

Aplikasi Perubahan Garis Pantai dengan *ONE-LINE* Model

IAPF. Imawati, LI. Pradnyawati

STMik Denpasar

Jalan Tukad Balian 15 Niti Mandala, Renon

e-mail: dayufebri@stmik-denpasar.ac.id

Abstrak

Daerah garis pantai di pantai tenggara Kabupaten Gianyar adalah salah satu daerah garis pantai yang penting dan cenderung mengalami erosi. Banyak penelitian telah dilakukan terkait dengan erosi garis pantai ini, tetapi kebanyakan dari studi tersebut hanya menggunakan aplikasi berbayar atau perhitungan numerik menggunakan spreadsheet sehingga penggunaan dan distribusinya sangat terbatas. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk membangun aplikasi untuk mengidentifikasi perubahan garis pantai dan menentukan tingkat akresi dan erosi (maju-mundur). Pemodelan yang digunakan adalah *ONE-LINE Model*, tetapi sebelumnya dilakukan studi awal yaitu analisis data angin, peramalan gelombang pecah, dan menentukan pias garis pantai dari file shp peta Pulau Bali. Kemudian *ONE-LINE model* diberlakukan yaitu perhitungan sudut gelombang pecah, sinus-cosinus gelombang pecah, laju transport sedimen dan perubahan akresi-erosi garis pantai. Hasil berupa koordinat (matriks temporal-spasial) hasil perubahan garis pantai. Hasil aplikasi menunjukkan pesisir Gianyar cenderung mengalami akresi, perbatasan dengan Klungkung maupun Denpasar cenderung mengalami akresi.

Kata kunci: Aplikasi freeware perubahan garis pantai, kawasan pesisir tenggara pantai Kabupaten Gianyar, *ONE-LINE Model*.

Abstract

The shoreline area on the southeast coast of Gianyar Regency is one of the important shoreline areas that tends to erosion. Studies have been conducted on shoreline erosion, most of them use paid software or numerical calculations using spreadsheets so that their use and distribution is very limited. The aim to be achieved in this study is to build applications that identify changes in shoreline and determine the level of increase and erosion. The modeling used is the *ONE-LINE Model*, but previously preliminary studies were carried out including analysis of wind data, breaking wave forecasting, and dividing shorelines into cells. When the *ONE-LINE model* is applied it begins with the calculation of breaking waves, calculation of sine-cosine breaking waves, calculation alongshore sediment transport and shoreline accretion-erosion changes. The result is a temporal-spatial matrix. The results of the application show that the Gianyar shoreline, the shoreline border region with Klungkung and Denpasar tends to accretion.

Keywords: Freeware application on shoreline changes, Southeast shoreline of Gianyar Regency, *ONE-LINE Model*.

1. Pendahuluan

Berbagai fenomena perubahan lingkungan terjadi di sekitar kita, mulai yang bisa diprediksi hingga fenomena yang terjadi secara tidak terduga. Sebagai manusia yang kehidupannya tidak bisa lepas dari lingkungan, kita harus selalu memiliki kesadaran akan perubahan-perubahan tersebut. Komputer dan aplikasinya dapat memberikan dukungan pengambilan keputusan sebagai respons kita terhadap perubahan lingkungan yang terjadi baik sebagai tindakan pencegahan ataupun tindakan mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan.

Banyak aplikasi yang dibuat untuk hal yang dimaksud sebagai contoh untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan dampak sampah bagi kesehatan manusia, sistem pendukung keputusan pemilihan lokasi tempat pembuangan akhir sampah dengan menggunakan metode *min-max inference fuzzy* diimplementasikan [1]. Antisipasi bencana banjir yang tak terduga karena keadaan cuaca ekstrem dilakukan dengan mengamati ketinggian air bendungan menggunakan aplikasi komputer, mikrokontroler ATMEGA-328PU, sensor HC-SR04 yang diintegrasikan dengan media sosial *twitter*, sehingga ketinggian air dapat dipantau dan diketahui secara terkini oleh masyarakat [2]. Lebih jauh tidak hanya mencakup implementasi

saja hasil-hasil penerapan tersebut bisa menjadi masukan bagi instansi dan *stake holder* terkait sebagai penunjang pengambilan keputusan hingga kebijakan contohnya penelitian yang memetakan zona kedalaman air laut dengan memanfaatkan segmentasi citra satelit (inderaja) dengan *clustering* DBSCAN untuk mendapatkan potret informasi bahari suatu daerah sebagai pendukung kebijakan bidang perikanan, perhubungan laut hingga pertambangan [3].

Saat ini perubahan lingkungan yang serius terjadi di Bali adalah banyaknya pantai yang mengalami erosi karena terjangan ombak yang begitu ganas hingga mengikis keberadaan pantai-pantai tersebut. Garis pantai yang mengalami perubahan ke arah negatif menjadi tolak ukur erosi. Pantai di Bali memiliki manfaat dan peran yang amat sangat penting namun belum sejalan dengan perhatian kita terhadap perubahan yang terjadi pada pantai-pantai tersebut. Pantai-pantai di Bali merupakan pantai yang menjadi ikon wisata alam yang sangat digemari oleh para wisatawan. Selain itu pantai-pantai di Bali juga digunakan untuk melaksanakan berbagai macam kegiatan keagamaan umat Hindu di Bali yang tentunya menarik wisatawan sehingga pantai juga berperan menjadi wisata budaya. Kawasan pantai yang menjadi tinjauan pada penelitian ini adalah kawasan garis pantai di kabupaten Gianyar. Studi area dipilih di kawasan pantai Gianyar karena menurut media lokal [4], pantai-pantai seperti Pantai Lebih, Pantai Gunicik, Pantai Saba dan Pantai Siyut mengalami erosi kian parah.

Sudah banyak penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan terkait perubahan garis pantai seperti Effendi [5] melakukan *monitoring* terhadap penanggulangan erosi secara *hard engineering* (pemasangan bangunan pantai) atau dengan *soft engineering* (pengisian pasir) di Pantai Sanur dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran model *ONE-LINE* menggunakan aplikasi berbayar Genesis dengan hasil pengukuran yang telah dilakukan pada tahun 2012. Hasil penelitian berupa rekomendasi upaya perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan bangunan pantai baru dan memodifikasi bangunan pantai lama. Triwahyuni [6] melakukan simulasi secara numerik terhadap garis pantai di bagian barat Kabupaten Badung. Sebelum menghitung perubahan garis pantai, gelombang diramalkan berdasarkan data rata-rata angin harian, membagi garis pantai menjadi beberapa sel terlebih dahulu. Garis pantai dimodelkan dengan menggunakan *ONE-LINE* Model yang dimodifikasi. Hasil menunjukkan 7100 m pantai mengalami erosi dan 8900 m garis pantai mengalami akresi, akresi terjadi di utara dan erosi di selatan. Upaya *monitoring* setelah pengisian pasir dan pemasangan *groin* di awal tahun 2004 di Pantai Nusa Dua dilakukan oleh Purnaditya et al [7]. Studi ini dilakukan menggunakan *ONE-LINE* model sehingga didapatkan hasil berupa seluruh segmen *groin* mengalami perubahan garis pantai namun cenderung mengalami posisi yang seimbang hanya sebagian kecil mengalami kemunduran yang signifikan. Studi ini juga menunjukkan arus sepanjang pantai secara dominan terjadi dari arah selatan menuju arah utara.

Pantai Lebih di Gianyar memiliki tingkat erosi yang tinggi yang disebabkan oleh adanya transportasi sedimen menyusur pantai karena itu Ivanoviq et al [8] melakukan studi terhadap perubahan garis pantai Lebih dengan lingkungan sekitarnya. Metode *Empirical Orthogonal Function* digunakan untuk menganalisis perubahan secara spasial dan temporal. *ONE-LINE* Model digunakan untuk mendapatkan data temporal periode dua bulanan. Hasil studi menunjukkan kondisi lingkungan Pantai Lebih erat kaitannya dengan nilai-nilai temporal *eigen function* yang dihasilkan yaitu perubahan kondisi lingkungan sekitar Pantai Lebih juga semakin besar apabila nilai temporal *eigen function* semakin besar. Perubahan garis pantai dengan menggunakan data satelit ALOS AVNIR 2 serta LANDSAT dilakukan oleh Yasada [9] di bagian tenggara Pulau Bali. Analisis numerik untuk simulasi hidrodinamik yaitu menggunakan data angin dan data pasang surut air laut untuk mengetahui pergerakan arus yang menyebabkan erosi pantai. Hasil studi menunjukkan Erosi pantai terjadi dari Sanur hingga Kusamba dari tahun 1990 sampai tahun 2006 sebesar 93,895 Ha. Hal ini disebabkan oleh pergerakan arus dari Kusamba (timur) ke Sanur (barat). Selain itu juga transportasi sedimen, di perairan Gunaksa banyak terdapat sedimen namun bergerak ke Sanur bagian selatan sehingga di Sanur terjadi penumpukan sedimen.

Dari penelitian – penelitian yang telah dilakukan sebelumnya meskipun perubahan garis pantai telah dapat diidentifikasi hingga prediksi baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang, tetapi sebagian besar hasil penelitian tersebut hanya berupa analisis numerik ataupun hasil analisis menggunakan *software* model numerik yang berbayar. Karena itu kontribusi dari penelitian ini adalah mengidentifikasi perubahan garis pantai dengan membuat sebuah aplikasi *freeware* berbasis model *ONE-LINE*. Aplikasi *freeware* ini dapat digunakan dan didistribusikan bagi instansi terkait ataupun untuk pengembangan penelitian-penelitian selanjutnya terkait perubahan garis pantai.

2. *ONE-LINE* Model

ONE-LINE model merupakan salah satu model matematika yang dapat digunakan untuk simulasi garis pantai [10]. Profil *shoreline* diasumsikan akan selalu tetap selama proses simulasi *ONE-LINE* model

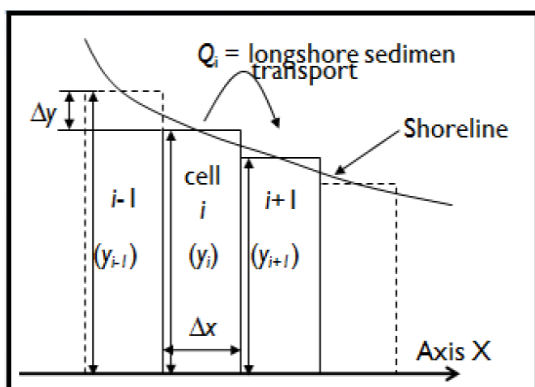
berlangsung. Model ini membagi *shoreline* ke dalam pias atau sel. Di setiap pias akan dihitung *transport* sedimen baik yang masuk ataupun keluar.

Adapun tahapan dalam pemodelan perubahan garis pantai dengan *ONE-LINE* Model adalah sebagai berikut.

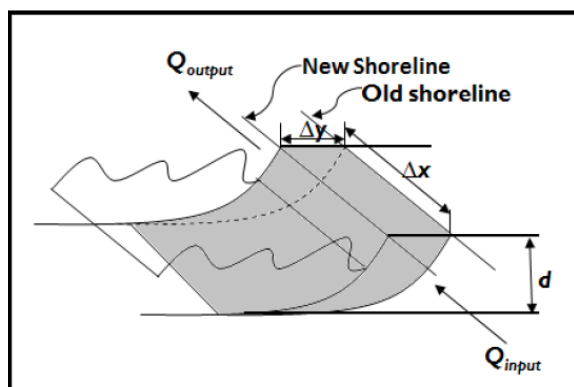
1. Membentuk garis pantai awal.
2. Membagi garis pantai dalam sejumlah pias atau sel.
3. Menentukan berbagai sumber sedimen dan sedimen yang hilang pada seluruh sel.
4. Menghitung debit *transport* sedimen pada setiap sel berdasarkan periode dan sudut datang gelombang.
5. Menghitung perubahan garis pantai pada tiap sel untuk setiap langkah waktu t .

Volume tingkat transportasi sedimen yang menyebabkan garis pantai mengalami akresi dan erosi diukur dengan model garis pantai ini. Tahapan paling awal pemodelan ini adalah dengan membagi panjang garis pantai studi ke dalam pias/sel dengan lebar yang sama. Dalam model ini, lebar setiap pias/sel semakin kecil akan semakin baik. Lebar ideal yang dapat direncanakan adalah 20 m [10]. Titik-titik persimpangan di setiap 20m dapat diperoleh. Titik-titik inilah merupakan lebar (x) dan panjang (y) yang digunakan sebagai *input* garis pantai awal untuk model garis pantai. Gambar 1 menjelaskan lebih detail tentang lebar sel (Δx) dan panjang y (i mewakili jumlah sel).

Pemodelan perubahan garis pantai yang akan dilakukan dengan *ONE-LINE* model ini dilakukan dengan memodifikasi model yang dibuat oleh Komar dalam Triwahyuni [6]. Prinsip perubahan ini dengan mengukur *rate* volume sedimen yang masuk dan keluar dari setiap sel. Gambar 2 merupakan perubahan yang terjadi karena *input* dan *output* sedimen.



Gambar 1. Garis pantai dibagi ke dalam sel yang memiliki lebar Δx dan panjang (y_i), i mengacu pada nomor dari sel.



Gambar 2. Sedimen *transport* ke dalam dan ke luar sel.

Adapun persamaan umum untuk perubahan yang disebabkan oleh penambahan atau pengurangan ukuran transportasi sedimen dengan menggunakan persamaan 1 berikut.

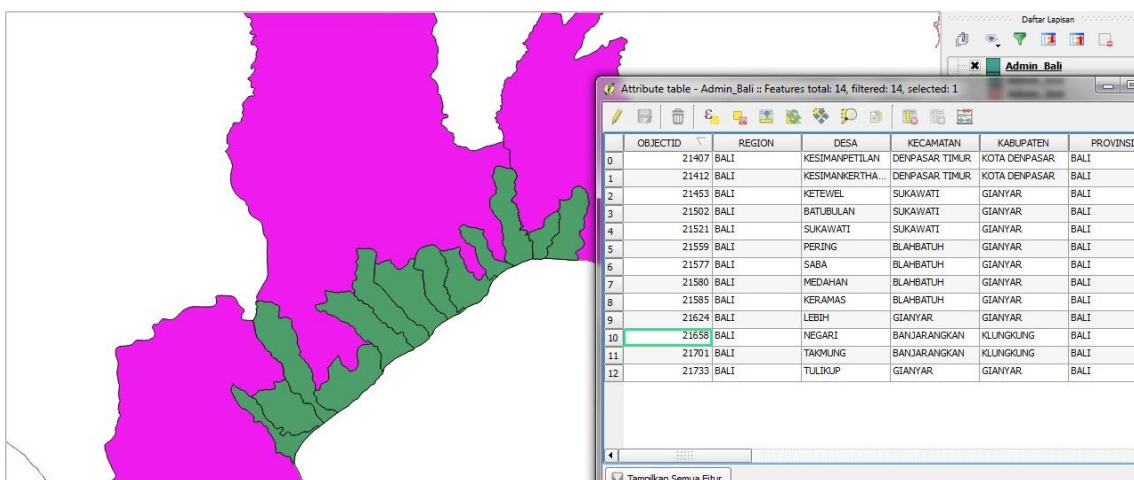
$$\Delta y = (Q_{in} - Q_{out}) \frac{\Delta t}{d \cdot \Delta x} \tag{1}$$

3. Metodologi Penelitian

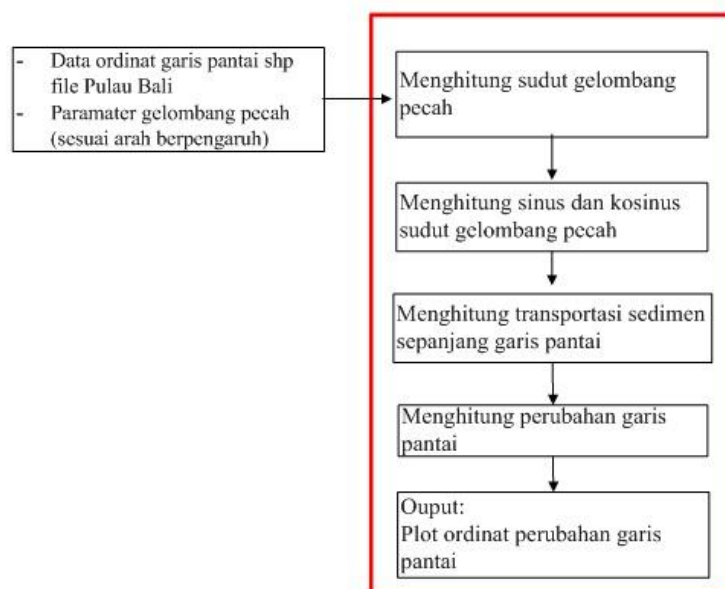
Data yang dikumpulkan ada tiga yaitu data angin dan arah selama sepuluh tahun dari tahun 2008-2017 yang didapatkan dari BMKG Wilayah III Denpasar, data peta batimetri yang didapatkan dari Balai Wilayah Sungai Bali-Penida dan data yang terakhir adalah data peta berupa *file softcopy* Pulau Bali yang didapatkan dari Badan Informasi Geospasial. Area studi yang dianalisis adalah sepanjang pantai di Wilayah Gianyar yaitu 9 desa yaitu Desa Ketewel, Desa Batubulan, Desa Sukawati, Desa Pering, Desa Saba, Desa Medahan, Desa Keramas, Desa Lebih dan Desa Tulikup kemudian ditambahkan 2 buah desa di Klungkung yaitu Desa Negari dan Desa Takmung serta 2 buah desa dari Denpasar yaitu Desa Kesiman Petilan dan Kesiman Kerthalangu (gambar 3). Empat desa baik dari Klungkung dan dari Denpasar digunakan untuk menghindari eror model di awal dan akhir garis pantai. Berdasarkan data-data tersebut dilakukan studi awal untuk mendapatkan parameter gelombang pecah dan garis pantai awal.

Studi awal terdiri atas langkah-langkah yaitu melakukan analisis data angin menggunakan data angin dari BMKG Wilayah III, meramalkan gelombang laut dalam, mengonversi angin darat ke angin laut dan perhitungan *fetch* efektif, mem-*plotting* peramalan gelombang pada grafik peramalan gelombang untuk mendapatkan peramalan tinggi (H) dan periode (t) gelombang laut dalam, perhitungan kala ulang gelombang untuk asumsi gelombang rencana (H dan t). Selanjutnya membentuk tabel koefisien refraksi, koefisien *shoaling* dan penentuan rekapitulasi gelombang pecah berdasarkan tinggi dan periode gelombang rencana dan peta batimetri. Sedangkan data peta shp Pulau Bali digunakan untuk mendapatkan nilai-nilai masukan awal garis pantai (titik-titik pias model).

Pada penelitian ini perhitungan numerik perubahan garis pantai dengan *ONE-LINE model* terdapat lima langkah yang akan dilakukan. Alur metodologi disajikan seperti pada gambar 4. Studi awal untuk mendapatkan parameter gelombang pecah dapat dilewati apabila data gelombang baik parameter gelombang laut dalam dan parameter gelombang pecah sudah diketahui. Tahapan peramalan gelombang yang membutuhkan waktu yang relatif lama karena dilakukan melalui perhitungan analitis menggunakan persamaan-persamaan dan langkah demi langkah yang mengacu pada teori peramalan gelombang menggunakan angin dan grafik peramalan gelombang [11].



Gambar 3. Studi area sebanyak 13 desa.



Gambar 4. Blok diagram penelitian.

Pada diagram blok (gambar 4), yang ditandai kotak berwarna merah adalah implementasi dari *ONE-LINE model*. Keseluruhan langkah dari kotak berwarna merah inilah diimplementasikan dalam sebuah aplikasi atau program. Adapun langkah-langkah implementasinya sebagai berikut.

1) *Studi awal untuk mendapatkan ordinat garis pantai awal dan parameter gelombang pecah*

Ordinat garis pantai awal didapatkan dengan cara data garis pantai berupa *file* dengan ekstensi *shp* dibagi ke dalam pias-pias hingga didapatkan titik-titik ordinat (x,y) sebagai ordinat garis pantai awal. Data bentuk pantai awal diinisialisasi dan dibagi ke dalam sel-sel. Parameter gelombang pecah pada penelitian ini tidak tersedia sehingga perlu dilakukan tahapan peramalan gelombang dengan menggunakan data angin dan batimetri, tahapannya yaitu kecepatan angin dan distribusi arah angin yang dominan direpresentasikan dengan menggunakan *windrose (WR Plot View)*, selanjutnya dibuatkan tabel konversi angin serta perhitungan nilai *fetch efektif* dibentuk dengan menggunakan kecepatan dan arah angin dominan, tinggi (H) dan periode (T) gelombang kondisi *Fetch Limited* dan *Time Duration Limited* diramalkan menggunakan grafik peramalan gelombang, tabel konversi berbagai kecepatan angin serta tabel *fetch efektif*.

Untuk perhitungan gelombang selanjutnya Nilai H dan T terkecil yang akan digunakan dipilih antara kondisi *Fetch Limited* ataupun *Time Duration Limited*, kemudian Berdasarkan nilai H dan T kondisi *Fetch Limited* ataupun *Time Duration Limited* yang telah dihasilkan, berikutnya dicari nilai maksimum untuk setiap tahunnya. Namun untuk mempercepat, aplikasi peramalan gelombang [12] digunakan pada proses ini. Nilai maksimum H dan T ini digunakan untuk analisis frekuensi gelombang dengan *Fisher Tippet Type I*. Hasil dari analisis *Fisher Tippet Type I* adalah nilai H dan T untuk kala ulang gelombang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun 20 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Purnaditya menyebutkan bahwa proses perubahan garis pantai nilai H dan T yang bisa digunakan adalah kala ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun [10], tahapan terakhir yaitu membentuk tabel koefisien pendangkalan (*shoaling*), tabel koefisien refraksi gelombang dan tabel rekapitulasi gelombang pecah dengan menggunakan acuan peta batimetri Pulau Bali.

2) *Perhitungan sudut gelombang pecah*

Berdasarkan data sudut datang gelombang maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan sudut datang gelombang pecah untuk setiap pias.

3) *Perhitungan sinus dan kosinus gelombang pecah.*

Untuk setiap pias dengan menggunakan sudut datang gelombang pecah maka dilakukan perhitungan sinus dan kosinus gelombang pecah.

4) *Perhitungan transportasi sedimen sepanjang garis pantai*

Menghitung volume transportasi yang masuk ataupun keluar dari setiap pias di sepanjang garis pantai.

5) *Perubahan garis pantai dan plotting.*

Menghitung perubahan garis pantai atau perubahan yang terjadi pada ordinat y dari masing-masing pias. Selanjutnya menghasilkan grafik atau plot yang mencerminkan perubahan maju atau mundurnya garis pantai.

4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan studi awal yang dilakukan didapatkan hasil data parameter gelombang pecah untuk area studi Gianyar disajikan pada tabel 1. Data ordinat garis pantai dari peta SHP *file* Pulau Bali yang telah dikurangi dengan titik acuan (*Zy*) sebanyak 705 pias ditampilkan cuplikannya pada gambar 5.

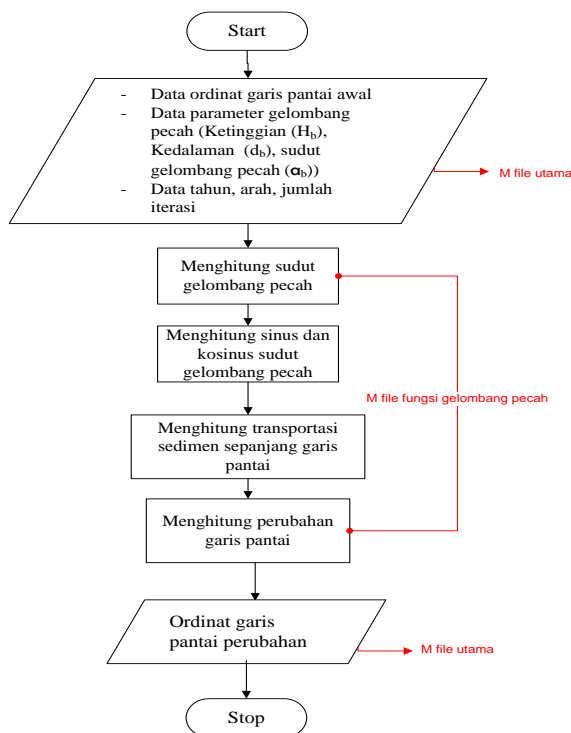
Tabel 1. Data masukan 1 yaitu parameter gelombang pecah area studi Gianyar.

Parameter	Arah		
	Timur	Tenggara	Selatan
Persentase kejadian gelombang	0.4	0.29167	0.0167
Sudut datang gelombang	64	19.5	-25.5
db (kedalaman gelombang pecah)	0.5	0.4	0.4
Hb (ketinggian gelombang pecah)	0.615	0.509	0.509

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	data ke-	delta_y	data-ke-	delta_y	data ke-	delta_y	data ke-	delta_y	data ke-	delta_y
2	1	10579.20285	176	6856.549	351	3678.228	526	751.5627	701	196.6314
3	2	10579.20228	177	6844.23	352	3657.99	527	734.3983	702	192.1795
4	3	10655.51776	178	6831.91	353	3637.752	528	714.4648	703	185.4913
5	4	10339.02569	179	6817.894	354	3619.243	529	696.0161	704	178.8031
6	5	10229.24204	180	6801.643	355	3603.054	530	682.484	705	172.1149
7	6	10156.69101	181	6783.311	356	3586.865	531	668.9519		
8	7	10096.48193	182	6754.118	357	3570.676	532	655.7719		
9	8	10058.02199	183	6719.319	358	3554.53	533	644.9271		
10	9	10028.78854	184	6691.1	359	3538.546	534	634.0822		
11	10	9998.907373	185	6668.901	360	3522.562	535	625.0884		
12	11	9967.795351	186	6651.953	361	3506.579	536	617.1204		
13	12	9936.68333	187	6635.028	362	3490.595	537	609.1524		
14	13	9905.571308	188	6617.771	363	3474.579	538	601.1844		
15	14	9869.369268	189	6600.753	364	3458.499	539	593.6302		
16	15	9830.436735	190	6592.556	365	3442.419	540	586.1541		
17	16	9792.894585	191	6585.212	366	3426.339	541	578.6781		
18	17	9759.275512	192	6577.867	367	3411.946	542	571.2021		

Gambar 5. Cuplikan data masukan 2 yaitu garis pantai awal area studi kawasan pantai-pantai di Gianyar.

Sesuai dengan metodologi maka aplikasi yang telah dibuat menggunakan 3 buah masukan yaitu tabel 1, gambar 5, dan data tahun-arah-iterasi (gambar 7 dan gambar 8). Adapun alur aplikasi seperti disajikan pada gambar 6. Aplikasi ini terdiri atas 2 buah *m file* yaitu *m file* sebagai fungsi perhitungan gelombang pecah yang terdiri atas 4 buah proses berurutan dan *m file* utama yang berfungsi sebagai penangkap masukan dan penampil hasil. Keempat proses tersebut adalah proses pertama menghitung sudut gelombang pecah (gambar 9), menghitung *sinus* dan *cosinus* gelombang pecah, transportasi sedimen yang menyusur sepanjang pantai dan menghitung perubahan garis pantai (gambar 10).



Gambar 6. Alur aplikasi perubahan garis pantai dengan ONE-LINE Model.

1	no	tahun	iterasi	index arah	keterangan
2	1	2008	1	2	tenggara
3	2	2008	2	2	tenggara
4	3	2008	3	2	tenggara
5	4	2008	4	2	tenggara
6	5	2008	5	2	tenggara
7	6	2008	6	2	tenggara
8	7	2008	7	2	tenggara
9	8	2008	8	2	tenggara
10	9	2008	9	2	tenggara
11	10	2009	10	2	tenggara
12	11	2009	11	2	tenggara
13	12	2009	12	2	tenggara
14	13	2009	13	2	tenggara
15	14	2009	14	2	tenggara
16	15	2009	15	2	tenggara
17	16	2009	16	2	tenggara
18	17	2009	17	2	tenggara
19	18	2010	18	1	selatan
20	19	2010	19	2	tenggara
21	20	2010	20	2	tenggara

Gambar 7. Cuplikan data masukan 3 yaitu iterasi-arah eksekusi 5 tahun pertama (2008-2012).

1	A	B	C	D	E
1	no	tahun	iterasi	index arah	keterangan
2	1	2013	1	3	timur
3	2	2013	2	3	timur
4	3	2013	3	3	timur
5	4	2013	4	3	timur
6	5	2013	5	3	timur
7	6	2013	6	3	timur
8	7	2013	7	3	timur
9	8	2013	8	3	timur
10	9	2014	9	3	timur
11	10	2014	10	3	timur
12	11	2014	11	3	timur
13	12	2014	12	3	timur
14	13	2014	13	3	timur
15	14	2014	14	2	tenggara
16	15	2014	15	3	timur
17	16	2014	16	2	tenggara
18	17	2014	17	3	timur
19	18	2015	18	3	timur
20	19	2015	19	3	timur

Gambar 8. Cuplikan data masukan 3 yaitu iterasi-arah eksekusi 5 tahun berikutnya (2013-2017).

Semua perhitungan dan konsep-konsep kajian pustaka mulai dari menghitung gelombang pecah hingga mem-plotting hasil perubahan garis pantai sama seperti pada aplikasi yang ada pada Triatmodjo [13] yang masih menggunakan bahasa pemrograman Fortran maupun yang ada pada Triwahyuni [6]. Selain 3 buah masukan yang telah disebutkan sebelumnya, juga diatur sejumlah konstanta dan variabel yang ada di *mfile* utama (gambar 11) yaitu jumlah pias atau jumlah data yang akan dieksekusi, jarak antar pias ideal adalah 20 meter, keduanya ini akan menentukan panjang sumbu x pada plot, untuk perubahan waktu digunakan per 1 hari dengan asumsi bahwa 1 bulan adalah 30 hari, kemudian penetapan konstanta rapat massa air (ρ air).

```

Q = [];
for j=1:1:lt %looping kolom
    for i=1:1:n %looping baris
        tano(i,j)=tan(alpo(i)*3.141592654/180);
        if y(i,j)==y(i+1,j)
            tanb(i,j)=tano(i,j);
            dir(i,j)=1.0;
        elseif y(i,j)>y(i+1,j)
            tani=(y(i,j)-y(i+1,j))/delx;
            tanb(i,j)=(tani+tano(i,j))/(1.0-tani*tano(i,j));
            dir(i,j)=1.0;
        else
            tani=(y(i+1,j)-y(i,j))/delx;
            if tani>=tano(i,j)
                tanb(i,j)=(tani-tano(i,j))/(1.0+tani*tano(i,j));
                dir(i,j)=-1.0;
            else
                tanb(i,j)=(tano(i,j)-tani)/(1.0+tani*tano(i,j));
                dir(i,j)=1.0;
            end
        end
    end
end
    
```

Gambar 9. Code hitung sudut gelombang pecah.

```

% hitung sinus & cosinus gelombang pecah
a(i,j)=tanb(i,j)^2;
sinb(i,j)=sqrt(a(i,j)/(a(i,j)+1.0));
cosb(i,j)=sqrt(1.0-sinb(i,j)^2);

% hitung volume transport sediment
pl(i,j)=cn*rhoa*g*hb(i)^2*sqrt(g*d(i))*sinb(i,j)*cosb(i,j)/8;
q(i,j)=dir(i,j)*3.543*pl(i,j);
disp(['nilai q pada n=' num2str(i) ' dan lt=' num2str(j) ' yaitu ' num2str(q(i,j))])
Q(i,j) = q(i,j);

end

% hitung perubahan delta y
q(n-1,j)=q(n,j);
qe=q(1,j);
%q(21,j)=0;

for i=1:1:n
    if i==1
        y(i,j+1)=y(i,j)+(qe-q(i,j))*delt/(delx*d(i));
    elseif i==n
        y(i,j+1)=y(i,j)+(q(i,j)-q(i-1,j))*delt/(delx*d(i));
    else
        y(i,j+1)=y(i,j)+(q(i-1,j)-q(i,j))*delt/(delx*d(i));
    end
end
end
end

```

Gambar 10. Code hitung sinus-cosinus, volume transport dan delta y.

Kebaharuan pada aplikasi yang dibuat pada penelitian ini adalah adanya 1 buah masukan tambahan berupa data tentang tahun, arah serta jumlah iterasi per tahun (1 kali iterasi sama dengan 1 bulan atau 30 hari). Data tentang tahun-iterasi ini yang akan membedakan aplikasi yang dibuat ini dengan aplikasi Triatmodjo [13] ataupun Triwahyuni [6]. Aplikasi ini dapat dieksekusi sesuai dengan jumlah tahun dan jumlah iterasi yang dibutuhkan oleh pengguna. Fungsi gelombang pecah akan dipanggil atau dihitung berulang sebanyak 85 bulan/iterasi selama langkah waktu 30 hari atau sama dengan 867150 kali untuk masing-masing *record* data. Namun data perubahan temporal y (delta y) yang akan direkam ataupun diplot adalah data iterasi terakhir di tiap bulannya. Jadi aplikasi ini akan menghasilkan 59925 *record* data perubahan delta y berupa matriks temporal-spasial (x,y) .

```

addpath('daftar_pustaka_perhitungan_gelombang_pecah');
load datadps2.txt %asumsinya adalah tahun 2008 untuk iterasi 1
%data y akan menggunakan data yang ini!
x = 0:20:10020; %ini akan berubah sesuai jumlah pias atau n x 20!
y = datadps2(:,1); %adalah nilai awal untuk tahun awal iterasi 1

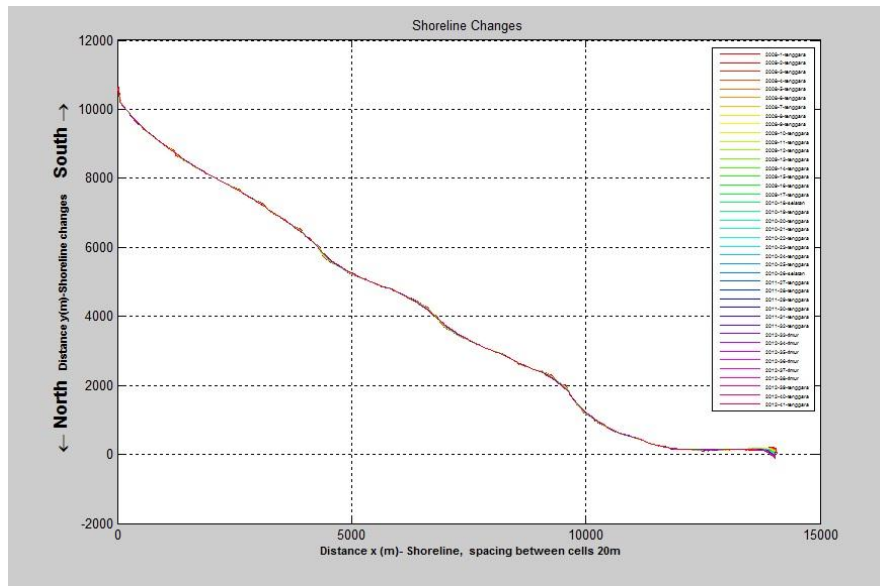
[data_tahun_iterasi,header_tahun_iterasi] = xlsread('data-tahun-iterasi-2.xlsx');
%kolom ke 1: no
%kolom ke 2: tahun
%kolom ke 3 : no iterasi
%kolom ke 4 : index arah
%kolom ke 5 : keterangan arah
[data_header_paramater_gelombang,header_paramater_gelombang] = xlsread('data-paramater-gelombang-pecah - gianyar.xlsx');
%kolom ke 1 : index arah
%kolom ke 2 : keterangan arah
%kolom ke 3 : cn
%kolom ke 4 : alphi
%kolom ke 5 : db
%kolom ke 6 : hb

```

Gambar 11. Code inisiasi 3 buah masukan utama.

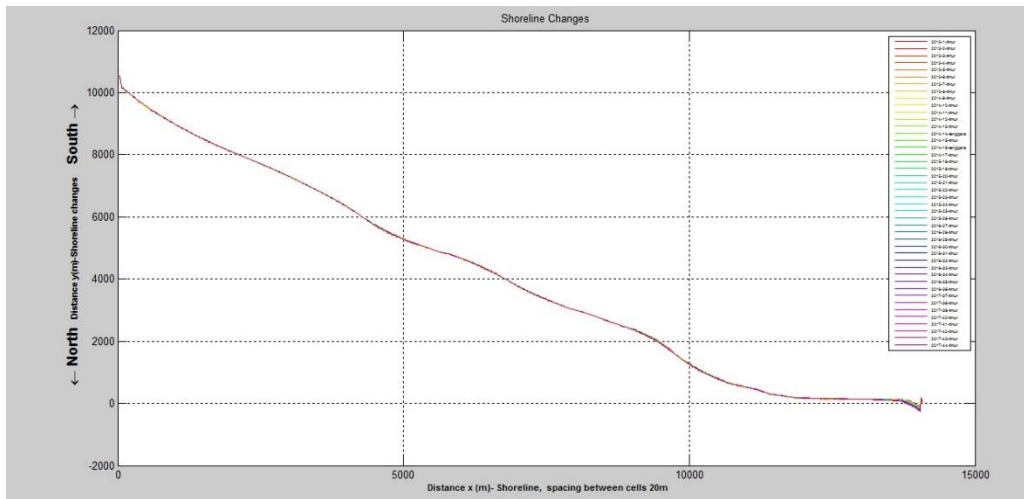
Pada penelitian ini eksekusi dibagi dalam dua kali proses karena keterbatasan spesifikasi *hardware*. Eksekusi pertama selama 5 tahun (2008-2012) sebanyak 41 bulan/iterasi dan eksekusi kedua selama 5 tahun juga (2013-2017) dengan total 44 bulan/iterasi. Hal ini sesuai dengan jumlah arah angin yang dominan menuju garis pantai sebanyak 85 bulan dari 120 bulan data. Hasil dari eksekusi aplikasi sebanyak 41 kali iterasi adalah seperti disajikan pada gambar 12. Masukan awal untuk eksekusi tahap kedua

mengambil *output* nilai iterasi terakhir dieksekusi pertama yaitu nilai hasil iterasi ke-41. Hasilnya seperti disajikan pada gambar 13.



Gambar 12. *Plotting* hasil eksekusi aplikasi tahun 2008-2012.

Adapun hasil perubahan garis pantai sesuai dengan batas-batas administrasi desa Provinsi Bali dapat disajikan pada tabel Meskipun telah diantisipasi dengan menambahkan masing-masing 2 desa sebelum dan sesudah lokasi studi, ujung-ujung dari domain studi seperti pada data ke-0 hingga data ke-3 (pias 528 hingga pias 529) kemudian data ke-700 hingga data ke-704 (pias 1239 hingga pias 1243) menunjukkan adanya eror dengan nilai-nilai negatif yang tinggi secara signifikan.



Gambar 13. *Plotting* hasil eksekusi aplikasi tahun 2013-2017.

Hasil aplikasi menunjukkan lima desa di wilayah pesisir tenggara Gianyar mengalami kecenderungan akresi yaitu Desa Batubulan, Sukawati, Pering, Lebih dan Tulikup dan empat desa mengalami kecenderungan erosi yaitu Desa Ketewel, Saba, Keramas dan Medahan. Dua desa yang berbatasan dengan Denpasar (Kesiman Petilan dan Kesiman Kerthalangu) cenderung mengalami akresi. Dua desa yang berbatasan dengan Klungkung yaitu Desa Negari cenderung akresi dan Desa Takmung cenderung erosi. Perbandingan hasil eksekusi aplikasi dengan penelitian Nugraha et al [14] dapat disajikan pada tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Hasil eksekusi aplikasi dan perbandingannya dengan Nugraha et al (2017)

No	Nama desa	Pias/data ke-	Hasil Aplikasi di Gianyar	Kecenderungan	Nugraha et al (2017)	Kecenderungan
1	Kesiman Petilan	528-587 (0-61)	Erosi tertinggi pias 529 = 17.076 m/th Akresi tertinggi pias 546 = 6.5085 m/th Akresi tertinggi pias 596 = 8.8254 m/th	Akresi	-	-
2	Kesiman Kerthalangu	596-604 (62-70)	Akresi terendah pias 604 = 5.6628 m/th Akresi tertinggi pias 605 = 5.4973 m/th	Akresi	-	-
3	Batubulan	605-639 (71-105)	hingga akresi terendah pias 639 = 1.1574 m/th	Akresi	Erosi = 2.0985 m/th, akresi = 4.32435 m/th	Akresi
4	Ketewel	640-753 (106-219)	Erosi tertinggi pias 730 = 11.5527 m/th, akresi tertinggi pias 753 = 9.2324 m/th	Erosi	Akresi = 8.6968 m/th, erosi = 3.7343 m/th	Akresi-Erosi
5	Sukawati	754-831 (220-297)	Akresi tertinggi pias 756 = 14.2548 m/th, erosi tertinggi pias 829 = 4.02572 m/th	Akresi	Akresi = 6.08775 m/th, erosi = 1.37125 m/th	Akresi-Erosi
6	Saba	832-871 (298-337)	Erosi tertinggi pias 865 = 11.6189 m/th Erosi terendah pias 835 = 1.8745 m/th	Erosi	Erosi terendah = 0.3739 m/th, erosi tertinggi = 1.22495 m/th, akresi = 7.3343 m/th	Akresi
7	Pering	872-916 (338-382)	Akresi tertinggi pias 886 = 10.4001 m/th, erosi tertinggi pias 341 = 5.23175 m/th	Akresi	Akresi tertinggi = 3.80455 m/th, erosi tertinggi = 1.3201 m/th	Akresi-Erosi

Tabel 3. Lanjutan hasil eksekusi aplikasi dan perbandingannya dengan Nugraha et al (2017).

No	Nama desa	Pias/data ke-	Hasil Aplikasi di Gianyar	Kecenderungan	Nugraha et al (2017)	Kecenderungan
8	Keramas	917-959 (383-425)	Akresi tertinggi pias 917 = 2.7580 m/th, erosi tertinggi pias 949 = 3.19855 m/th	Erosi	Akresi = 5.3642 m/th, akresi terendah = 1.30575 m/th	Akresi
9	Medahan	960-1041 (426-509)	Akresi tertinggi pias 1027 = 12.1667 m/th, erosi tertinggi = 16.236566 m/th	Erosi	Akresi terendah = 0.050965 m/th, akresi tertinggi = 8.60745 m/th	Akresi
10	Lebih	1042-1083 (510-551)	Akresi terendah pias 1080 = 1.4206 m/th, akresi tertinggi pias 1046 = 9.08660 m/th	Akresi	Erosi = 1.83955 m/th, akresi = 3.11945 m/th	Akresi-Erosi
11	Tulikup	1084-1131 (552-599)	Akresi terendah pias 1106 = 0.78841 m/th, akresi tertinggi = 3.929475 m/th	Akresi	Erosi terendah = 0.99515 m/th, erosi tertinggi = 3.39845 m/th	Erosi
12	Negari	1132-1156 (600-624)	Akresi terendah 1148 = 0.50929 m/th, akresi tertinggi pias 1156 = 4.797477 m/th	Akresi	Erosi terendah = 0.88705 m/th, erosi tertinggi = 3.09155 m/th	Erosi
13	Takmung	1164-1243 (625-704)	Erosi terendah pias 702 = 44.6602 m/th, akresi tertinggi pias 1165 = 5.31493 m/th	Erosi	Erosi terendah = 2.0818 m/th, erosi tertinggi = 24.18365 m/th	Erosi

Nugraha et al [14] menyebutkan bahwa perubahan garis pantai akibat kecenderungan akresi terjadi di pesisir pantai Gianyar sedangkan perubahan garis pantai akibat kecenderungan erosi terjadi di Kabupaten Klungkung terutama daerah perbatasan antara Gianyar dengan Klungkung (Desa Takmung dan Jumpai). Hal tersebut agak berbeda dengan hasil yang didapatkan dari aplikasi yang telah dibuat jika dibandingkan antar desa belum bersesuaian secara tepat kecenderungan akresi-erosinya. Namun secara garis besar kedua penelitian ini memiliki hasil yang sama yaitu pesisir Gianyar cenderung mengalami akresi hanya saja hasil aplikasi ini menyatakan bahwa perbatasan dengan Klungkung cenderung mengalami akresi bukan erosi. Erosi di daerah Takmung terjadi karena eror yang terjadi di akhir model. Perbedaan hasil dengan Nugraha et al [14] kemungkinan terjadi karena parameter oseanografi seperti angin dan gelombang yang diperhitungkan pada aplikasi yang dibuat ini.

5. Kesimpulan

Dengan menggunakan aplikasi perubahan garis pantai menggunakan ONE-LINE model yang telah dibuat, menggunakan data masukan parameter gelombang pecah, data pias garis pantai dan data arah angin-jumlah iterasi per tahun maka perubahan garis pantai maju-mundur (akresi-erosi) dapat diidentifikasi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada KEMENRISTEKDIKTI atas hibah penelitiannya sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan. Terima kasih juga kepada STMIK Denpasar atas kesempatan dan waktu yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Ariasih, N., I Putu Agung Bayupati, I Ketut Gede Darmaputra. Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lokasi TPA Sampah Menggunakan Metode Min_Max Inference Fuzzy. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 2015: Vol.14 No. 1. Jun.
- [2] Arnawa, I., I G. A. P. Raka Agung. Prototipe Monitoring Ketinggian Air Bendungan Melalui Media Sosial Twitter Berbasis Mikrokontroler Atmega-328PU. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*. 2015: Vol. 14 No.2. Dec.
- [3] Putra, I.S. Segmentasi Citra Remote Sensing Laut Dengan Metode Clustering DBSCAN. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 2013:Vol. 12 No.2. Dec.
- [4] Muhajir, A. Kala Abrasi Rusak Keindahan Pantai-Pantai Bali. [online], www.mongabay.co.id/2015/01/24/kala-abrasi-rusak-keindahan-pantai-pantai-bali/. 2015[diakses: 14 september 2018].
- [5] Effendi, S. S. Evolusi Perubahan Garis Pantai Setelah Pemasangan Bangunan Pantai. *Tesis*. Denpasar: Teknik Sipil, Program Pascasarjana. Universitas Udayana. 2014.
- [6] Triwahyuni, A. Numerical Simulation On Shoreline Change In Western Region of Badung Regency, Bali, Indonesia. *Tesis*. Denpasar: Ilmu Lingkungan Universitas Udayana. 2013.
- [7] Purnaditya, N.P., I Gusti Bagus Sila Dharma, I Gusti Ngurah Putra Dirgayusa. Prediksi Perubahan Garis Pantai Nusa Dua dengan One-Line Model. *Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil*. Universitas Udayana. 2012.
- [8] Ivanoviq A, Suntoyo, S, Kriyo. Analisa Karakteristik Perubahan Garis Pantai Lebih Kabupaten Gianyar dan Kondisi Lingkungan Sekitar dengan Empirical Orthogonal Function (EOF). *Tugas Akhir Teknik Kelautan FTK-ITK*. Surabaya. 2011.
- [9] Yasada, G. Monitoring of Coastal Erosion in Southeast Part of Bali Area Using Remote Sensing Technique and Numerical Model. *Tesis*. Universitas Udayana. 2008.
- [10] Purnaditya, N.P. Prediksi Perubahan Garis Pantai Dengan Pemodelan Numerik (Studi Kasus: Pantai Nusa Dua). *Tugas Akhir*. Universitas Udayana. 2012.
- [11] CERC. Shore Protection Manual Vol. I. *US Army Coastal Engineering, Research Center*. Washington, DC. 1984.
- [12] Made Sudarma, Ins Kumara, Iapf Imawati. Geographic Information System Design and Analysis of Sea Water Wave Forecast for Early Detection of Seashore Erosion. *International Journal of Engineering Research and Development*. 2018: Volume 13, Issues 1, (January 2018), PP. 01-07. e-ISSN: 2278-067X.
- [13] Triatmodjo, B. *Teknik Pantai*. Cetakan ke-6. Beta Offset, Yogyakarta: 2012.
- [14] Nugraha, I.N.J., I Wayan Gede Astawa Karang, I Gusti Bagus Sila Dharma. Studi Laju Perubahan Garis Pantai di Pesisir Tenggara Bali Menggunakan Citra Satelit Landsat (Studi Kasus Kabupaten Gianyar dan Klungkung). *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 2017: Volume 3 (2). 204-214.