3,939}{23,450}\right)^{0.5}} = 2,93$$



Gambar 9. Grafik Run Up Gelombang  
(Sumber: Nur Yuwono, 1992)

Bilangan Iribaren di atas, maka didapat :

$$\frac{Ru}{H} = 2,4$$

$$Ru = 2,4 / 2,098 = 1,14$$

$$\text{Elevasi Mercu} = DWL + Ru + Fb = 2,25 + 1,14 + 0,5 = 3,89 \text{ m}$$

### 3.14.1. Perhitungan Lapis Lindung

- Berat butir lapis lindung dihitung dengan rumus Hudson berikut ini. Untuk lapis lindung dari Beton kubus modifikasi dengan  $n = 2$ , penempatan random, gelombang telah pecah dan  $K_D$  lengan bangunan = 6,5.

Perhitungan sebagai berikut :

Lapis pelindung luar (armour stone)

$$W_1 = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} = \frac{2,3 \times 2,098^3}{6,5 \times \left(\frac{2,3}{1,025} - 1\right)^3 \times 2} = 0,849 \text{ ton} = 849 \text{ kg}$$

Tebal Lapis Lindung ( $t_1$ )

Untuk nilai dari Koefisien Lapis ( $K_\Delta$ ) = 1,10

$$t_1 = n K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = 2 \times 1,10 \times \left(\frac{0,849}{2,3}\right)^{1/3} = 1,58 \text{ m}$$

Lapis pelindung kedua (secondary stone)

$$W_2 = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} = \frac{2,65 \times 2,098^3}{6,5 \times \left(\frac{2,65}{1,025} - 1\right)^3 \times 2} = 1.535 \text{ ton} = 1535 \text{ kg}$$

Dikarenakan pada lapis 2 menggunakan Batu Boulder, maka untuk nilai  $W$  pada Perhitungan  $W_2$  diambil 1535 kg. Diameter batu :

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = \left(\frac{0,1535}{2,65}\right)^{1/3} = 0,387 \text{ m}$$

Tebal Lapis Lindung ( $t_2$ ), Untuk nilai dari Koefisien Lapis ( $K_\Delta$ ) = 1,10. (lih. Lampiran)

$$t_2 = n K_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} = 2 \times 1,10 \times \left(\frac{0,1535}{2,65}\right)^{1/3} = 0,85 \text{ m}$$

- Lebar puncak *Revetment* untuk  $n = 3$  (minimum) dan koefisien lapis ( $K_\Delta$ ) = 1.10 maka untuk  $B$  puncak :

$$B = n K_{\Delta} \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} = 3 \times 1,10 \times \left[ \frac{0,849}{2,3} \right]^{1/3} = 2,5 \text{ m}$$

➤ Jumlah Block Beton Pelindung tiap satu satuan luas (10 m<sup>2</sup>) dan porositas = 47, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$N = A \cdot n \cdot K_{\Delta} \cdot \left[ 1 - \frac{P}{100} \right] \times \left[ \frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3} = 10 \times 2 \times 1,10 \times \left[ 1 - \frac{47}{100} \right] \times \left[ \frac{2,3}{0,849} \right]^{2/3} = 34 \text{ buah}$$

➤ Perhitungan tinggi *toe protection* dengan r (tebal lapis pelindung (r ~ 2H) = 1,58 m, tinggi gelombang rencana Hd = 2,098 m, maka:

Tinggi *toe protection* (t) = 1,58 m

Lebar *toe protection* = Diambil B = 2H = 2 x 2,098 = 4,20 m

Berat batu lapis lindung *toe protection* dipergunakan kira-kira setengah dari yang dipergunakan pada dinding tembok (0.5W)

Berat butir *toe protection* = W<sub>toe</sub> = 0.5 x 1393 = 0,696 ton = 696 kg

### 3.15. Layout Potensi Pantai Firdaus

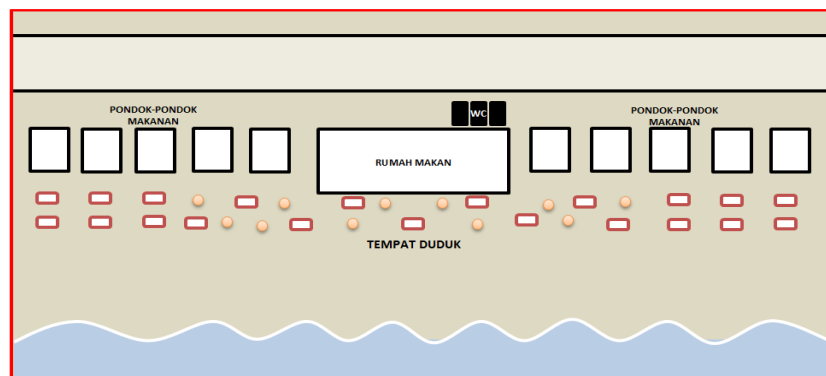
#### 3.15.1. Titik Layout Potensi Pantai Firdaus



Gambar 10. Titik Layout

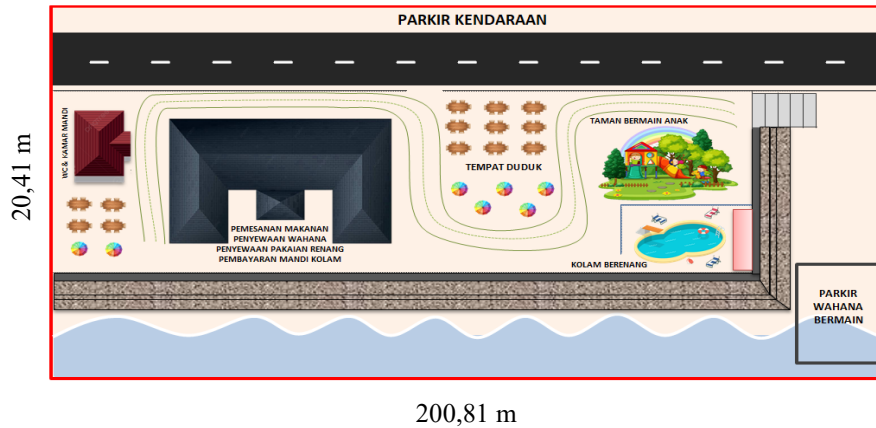
#### 3.15.2. Sebelum-Sesudah Layout Potensi Pantai Firdaus

Before



Gambar 11. Sebelum Layout

After



Gambar 12. Setelah Layout

Warna pasir menjadi putih karena telah melakukan beach nourishment dan membangun bangunan pengaman pantai yaitu revetment.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap wilayah Pantai dapat disimpulkan pantai Firdaus memiliki tinggi gelombang yang relative rendah sehingga sangat aman dikembangkan untuk kegiatan masyarakat, dan sesuai juga dengan RTRW Kabupaten Minahasa Utara yang merencanakan strategi pengembangan wisata pantai dan bahari di kecamatan Kema, sehingga membuat wilayah Pantai Firdaus sangat strategis untuk Pariwisata.

Dilihat dari kondisi pariwisata Pantai Firdaus yang sekarang ini, perlu adanya penataan ulang yaitu dengan meningkatkan fasilitas-fasilitas di pantai Firdaus salah satunya dengan menambah lebar Pantai Firdaus dengan melakukan beach nourishment. Untuk mempertahankan beach nourishment dan meminimalisir kerusakan pantai tentunya harus ada pengaman pantai.

Berdasarkan Perhitungan Angkutan Sedimen, di dapatkan angkutan sedimen dominam yaitu Angkutan Sedimen Sejajar Pantai sebesar 2621,200 m<sup>3</sup>/tahun, mengacu dari hal tersebut maka arah pengaman direncanakan mengikuti Garis Pantai untuk mengurangi Transport Sedimen yang terjadi.

Dari hasil analisis serta berdasarkan permasalahan yang ada di pantai Firdaus yaitu perlu adanya penataan ulang dengan melakukan beach nourishment maka direncanakan pengaman pantai *Revetment* untuk mempertahankan bahan material sedimen dan mengurangi limpasan gelombang ke arah darat. Dari hasil perhitungan dimensi *Revetment* diperoleh:

- Elevasi mercu = 3,89 m
- Lebar puncak = 2.3 m
- Kemiringan = 1 : 3
- Tinggi toe protection = 1,578 m
- Lebar toe protection = 4,20 m

#### Referensi

- Arthur H. Thambas, Muh. Ihsan Jasin, *Perencanaan Pengaman Pantai Di Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat*. TEKNO Volume 21, No. 85, Tahun 2023. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Arthur H. Thambas, Jeffry Dantje Mamoto, *Studi Pengembangan Potensi Wilayah Pantai Mangket Kecamatan Kema Kabupaten Minahasa Utara*. TEKNO Volume 21, No. 86, Tahun 2023. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Arthur H. Thambas, Jeffry Dantje Mamoto, *Studi Karakteristik Gelombang Pada Pantai Manembo-Nembo Kecamatan Matuari Kota Bitung Provinsi Sulawesi Utara*. TEKNO – Volume 20 Nomor 80 – April 2022. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Anggi Cindy Wakkary M. Ihsan Jasin, A.K.T. Dundu, *Studi Karakteristik Gelombang Pada Daerah Pantai Desa Kalinaung Kab. Minahasa*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.3 Mei 2017 (167-

174) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.  
Nur Yuwono, 1982, *Teknik Pantai*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.  
2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.  
Triatmodjo, B. 1996. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.  
Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta  
Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta  
Peraturan Daerah (PERDA) Kabupaten Minahasa Utara Nomor 1 Tahun 2013 tentang  
RENCANA TATA RUANG WILAYAH KABUPATEN MINAHASA UTARA TAHUN 2013-  
2033