

ANALISIS DUGAAN SUBSIDEN (*subsidence*) DI PULAU PADANG KABUPATEN KEPULAUAN MERANTI, PROVINSI RIAU

1. PENDAHULUAN

Tanah gambut umumnya terdiri dari 90% air dan 10% padatan vegetatif. Lahan gambut bukanlah lahan daratan tetapi lahan basah (*wetland*), yang perlu dikelola sebagai badan air untuk mencegah hilangnya air berlebihan yang mendukung tanah gambut mengendalikan subsiden. Subsiden (*subsidence*) adalah suatu kejadian terjadinya penurunan permukaan tanah. Penurunan permukaan tanah dapat terjadi di tanah gambut ataupun tanah mineral. Penurunan tanah gambut disebabkan oleh berbagai faktor antara lain penurunan elevasi muka airtanah akibat drainase, proses pematangan tanah (dekomposisi), oksidasi tanah, aktivitas mikrobiologi tanah, pembukaan lahan (*land clearing*), dan kemungkinan terjadinya kebakaran lahan gambut. Karakteristik subsiden dicirikan dengan laju penurunan tanah yang tinggi pada awal tahun dan selanjutnya menurun seiring terjadinya proses peningkatan kematangan tanah yang disertai dengan naiknya bobot isi (*bulk density*) tanah. Manajemen air dalam pengelolaan lahan gambut sangat mempengaruhi keberlangsungan budidaya pertanian di lahan gambut secara berkelanjutan.

Subsiden adalah merupakan kejadian yang tak terhindarkan dan merupakan harga yang harus dibayar dalam pengelolaan lahan gambut untuk budidaya. Laju subsiden yang berlebihan menyebabkan cepatnya penurunan permukaan tanah sehingga elevasinya menurun mendekati elevasi muka air tertinggi di sungai sehingga akhirnya tidak mampu lagi didrainasekan. Pada waktu itu umur perkebunan HTI akan berakhir.

Pengembangan lahan gambut berkelanjutan pada prinsipnya adalah bagaimana mengendalikan penurunan permukaan tanah (subsiden) dengan cara mengelola penurunan kedalaman airtanah akibat dari sistem drainase.

Presentasi Oka Karyanto (UGM) dan Rafli¹ (2012) menyatakan bahwa dengan asumsi: (a) tinggi elevasi lahan gambut dari muka air laut sekarang 5 m, (b) laju kenaikan muka air laut 4 mm/tahun, dan (c) laju subsiden tanah gambut 4 cm/tahun (akibat HTI), maka dalam jangka waktu 60 tahun diduga Pulau Padang akan tenggelam. Pernyataan ini perlu dikaji secara ilmiah bagaimana pendugaan subsiden di lahan gambut.

2. TUJUAN

Analisis subsiden dalam tulisan ini bertujuan untuk mengkaji secara ilmiah bagaimana proses terjadinya subsiden dan menduga besarnya penurunan tanah dalam jangka waktu pengelolaan HTI.

¹ Oka Karyanto, 2012. Pengelolaan Lansekap di Pulau Padang: Kajian Awal dan Road Map. Rafli, -2012. Masukan Awal terhadap Tim Mediasi Konflik DKN,

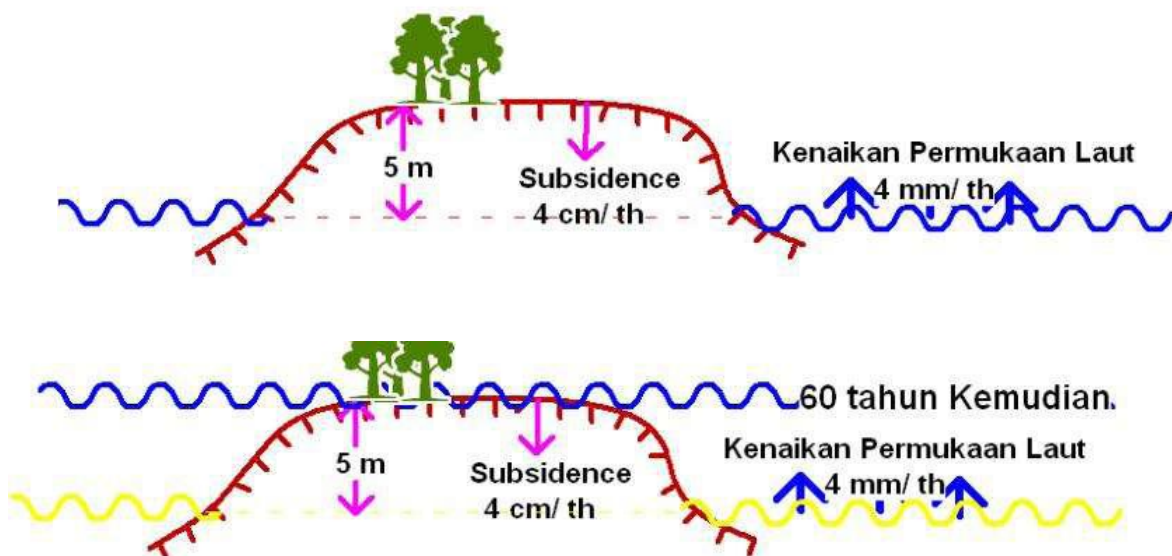
3. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan:

- (1) Kajian hitungan rasional pendugaan subsiden di Pulau Padang dengan menggunakan asumsi Oka Karyanto (UGM)
- (2) Kajian dugaan subsiden berdasarkan persamaan subsiden dari Hooijer (2009), dengan menggunakan peta kontur interval 0,5 m skala 1:50.000 Pulau Padang
- (3) Hasil dugaan subsiden Hooijer dibandingkan dengan data dari Pustaka yakni persamaan Segeberg (1960) pada kondisi tanah gambut di Belanda dan data kondisi tanah gambut di Jerman
- (4) Kesimpulan dugaan subsiden di Pulau Padang

4. KAJIAN DUGAAN SUBSIDEN DARI OKA KARYANTO (UGM)

Presentasi Oka Karyanto (UGM) Pengelolaan Lansekap di Pulau Padang: Kajian Awal dan Road Map, serta Rafli: Masukan Awal terhadap Tim Mediasi Konflik DKN, menyatakan bahwa dengan asumsi: (a) Tinggi elevasi lahan gambut dari muka air laut sekarang **5 m**, (b) Laju kenaikan muka air laut **4 mm/tahun**, (c) Laju subsiden tanah gambut **4 cm/tahun**, maka dalam jangka waktu 60 tahun Pulau Padang akan tenggelam. Model dugaan subsiden dinyatakan dengan **Gambar 1**.



Gambar 1. Model subsiden di Pulau Padang (Oka Karyanto)

Perhitungan dugaan subsiden dilakukan seperti pada **Tabel 1**. Menggunakan asumsi seperti di atas, maka Pulau Padang diperkirakan akan sekitar 3 cm di atas laut pada tahun ke 113. Pada tahun ke 60 elevasi lahan masih sekitar 236 cm di atas laut.

Tabel 1. Hitungan dugaan subsiden di Pulau Padang berdasarkan metoda Oka Karyanto

Asumsi:	Baris	Satuan	Nilai	
Ketinggian lahan dari muka air laut sekarang	[1]	cm	500	
Prediksi laju kenaikan muka air laut	[2]	mm/tahun	4	
Prediksi laju Subsiden	[3]	cm/tahun	4	
Perhitungan perkiraan subsiden:				
Waktu	[4]	tahun	60	113
Kumulatif Subsiden =[4]x[3]	[5]	cm	240	452
Kumulatif Kenaikan air laut=[4]x[2]/10	[6]	cm	24	45,2
Ketinggian lahan dari muka air laut nanti=[1]-[5]-[6]	[7]	cm	236	2,8

5. PREDIKSI SUBSIDEN BERDASARKAN PENGAMATAN DI PELELAWAN

5.1. Persamaan Subsiden

Analisis subsiden telah dilakukan oleh Hooijer et. al. (2009)², berdasarkan data pengamatan subsiden di Pelelawan oleh Seksi Water Management PT RAPP dari Januari 2002 – Januari 2009. Pada waktu *land clearing* dan mulai awal tanam (2003) terjadi subsiden sebesar 0,6 m, kemudian lajunya menurun sehingga pada panen pertama (periode 5 tahun) terjadi kumulatif subsiden 1,1 m (laju subsiden 23 cm/tahun). Setelah periode 6-8 tahun laju subsiden menjadi sekitar 17-20 cm/tahun. Pada kondisi ini data bobot isi (*bulk density*) tanah pada kedalaman 10-120 cm berkisar antara 0,07-0,15 gram/cm³. Pengamatan dilakukan di Kebun K (*estate K*) dan Kebun J (*estate J*) Fase 2, Pelelawan (**Gambar 2**). Hasil rerata pengamatan di dua lokasi tersebut digambarkan seperti pada **Gambar 3**.

Data tersebut diolah, sehingga didapat persamaan subsiden: $Y = 0,51 \ln X - 0,950$ untuk kebun K, dan $Y = 0,483 \ln X - 0,920$ untuk kebun J, dimana Y: kumulatif subsiden (m), X: waktu dalam bulan. Persamaan tersebut digambarkan seperti pada **Gambar 4**. Untuk analisis selanjutnya diambil subsiden yang paling besar (kebun K), jika dinyatakan dalam satuan Y (m) dan X (tahun), maka persamaan subsiden menjadi persamaan **/1/**, dan digambarkan seperti pada **Gambar 5**.

$$Y = 0,51 \ln X + 0,317 \quad \dots /1/$$

Persamaan **/1/** ini mempunyai bentuk yang sama dengan persamaan subsiden tanah gambut di lembah Ponsdorf (Holstein, Jerman)³ yang dinyatakan dengan persamaan **/2a/** untuk tanah gambut mentah, **/2b/** untuk tanah gambut setengah matang, dan **/2c/** untuk tanah gambut matang (**Gambar 6**).

²Al Hooijer, Sue Page and Jyrki Jauhiainen. 2009. Kampar Peninsula Science Based Management Support Project, Interim Summary Report 2007-2008: First findings on hydrology, water management, carbon emissions and landscape ecology

³ Heathwaite, A.L. and K.H. Gottlich (ed), 1993. Mires: Process, Exploitation and Conservation. John Wiley& Sons, Singapore

$$y = 0,307 \ln(x) + 1,009 \dots /2a/$$

$$y = 0,187 \ln(x) + 0,773 \dots /2b/$$

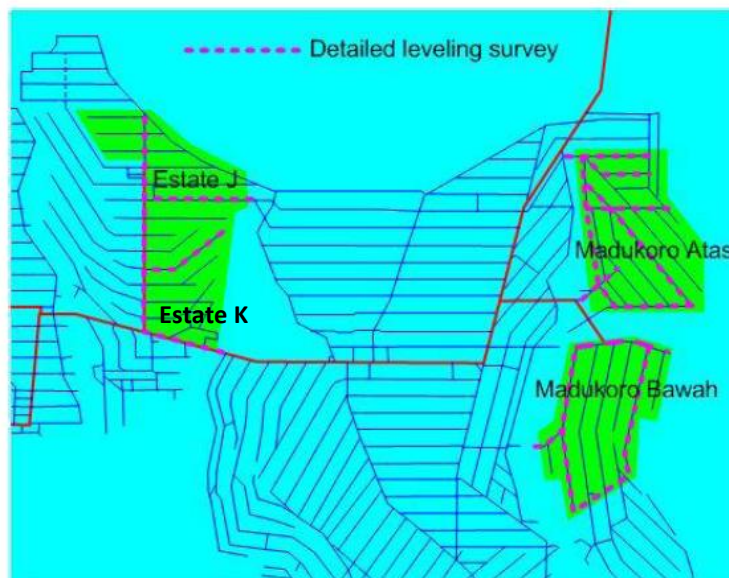
$$y = 0,096 \ln(x) + 0,202 \dots /2c/$$

Jika diplotkan sampai tahun ke 4, persamaan subsiden di Pelelawan (pers /1/) berada pada kondisi subsiden antara setengah matang dan matang di Jerman (pers /2b/ dan /2c/) (**Gambar 6**).

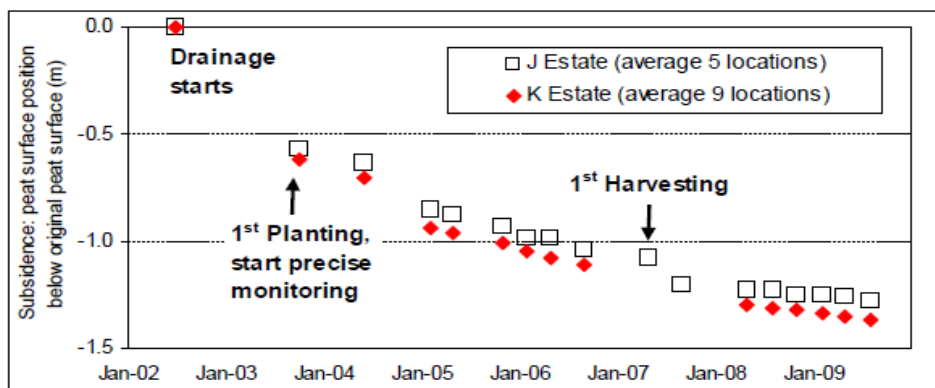
Segeberg (1960)³ menurunkan persamaan subsiden berdasarkan pengalaman empirik di Belanda untuk berbagai tingkat ketebalan gambut awal dan tingkat kematangan seperti pada persamaan /3/.

$$S = a (0,08 T + 0,06) \dots /3/$$

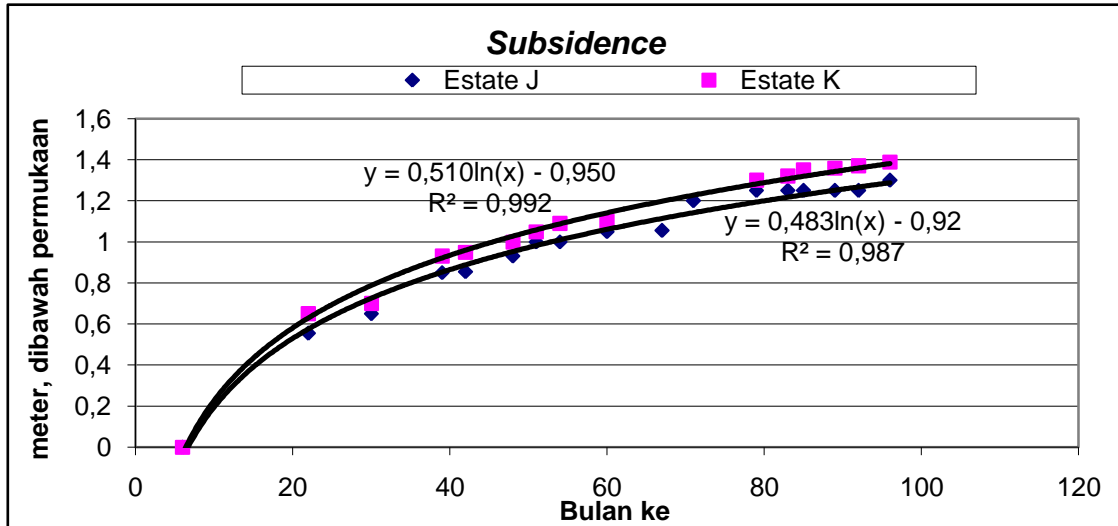
Dimana S: subsiden (m), T: tebal gambut awal (m), a: konstanta tergantung tingkat kematangan gambut. Nilai konstanta "a" tercantum pada **Tabel 2**.



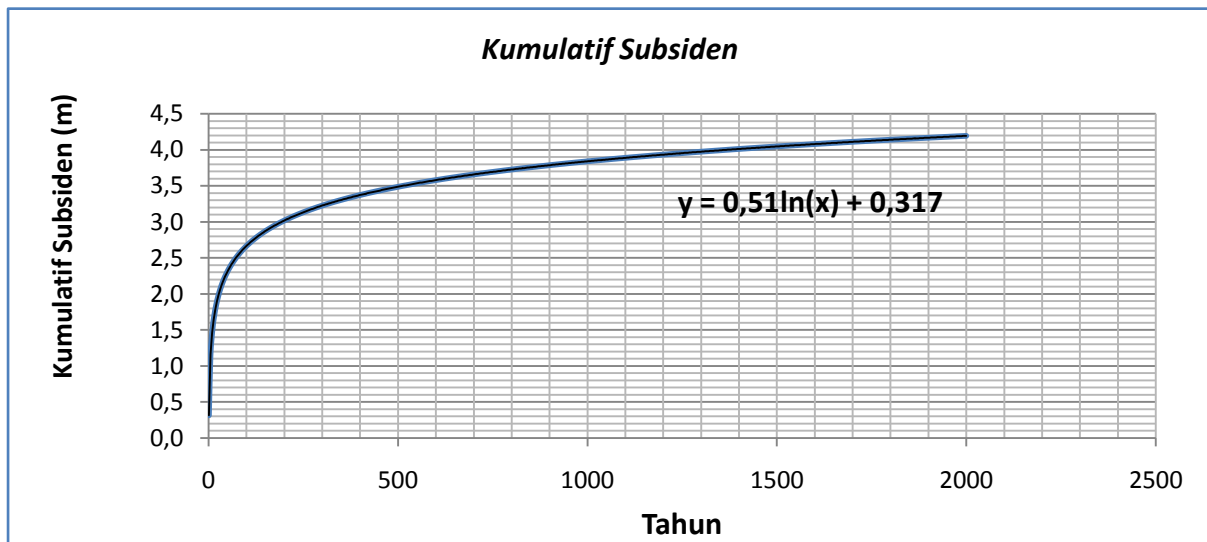
Gambar 2. Lokasi pengamatan subsiden di estate K dan J Fase 2, Pelelawan



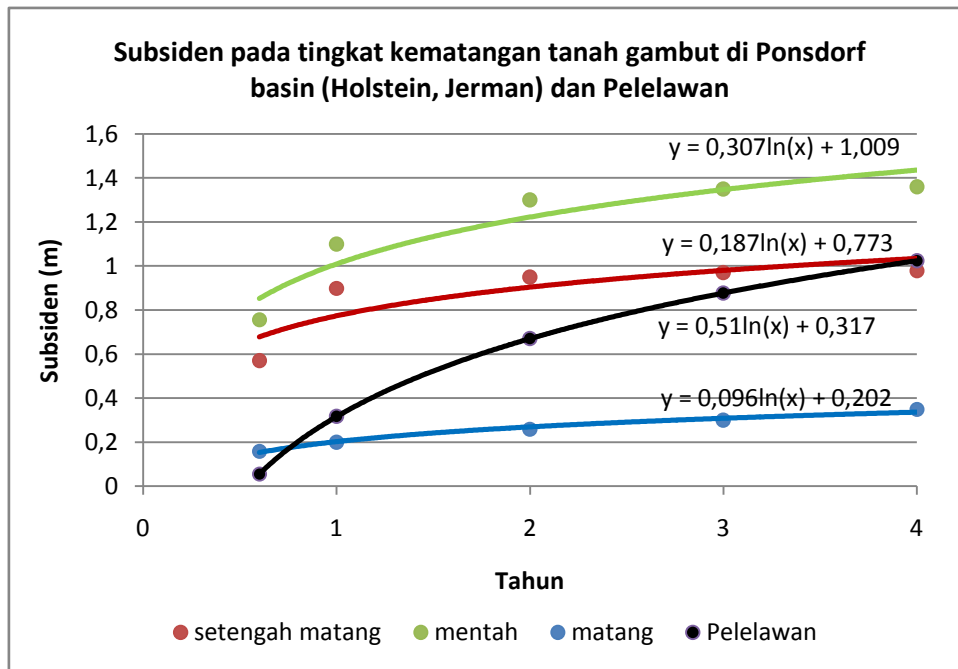
Gambar 3. Subsiden di kebun K dan J (Pelelawan) pada kondisi tata air yang berbeda (kedalaman gambut 7,5-9,0 m). (Sumber: Al Hooijer, et.al., 2009)



Gambar 4. Grafik persamaan kumulatif subsiden (x: waktu dalam bulan)
(diolah dari data SBSMP, 2009)



Gambar 5. Grafik persamaan kumulatif subsiden (x: waktu dalam tahun)



Gambar 6. Grafik persamaan kumulatif subsiden (x : waktu dalam tahun) (diolah dari data) (Sumber: Heathwaite, A.L. and K.H. Gottlich (ed), 1993) dan di Pelelawan

Tabel 2. Persamaan subsiden tanah gambut berdasar tingkat kematangan dan ketebalan tanah (Segeberg, 1960)

Relative layer density	Solid (vol%)	Nilai konstan "a"	S (m) =	
Almost floating	<3	4	$0,32 \times T$	+ 0,24
Loose	3-5	2,85	$0,23 \times T$	+ 0,171
Rather loose	5-7,5	2	$0,16 \times T$	+ 0,12
Rather dense	7,5-12	1,4	$0,11 \times T$	+ 0,084
Dense	>12	1	$0,08 \times T$	+ 0,06

Jika menggunakan data di Pelelawan dengan tebal gambut awal 7,5 – 9 m, maka besarnya subsiden menurut persamaan /3/, adalah seperti pada **Tabel 3**. Jika menggunakan persamaan /1/ dengan lama waktu 100 tahun, maka besarnya subsiden sebesar **2,67 m**. Angka ini mendekati angka menurut persamaan /3/ untuk tingkat kematangan mentah (*almost floating*) pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Dugaan subsiden (m) di Pelelawan dengan rumus **Segeberg**

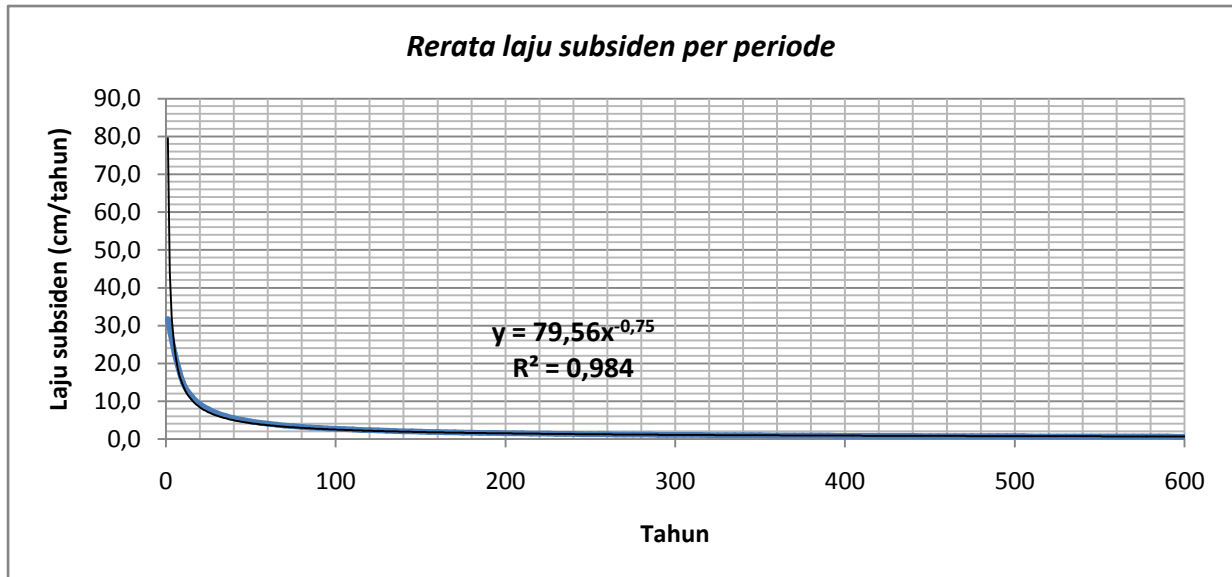
Pelelawan	T=7,5 m	T=9 m
Almost floating	2,64	3,12
Loose	1,88	2,22
Rather loose	1,32	1,56
Rather dense	0,92	1,09
Dense	0,66	0,78

5.2. Laju Subsiden

Rerata laju subsiden (*subsidence rate*) per periode di Pelelawan dinyatakan dengan persamaan /4/, dimana Y: laju subsiden (cm/tahun), X (tahun), dan digambarkan pada **Gambar 7**.

$$Y = 79,56 X^{-0,75} \dots /4/$$

Pada awal tahun laju subsiden 31,7 cm/tahun, kemudian menurun pada tahun ke 10 rerata 14,9 cm/tahun, pada tahun ke 100 rerata 2,7 cm/tahun, dan pada tahun ke 500 rerata 0,7 cm/tahun.



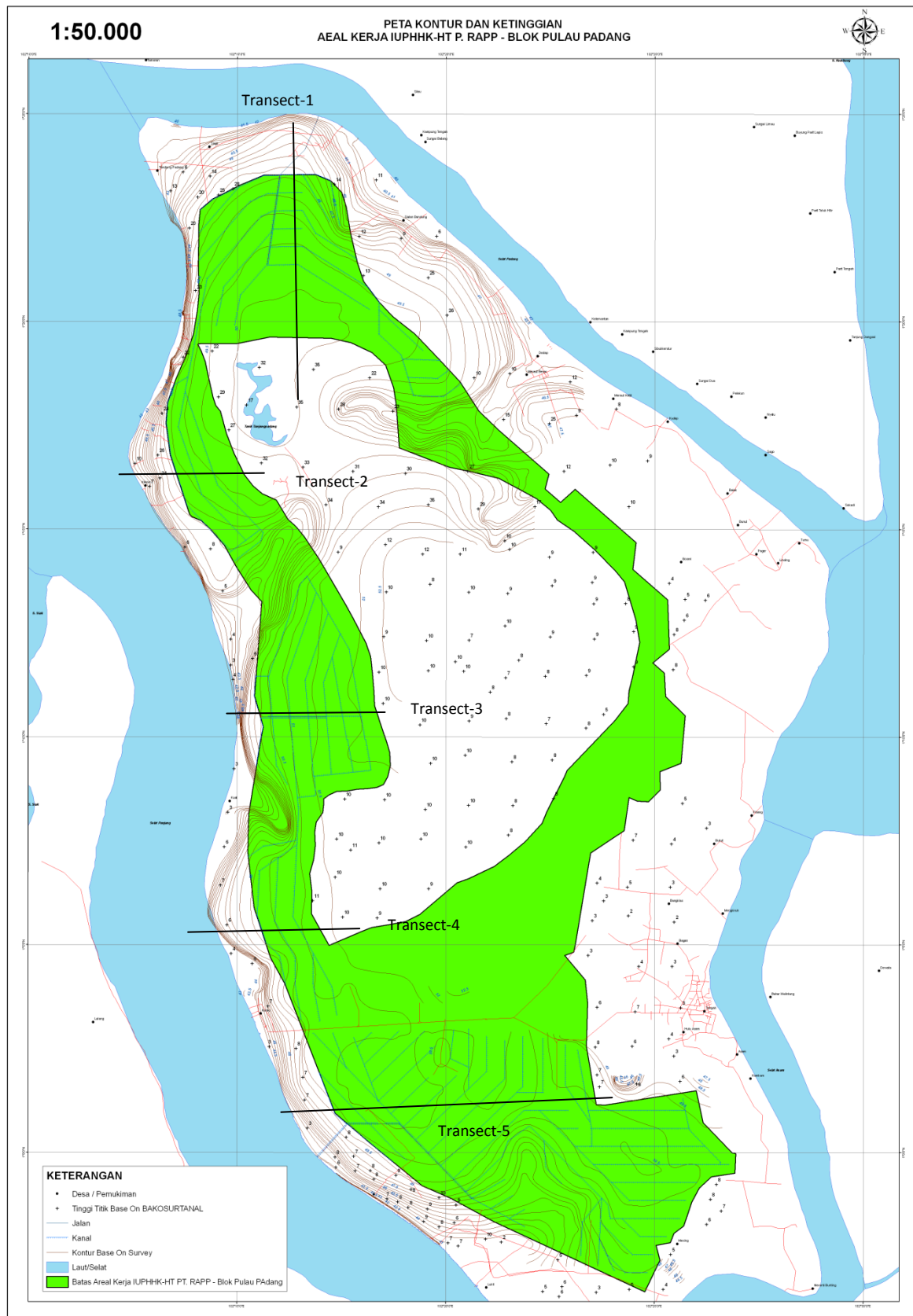
Gambar 7. Grafik persamaan laju subsiden (cm/tahun) per periode

5.3. Topografi di Pulau Padang

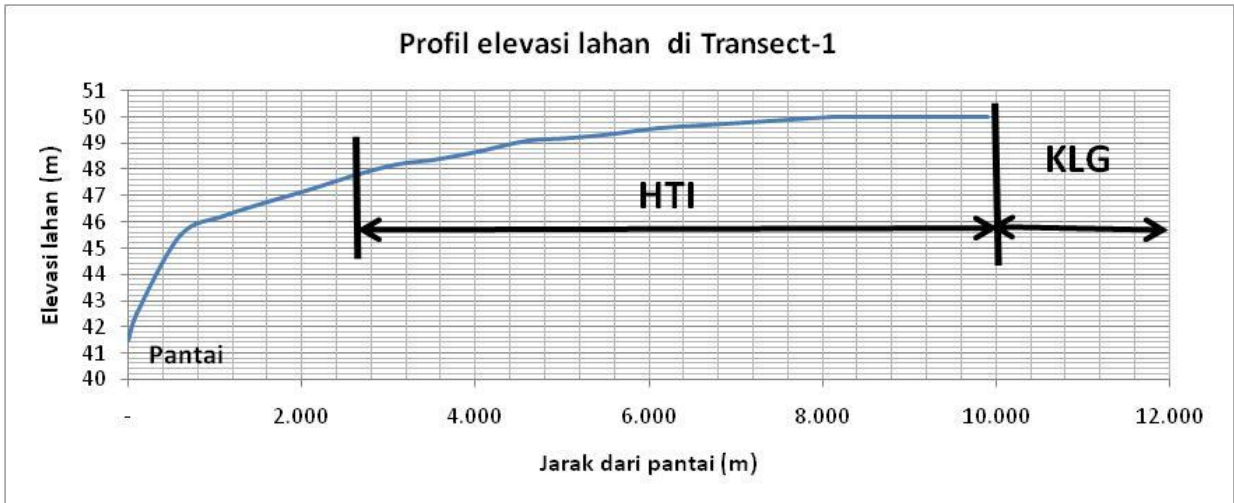
Berdasarkan data peta Kontur dan Ketinggian Areal Kerja IUPHHK-HT PT RAPP-Blok Pulau Padang, dengan selang garis kontur 0,5 m, skala 1 : 50.000 (**Gambar 8**), elevasi lahan di areal HTI berkisar seperti pada **Tabel 4**. Rerata elevasi lahan lokasi HTI berada pada antara + 48,8 m – + 50,6 m. Elevasi lahan sekitar pantai adalah sekitar + 40,0 m. *Bench mark* yang digunakan adalah BM lokal. Peta kontur dan ketinggian serta lokasi transek di Pulau Padang tercantum pada **Gambar 8**.

Profil elevasi lahan dari pantai ke daratan di beberapa lokasi transek digambarkan seperti pada **Gambar 9a –9e**. Lokasi transek dapat dilihat pada **Gambar 8**.

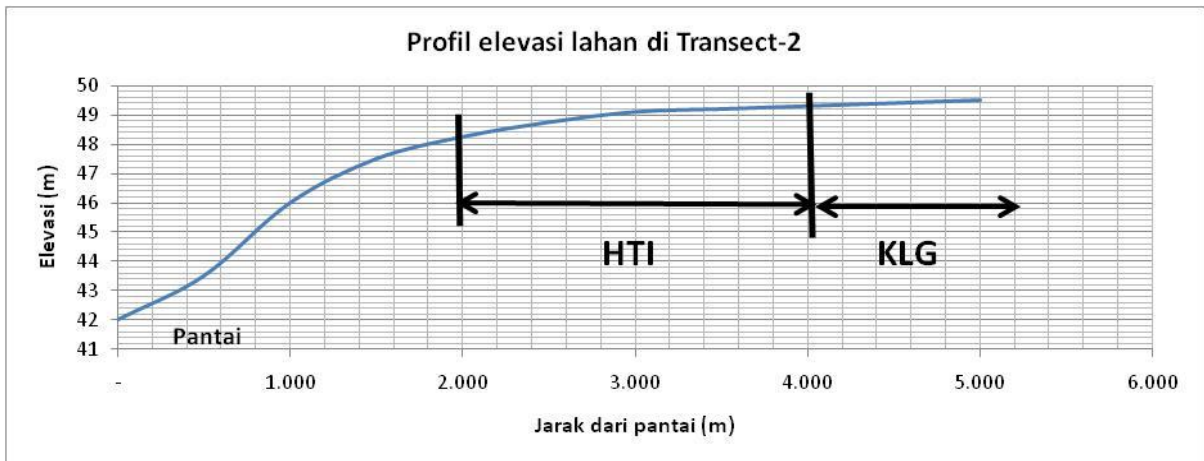
Beberapa foto menunjukkan kejadian subsiden yang tengah berlangsung di kebun kelapa dan karet di desa Mersing (Pulau Padang) diambil pada bulan Agustus tahun 2010 seperti pada **Gambar 10**.



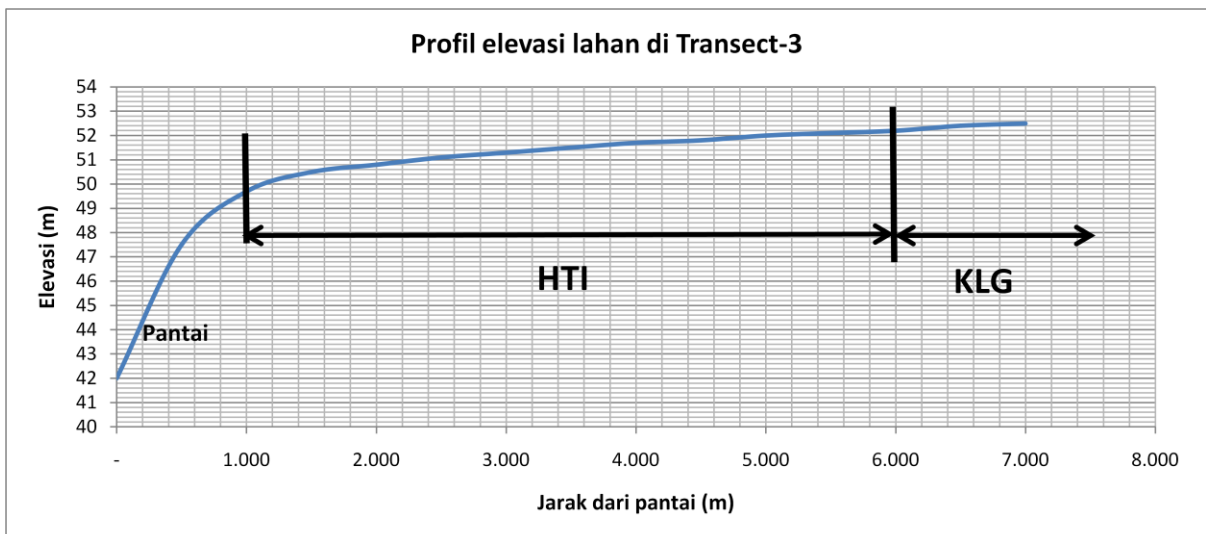
Gambar 8. Peta kontur dan ketinggian serta lokasi transek di Pulau Padang



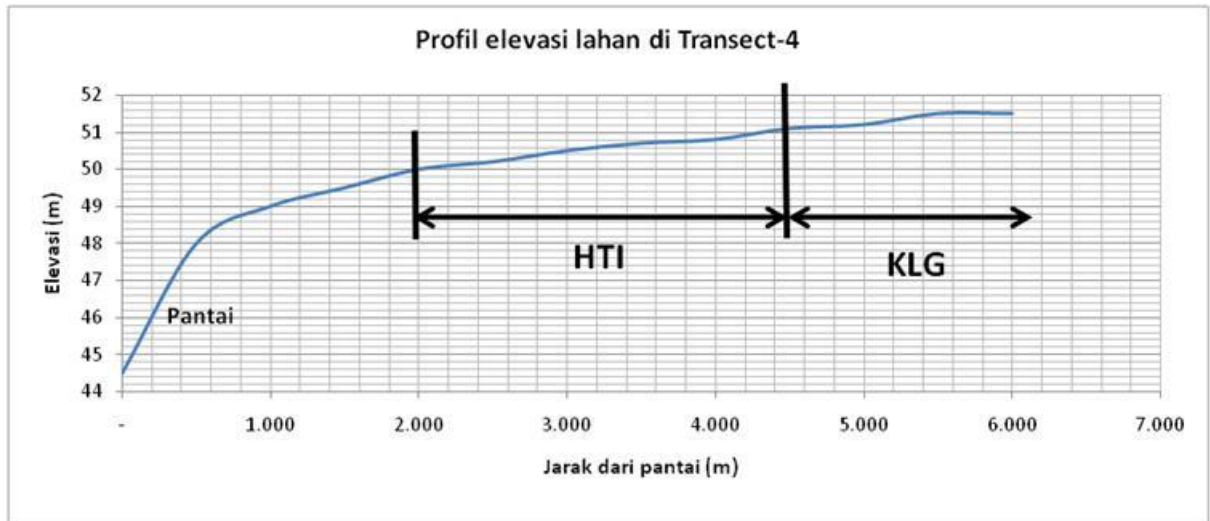
Gambar 9a. Profil elevasi lahan di lokasi transect-1



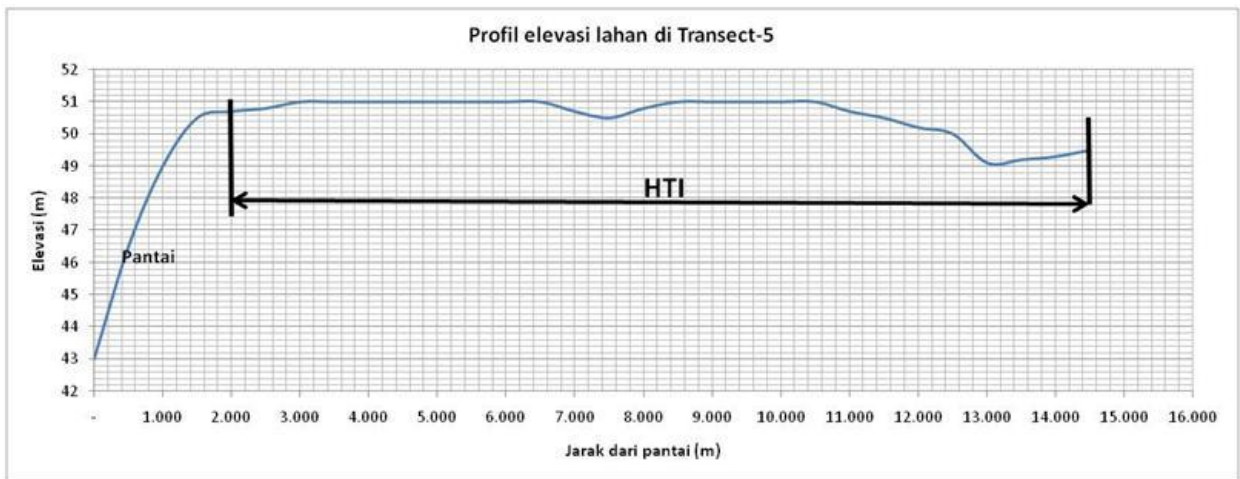
Gambar 9b. Profil elevasi lahan di lokasi transect-2



Gambar 9c. Profil elevasi lahan di lokasi transect-3



Gambar 9d. Profil elevasi lahan di lokasi transect-4



Gambar 9e. Profil elevasi lahan di lokasi transect-5



Gambar 10. Subsiden yang terjadi di kebun kelapa dan karet di desa Mersing (Pulau Padang) (foto diambil bulan Agustus 2010)

Tabel 4. Elevasi lahan (m) di areal HTI Pulau Padang

Lokasi	Minimum	Maksimum
Utara, Transect-1	47,5	50,0
Transect-2	48,0	49,5
Transect-3	49,5	52,0
Transect-4	50,0	51,0
Selatan, Transect-5	49,0	50,6
Rerata	48,8	50,6

5.4. Dugaan Kenaikan Muka air Laut

Proses pemanasan global akibat dari peningkatan emisi gas rumah kaca akan mengakibatkan kenaikan suhu atmosfer dan kenaikan muka air laut. Sekarang ini hasil pengamatan menunjukkan kenaikan muka air laut sekitar **10-20 cm per abad (1-2 mm/tahun)** (IPCC, 2001)⁴. Ke depan (1999-2099) dengan menggunakan model diperkirakan akan naik dengan kisaran **1,8 – 5,4 mm/tahun** atau rerata **3,6 mm/tahun** (IPCC, 2008)⁵. Angka ini (**3,6 mm/tahun**) akan digunakan untuk simulasi perubahan elevasi lahan di atas permukaan laut di Pulau Padang.

5.5. Perhitungan Prediksi Subsiden

Prediksi kumulatif subsiden tanah gambut dapat dilakukan dengan menggunakan **persamaan /1/**. Jika diperhitungkan resiko kebakaran gambut sebesar 20%, maka kumulatif subsiden pada skenario ini digambarkan seperti pada **Gambar 11**. Persamaan subsiden pada kondisi kebakaran 20% dinyatakan dengan **persamaan /5/**.

$$Y = 0,612 \ln (X) + 0,380 \dots /5/$$

dimana Y: kumulatif subsiden (m), X: periode lama pengusahaan dalam tahun.

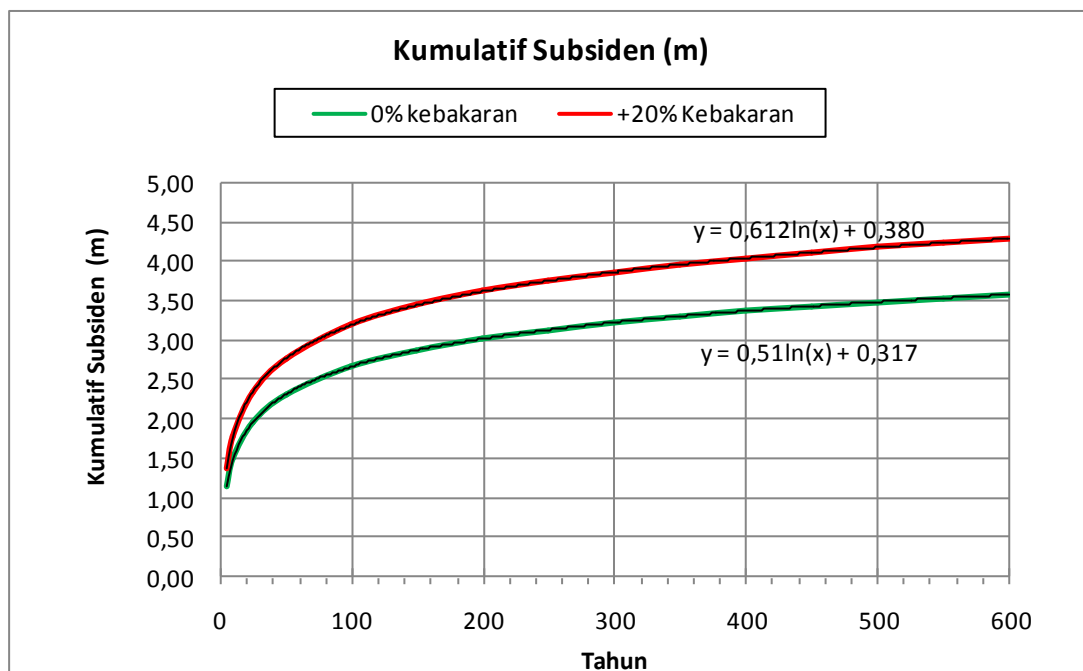
Prediksi perubahan elevasi lahan dan elevasi muka air laut dilakukan dengan menggunakan asumsi sebagai berikut: (a) Subsiden tanah gambut dengan skenario tanpa kebakaran lahan dan dengan kebakaran lahan 20%, (b) Laju kenaikan muka air laut **3,6 mm/tahun** (IPCC, 2008), (c) Elevasi lahan awal + **48,8 m dan 50,6 m**, dan (d) Elevasi awal muka air laut + **40,0 m**. Hasil perhitungan tercantum pada **Gambar 12 – 13**.

⁴ Hester Biemans, Ton Bresser, Henk van Schaik, Pavel Kabat, March 2006. Water And Climate Risks: A Plea for Climate Proofing of Water Development Strategies and Measures, 4th World Water Forum. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

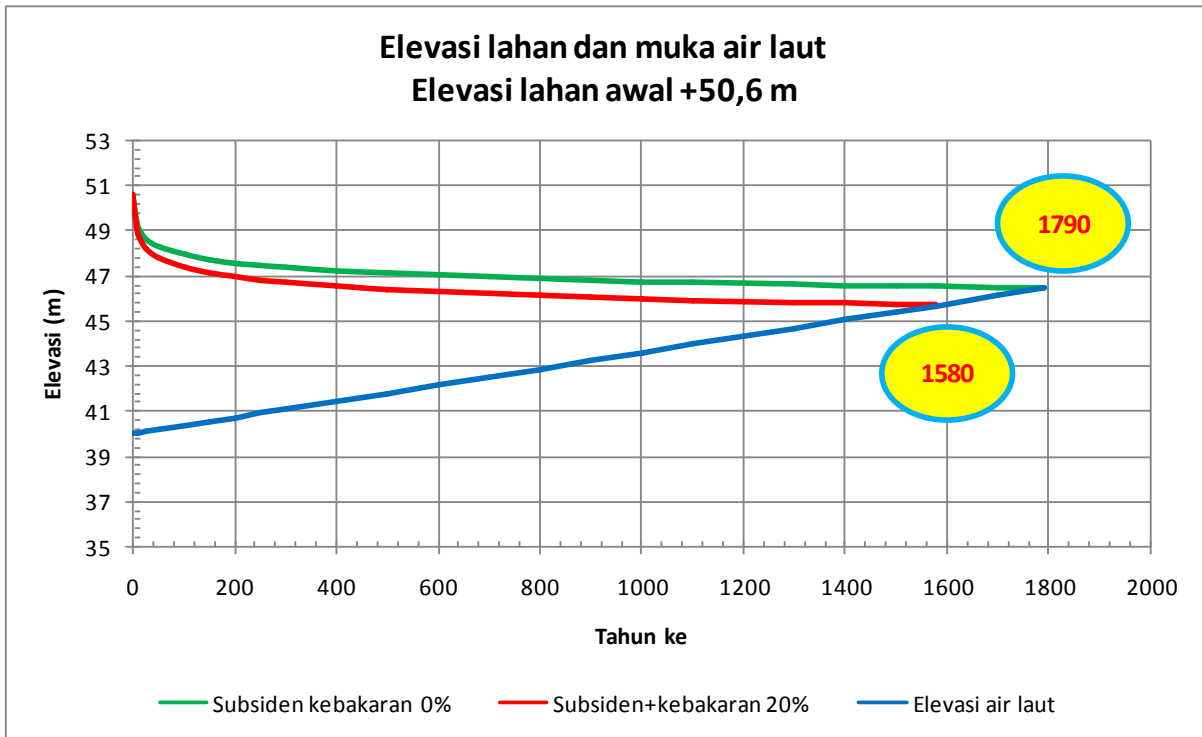
⁵ Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, Eds., 2008: Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.

Pada kondisi awal elevasi lahan +50,6 m, kenaikan air laut 3,6 mm/tahun, dan subsiden terjadi dengan tambahan kebakaran 20%, maka perubahan elevasi lahan dan elevasi air laut digambarkan seperti pada **Gambar 12**. Pada skenario subsiden dan kebakaran lahan 20%, maka elevasi lahan dan laut akan sama terjadi pada tahun ke **1580**. Jika tanpa kebakaran lahan, kondisi tersebut akan terjadi pada tahun ke **1790**.

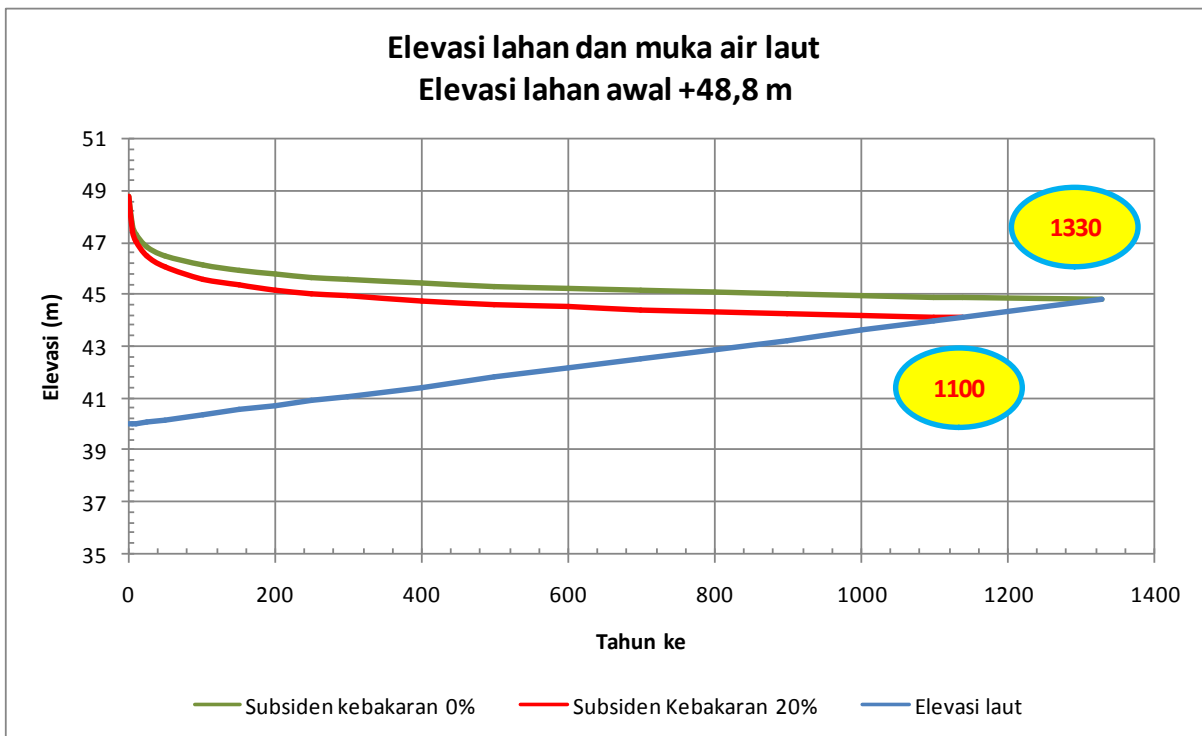
Pada kondisi awal elevasi lahan +48,8 m, kenaikan air laut 3,6 mm/tahun, dan subsiden terjadi dengan tambahan kebakaran 20%, maka perubahan elevasi lahan dan elevasi air laut digambarkan seperti pada **Gambar 13**. Pada skenario subsiden dan kebakaran lahan 20%, maka elevasi lahan dan laut akan sama terjadi pada tahun ke **1100**. Jika tanpa kebakaran lahan, kondisi tersebut akan terjadi pada tahun ke **1330**.



Gambar 11. Kumulatif subsiden pada skenario tanpa dan dengan kebakaran hutan



Gambar 12. Perubahan elevasi lahan dan air laut pada kondisi elevasi lahan awal +50,6 m, kenaikan muka air laut 3,6 mm/tahun, subsiden tanpa dan dengan kebakaran 20%



Gambar 13. Perubahan elevasi lahan dan air laut pada kondisi elevasi lahan awal +48,8 m, kenaikan muka air laut 3,6 mm/tahun, subsiden tanpa dan dengan kebakaran 20%

6. KESIMPULAN

1. Prediksi Oka Karyanto bahwa jika Pulau Padang dibuka untuk HTI akan tenggelam setelah 60 tahun tidak mempunyai argumentasi kuat
2. Perhitungan prediksi perubahan elevasi lahan akibat HTI di Pulau Padang dengan menggunakan skenario: (a) Subsiden tanah gambut dengan skenario kebakaran lahan 20%, (b) Laju kenaikan muka air laut 3,6 mm/tahun di Pulau Padang. Menunjukkan bahwa elevasi muka air laut akan sama dengan elevasi lahan pada tahun ke **1100 - 1580**. Tetapi jika perusahaan mampu mengelola kebun dengan baik sehingga tidak terjadi kebakaran lahan, maka umur HTI menjadi **1330-1790 tahun**.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Hooijer, Sue Page and Jyrki Jauhiainen, September 2009. *Kampar Peninsula Science Based Management Support Project, Interim Summary Report 2007-2008: First findings on hydrology, water management, carbon emissions and landscape ecology*
- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, Eds., 2008: *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.*
- Heathwaite, A.L. and K.H. Gottlich (ed), 1993. *Mires: Process, Exploitation and Conservation*. John Wiley&Sons, Singapore
- Hester Biemans, Ton Bresser, Henk van Schaik, Pavel Kabat, March 2006. *Water and Climate Risks: A Plea for Climate Proofing of Water Development Strategies and Measures, 4th World Water Forum.*
- Oka Karyanto (UGM),2012. *Pengelolaan Lansekap di Pulau Padang: Kajian Awal dan Road Map (Presentasi)*
- Rafli, 2012. *Masukan Awal terhadap Tim Mediasi Konflik DKN (Presentasi)*
- Tropenbos International Indonesia Program, 2010. *Buku I Data dan Informasi Dasar Penilaian Menyeluruh Nilai Konservasi Tinggi Semenanjung Kampar.*