

KARYA TEKNOLOGI BIDANG BUDIDAYA PERAIRAN



**MODEL DINAMIS PENGELOLAAN EKOLOGI KAWASAN MANGROVE
TERDAMPAK ABRASI DI KABUPATEN BREBES**

Oleh :

Dr. Ir. SUYONO, M.Pi.

NIDN. 0015016601

**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL**

2016

MODEL DINAMIS PENGELOLAAN EKOLOGI KAWASAN MANGROVE TERDAMPAK ABRASI DI KABUPATEN BREBES

Latar Belakang

Hutan mangrove dikenal juga dengan istilah *tidal forest*, *coastal woodland*, *vloedbosschen*, atau juga hutan payau. Hutan mangrove juga didefinisikan sebagai komunitas tumbuhan yang tumbuh di daerah pasang surut dan selalu atau secara teratur tergenang air laut dan dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Ekosistem mangrove didominasi oleh tumbuhan dari jenis *Rhizophora*, *Avicennia*, *Bruguiera* dan *Sonneratia*, dan juga ditemukan di dalamnya tumbuhan jenis *Ceriops*, *Xylocarpus*, *Acrostichum*, *Lumnitzera*, *Aegiceras*, *Scyphyphora*, dan *Nypa* (Nybakken, 1992). Nilai sumberdaya mangrove, dalam konsep dasar penilaian ekonomi (*economic valuation*) sumberdaya alam, ditentukan oleh fungsi dari sumberdaya itu sendiri. Nilai ekonomi atau total nilai ekonomi hutan mangrove secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu nilai penggunaan (*use value*) dan nilai intrinsik (*non-use value*). Nilai penggunaan selanjutnya dapat dibagi menjadi nilai penggunaan langsung (*direct use*), nilai penggunaan tidak langsung (*indirect use*) dan nilai pilihan (*option value*) (Tuwo, 2011).

Kegiatan antropogenis berupa pembukaan kawasan mangrove untuk pertambakan udang intensif yang terus meningkat pada kurun waktu tahun 1980 - 2000 telah menyebabkan pengurangan luas kawasan mangrove di wilayah pantai Kabupatn Brbs secara signifikan dari tahun ke tahun dengan laju pengurangan 107 ha./tahun (Fiazia, 2006). Kawasan mangrove di Kabupaten Brebes juga mengalami kerusakan yang disebabkan oleh abrasi pantai dan penjarahan kayu mangrove oleh pihak yang tidak bertanggung jawab (Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Brebes, 2008). Kerusakan mangrove memicu timbulnya abrasi dan sebaliknya abrasi menurunkan kuantitas dan kualitas sumber daya mangrove (Onrizal, 2010 dan Marfai, 2011). Beberapa upaya untuk mengatasi kerusakan mangrove di Kabupaten Brebes telah dilakukan baik oleh Pemerintah Kabupaten Brebes maupun oleh masyarakat pemerhati mangrove. Upaya tersebut diantaranya reboisasi mangrove, pembangunan alat pemecah ombak (APO), pemasangan papan peringatan dan ajakan pelestarian mangrove, pembentukan kelompok pengawas mangrove dari masyarakat pantai setempat dan upaya penyusunan peraturan daerah/peraturan desa terkait dengan pengelolaan mangrove (Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Brebes, 2008 dan Dinas Kelautan dan Perikanan Propinsi

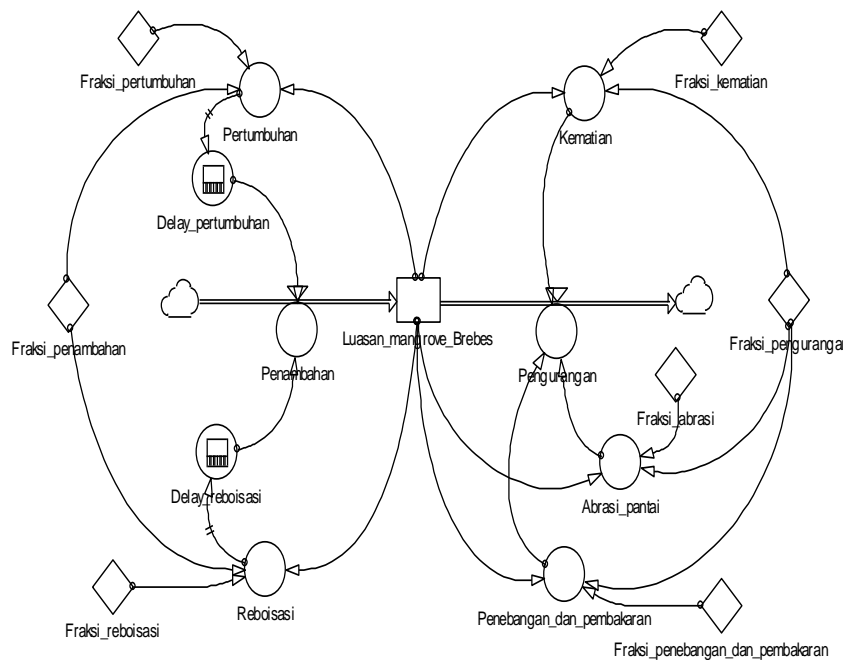
Jawa Tengah, 2012). Pengurangan luas kawasan mangrove di wilayah pantai Kabupaten Brebes secara keseluruhan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengurangan Luas Kawasan Mangrove di Kabupaten Brebes

No	Luas kawasan mangrove (ha.)						Kondisi akhir
	Tahun	Pertumbuhan	Reboisasi	Kematian	Penebangan	Abrasi	
1	1983	92	86	48	163	276	2327
2	2000	18	37	9	33	55	505
3	2002	16	34	8	29	50	246
4	2008	12	25	6	21	37	284
5	2010	11	22	5	19	33	274
6	2011	10	21	5	18	31	258
7	2013	9	19	5	17	28	243

Sumber : Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (2001), Kantor Lingkungan Hidup Kabupaten Brebes (2003), Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Brebes (2008), Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Propinsi JawaTengah (2012), dan Hasil penelitian (2013)

Sistem dinamis perubahan kawasan mangrove di Kabupaten Brebes yang diadopsi dari Muhammadi, et al (2001) disajikan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Model dinamis proses ekologis yang mempengaruhi pengurangan luas kawasan mangrove Kabupaten Brebes (Sumber : Suyono, 2014)

Keterangan :

init Luas kawasan_mangrove_Brebes = 2327

flow Luas kawasan_mangrove_Brebes = +dt*Penambahan-dt*Pengurangan

doc Luas_kawasan_mangrove_Brebes = Luas kawasan mangrove di wil pantai Kab Brebes pada tahun 1983

aux Penambahan = Delay_pertumbuhan+Delay_reboisasi

aux Pengurangan = Kematian+Abrasi_pantai+Penebangan_dan_pembakaran

doc Pengurangan = Menunjukkan pengurangan luas kawasan mangrove di Kab Brebes

aux Abrasi_pantai = Fraksi_pengurangan*Fraksi_abrasi*Luas_kawasan_mangrove_Brebes

doc Abrasi_pantai = Pengurangan luas kawasan mangrove di Kab Brebes karena faktor abrasi pantai

aux Delay_pertumbuhan = DELAYMTR(Pertumbuhan,5,1,0)

aux Delay_reboisasi = DELAYMTR(Reboisasi,5,1,0)

aux Kematian = Fraksi_kematian*Fraksi_pengurangan*Luas_kawasan_mangrove_Brebes

doc Kematian = Menunjukkan pengurangan luas kawasan mangrove di Kab Brebes karena faktor kematian

aux Penebangan_dan_pembakaran = Fraksi_penebangan_dan_pembakaran*Fraksi_pengurangan*Luas_kawasan_mangrove_Brebes

doc Penebangan_dan_pembakaran = Menunjukkan pengurangan luas kawasan mangrove di wil. Kab Brebes karena faktor penebangan dan pembakaran

aux Pertumbuhan = Fraksi_pertumbuhan*Fraksi_penambahan*Luas_kawasan_mangrove_Brebes

doc Pertumbuhan = Menunjukkan penambahan luas kawasan mangrove di Kab Brebes karena faktor pertumbuhan

aux Reboisasi = Fraksi_reboisasi*Fraksi_penambahan*Luas_kawasan_mangrove_Brebes

doc Reboisasi = Menunjukkan penambahan luas kawasan mangrove di Kab Brebes karena faktor reboisasi

const Fraksi_abrasi = 0.565

doc Fraksi_abrasi = Suatu bilangan tak bersatuan yang menunjukkan laju pengurangan luas kawasan mangrove di Kab Brebes karena faktor abrasi pantai

const Fraksi_kematian = 0.100

doc Fraksi_kematian = Suatu bilangan tak bersatuan yang menunjukkan laju pengurangan luas kawasan mangrove di Kab Brebes karena faktor kematian pohon

const Fraksi_penambahan = 0.12

doc Fraksi_penambahan = Suatu bilangan tak bersatuan yang menunjukkan laju penambahan luas kawasan mangrove di Kab Brebes per tahun

const Fraksi_penebangan_dan_pembakaran = 0.335

doc Fraksi_penebangan_dan_pembakaran = Bilangan tak bersatuan yang menunjukkan laju pengurangan luas kawasan mangrove di Kab. Brebes karena faktor penebangan dan pembakaran

const Fraksi_pengurangan = 0.21

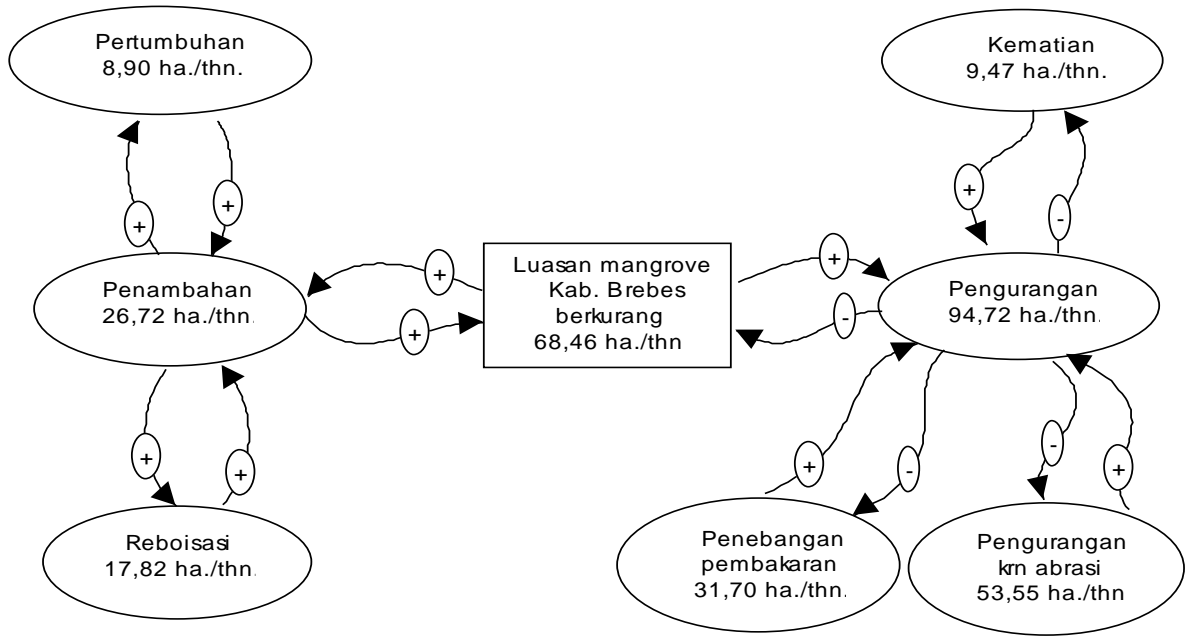
doc Fraksi_pengurangan = Suatu bilangan tak bersatuan yang menunjukkan laju pengurangan luas kawasan mangrove di wil pantai Kab Brebes setiap tahunnya

const Fraksi_pertumbuhan = 0.333

doc Fraksi_pertumbuhan = Suatu bilangan yang menunjukkan laju penambahan luas kawasan mangrove di Kab Brebes karena faktor pertumbuhan

const Fraksi_reboisasi = 0.667

doc Fraksi_reboisasi = Bilangan tak bersatuan yang menunjukkan laju penambahan luas kawasan mangrove di Kab Brebes karena faktor reboisasi



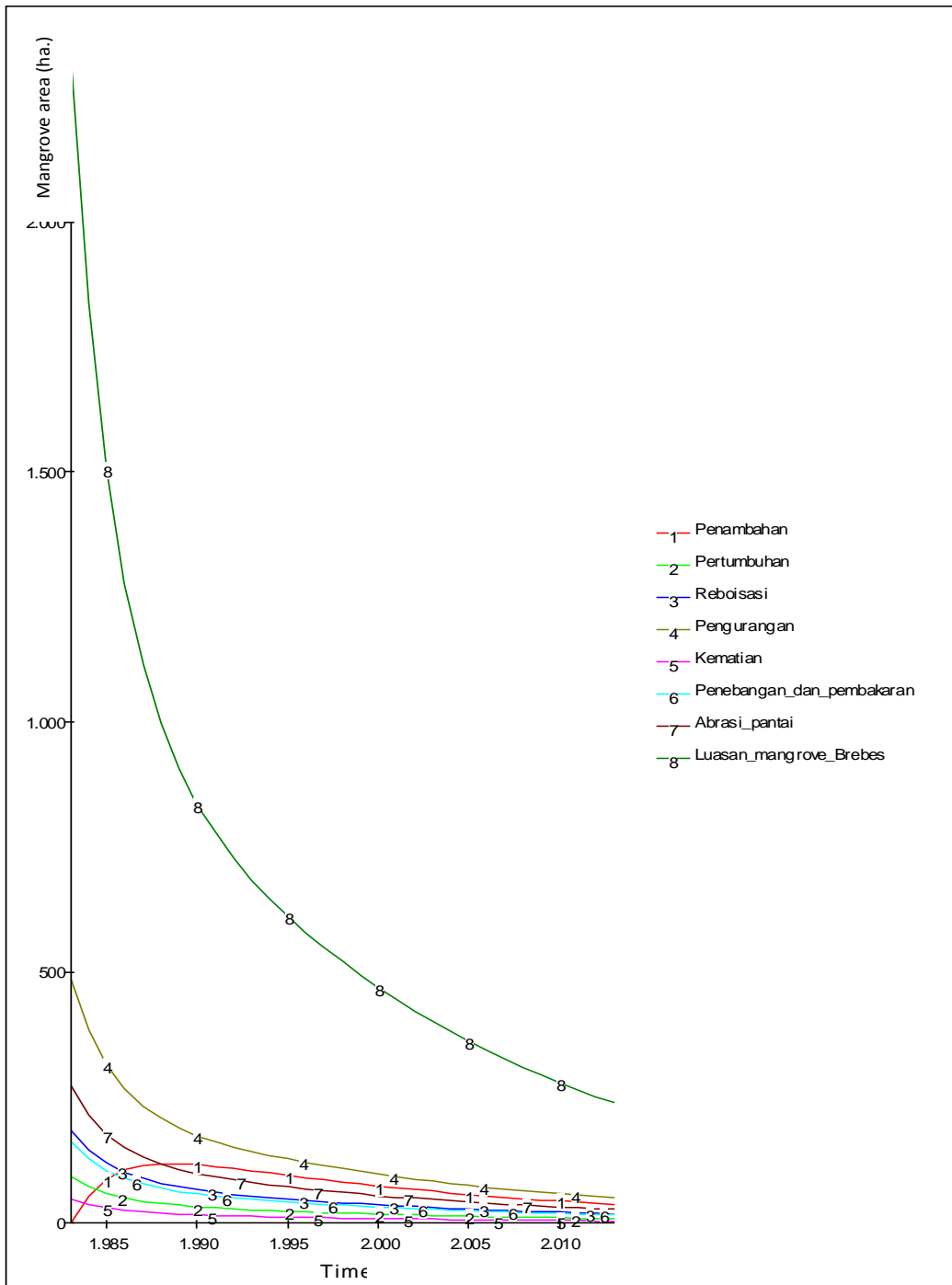
Gambar 2. Laju rata-rata pengurangan luas kawasan mangrove di Kabupaten Brebes
(Sumber : Suyono, 2014)

Hasil simulasi perubahan luas kawasan mangrove di Kabupaten Brebes disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 2. Hasil Simulasi Pengurangan Luas Kawasan Mangrove di Kabupaten Brebes Tahun 1983 – 2013 (ha.)

Tahun	Penambahan	Pertumbuhan	Reboisasi	Pengurangan	Kematian	Penebangan	Abrasi	Pengurangan mangrove diKab. Brebes
1983	0,00	92,99	186,25	488,67	48,87	163,70	276,10	2.327,00
1984	55,85	73,46	147,14	386,05	38,60	129,33	218,12	1.838,33
1985	88,80	60,26	120,71	316,71	31,67	106,10	178,94	1.508,13
1986	107,23	51,16	102,47	268,85	26,88	90,06	151,90	1.280,22
1987	116,51	44,70	89,53	234,91	23,49	78,69	132,72	1.118,61
1988	120,06	39,97	80,06	210,04	21,00	70,36	118,68	1.000,21
1989	120,05	36,37	72,85	191,15	19,11	64,03	108,00	910,22
1990	117,89	33,53	67,16	176,22	17,62	59,03	99,56	839,13
1991	114,45	31,20	62,49	163,97	16,40	54,93	92,64	780,80
1992	110,30	29,22	58,53	153,57	15,36	51,45	86,77	731,28
1993	105,79	27,49	55,07	144,48	14,45	48,40	81,63	688,01
1994	101,14	25,95	51,97	136,36	13,64	45,68	77,04	649,31
1995	96,50	24,54	49,15	128,96	12,90	43,20	72,86	614,10
1996	91,94	23,24	46,55	122,14	12,21	40,92	69,01	581,64
1997	87,51	22,04	44,14	155,80	11,58	38,79	65,43	551,43
1998	83,24	20,90	41,87	109,86	10,99	36,80	62,07	523,14
1999	79,15	19,84	39,74	104,27	10,43	34,93	58,91	496,52
2000	75,24	18,84	37,73	98,99	9,90	33,16	55,93	471,40
2001	71,50	17,89	35,83	94,00	9,40	31,49	53,11	447,64
2002	67,94	16,99	34,03	89,28	8,93	29,91	50,44	425,14
2003	64,56	16,14	32,32	84,80	8,48	28,41	47,91	403,80
2004	61,34	15,33	30,70	80,55	8,05	26,98	45,51	383,56
2005	58,28	14,56	29,16	76,51	7,65	25,63	43,23	364,35
2006	55,37	13,83	27,70	72,68	7,27	24,35	41,07	346,12
2007	52,60	13,14	26,32	69,05	6,90	23,13	39,01	328,80
2008	49,97	12,48	25,00	65,59	6,56	21,97	37,06	312,35
2009	47,47	11,86	23,75	62,31	6,23	20,87	35,21	296,73
2010	45,10	11,26	22,56	59,20	5,92	19,83	33,45	281,89
2011	42,84	10,70	21,43	56,24	5,62	18,84	31,77	267,79
2012	40,70	10,17	20,36	53,42	5,34	17,90	30,18	254,40
2013	38,67	9,66	19,34	50,75	5,08	17,00	28,68	241,68

Sumber : Hasil penelitian (2013)



Gambar

3. Grafik pengurangan luas kawasan mangrove di pantai Kabupaten Brebes beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya pada tahun 1983 – 2013 (Sumber : Suyono, 2014)

Adapun tingkat keeratan hubungan dari masing-masing faktor tersebut yang diperoleh dari uji hipotesis terhadap dinamika kerusakan/pengurangan mangrove di wilayah pantai Kabupaten Brebes diketahui melalui analisis korelasi parsial yang diadopsi dari Siregar (2013) disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji korelasi-regresi faktor-faktor yang mempengaruhi dinamika luas kawasan mangrove di kabupaten brebes (Sumber : Suyono, 2014)

PARTIAL CORR/VARIABLES=X1 X2 X3 X4 X5 BY Y /SIGNIFICANCE=TWOTAIL
 /STATISTICS=DESCRIPTIVES CORR /MISSING=LISTWISE. Partial Corr
 [DataSet1] C:\Users\TOSHIBA NB520\Documents\tebangabrasimangrove OK.sav

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	n
MANGROVE	68,463	8,964	31
PERTUMBUHAN	8,904	4,112	31
REBOISASI	17,823	6,583	31
KEMATIAN	9,644	2,154	31
PENEBANGAN	31,703	6,273	31
ABRASI	53,552	6,691	31

N : Jumlah tahun pengamatan hasil simulasi (1983 s.d 2013)

Correlations

Control Variables		PERTUMBUHAN	REBOISA SI	KEMATI AN	PENEBA NGAN	ABRA SI	MANGR OVE
PERTUMBUHAN	Correlation	1,000	,983	,982	,982	-,984	,996
	Significance (2-tailed)	.	,000	,000	,000	,000	,000
	Df	0	5	5	5	5	5
REBOISASI	Correlation	,983	1,000	,982	,984	-,982	,974
	Significance (2-tailed)	,000	.	,000	,000	,000	,000
	Df	5	0	5	5	5	5
KEMATIAN	Correlation	,982	,982	1,000	,974	,974	-,996
	Significance (2-tailed)	,000	,000	.	,000	,000	,000
	Df	5	5	0	5	5	5
PENEBANGAN	Correlation	,982	,984	,974	1,000	,983	-,996
	Significance (2-tailed)	,000	,000	,000	.	,000	,000
	Df	5	5	5	0	5	5
ABRASI	Correlation	-,984	-,982	,974	,983	1,000	-,996
	Significance (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	.	,000
	Df	5	5	5	5	0	5
MANGROVE	Correlation	,996	,974	-,996	-,996	-,996	1,000
	Significance (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	.
	Df	5	5	5	5	5	0

Model Summary^b

Model	R		Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	R Square Change	Change Statistics			
	R	Square				F Change	df1	df2	Sig F Change
1	,996 ^a	,992	,948	,02205	,992	144,159	5	25	,001 ^a

a. Predictors: (Constant), PERTUMBUHAN, REBOISASI, KEMATIAN, PENEBANGAN, ABRASI

b. Dependent Variable: Luas mangrove

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	5903793,300	5	1180758,660	144,159	,001 ^a
	Residual	204766,800	25	8190,672		
	Total	6108560,100	30			

a. Predictors: (Constant),PERTUMBUHAN, REBOISASI, KEMATIAN, PENEBAANGAN, ABRASI

b. Dependent Variable: MANGROVE

Model	Coefficients ^a				
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
Constant)	2319,875	150,152		9,024	,004 ^a
PERTUMBUHAN	,039	,010	,089	2,071	,011 ^a
REBOISASI	,087	,037	,090	3,152	,004 ^a
KEMATIAN	-,021	,013	-,079	2,065	,020 ^a
PENEBAANGAN	-,071	,035	-,076	5,241	,001 ^a
ABRASI	-,118	,041	-,124	7,314	,000 ^a

a. Predictors: (Constant),PERTUMBUHAN, REBOISASI, KEMATIAN, PENEBAANGAN, ABRASI ;

b. Dependent Variable: MANGROVE ; $t_{\text{tabel}} = t(\alpha/2)(n-2) = t(0,05/2)(31-2) = t(0,025 ; 29) = 2,045$

Hasil uji korelasi di atas menunjukkan bahwa semua faktor baik ekologis maupun antropogenis berbeda nyata memiliki (t hitung lebih dari t tabel atau nilai signifikansi kurang dari 0,025) dengan tingkat keeratan yang kuat terhadap dinamika perubahan luas kawasan mangrove di Kabupaten Brebes dengan nilai r faktor pertumbuhan alami = 0,996 (kuat positif, searah) dengan koefisien determinan/kontribusi $(r)^2 \times 100\% = (0,996)^2 \times 100\% = 99,20\%$, r reboisasi = 0,974 (kuat positif, searah) dengan kontribusi $(r)^2 \times 100\% = 94,86\%$, nilai r kematian, penebangan/pembakaran dan abrasi masing-masing = -0,996 (kuat negatif, berlawanan arah) dengan kontribusi sebesar $r^2 \times 100\% = 99,20\%$

Persamaan dinamika penambahan dan pengurangan vegetasi mangrove di Kabupaten Brebes yang diperoleh dari tabel koefisien tersebut, adalah sebagai berikut :

$$Y = 2319 + 0,039 X_1 + 0,087 X_2 - 0,021 X_3 - 0,071 X_4 - 0,118 X_5$$

Keterangan :

Y = Luasan mangrove di wilayah pantai Kabupaten Brebes

2319 = Luas mangrove di wilayah pantai Kabupaten Brebes pada awal perhitungan

X1 = Penambahan mangrove dari faktor pertumbuhan

X2 = Penambahan vegetasi mangrove dari faktor reboisasi

X3 = Pengurangan vegetasi mangrove karena faktor kematian

X4 = Pengurangan vegetasi mangrove karena faktor penebangan

X5 = Pengurangan vegetasi mangrove karena faktor abrasi pantai

Hasil uji Anova di atas menunjukkan adanya signifikansi pada taraf kepercayaan 99%.

Hal tersebut menunjukkan ada 2 arti, yakni :

1. Ada pengaruh yang signifikan secara simultan/bersama-sama antara faktor pertumbuhan, reboisasi, kematian, penebangan dan abrasi terhadap perubahan luas kawasan mangrove di wilayah pantai Kabupaten Brebes.
2. Model/persamaan regresi linear berganda yang dibangun dapat digunakan untuk memprediksi tingkat perubahan luas kawasan mangrove di wilayah pantai Kabupaten Brebes yang dipengaruhi oleh pertumbuhan, reboisasi, kematian, penebangan dan abrasi yang terjadi. Hal tersebut terlihat dari hasil uji Anova di atas menunjukkan bahwa nilai F hitung yang mengindikasikan adanya pengaruh nyata sehingga persamaan regresi linear berganda yang dibangun valid.

Jumlah pertumbuhan mangrove secara alamiah sekitar dua kalinya dibandingkan jumlah pengurangan mangrove yang karena kematian. Penambahan dan pengurangan luas kawasan mangrove yang diakibatkan oleh reboisasi dan penebangan relatif seimbang kecuali pada kurun waktu tahun 1983 – 2000 dimana penebangan mangrove banyak dilakukan untuk pembuatan tambak udang. Pengurangan luas kawasan mangrove lebih ditentukan oleh faktor abrasi dengan jumlah yang relatif lebih besar mendekati dua kali berkurangnya luas kawasan mangrove karena faktor penebangan/pembakaran.

Dinamika perubahan luas kawasan mangrove di wilayah pantai Kabupaten Brebes dari hasil analisis dinamis dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Laju pengurangan luas kawasan mangrove di Kabupaten Brebes berdasarkan hasil persamaan regresi data tahun 1983 s/d 2013 sejumlah 68,46 ha./thn. \pm 8,96 ha./thn.
2. Upaya reboisasi yang sudah dilakukan selama 11 tahun dari tahun 2004 s/d 2013 seluas 197 ha. (laju reboisasi 17,82 ha./thn. \pm 6,58 ha./thn.) dengan rincian :
 - a. Seluas 50 ha. atau sekitar 10 % yang bertahan dari 500 ha reboisasi tahun 2004 dengan kepadatan 2000 pohon/ha. (Dinas Pertanian, Kehutanan dan Konservasi Tanah Kabupaten Brebes, 2005 dan hasil pengamatan lapangan, 2013).
 - b. Seluas 147 hektar dari reboisasi sejumlah 1.500.000 pohon tahun 2013 dengan kepadatan 1 pohon/m² (10.200 pohon/ha.) (Rusjan dan Mashadi, 2013).
3. Hasil pengamatan lapangan (2013) menunjukkan bahwa laju reboisasi 17,82 ha./thn tersebut memberikan kontribusi 66,67% terhadap laju penambahan luas kawasan mangrove mangrove di Kabupaten Brebes sejumlah 26,72 ha./thn, sedangkan 33,33% sisanya 8,90 ha./thn. \pm 4,11 ha./thn. disumbang faktor pertumbuhan alami.
4. Laju pengurangan total luas kawasan mangrove di Kabupaten Brebes sejumlah 94,72 ha./tahun diperoleh dengan perhitungan = + 26,72 ha./thn (berupa laju penambahan)

– X (berupa laju pengurangan mangrove secara total) = - 68,46 ha./thn. (berupa laju pengurangan luas kawasan mangrove per tahun secara nyata), terdiri dari :

- a. Seluas 53,55 ha./thn. \pm 6,69 ha./thn. disebabkan oleh abrasi, dimana laju rata-rata abrasi pantai di Kabupaten Brebes 63 ha./thn. (Ardani, 2004 dan Dinas Perikanan dan Kelautan, Kabupaten Brebes, 2008) dan hasil pengamatan lapangan (2013) menunjukkan sekitar 85 %-nya (53,55 ha./thn.) merupakan areal bermangrove yakni 0,565 bagian dari pengurangan luas kawasan mangrove/ tahun.
- b. Seluas 31,70 ha./thn. \pm 6,27 ha./thn. disebabkan oleh penebangan, menyumbang 0,335 bagian pengurangan luas kawasan mangrove.
- c. Seluas 9,64 ha./thn. \pm 2,15 ha./thn. dikarenakan kematian vegetasi mangrove secara alamiah selain abrasi, menyumbang 0,100 bagian dari pengurangan luas kawasan mangrove di wilayah pantai Kabupaten Brebes.

Laju pengurangan luas kawasan mangrove di wilayah pantai Kabupaten Brebes karena faktor abrasi sebesar 53,55 ha./thn memberi kontribusi lebih dari 50% yakni 56,65% terhadap pengurangan mangrove. Faktor penebangan vegetasi mangrove seluas 31,70 ha./thn memberi kontribusi 33,50% terhadap laju pengurangan mangrove. Hal tersebut penting untuk diperhatikan dalam rangka pengawasan, pencegahan dan penjagaan kelestarian mangrove di wilayah pantai Kabupaten Brebes dari faktor penebangan.

Daftar Pustaka

- Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Brebes. 2008. *Penyusunan Rencana Tata Ruang Pesisir Kabupaten Brebes*. 56 p.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Propinsi Jawa Tengah. 2012. *Penyusunan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) Provinsi Jawa Tengah*. 135 p.
- Fiazia, N.A. 2006. *Struktur Komunitas Mangrove dan Implikasinya pada Kegiatan Rehabilitasi di Pesisir Brebes, Jawa Tengah*. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 85 p.
- Marfai, M.A.. 2011. *The hazards of coastal erosion in Central Java, Indonesia: An overview*. Geografi A OnlineTM Malaysian Journal of Society and Space 7 issue 3 (1 - 9) 1 © 2011, ISSN 2180-2491.
- Muhamadi, E. Aminullah dan B. Soesilo. 2001. *Analisis Sistem Dinamis Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi dan Manajemen*. Pusat Studi Kebijakan dan Dinamika Sistem- Penerbit UMJ Press. Jakarta. 415 p.
- Nybakken, J. W., 1992. *Biologi Laut*. (Penerjemah : M. Eidman, D.G. Bengen, M. Hutomo dan S. Sukardjo). Penerbit PT Gramedia. Jakarta.459 p.

- Onrizal. 2010. *Perubahan Tutupan Hutan Mangrove di Pantai Timur Sumatera Utara Periode 1977- 2006*. Jurnal. Biol. Indon. ISSN : 0854-4425. Akreditasi: No 816/D/08/2009; 6 (2) : 163 - 172.
- Siregar, S. 2013. *Statistik Parametrik untuk Penelitian Kuantitatif*. PT Bumi Aksara. Jakarta. 538 p.
- Suyono. 2014. *Penanganan Degradasi Ekosistem Mangrove Dan Abrasi Pantai Berbasis Geographic Information System Dengan Pendekatan Adaptive Co-Management Tahun Kdua*. Penelitian Hibah Bersaing Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan R.I.
- Tuwo, A.. 2011. *Pengelolaan Ekowisata Pesisir dan Laut : Pendekatan Ekologi, Sosial-Ekonomi, Kelembagaan, dan Sarana Wilayah*. Brillian Internasional. Surabaya. 412 p.