

PERTIMBANGAN FISIOGRAFIS DALAM PENGEMBANGAN WILAYAH KUBAH GAMBUT (STUDI KASUS: KAWASAN STRATEGIS LUNANG SILAUT SUMATERA BARAT)

Hamdi Nur * dan Ahyuni**

*Dosen Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Bung Hatta Padang

**Dosen Jurusan Geografi Universitas Negeri Padang

Email : ahyuniaziz@gmail.com

ABSTRACT

Regional development needs to consider the region as a physiographic unit. Development of peat swamp region especially in peat dome physiographic group for agricultural activities and settlement has various limitations and vulnerabilities with the consequences that should be considered in development planning. This study examines the case of development of Lunang Silaut region that have the characteristics of peat dome physiography. This region is one of economic strategic region of West Sumatra Province and as a location of “Kota Terpadu Mandiri” (KTM) which is a program of the Ministry of Manpower and Transmigration to promote backward region development. From the case, subsequently various considerations concluded for the development planning of peatdome region.

Keywords: *physiographic region, peat dome region, development planning considerations*

Abstrak

Pembangunan wilayah perlu mempertimbangkan wilayah sebagai satuan fisiografis. Pengembangan wilayah rawa gambut khususnya pada fisiografi kubah gambut untuk kegiatan pertanian dan permukiman memiliki berbagai keterbatasan dan kerentanan dengan berbagai konsekuensi yang mestinya menjadi pertimbangan dalam perencanaan. Penelitian ini mengkaji kasus pengembangan lahan kubah gambut kawasan Lunang Silaut sebagai salah satu kawasan strategis ekonomi Provinsi Sumatera Barat dan juga sebagai lokasi kawasan Kota Terpadu Mandiri (KTM) dari Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi untuk mendorong pengembangan kawasan tertinggal. Dari kasus tersebut kemudian ditarik berbagai pertimbangan dalam pengembangan kawasan kubah gambut.

Kata kunci: satuan fisiografi, kawasan kubah gambut, pertimbangan pengembangan wilayah

PENDAHULUAN

Pembangunan wilayah perlu dengan seksama memperhatikan karakteristik fisiografis wilayah karena berbagai program pembangunan seringkali sangat tergantung dari potensi dan kendala yang

bersumber dari faktor fisiografis. Kondisi fisiografis wilayah disebabkan oleh proses geologi tertentu. Wilayah dengan pola fisiografis tertentu seperti pegunungan, perbukitan, vulkanik, karst, aluvial, dataran, marin dan lainnya memiliki

potensi dan kendala pengembangan yang spesifik. Pada wilayah dengan fisiografi yang beragam dimungkinkan untuk pengembangan potensi berbagai sumber daya alam seperti berbagai komoditi yang beragam pada sektor pertanian, pengembangan berbagai sumberdaya mineral pada sektor pertambangan dan pengembangan beragam objek wisata.

Urgensi pertimbangan fisiografis dalam pembangunan pada saat ini dapat dilihat dari mandat Undang-undang No. 32 Tahun 2009 tentang perencanaan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup (RPPLH) nasional, provinsi dan kabupaten/kota, yang disusun berbasiskan ekoregion serta mempertimbangkan karakteristik wilayah. Dalam pasal 7 UU No.32 tahun 2009 dinyatakan ada delapan pertimbangan untuk penetapan ekoregion yaitu karakteristik bentang alam, daerah aliran sungai, iklim, flora dan fauna, ekonomi, kelembagaan masyarakat, sosial budaya, dan hasil inventarisasi lingkungan hidup. Dalam identifikasi ekoregion parameter-nya adalah bentang alam, yaitu morfologi dan morfogenesis bentuklahan. RPPLH tersebut menurut UU wajib dijadikan dasar pertimbangan pembangunan dan perlu dimuat dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM). Dengan demikian pertimbangan fisiografis wilayah menjadi penting dalam menyusun berbagai dokumen perencanaan wilayah.

Salah satu bentuk fisiografis yaitu lahan berawa gambut yang merupakan salah satu kawasan dengan ekosistem yang spesifik yang rentan untuk mengalami gangguan akibat proses budidaya. Permasalahan dalam pembangunan wilayah untuk kegiatan pertanian dan permukiman yang berada pada ekosistem rawa bergambut yaitu keterbatasan daya dukung

ekologis, konsekuensi pembiayaan dan kesulitan aktivitas masyarakat. Oleh karena itu perkembangan kawasan ini perlu disesuaikan dengan potensi dan kendala pengembangan sesuai dengan karakteristik fisiografis wilayah. Pertumbuhan penduduk yang semakin hari semakin meningkat serta perluasan lahan budidaya pertanian perlu didasari kemampuan daya dukung lingkungan dan penataan struktur ruang yang tepat.

TINJAUAN PUSTAKA

Pendekatan Fisiografis dalam Analisis Wilayah

Klasifikasi satuan lahan fisiografis adalah upaya untuk mengorganisasikan kompleksitas permukaan bumi dan lapisan di bawahnya melalui pembagian satuan lahan terpadu dalam berbagai skala yang secara ekologis dan fungsional homogen. Wilayah fisiografis (*physiographic region*) adalah pembagian permukaan bumi atas satuan morfologi yang memiliki kesatuan karakteristik bentuk lahan pada skala tertentu. Pembagian wilayah sebagai dasar perencanaan wilayah berdasarkan fisiografi diusulkan pertama kali oleh Fenneman. Fenneman (1916) mengatakan istilah fisiografi lebih dikenal di Amerika Serikat sedangkan dalam tradisi Eropa dikenal istilah morfologi. Pembagian didasarkan atas faktor bentuk lahan dan bukan iklim atau vegetasi. Satu satuan fisiografis terjadi karena proses pembentukan dan tahapan perkembangan sepanjang waktu. Dengan demikian satu satuan fisiografis terdiri dari tiga unsur yaitu bentuklahan, proses geologi, dan tahapan perkembangannya.

Bentuklahan dapat dibagi atas pembagian dengan ciri topografi yang jelas dapat dibayangkan dalam wujud 3 dimensional seperti lembah sungai, pegunungan, pesisir dan lainnya. Proses geologi merupakan asal pembentukan terdiri atas proses endogen yang bersumber dari

energi dari dalam bumi (berupa proses vulkanik dan tektonik) dan proses eksogen (denudasional) yang disebabkan iklim, arus air, angin, gelombang dan sebagainya dalam proses seperti pelapukan, sedimentasi, atau gerakan batuan. Tahapan perkembangan merupakan sejarah geomorfik dari muda, dewasa dan tua. Dari sejarah tersebut juga dapat dilihat bencana geomorfik yang mungkin terjadi.

Satuan fisiografi adalah satu bagian permukaan bumi yang memiliki ciri-ciri topografi, struktur, karakteristik fisik, dan sejarah geologi dan geomorfik yang berbeda dengan satuan lainnya. Bentuk-bentuk *landform* yang relatif sama atau mirip proses pembentukan dan dinamikanya disebut satuan (unit) fisiografis. Satuan fisiografis mengintegrasikan berbagai unsur seperti jenis batuan, jenis tanah, iklim. Dengan demikian satu satuan fisiografis memiliki kesesuaian penggunaan lahan yang sama atau memiliki tipe vegetasi yang spesifik. Pembagian fisiografi atas beragam sistem seperti: pegunungan, perbukitan, vulkanik, karst, aluvial, dataran sampai marin. Satu satuan fisiografi merupakan satu sistem yang menjadi kerangka dalam mengintegrasikan data fisik dan biotik dimana unsur lain seperti jenis tanah, litologi, dan vegetasi menjadi subsistem dalam sistem ini.

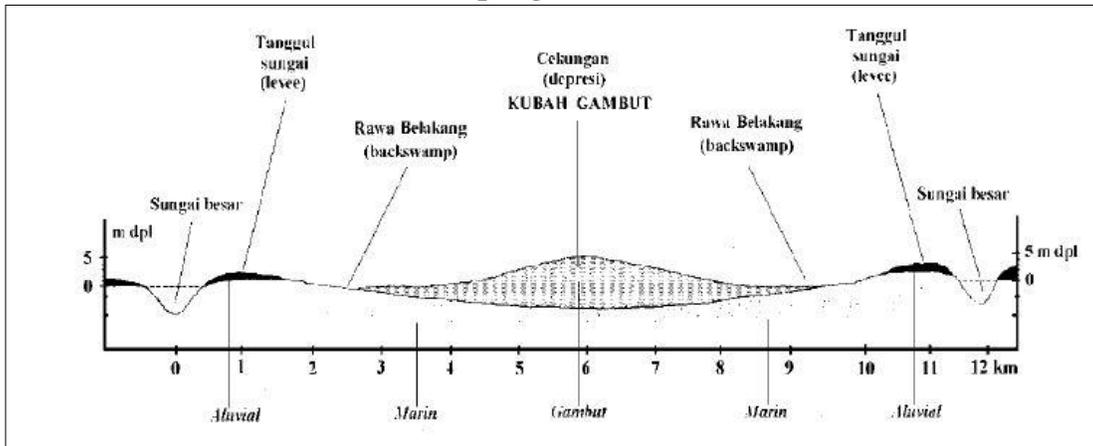
Model fisiografis merupakan salah satu kerangka yang bisa dipakai dalam perencanaan wilayah. Dengan model fisiografis dalam perencanaan tata ruang menurut Godfrey (1977) bisa memfokuskan permasalahan perencanaan dalam berbagai skala sehingga dapat juga menghemat tenaga dan waktu dalam perencanaannya, terkait langsung dengan karakteristik konkrit bentang alam dan menampilkan data dan peta dalam bentuk yang sederhana sehingga mudah dipahami oleh pengguna yang awam dalam hal teknis tata ruang.

Fisiografi Kubah Gambut

Lahan rawa menempati posisi peralihan antara daratan dan perairan, selalu tergenang sepanjang tahun atau selama kurun waktu tertentu dengan genangnya relatif dangkal dan terbentuk karena drainase yang terhambat. Di lahan rawa, terdapat dua jenis tanah yaitu tanah mineral (terdiri atas tanah aluvial dan glei-humus) dan tanah gambut (*peat soils*). Lahan gambut adalah lahan rawa dengan ketebalan gambut lebih dari 50 cm. Berdasarkan ketebalan gambut, lahan gambut dibedakan atas empat kelas yaitu gambut dangkal (50 – 100 cm), gambut sedang (100 – 200 cm), gambut dalam (200 – 300 cm), dan gambut sangat dalam (>300 cm). Tanah dengan ketebalan lapisan gambut 0 - 50 cm, dikelompokkan sebagai lahan bergambut (*peaty soils*). (Nurida,dkk, 2011)

Satuan fisiografi utama yang terdapat di kawasan lahan gambut dipengaruhi oleh lingkungan laut (*marin*), lingkungan sungai (*alluvial riverine*), dan gambut (*peat dome*). Dilihat dari penampang bentuk lahan rawa bergambut, antara sungai besar ke sungai besar terdapat *landform* tanggul sungai (*levee*), dataran rawa belakang (*backswamp*), dan cekungan atau depresi yang terisi tanah gambut. Di pinggir sungai dapat terbentuk tanggul sungai dengan bahan induk tanahnya berupa endapan sungai/fluviatil yang diendapkan di atas endapan marin karena pengaruh kekuatan arus sungai berair tawar masih kuat. Dataran di belakang tanggul sungai letaknya lebih rendah dan biasanya sudah merupakan endapan marin, yaitu bahan endapan yang terbentuk oleh lingkungan laut/marin (Wahyunto, dkk,2005).

Gambar 1: Penampang Skematis Rawa Gambut

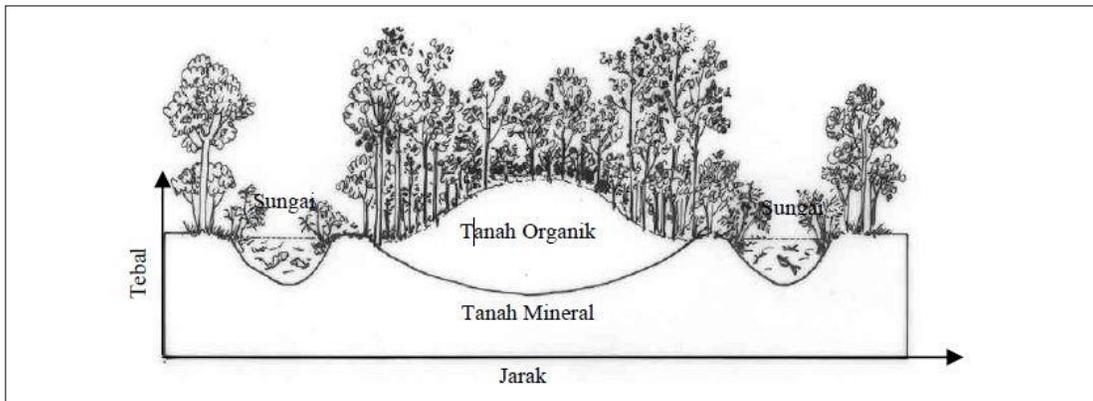


Sumber : Wahyunto, dkk (2005)

Tanah gambut menempati cekungan di antara dua sungai besar. Bila cekungan tersebut sempit, gambut yang terbentuk biasanya merupakan gambut dangkal dengan ketebalan 0.5 sampai 1 meter atau gambut sedang dengan ketebalan 1 – 2 meter. Jika jarak horisontal kedua sungai besar tersebut cukup jauh, hingga beberapa puluh

kilometer, tanah gambut biasanya membentuk kubah gambut (peat dome) yang cukup besar. Pada bentukan kubah gambut seperti ini, semakin ke tengah kubah gambut, ketebalan gambut akan semakin bertambah sampai mencapai belasan meter (IGM. Subiksa dan Wahyunto, 2011)

Gambar 2: Lahan Gambut dengan Puncak Kubah di Bagian Tengah

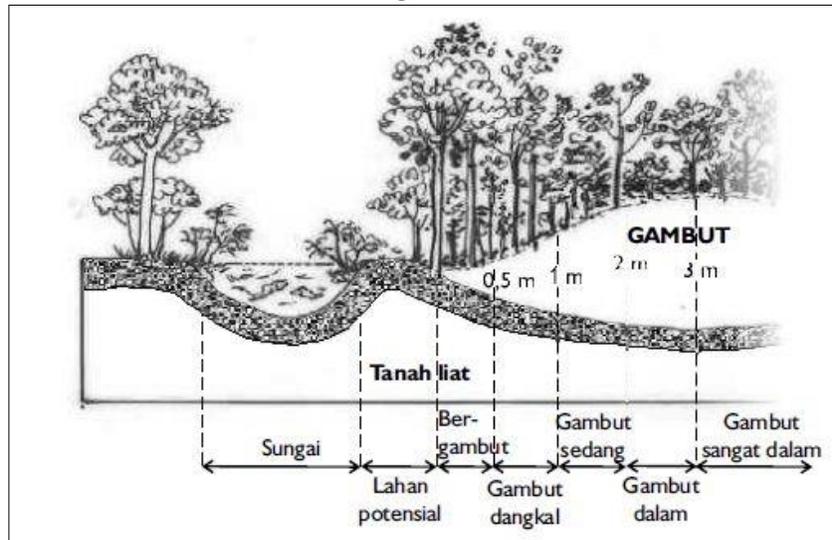


Sumber: IGM. Subiksa dan Wahyunto (2011)

Penjelasan lebih rinci tentang lahan gambut terlihat pada gambar 3. Lahan gambut terbagi atas lahan bergambut, gambut dangkal, gambut sedang, gambut dalam, dan gambut sangat dalam. Pada sisi sungai terdapat lahan rawa potensial yang

merupakan lahan paling subur untuk pertanian yaitu lahan rawa dengan tanah aluvial yang tidak memiliki lapisan tanah gambut dan tidak memiliki lapisan pirit atau kalau memiliki pada kedalaman lebih dari 50 cm (Najiyati, dkk, 2005).

Gambar 3: Fisiografi Kubah Gambut



Sumber: Najiyati, S., Lili Muslihat dan I Nyoman N. Suryadiputra. 2005

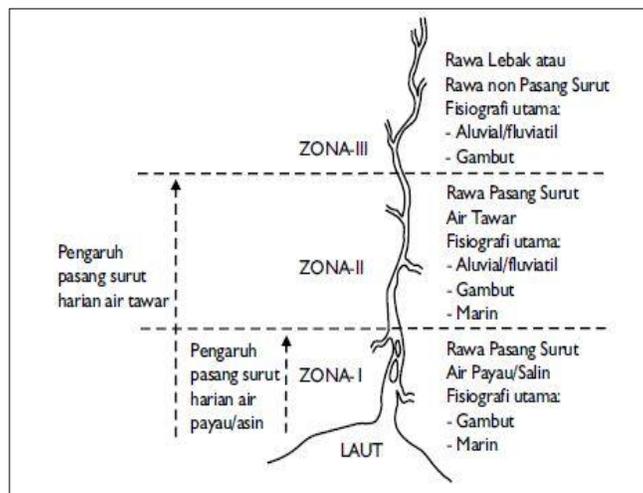
Berdasarkan imbangannya antara kekuatan arus sungai dan air pasang dari laut, lahan rawa dibedakan menjadi 3 zona.

- a. Zona I: Lahan rawa pasang surut air salin/payau yaitu lahan rawa yang pengaruh kekuatan arus air pasang lautnya lebih kuat dari pada arus sungai.
- b. Zona II: Lahan rawa pasang surut air tawar. Lahan rawa yang kekuatan arus air pasang dari lautnya sedikit lebih besar

atau sama dengan kekuatan arus sungai. zona II ini masih dipengaruhi pasang surut harian tetapi tidak lagi dipengaruhi air asin/payau

- c. Zona III: Lahan rawa bukan-pasang surut, atau rawa lebak lahan rawa yang kekuatan arus pasang dari lautnya lebih kecil daripada kekuatan arus sungai atau kekuatan arus dari laut sudah tidak terlihat lagi.

Gambar 4: Pembagian Zona Rawa Di sepanjang Daerah Aliran Sungai Bagian Tengah dan Bawah



Sumber: Najiyati, S., Lili Muslihat dan I Nyoman N. Suryadiputra. 2005

METODE PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi berbagai hal yang perlu dipertimbangkan dalam membangun di lahan dengan fisiografis kubah gambut. Penelitian dilakukan pada Kawasan kubah gambut Lunang Silaut yang menjadi kawasan strategis ekonomi Provinsi Sumatera Barat dan Kabupaten Pesisir Selatan dan juga menjadi sebagai kawasan pengembangan Kota Terpadu Mandiri (KTM) yang merupakan program unggulan nasional dari Kementerian Tenaga kerja dan Transmigrasi.

Langkah-langkah dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut. Pertama melakukan identifikasi fisiografis wilayah Lunang Silaut berdasarkan berbagai studi yang telah dilakukan. Termasuk dalam tahap ini melakukan pengamatan lapangan terhadap perkembangan kawasan. Kedua, melakukan evaluasi terhadap informasi fisiografis dan implikasi perencanaan dari Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Sumatera Barat dan Kabupaten Pesisir Selatan. Tahap selanjutnya menarik berbagai pertimbangan dalam pembangunan kawasan lahan kubah gambut dari kasus yang dikaji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi kasus ini yaitu kawasan Lunang Silaut Provinsi Sumatera Barat. Meskipun penyebaran lahan gambut di propinsi Sumatera Barat relatif sempit, hanya mencakup areal seluas 210.234 ha hanya 2,9 % dari luas lahan gambut Pulau Sumatera, akan tetapi pengembangan lahan bergambut sebagai kawasan pertanian yang terdapat di Kabupaten Pesisir Selatan telah ditetapkan sebagai salah satu kawasan strategis Provinsi Sumatera Barat dan juga sebagai kawasan pengembangan Kota Terpadu Mandiri (KTM) yang merupakan program unggulan Kementerian Tenaga kerja dan Transmigrasi.

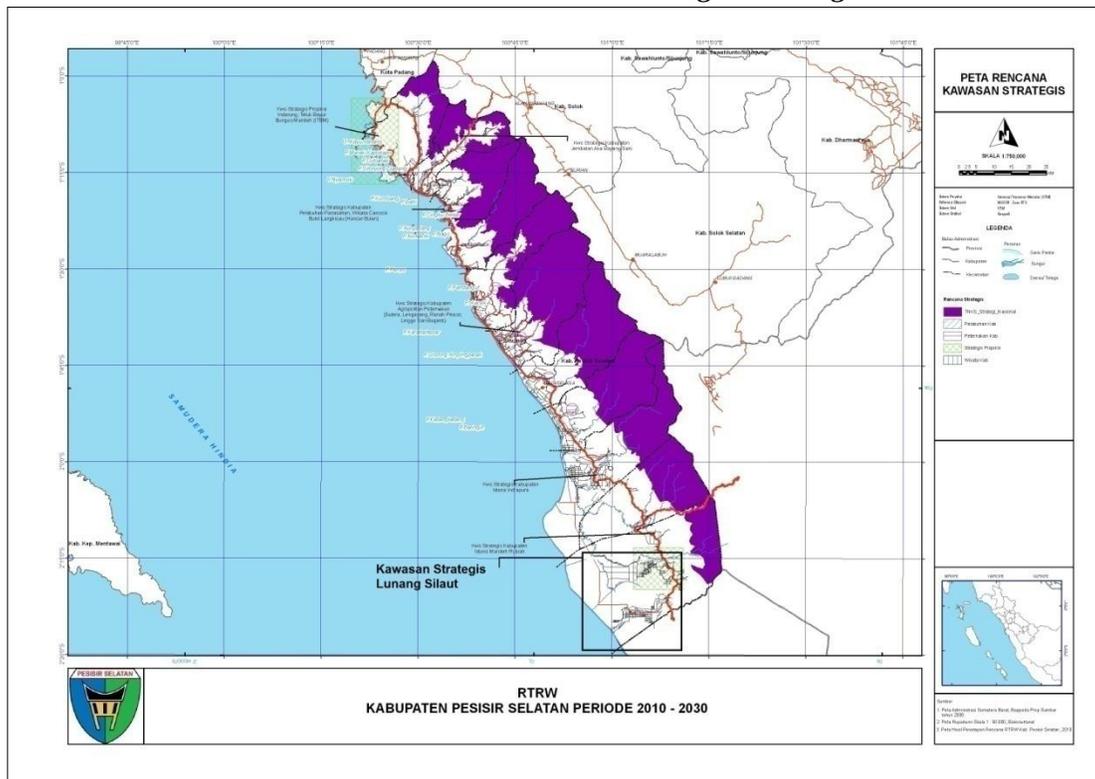
Dilihat dari segi ekosistem di Provinsi

Sumatera Barat, jenis gambut sangat dalam yang mencapai sekitar 10-12 meter ditemukan di daerah Lunang Kabupaten Pesisir Selatan (Wahyunto, dkk, 2005). Lahan bergambut dalam ini menjadi satu kesatuan ekosistem pembentuk fisiografi kawasan strategis Lunang Silaut. Oleh karena itu pertimbangan ekosistem dan fisiografis menjadi hal penting untuk mengembangkan kawasan sebagai pusat kegiatan ekonomi pertanian.

Kawasan Strategis Lunang Silaut yang terdapat di Kabupaten Pesisir Selatan terdiri dari dua kecamatan yaitu Kecamatan Lunang dan Kecamatan Silaut. Kedua kecamatan tersebut adalah pemekaran dari Kecamatan Lunang Silaut pada tahun 2012. Secara astronomis kawasan terletak pada posisi 2°07'19'' - 2°28'19'' LS dan 100°52'40'' - 101°17'10'' BT. Kawasan ini juga berbatasan dengan Kabupaten Muko-muko Provinsi Bengkulu di bagian selatan dan dilewati Jalur Barat Jalan Lintas Sumatera.

Kawasan Strategis Lunang Silaut merupakan salah satu kawasan strategis ekonomi Provinsi Sumatera Barat untuk memacu pertumbuhan ekonomi di wilayah bagian selatan seperti ditetapkan dalam RTRW Provinsi Sumatera Barat 2012-2032. Kawasan Lunang Silaut ditetapkan sebagai KTM Lunang Silaut sejak tahun 2008, dimaksudkan untuk menjadi pusat pertumbuhan ekonomi baru. Pembangunan KTM meliputi pusat kegiatan ekonomi wilayah, pusat kegiatan industri pengolahan hasil, pusat pelayanan jasa dan perdagangan, pusat pendidikan dan pelatihan, sarana pemerintahan, dan fasilitas umum serta sosial. Kawasan Kota Terpadu Mandiri Lunang Silaut Kabupaten Pesisir Selatan mencakup Kecamatan Lunang Silaut. Pada awal dikembangkan yang masuk dalam Kawasan Kota Terpadu Mandiri Lunang Silaut yaitu sebanyak 25 desa, yang terdiri dari 12 desa eks UPT (Unit Permukiman Transmigrasi) dan 13 desa lokal.

Gambar 5: Peta Lokasi Kawasan Strategis Lunang Silaut



Sumber: RTRW Kabupaten Pesisir Selatan 2010-2030

Jumlah dan Pertumbuhan penduduk

Jumlah penduduk di kawasan perencanaan pada tahun 2012 yaitu 33.748 jiwa yang terbagi di Kecamatan Lunang berjumlah 19.957 jiwa dan di Kecamatan Silaut berjumlah 13.791 jiwa. Pertumbuhan penduduk di kawasan antara tahun 2006-2012 bertambah dari 29.592 jiwa menjadi 33.748 jiwa. Laju pertumbuhan penduduk 1,32 % pertahun. Pertumbuhan penduduk yang lebih pesat terdapat di Kecamatan Silaut. Pertumbuhan penduduk yang tinggi disebabkan oleh perkembangan ekonomi kawasan yang lebih pesat dalam bidang pertanian dan perdagangan dan jasa.

Iklim

Kawasan berdasarkan klasifikasi iklim Schmidt dan Ferguson termasuk tipe iklim A (sangat basah) sedangkan menurut tipe iklim Oldeman termasuk type B2 dengan kriteria bulan basah 7 bulan (bulan

dengan curah hujan >200 mm) dan bulan kering 2 bulan (curah hujan >100 mm).

Topografi dan Kelerengn

Kondisi topografi daerah kawasan Lunang Silaut berbentuk datar dan berbukit sebagai perpanjangan pegunungan Bukit Barisan dengan tinggi dari permukaan laut berkisar 2 -30 meter dari permukaan laut. Hampir tiga per empat bagian datar dengan kelerengn 0-3% yang umumnya merupakan kawasan dataran bergambut. Sementara selebihnya lahan curam dan sangat curam yang berada pada bagian barat yang termasuk daerah pegunungan Bukit Barisan.

Hidrologi

Sumber air untuk keperluan air minum dan pengairan pertanian berasal dari air permukaan dan air tanah dangkal. Sumber air permukaan berasal dari dua sungai utama

di Kawasan Lunang Silaut yaitu sungai Batang Lunang dan Batang Silaut. Jaringan sungai yang berada di kawasan merupakan jaringan sungai Batang Lunang dan Batang Silaut. Sumber air tanah dangkal pada daerah dataran dengan muka air berkisar antara 1- 5 meter, sedangkan pada daerah yang bergelombang dan berbukit berkisar antara 4 – 8 meter. Fluktuasi muka air tanah antara musim penghujan dan musim kemarau berkisar 1.5 – 2.5 meter. Sumber air yang digunakan masyarakat di kawasan yaitu air tanah dangkal dengan kedalaman berkisar antara 2 sampai 7 meter.

Daerah berrawa menyebabkan kualitas air tanah dangkal tidak begitu baik untuk di konsumsi dan fluktuasi ketersediaan air tinggi. Air tanah digunakan masyarakat bukan untuk air minum. Sumber air masyarakat berasal dari penampungan air hujan dan air artesis yang dikelola bersama dan perorangan.

Geologi

Litologi kawasan terdiri dari endapan rawa, alluvium di bagian barat dan formasi bintunan di bagian timur. Satuan geologi yang terdapat di kawasan yaitu: alluvium (Qa): bongkah, kerikil, pasir, lanau, lumpur, dan lempung; endapan rawa (Qas): pasir, lanau, lumpur, lempung mengandung sisa tanaman: formasi Bintunan (Qtb): konglomerat aneka bahan, batupasir berbatu apung, dari batu lanau, batu lempung dari sisa tanaman, sisipan lignit dan batu gamping dengan tebal 250m: formasi hulusingpang (Tomh): lava, breksi gunung api dan tufa terubah, bersusunan andesit, basal, tebal 700m; batuan gunung api andesit basal (Qvkb, Qvk): lava bersusunan andesit basal, tuf dan breksi lahar; dan diorit (Tmdi).

Dengan kondisi geologi seperti tersebut di atas, beberapa hal yang perlu menjadi perhatian adalah pemanfaatan tanah pada lahan endapan rawa dengan daya

dukung tanah rendah rawan terhadap penurunan muka tanah kalau dilakukan pembangunan struktur yang berat di atasnya dan pengambilan air tanah.

Fisiografi Wilayah

Berdasarkan peta dan buku Keterangan Satuan Tanah Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (1990) kawasan termasuk ke dalam fisiografi grup kubah gambut (lihat gambar 6).

Secara lebih rinci, berdasarkan proses geomorfik yaitu proses pembentukan tanah, di Kawasan Lunang Silaut terdapat tiga tipe bentuk lahan:

- Landform* aluvial. Terbentuk dari proses aluvial (aktivitas sungai) maupun koluvial (gravitasi) ataupun gabungan dari proses fluvial dan koluvial. *Landform* ini terbentuk melalui proses aktivitas sungai, yang terbentuk di sepanjang tepi sungai, bentuk wilayah pada *landform* ini adalah dataran dengan kelerengan 0-3%.
- Landform* gambut. Terbentuk di daerah rawa dengan akumulasi bahan organik yang cukup tebal. Bentuk wilayah pada *landform* ini dengan lereng 0 -3 %.
- Landform* angkatan. Terbentuk sebagai akibat berlangsungnya proses pengangkatan karena adanya gaya endogen dengan bentuk wilayah bergelombang sampai bergunung dengan lereng lebih dari 25 % pada bagian timur.

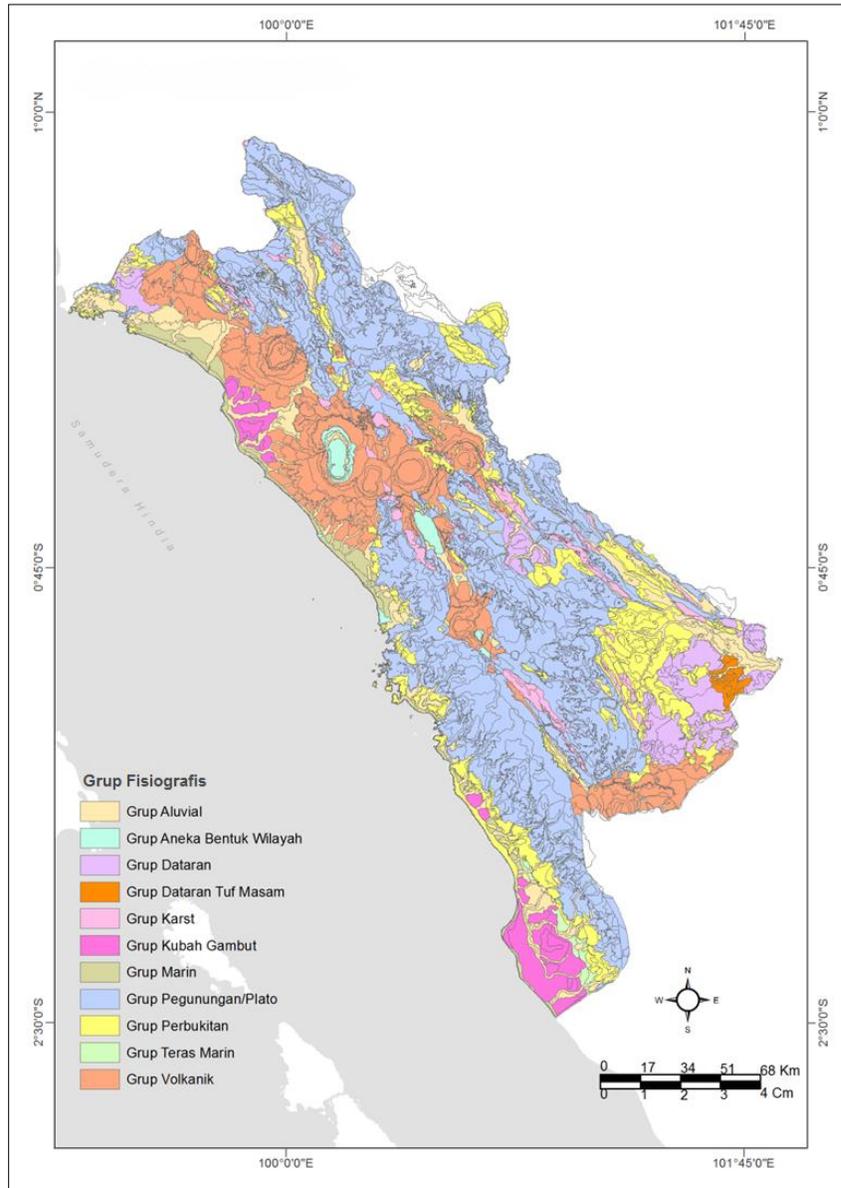
Secara litologi, endapan alluvium terdapat pada dataran pengaliran sungai. Tahap ini belum mengalami perkembangan profil, kedalaman sedang sampai dalam, berwarna kelabu sampai kekuningan dan kecoklatan. Teksturnya lempung sampai liat, sering berlapis-lapis debu dan pasir. Umumnya tanah ini selalu tetap dalam keadaan basah, dipengaruhi oleh genangan air berkala atau tetap. Pada tanah-tanah gambut umumnya tingkat pelapukan sudah

lanjut dan pada lapisan atas tanah sudah mulai bercampur dengan tanah material.

Kedalaman efektif tanah sebagian besar berada pada kedalaman lebih besar dari 100

cm dan sisanya berada pada kedalam 70-100 cm. Pada umumnya tekstur tanah terdiri dari halus dan sedang.

Gambar 6: Peta Grup Fisiografi Lahan Sumatera Barat



Sumber: Peta dan Buku Keterangan Satuan Tanah Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (1990)

Berdasarkan peta satuan lahan dan tanah (*land unit*) yang bersumber dari Peta dan Buku Keterangan Satuan Tanah

Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (1990) Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian dan terdapat juga dalam

Masterplan Kawasan KTM Lunang Silaut (2008), di kawasan terdapat 7 Satuan Peta Tanah (SPT).

- 1) **SPT 1** Kubah gambut oligotropik air tawar, kedalaman gambut (0,5-2 m) bentuk wilayah datar s/d cembung, ketinggian (5-10 m) dpl. Terdapat pada daerah dengan bentuk wilayah datar (0-3 %), dengan jenis tanahnya adalah Organosol/ Tropohemists. Jenis tanah ini berkembang dari bahan induk bahan organik, memiliki drainase sangat terhambat, pH tanah sangat masam (3,7 – 4,2), ketebalan gambutnya antara 50 – 200 cm, dengan tingkat kematangan Hemik dan saprik.
- 2) **SPT 2** Kubah gambut oligotropik air tawar, kedalaman gambut (> 2 m) bentuk wilayah datar s/d cembung, ketinggian (2-15 m) dpl. Terdapat pada daerah dengan bentuk wilayah datar (0-3 %) dan merupakan *back swamp*, dengan jenis tanahnya adalah Organosol/ Tropohemists. Jenis tanah ini berkembang dari bahan induk bahan organik, memiliki drainase sangat terhambat" pH tanah sangat masam (3,7 -,2) Ketebalan gambutnya antara > 200 cm, dengan tingkat kematangan fibrik dan Hemik.
- 3) **SPT 3** Dataran banjir dari sungai yang ber-*meander*, sedimen halus jalur meander, tanggul alur-alur drainase, bentuk wilayah datar sampai dengan berombak ketinggian (5-15 m) dpl. Terdapat pada daerah dengan bentuk wilayah datar (0-3 %) sampai agak berombak dengan jenis tanah Aluvial/ Tropaquepts berkembang dari bahan induk alluvium, *recent riverine*. Lapisan tanah bagian atas berwarna abu sampai abu kecoklatan, tekstur lempung sampai dengan lempung berpasir. Memiliki drainase sedang sampai agak terhambat, pH tanah masam sampai agak masam (4,7-5,5). Tanah lapisan bawah berwarna abu-abu sampai abu-abu kuat, pH tanah

masam, kedalaman efektif antara > 120 cm.

- 4) **SPT 4** Dataran banjir dari sungai yang ber-*meander*, sedimen halus, jalur meander, tanggul alur-alur drainase, bentuk wilayah datar sampai dengan cekung rawa belakang, ketinggian (10-15 m) dpl. Terdapat pada daerah dengan bentuk wilayah datar (0-3 %) dan merupakan *back swamp*. Jenis tanahnya adalah Aluvial/ *Tropaquepts* berkembang dari bahan induk alluvium, *recent riverine*. Lapisan tanah bagian atas berwarna abu sampai abu kecoklatan, tekstur lempung berpasir sampai dengan lempung liat berpasir. Memiliki drainase mulai agak terhambat sampai sangat terhambat, pH tanah masam sampai agak masam (4,7-5,5). Tanah lapisan bawah berwarna abu-abu sampai abu-abu kuat, pH tanah masam, Kedalaman efektif antara > 120 cm.
- 5) **SPT 5** Kipas alluvial dan koluvial, sedimen tidak di bedakan, I bentuk wilayah berombak, lereng (3%-8%) agak tertoreh ketinggian (20 -30 m) dpl. Terdapat pada daerah dengan bentuk wilayah brombak sampai dengan bergelombang (3- 8 %). Jenis tanahnya adalah Kambisol/ *Dystropepts* dari bahan induk alluvium *recent volcanic*, memiliki drainase sedang sampai agak terhambat, pH tanah masam sampai agak masam (5-6,5). Tanah lapisan atas berwarna coklat kuat sampai coklat, tekstur lempung, lempung fiat berpasir dan lempung berpasir, kedalaman efektif cukup dalam (120 cm).
- 6) **SPT6** Teras marin batuan sedimen halus, tanah masam bentuk wilayah berombak lereng (3 – 8%) agak tertoreh-toreh ketinggian (10 -20 m) dpl. Terdapat pada daerah dengan bentuk wilayah berombak sampai dengan bergelombang (3-8 %), dengan jenis tanahnya adalah Podsolik/ *Hapludult*. Memiliki drainase baik sampai

dengan sedang dengan warna tanah bagian atas adalah coklat gelap kekelabuan sampai kelabu kegelapan, tekstur lempung berliat, liat berdebu, struktur gumpal membulat, dan konsistensi agak lekat sampai dengan lekat dalam keadaan basah, pH masam sampai agak masam (4,5-5,0). Tanah lapisan atas coklat gelap kekelabuan dan bawah berwarna kelabu kegelapan, tekstur lempung berliat, dengan kedalaman efektif cukup dalam (>120 cm).

- 7) **SPT 7** Teras marin batuan sedimen halus, tanah masam bentuk wilayah bergelombang lereng (8 – 15%) agak

tertoreh ketinggian (30 - 50 m) dpl. Terdapat pada daerah dengan bentuk wilayah berombak agak bergelombang (8-15 %). Jenis Tanah Podsolik/ Hapludult. Memiliki drainase baik dengan warna bagian atas coklat sampai coklat tua, tekstur lempung liat berpasir, liat berpasir, struktur remah sampai gumpal, konsistensi teguh dalam keadaan lembab, pH masam (5,0). Tanah lapisan bawah berwarna coklat kehitaman sampai dengan coklat terang kekuningan, konsistensi teguh sampai dengan sangat teguh, kedalaman efektif cukup dalam >120 cm).

Tabel 1 Satuan Peta Tanah di Kawasan Lunang Silaut

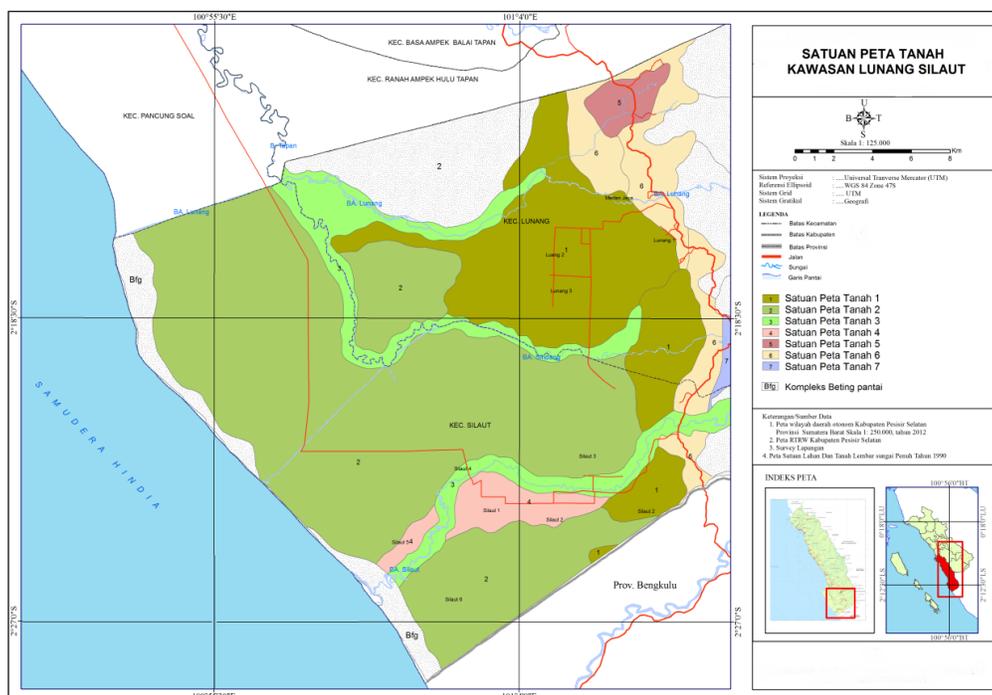
No. SPT	Fisiografi	Jenis Tanah (PPT, 1982/ USDA, 1987)	Lereng (%)	Luas (Ha)
1	Kubah gambut oligotropik air tawar, kedalaman Gambut (0,5-2 m) bentuk wilayah datar s/d cembung, ketinggian (5-10 m) dpl	Organosol/ Tropohemists	0-3	7.871
2	Kubah gambut oligotropik air tawar, kedalaman gambut (> 2 m) bentuk wilayah datar s/d cembung, ketinggian (2-15 m) dpl		0-3	35.416
3	Dataran banjir dari sungai yang ber- <i>meander</i> , sedimen halus jalur <i>meander</i> , tanggul alur-alur drainase, bentuk wilayah datar s/d berombak ketinggian (5-15 m) dpl	Aluvial/ Tropaquepts	0-3	5.509
4	Dataran banjir dari sungai yang ber- <i>meander</i> , sedimen halus, jalur <i>meander</i> , tanggul alur-alur drainase, bentuk wilayah datar s/d cekung rawa belakang, ketinggian (10-15 m) dpl		0-3	2.660
5	Kipas alluvial dan koluvial, sedimen tidak di bedakan, bentuk wilayah berombak lereng (3%-8%) agak tertoreh ketinggian (20 -30 m) dpl	Kambisol/ Dystropepts	3 - 8	332
6	Teras marin batuan sedimen halus, tanah masam bentuk wilayah berombak lereng (3 – 8%) agak tertoreh toreh ketinggian (10 -20 m) dpl	Podsolik/ Hapludult	3 - 8	3.969
7	Teras marin batuan sedimen halus, tanah masam bentuk wilayah bergelombang lereng	Podsolik/ Hapludult	9-15	1.227

No. SPT	Fisiografi	Jenis Tanah (PPT, 1982/ USDA, 1987)	Lereng (%)	Luas (Ha)
	(8 – 15%) agak tertoreh ketinggian (30 - 50 m) dpl			
	Kompleks Beting pantai berselangseling dengan cekungan muda, sedimen halus dan kasar, tidak dibedakan *)	Tropopsamments, Hydraquents, Psammaquents	0-3	2.527

Sumber : Peta dan Buku Satuan Lahan dan Tanah Puslitannak Bogor Lembar Sungai Penuh (1990) dan Masterplan Kawasan KTM Lunang Silaut (2008)

Catatan: *)Dalam kajian ini tidak termasuk ke dalam SPT yang ditinjau karena tidak sesuai untuk kegiatan budidaya pertanian

Gambar 7: Satuan Peta Tanah Kawasan Lunang Silaut



Penggunaan Lahan

Sebagian besar penggunaan lahan di kawasan Lunang Silaut yaitu untuk lahan pertanian tanaman pangan dan perkebunan. Perkebunan sawit mendominasi pemanfaatan lahan pertanian. Sementara area pertanian tanaman lahan kering terdapat pada beberapa tempat di kawasan Lunang. Area persawahan sebagian bercampur dengan pertanian lahan kering. Selain itu terdapat kawasan hutan yang cukup luas di kawasan

Selain itu terdapat area irigasi seluas 1.790 Ha di Lunang Silaut (sumber: Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Provinsi Sumatera Barat). Kawasan irigasi di Lunang membutuhkan bangunan irigasi (bendung, saluran) yang memadai. Terdapat kecenderungan alih fungsi lahan sawah menjadi area perkebunan. Hal ini perlu mendapat penanganan karena fungsi sawah yang strategis untuk menjamin ketahanan pangan. Di kawasan terdapat keinginan untuk mempertahankan sawah. Permasalahan

yang dihadapi adalah saluran irigasi yang kurang berfungsi.

Evaluasi Kesesuaian Lahan

Hasil analisis kesesuaian lahan aktual menunjukkan bahwa hampir semua kesesuaian lahan termasuk ke dalam kelas S3 (sesuai marjinal) sampai N2 (tidak sesuai selamanya), dengan faktor pembatas utama adalah topografi, kesuburan, keasaman tanah, drainase buruk dan kedalaman gambut. Masukan teknologi yang dibutuhkan seperti pemberian pupuk dan pengkapuran. Kelas kesesuaian lahan aktual N1 (tidak sesuai saat ini) ditemukan pada SPT 2 dengan pembatas kedalaman gambut yang lebih dari 2 meter (*Masterplan* Kawasan KTM Lunang Silaut, 2008).

Evaluasi Terhadap Rencana Tata Ruang

Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) selain menetapkan peruntukan lahan mestinya menggambarkan potensi dan kendala pemanfaatan lahan. Dalam RTRW Provinsi Sumbar 2009-2029 informasi tentang kawasan bergambut Lunang Silaut hanya disebutkan sebagai kawasan pertanian dan permukiman tanpa sama sekali menyinggung karakteristik bergambutnya. Demikian juga dalam RTRW Kabupaten Pesisir Selatan 2010-2030, kawasan diarahkan sebagai kawasan pertanian perkebunan juga tanpa menyinggung karakteristik lahan bergambutnya.

Dalam rencana tata ruang tersebut penggambaran fisiografis wilayah terlihat masih kurang padahal berbagai informasi tentang fisiografi dapat dengan cepat dikumpulkan dengan merujuk berbagai dokumen yang telah tersedia. Dokumen seperti Verstappen (1973) dalam bukunya membagi satuan lahan geomorfologi di Provinsi Sumatera Barat yang termasuk zona geomorfologi Sumatera Tengah (*Central Sumatera*) dimana Kawasan Lunang Silaut termasuk kedalam geomorfologi Dataran Indrapura yang berawa dengan sungai-sungai

yang mengalir dari Bukit Barisan. Dalam Peta dan Buku Keterangan Satuan Tanah Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (1990) seperti telah disinggung sebelumnya dengan jelas terlihat satuan fisiografis kawasan yang termasuk grup kubah gambut.

Kekurangan RTRW Provinsi dan Kabupaten dalam mengidentifikasi fisiografis wilayah menyebabkan arahan pemanfaatan ruang, arahan pengendalian ruang menyangkut ketentuan peraturan zonasi dan ketentuan umum perijinan tidak menyinggung spesifikasi batasan-batasan pengembangan lahan kubah gambut.

Hal ini menjadi kelemahan yang perlu menjadi perhatian dalam penyusunan rencana tata ruang wilayah. Tidak jelasnya kerangka analisis dan perencanaan pemanfaatan lahan dalam pedoman penyusunan rencana tata ruang menjadi salah satu penyebab. Informasi terkait lahan seperti geologi, jenis dan karakteristik tanah, karakteristik topografi bentang alam umumnya seringkali hanya sebatas penyajian data dan seringkali ditemui tidak dipakai sebagai kerangka analisis potensi dan masalah pengembangan lahan (Nur dan Ahyuni, 2013).

Isu-Isu Pengembangan Kawasan Rawa Bergambut Lunang Silaut

Beberapa isu yang bisa ditarik dari kasus pengembangan kawasan bergambut Lunang Silaut sebagai kawasan pengembangan ekonomi pertanian perkebunan seperti diuraikan berikut ini.

Pembatasan Pemanfaatan lahan Sesuai Daya Dukung Ekosistem

Pada lingkungan tanah gambut, lahan senantiasa tergenang. Tanah yang terbentuk pada umumnya merupakan tanah yang belum mengalami perkembangan, seperti tanah-tanah aluvial (*Entisols*) dan tanah-tanah yang berkembang dari tumpukan bahan organik, yang lebih dikenal sebagai

tanah gambut atau tanah organik (*Histosols*).

Dalam pengembangan lahan beberapa hal tentang karakteristik lahan bergambut perlu diperhatikan. Lahan gambut sifatnya seperti spon yang dapat menyerap air yang berlebihan, yang kemudian secara menerus dilepas perlahan-lahan. Hal ini menyebabkan air akan tetap mengalir secara menerus. Dengan demikian lahan gambut merupakan suatu ekosistem yang unik dan rapuh, karena lahan ini berada dalam suatu lingkungan rawa, yang terletak di belakang tanggul sungai (*backswamp*). Selain itu di kawasan gambut terdapat keanekaragaman hayati dengan jenis yang unik yang hanya dijumpai di daerah lahan gambut.

Lahan rawa bergambut pada umumnya berbentuk kubah (*dome*), perbedaan ketinggian antara pinggir sungai dan puncak *dome* memungkinkan terjadi pergerakan air dari puncak *dome* ke arah pinggir sungai. Pergerakan air ini memungkinkan ekosistem rawa bergambut dapat menunjang kehidupan pada ekosistemnya.

Pengembangan lahan gambut perlu sangat hati-hati dan memahami secara menyeluruh karakteristik ekosistem lahan gambut tersebut. Dalam pengelolaan, lahan gambut perlu dilihat sebagai suatu unit ekosistem dengan batas umumnya berupa lahan yang dibatasi oleh sungai. Puncak kubah gambut berfungsi sebagai tempat cadangan air yang menjaga eksistensi ekosistem lahan gambut tersebut. Oleh karena itu untuk budidaya kawasan pada beberapa area perlu dicadangkan perlindungan terhadap kawasan gambut untuk mengendalikan hidrologi wilayah yang berfungsi sebagai penambat air dan pencegah banjir. Dalam kondisi alami yang tidak terganggu, lahan-lahan gambut mempunyai fungsi ekologi yang penting: mengatur air di dalam dan di permukaan tanah.

Lahan untuk masyarakat hendaknya

dialokasikan di kaki kubah, untuk pengembangan pertanian. Lahan antara kaki dan puncak kubah pengelolaannya dialokasikan untuk perkebunan atau HTI dengan tanaman yang relatif permanen. Bagian puncak kubah diperuntukkan sebagai kawasan konservasi, karena puncak kubah ini merupakan tempat cadangan air bagi daerah bawahnya, sehingga sangat penting untuk menjaga eksistensi ekosistem lahan gambut.

Di Kawasan Strategis Lunang Silaut terdapat bentuk lahan kubah gambut dengan kedalaman lebih dari 2 meter. Peruntukan area sebelum keluar peraturan lebih baru tentang penetapan kawasan hutan adalah hutan lindung (HL) seperti terlihat SK Menhutbun No. 422/KPTS-II/1999. Tetapi dalam RTRW Provinsi Sumbar 2009-2029 terjadi perubahan penetapan menjadi Hutan Produksi Konversi (HPK). Penetapan sebagai HPK perlu menjadi perhatian karena kerawanan dampaknya sebagai kawasan budidaya terhadap ekosistem kawasan. Dalam kondisi sekarang, pengembangan lahan sawit masyarakat sudah mulai masuk ke area kubah gambut ini.

Penyediaan Infrastruktur yang mahal dan terbatas

Lahan gambut bersifat rapuh karena reklamasi lahan akan menyebabkan pengamblesan (*subsidence*), percepatan risiko pengerutan tak balik (*irreversible*) serta kerentanan terhadap bahaya erosi. Pada lahan rawa bergambut penyediaan infrastruktur seperti jaringan jalan dan jaringan air bersih menjadi sangat mahal. Hal ini disebabkan selain biaya konstruksi yang mahal di lahan bergambut juga jarak permukiman yang berjauhan serta sumber air bersih permukaan dengan jarak yang cukup jauh dari perbukitan Bukit Barisan di sebelah timur (panjang saluran pipa untuk

mencapai unit permukiman mencapai 15-20 kilometer). Dengan demikian, misalnya, usulan pengembangan kawasan pesisir pantai Lunang Silaut untuk pengembangan pariwisata akan menjadi sangat mahal karena letaknya yang sangat jauh dari sumber air yang berasal dari perbukitan yang membutuhkan jaringan infrastruktur air bersih dengan panjang lebih kurang 25 kilometer dan juga pembangunan jaringan jalan dengan investasi yang sangat mahal.

Biaya operasional pemeliharaan saluran dan bangunan drainase

Salah satu faktor keberhasilan pengembangan pertanian di lahan gambut selain meningkatkan kesuburan tanah yaitu mengendalikan tinggi muka air sehingga gambut tetap basah tapi tidak tergenang di musim hujan dan tidak kering di musim kemarau. Pengembangan kawasan pertanian pada rawa gambut perlu memperhatikan pengendalian tata air, saluran drainase harus selalu mampu menjaga tinggi permukaan air. Untuk itu diperlukan pemeliharaan rutin saluran.

Daerah gambut yang menjadi area pertanian sawit dengan demikian memiliki kendala pengaturan tinggi muka air. Konsekuensi pembangunan di daerah berawa gambut membutuhkan biaya pembangunan dan biaya operasional yang besar untuk pemeliharaan saluran dan bangunan drainase. Jenis tanah organik yang tidak solid menyebabkan saluran harus selalu rutin diperbaiki dan dikeruk sedimennya. Muka air perlu dijaga stabil lebih kurang 50 cm dari muka tanah. Selain itu bangunan saluran yang dibangun pada awal pemukiman transmigrasi juga perlu diperbaiki karena sudah banyak yang rusak. Dalam kasus pengembangan kawasan transmigrasi di lahan gambut Lunang Silaut berdasarkan perhitungan Dinas PU Provinsi Sumatera Barat diperkirakan dibutuhkan dana lebih

kurang 2 milyar rupiah pertahun untuk hanya biaya pemeliharaan saluran dan rehabilitasi bangunan drainase yang ada.

Foto Saluran Drainase Untuk Pengaturan Tinggi Muka Air Lahan Bergambut di Kawasan Lunang Silaut



Kerawanan terhadap banjir

Kerawanan bencana alam yang perlu diwaspadai pada kawasan permukiman lahan gambut yaitu banjir. Hal ini umumnya disebabkan luapan air sungai ketika hujan dengan intensitas yang tinggi yang diikuti dengan pasang naik air laut. Demikian terjadi pada kawasan Lunang Silaut, dengan lokasi permukiman yang berada pada zona 2 pasang surut air tawar masih terdapat area banjir pada unit-unit permukiman terutama yang berjarak lebih dekat ke pantai.

Penyediaan Sarana Permukiman pada permukiman terpencar

Permukiman transmigrasi yang terbagi atas 5 unit klaster di Kawasan Lunang Silaut berlokasi terpencar. Hal ini menyebabkan pengembangan pelayanan sarana dan prasarana permukiman menjadi sulit disediakan. Penyediaan sarana sekolah di luar jarak jangkauan pelayanan yang ideal sehingga menyulitkan bagi anak sekolah SD, SMP dan SMA. Demikian juga penyediaan sarana rekreasi dan olah raga sebagai tempat sosialisasi dan hiburan masyarakat jauh dari jangkauan. Meskipun sekarang telah dikembangkan pusat pelayanan KTM tetapi pencapaian dari unit permukiman masih sulit. Hal ini disebabkan juga karena pusat pelayanan KTM merupakan fasilitas yang direncanakan dan dibangun kemudian

sementara kawasan permukiman yang awalnya merupakan area transmigrasi dibangun dengan rencana pelayanan di sepanjang koridor jalan lintas barat Pesisir Selatan yang telah berkembang. Perubahan struktur ruang tersebut memerlukan pembangunan akses jalan baru yang menghubungkan pusat KTM dengan unit-unit perumahan.

Pertimbangan Pembangunan di Kawasan Lahan Kubah Gambut

Berdasarkan uraian dan pembahasan pada kasus kawasan Lunang Silaut dengan fisiografi termasuk ke dalam grup kubah gambut di atas maka beberapa hal dapat ditarik sebagai pertimbangan dalam pembangunan kawasan dengan lahan kubah gambut.

- a. Zonasi ekosistem gambut
Pengembangan budidaya pada lahan bergambut perlu memperhatikan zonasi pemanfaatan lahan pada area bergambut. Berdasarkan fisiografis kawasan lahan pada sekitar kubah gambut perlu dijaga fungsinya sebagai kawasan hutan yang berfungsi penting untuk menjaga tata air kawasan.
- b. Perencanaan Struktur ruang dan pola permukiman
Pengembangan lahan bergambut perlu dilakukan dengan kompak mengefisienkan pemanfaatan lahan. Permukiman perlu dibuat terkonsentrasi dengan menjaga minimum jarak yang terpendek antar permukiman. Hal ini disebabkan pengembangan infrastruktur dan bangunan pada lahan rawa gambut sangat mahal. Pola radial lebih cocok diterapkan daripada pola grid. Jarak permukiman dengan pusat pelayanan perlu dipertimbangkan masih dalam jarak pencapaian maksimum. Penyediaan sarana sosial seperti kesehatan, pendidikan dan perdagangan seperti

kasus di Lunang Silaut menjadi permasalahan karena letak permukiman yang berjauhan dan pola jaringan jalan yang tidak berpola radial.

- c. Pola pembiayaan penyediaan infrastruktur dan pemeliharaan
Pembiayaan pembangunan, operasi dan pemeliharaan infrastruktur pertanian dan permukiman seperti jaringan drainase, air bersih dan jalan pada kawasan lahan gambut sangat mahal. Seringkali setelah terbangun, siapa yang akan membiayai operasi dan pemeliharaan infrastruktur tidak terpikirkan. Hal ini akan menghambat keberlanjutan pengembangan kawasan. Dari awal perlu dipikirkan model pembiayaan pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur yang menyangkut sumber pembiayaan dan kelembagaan pembangunannya. Sampai tahap mana pemerintah perlu memberi bantuan dan pada tahap mana masyarakat mulai mandiri dalam mengelola infrastruktur kawasan.

SIMPULAN

Secara umum dapat disimpulkan bahwa pengembangan kawasan kubah gambut untuk kegiatan pertanian dan permukiman perlu memperhatikan pemanfaatan sumberdaya lahan gambut yang berkelanjutan, pola dan struktur ruang yang meminimalkan jarak pencapaian ke pusat-pusat pelayanan, dan keberlanjutan pengelolaan infrastruktur drainase, air bersih dan jalan

DAFTAR RUJUKAN

- _____. Peraturan Menteri PU No 15,16, dan 17 Tahun 2009 tentang penyusunan rencana tata ruang wilayah provinsi, kabupaten, dan kota.
- _____. *Masterplan Kawasan KTM Lunang Silaut*. 2008. Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi
- _____. *Peta dan Buku Keterangan Satuan Lahan dan Tanah Lembar Sungai Penuh*.1990. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor
- _____. RTRW Provinsi Sumbar 2009-2029. Pemerintah Daerah Provinsi Sumatera Barat
- _____. RTRW Kabupaten Pesisir Selatan 2010-2030. Pemerintah Daerah Kabupaten Pesisir Selatan
- Fenneman, Nevin M. 1916. *Physiographic Sub Division of The United States*. *Association American Geography*, National Academic Science of USA. January; 3(1): 17–22.
- Godfrey, Andrew E. 1977. *A Physiographic Model to Land Use Planning*. *Environmental Geology*. Vol. 2 pp. 43-50. Springer-Verlag New York.
- IGM. Subiksa dan Wahyunto. *Genesis Lahan Gambut Di Indonesia* (dalam Neneng L. Nurida, Anny Mulyani, Fahmuddin Agus. 2011. *Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan*. Balai Penelitian Tanah Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian)
- Najiyati, S., Lili Muslihat dan I Nyoman N. Suryadiputra. 2005. *Panduan Pengelolaan Lahan Gambut Untuk Pertanian Berkelanjutan*. *Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia*. Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor. Indonesia.
- Nur, Hamdi dan Ahyuni. 2013. *Model Fisiografis Dalam Penyusunan Rencana Tata Ruang*. Penelitian Hibah Bersaing DIKTI (tidak dipublikasikan).
- Puslittanak.1993. *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan*. Puslittanak Berkerjasama Dengan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Verstappen, H.Th. 1973. *A Geomorphological Reconnaissance of Sumatra and Adjacent Islands (Indonesia)*. Wolters-Noordhoff Publishing. Groningen.
- Wahyunto, S. Ritung, Suparto, H. Subagjo. 2005. *Sebaran Gambut dan Kandungan Karbon di Sumatera dan Kalimantan*. *Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia*. Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor.
- Zonneveld, Issak S. 1989. *The Land Unit-A Fundamental Concept in Landscape Ecology, and Its Applications*. *Landscape Ecology*. Vol 3 No 2 pp. 67-86