

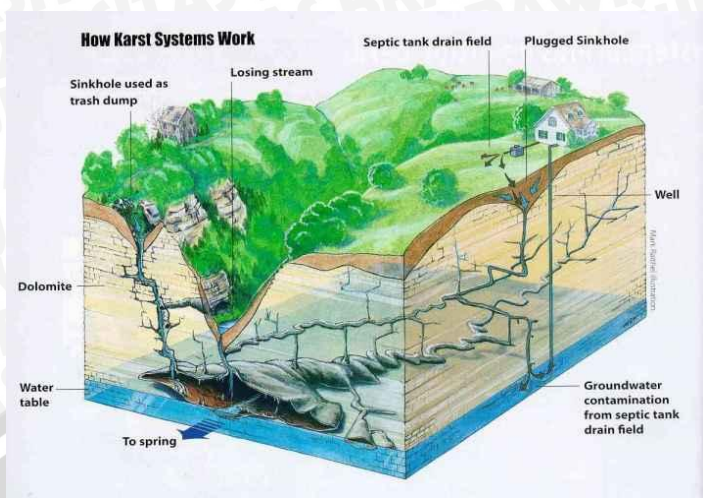
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karst

Kawasan karst bisa diartikan sebagai kawasan yang mempunyai bentuklahan khas yang dibentuk oleh proses pelarutan batuan. Umumnya batuan tersebut adalah batu gamping dan dolomit. Sebagaimana diketahui batu gamping menurut genesanya berasal dari endapan laut dangkal, umumnya terbentuk dari unsur-unsur biologis yang dikenal secara umum sebagai terumbu karang. Secara kimiawi terbentuk dari kalsium karbonat (CaCO_3).

2.2 Proses Geomorfologi

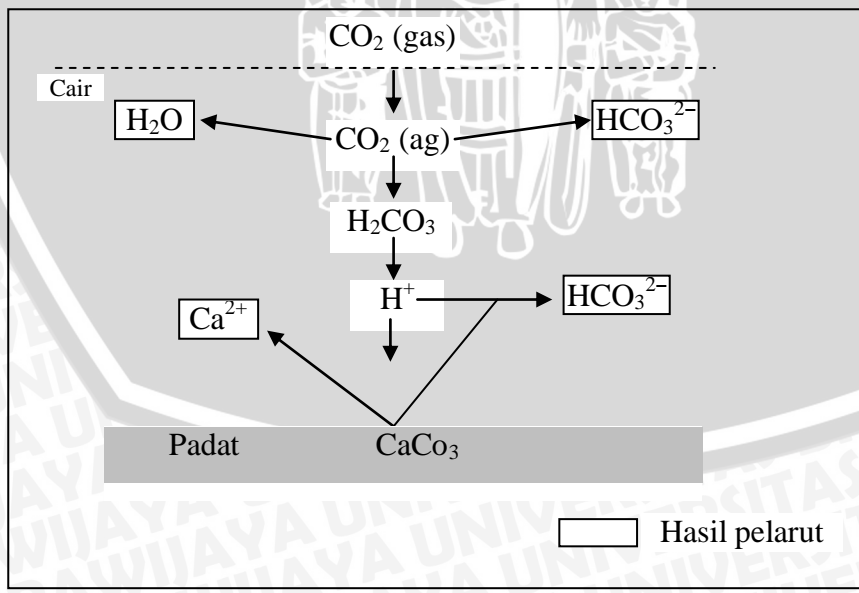
Geomorfologi karst adalah semua proses geomorfologi yang terjadi akibat proses pelarutan batuan dan subsidensi yang terjadi pada daerah berbatugamping. Karst dicirikan oleh: 1). Terdapatnya cekungan tertutup dan atau lembah kering dalam berbagai ukuran dan bentuk; 2). Langkanya atau tidak terdapatnya drainase/sungai permukaan dan 3). Terdapatnya gua dari sistem drainase bawah tanah. Karst tidak hanya terjadi di daerah berbatuan karbonat, tetapi juga di batuan lain yang mudah larut dan mempunyai porositas sekunder (kekar dan sesar intensif) seperti *gypsum* dan batu garam. Namun demikian, karena batuan karbonat mempunyai sebaran paling luas, karst yang banyak dijumpai adalah karst yang berkembang di batuan karbonat, dalam proses pembentukan karts ada proses pelarutan batu gamping yang biasanya disebut *karstifikasi* (Herak, 1972 dalam Hidayat; 2010).



Gambar 1. Proses Geomorfologi Karst (Hidayat, 2010)

1.2.1 Karstifikasi

Karstifikasi adalah proses kerja air terutama secara kimiawi, meskipun secara mekanik pula yang menghasilkan kenampakan-kenampakan topografi karst (Haryono dan Adji, 1999). Karstifikasi atau proses pembentukan bentuklahan karst didominasi oleh proses pelarutan. Proses pelarutan batu gamping diawali oleh larutnya CO₂ didalam air membentuk H₂CO₃. Larutan H₂CO₃ yang tidak stabil terurai menjadi H⁺ dan HCO₃⁻. Ion H⁺ inilah yang selanjutnya menguraikan CaCO₃ menjadi Ca²⁺ dan HCO₃²⁻ (Gambar. 2). Faktor-faktor yang dapat mendorong terbentuknya karst (karstifikasi) dapat dikelompokkan sebagai faktor pengontrol dan faktor pendorong.



Gambar 2. Skema proses pelarutan batugamping (Trudgil, 1985 dalam Haryono dan Adji; 2005)

2.2.1.1 Faktor Pengontrol

Faktor pengontrol dalam pembentukan karst, yaitu: batuan mudah larut, curah hujan yang cukup dan batu gamping dengan kemurnian cukup tinggi. Tiga faktor tersebut harus terpenuhi, jika tidak maka tidak akan membentuk bentuklahan karst yang sempurna.

- a) Batuan mudah larut, kompak, tebal dan mempunyai banyak rekahan.

Batuan yang mengandung CaCO_3 tinggi mudah larut. Semakin tinggi kandungan CaCO_3 , semakin baik perkembangan bentuklahan karst (Ford dan Williams, 1989 dalam Haryono dan Adji; 1999). Kekompakan batuan menentukan kestabilan karst setelah mengalami pelarutan. Apabila batuan lunak, maka setiap kenampakan karst yang terbentuk seperti *karren* dan bukit akan cepat hilang karena proses pelarutan itu sendiri atau gerak massa batuan, sehingga kenampakan karst tidak berkembang baik. Ketebalan menentukan terbentuknya sirkulasi air secara vertikal. Tanpa adanya lapisan yang tebal sirkulasi air akan berlangsung secara lateral seperti pada air-air permukaan dan cekungan-cekungan. Rekahan batuan merupakan jalan masuknya air membentuk drainase vertikal dan berkembangnya sungai bawah tanah serta pelarutan yang terkonsentrasi.

- b) Curah hujan yang cukup (250 mm/tahun).

Air hujan merupakan media pelarut utama dalam proses karstifikasi. Semakin besar curah hujan, semakin banyak media pelarut, sehingga tingkat pelarutan yang terjadi di batuan karbonat juga semakin tinggi.

- c) Batu gamping dengan kemurnian tinggi

Ford dan Williams, (1989) dalam Haryono dan Adji (2005) menyatakan bahwa walaupun batu gamping mempunyai lapisan tebal tetapi hanya terekspos beberapa meter diatas permukaan laut, karstifikasi tidak akan terjadi. Drainase vertikal akan terjadi jika jarak antara permukaan batu gamping dengan muka air tanah atau batuan dasar dari batu gamping semakin besar. Semakin tinggi permukaan batu gamping terekspos,

semakin besar jarak antara permukaan batu gamping dengan muka air tanah maka semakin baik sirkulasi air secara vertikal, serta semakin intensif pula karstifikasi.

2.2.1.2 Faktor pendorong

Selain faktor pengontrol juga terdapat faktor pendorong untuk syarat terbentuknya bentuklahan karst, untuk faktor pendorong terbentuknya karst ini berkaitan dengan temperatur dan penutup lahan atau vegetasi di daerah karst. Dimana temperatur daerah karst berada pada daerah tropis basah dan penutup lahan hutan yang lebat akan mempunyai kandungan CO₂ melimpah dalam tanah.

a) Temperatur (daerah tropis basah)

Temperatur mendorong proses karstifikasi terutama dalam aktivitas organisme. Temperatur hangat seperti di daerah tropis merupakan daerah yang ideal bagi perkembangan organisme yang selanjutnya dapat menghasilkan CO₂ dalam tanah yang melimpah (Ford dan Williams, 1989 *dalam* Haryono dan Adji; 199). Temperatur juga menentukan evaporasi, semakin tinggi temperatur semakin besar evaporasi yang pada akhirnya akan menyebabkan rekristalisasi ini akan membuat pengerasan permukaan (*case hardening*) sehingga bentuklahan karst yang telah terbentuk dapat dipertahankan dari proses denudasi yang lain (erosi dan gerak massa batuan). Kecepatan reaksi sebenarnya lebih besar di daerah temperatur rendah karena konsentrasi CO₂ lebih rendah pada temperatur rendah. Namun demikian, tingkat pelarutan di daerah tropis lebih tinggi karena ketersediaan air hujan yang melimpah dan aktivitas organisme yang lebih besar.

b) Penutup lahan atau vegetasi yang lebat.

Penutupan lahan yang lebat seperti hutan salah satu merupakan faktor pendorong perkembangan karst, karena hutan yang lebat akan menghasilkan kandungan CO₂ melimpah dalam tanah akibat hasil dari perombakan sisa-sisa organik oleh mikroorganisme. Semakin besar konsentrasi CO₂ dalam air semakin tinggi tingkat daya larut air terhadap batu gamping. CO₂ di atmosfer tidak bervariasi secara signifikan, sehingga variasi karstifikasi sangat ditentukan oleh CO₂ dari pada aktivitas organisme.

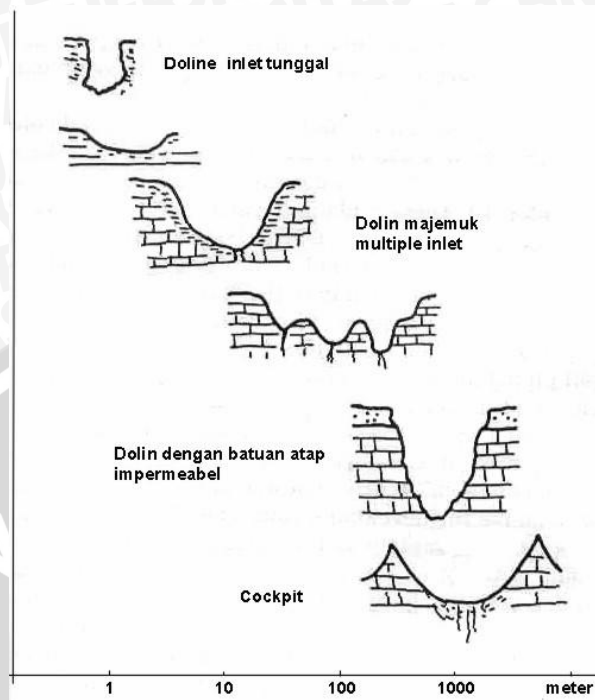
1.2.2. Landform di daerah karst

Landform karst terjadi akibat tumbukan antara lempeng yang terjadi pada laut dangkal pengangkatan laut dangkal, dimana landform ini secara umum berbahan induk batu gamping dan *dolomit*, umumnya terbentuk dari unsur-unsur biologis yang dikenal secara umum sebagai terumbu karang. Di Indonesia karst banyak ditemukan pada pulau Jawa bagian selatan misal terdapat bentuklahan Karst di Gunung Kidul Yogyakarta dan Malang selatan.

Di Malang selatan memiliki bentuklahan karst diantaranya *doline*, *sinkhole*, *poljes*, *uvala* yang umumnya berbahan induk batu gamping dan dolomit. Proses pembentukan bentuklahan karst di Malang selatan terjadi akibat pengangkatan laut dangkal dan proses pelarutan batuan yang berada di daerah tersebut.

2.2.2.1 Doline

Doline merupakan cekungan tertutup berbentuk bulat atau lonjong dengan ukuran beberapa meter hingga lebih kurang satu kilometer (Ford dan Williams, 1992 dalam Haryono dan Adji 2005) dan dapat di kategorikan doline dalam bentuklahan karst berskala sedang. *Doline* merupakan bentuklahan yang paling banyak dijumpai di kawasan karst. Bahkan di daerah beriklim sedang, karstifikasi selalu diawali dengan terbentuknya doline tunggal akibat dari proses pelarutan yang terkonsentrasi. Tempat konsentrasi pelarutan merupakan tempat konsentrasi kekar, tempat konsentrasi mineral yang paling mudah larut, perpotongan kekar, dan bidang perlapisan batuan miring. *Doline-doline* tunggal akan berkembang lebih luas dan akhirnya dapat saling menyatu.



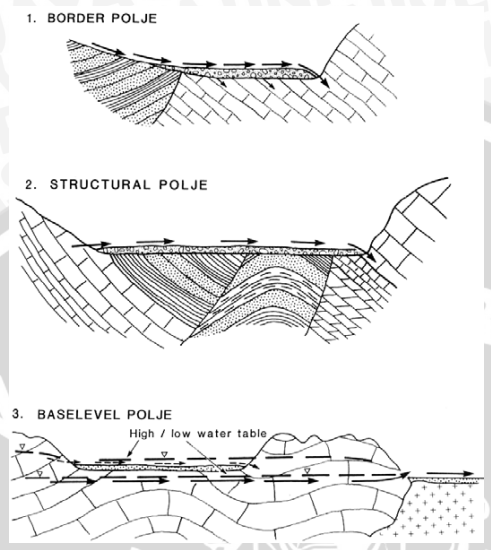
Gambar 3. Proses pembentukan bentuklahan *doline* (White, 1988 dalam Haryono dan Adhit, 2005)

Bogli (1980) dalam Haryono dan Adji (2005) menyatakan Proses pembentukan bentuklahan *doline* ini disebut *Doline perlaturan* terbentuk karena pelarutan yang terkonsentrasi akibat dari keberadaan kekar, pelebaran pori-pori batuan, atau perbedaan mineralogi batuan karbonat. *Doline* pelarutan terbentuk hampir disebagian besar awal proses karstifikasi. Seperti gambar 3 semakin lama bentuklahan *doline* semakin melebar seperti mangkok dan semakin dalam hal ini diakibatkan karena proses pelarutan bahan induk yang mudah larut.

2.2.2.2. Poljes

Cvijic tahun (1985) dalam Haryono dan Adhit (2005) menyatakan *poljes* merupakan bentuklahan karst yang mempunyai elemen yaitu, cekungan yang lebar, dasar yang rata, drainase karstik, bentuk memanjang yang sejajar dengan struktur lokal, dasar *poljes* mempunyai lapisan batuan Tersier. *Poljes* terjadi akibat dari perluasan uvala karena proses solusi dan collapse hal ini menyebabkan luas dari

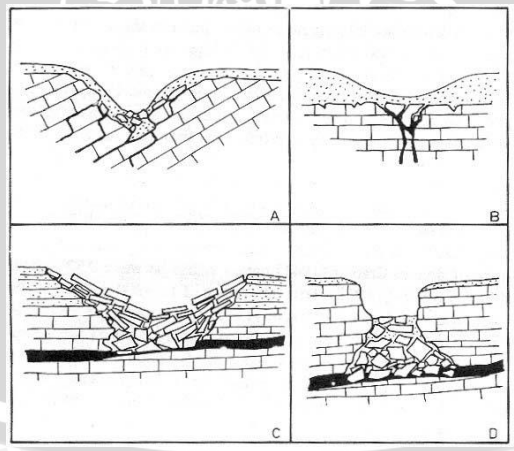
bentuklahan *poljes* ini paling luas diantara cekungan-cekungan di landform karst missal *doline*, *sinkhole* dan *uvala*.



Gambar 4. Proses pembentukan bentuklahan poljes dan Tipe-tipe pojes menurut Ford dan Williams, (1989) dalam Haryono dan Adhit (2005)

2.2.2.3 Sinkhole

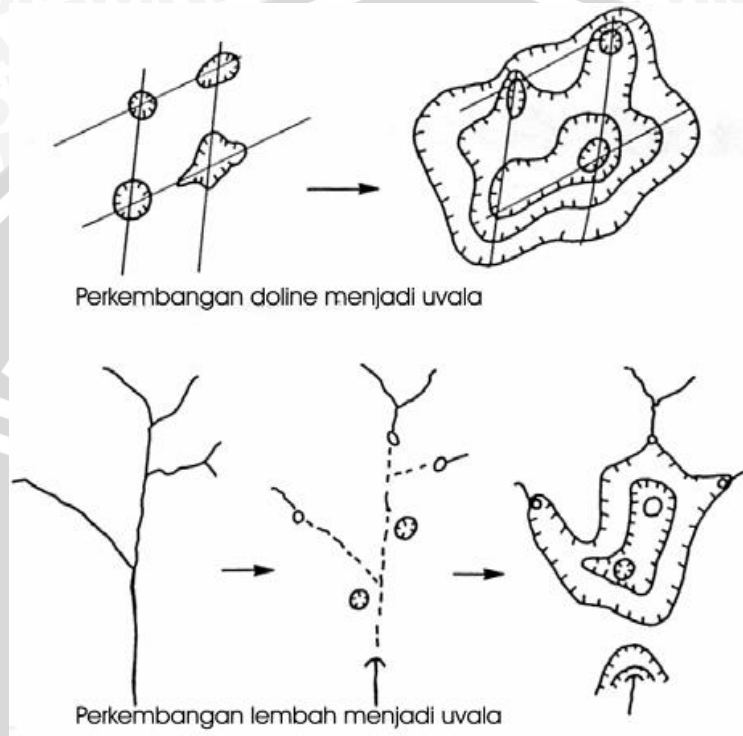
Bentuklahan sinkhole dicirikan adanya cekungan karst dengan ukuran kecil dan berbentuk membulat, proses cekungan pada sinkhole ini akibat runtuhnya atap gua di bawah permukaan tanah.



Gambar 5. Proses pembentukan bentuklahan *sinkhole* (Ford dan Williams, 1992 dalam Haryono dan Adhit, 2005)

2.2.2.4 Uvala

Merupakan lahan cekungan memanjang berbentuk oval akibat proses berkembangnya bentuk dan ukuran *doline*. Baik proses pelarutan maupun runtuhnya dinding *doline*. Kedalamannya 100 sampai dengan 200 m.



Gambar 6. Proses pembentukan Perkembangan *uvala* dari *doline* (White, 1988 dalam Haryono dan Adhit, 2005)

2.3 Pembentukan dan perkembangan tanah

2.3.1 Pembentukan Tanah

Secara umum, kondisi tanah-tanah di wilayah Desa Sitarjo, terbentuk dari pelapukan batuan karbonat. Perkembangan tanah pada kawasan karst akan mengarah ke berbagai tipe. Pelarutan karbonat akan menghasilkan ion kalsium dan bikarbonat yang peka terhadap pencucian. Tanah yang terbentuk dari batuan karbonat sangat ditentukan oleh pengontrolnya. Menurut Taharu *et al.* (2006), komponen pengontrol perkembangan topografi karst dan pembentukan tanah pada batu gamping sangat ditentukan oleh curah hujan, suhu, relief, tekanan CO_2 , stratigrafi batuan, ketebalan

batuan yang terlarut dan vegetasi. Berikut akan disajikan faktor-faktor pembentuk tanah pada kawasan Karst yang meliputi bahan induk, organisme, topografi, iklim, dan waktu

a. Bahan Induk

Bahan induk merupakan keadaan tanah pada waktu nol (*time zero*) dari proses pembentukan tanah. Pembentukan tanah pada kawasan karst dipengaruhi oleh bahan induk batu gamping. Awal pembentukan kawasan karst seperti di Desa Sitarjo, terjadi ketika batu gamping melapuk karena beberapa pengontrolnya menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan tak terkonsolidasi. Pelapukan batu gamping melalui dua cara pelapukan, yaitu secara kimia dan fisika. Pelapukan kimia pada batu gamping terjadi secara menyeluruh dibandingkan dengan pelapukan pada aluminosilikat yang bersifat tidak menyeluruh. Batu gamping akan larut dan menghasilkan ion kalsium dan bikarbonat yang keduanya larut dalam air sehingga peka terhadap pencucian, sedangkan alumino silikat menghasilkan kation-kation larut air dan mineral liat yang tidak larut.

b. Organisme

Pengaruh organisme dalam pembentukan tanah memiliki peran yang besar. Kawasan karst yang didominasi oleh pelarutan karbonat menyebabkan kondisi tanahnya alkalis. Organisme dan vegetasi yang hidup pada kawasan karst yang alkalis beradaptasi dengan kondisi tersebut. Vegetasi yang hidup diatas batuan gamping akan melapukkan menjadi bahan yang tak terkonsolidasi dengan kandungan unsur yang cenderung alkalis.

c. Topografi (Relief)

Relief adalah perbedaan tinggi atau bentuk wilayah suatu daerah, masuk didalamnya adalah perbedaan kecuraman dan bentuk lereng (Hardjowigeno, 1993). Pengaruh relief terhadap perkembangan tanah sangat besar. Namun, relief sebagaimana elevasi atau tidak sama dari permukaan lahan dipertimbangkan secara bersama, dan topografi ditunjukkan pada peta topografi. Sehingga, dalam penelitian ini lereng akan digunakan untuk membatasi pengertian dalam menjelaskan tentang sudut antara bagian-bagian permukaan bumi dengan data horizontal.

d. Iklim

Iklim pada suatu kawasan memberikan fakta yang berbeda di lapangan bahwa iklim sebagai faktor pembentukan tanah memberikan dampak dalam wilayah yang relatif lebih sempit. Namun, besarnya pengaruh iklim sebagai faktor pembentuk tanah dapat dilihat dengan baik dengan membuat perbandingan pada jangkauan wilayah yang lebih luas (Buoll, 1973 dalam Hidayat; 2010). Faktor iklim yang biasanya dihubungkan dengan perkembangan tanah adalah curah hujan dan suhu (Hardjowigeno, 1993). Proses pelapukan dan pencucian daerah tropika berjalan cepat sehingga tanah di Indonesia mengalami pelapukan lebih lanjut, rendah kadar unsur hara dan bereaksi masam. Namun, kawasan karst di Desa Sitiarjo, memiliki iklim yang relatif kering dengan tingkat curah hujan rendah dan suhu yang tinggi memberikan pengaruh yang besar terhadap proses pembentukan tanah di kawasan tersebut. Proses pelapukan berjalan intensif tetapi pencucian tidak intensif sehingga tanahnya memiliki kadar basa yang tinggi.

e. Waktu

Pembentukan tanah dimulai pada saat tanah dalam keadaan nol (bahan induk) dan faktor pembentuk tanah lain tersedia dan terdapat siklus didalamnya. Menurut Hardjowigeno (2003), tanah merupakan benda alam yang terus menerus berubah akibat pelapukan dan pencucian yang terus menerus maka tanah-tanah yang semakin tua semakin kurus. Pembentukan dan perkembangan tanah tidak akan berhenti karena waktu yang terus berjalan. Mineral pada batuan karbonat tergolong mineral mudah melapuk karena kandungan kuarsa yang lebih sedikit. Waktu yang bersifat kontinyu dan sebagai faktor pembentuk tanah melapukkan mineral dan batuan karbonat menjadi tanah dengan karakteristik yang hampir sama. Karena proses pembentukan tanah yang terus berjalan, maka bahan induk tanah berubah berturut-turut menjadi: tanah muda, tanah dewasa, dan tanah tua (Hardjowigeno, 2003).

2.3.2 Perkembangan Tanah di Daerah Karst

Tanah merupakan hasil dari interaksi kompleks dari proses kimia dan fisika yang mana dipengaruhi oleh iklim dan interaksi geomorfik terjadi dalam waktu

tertentu. Tanah yang berkembang dari bahan induk batuan karbonat sangat ditentukan oleh faktor pembentuk tanahnya. Pelapukan batuan karbonat melalui beberapa mekanisme, yaitu secara fisika, kimia, dan biologi mekanis. Pelapukan batuan karbonat akan menghasilkan beberapa keluaran yang menjadi unsur-unsur bagi perkembangan tanah. Batuan karbonat yang larut akan menghasilkan ion kalsium dan ion bikarbonat yang mudah larut sehingga peka terhadap pencucian, sedangkan aluminosilikat menghasilkan kation-kation larut, air dan mineral liat yang tidak larut. (Mulyanto, 2007) menyajikan reaksi pelapukan sebagai berikut:



Hasil dari reaksi tersebut akan berada di dalam tanah. Beberapa unsur akan tercuci atau tetap berada dalam tanah. Proses pedogenesis akan tetap berjalan meskipun bahan induk dan faktor pembentuk tanah lainnya diikuti dengan horizonisasi, pelapukan mineral primer dan terbentuknya mineral sekunder (Hardjowigeno, 1993). Mineral-mineral liat yang tertinggal merupakan mineral sekunder dalam tanah dengan bentuk struktur yang berlapis-lapis. Parameter tingkat perkembangan tanah dilihat dari beberapa sifat dalam tanah, seperti sifat fisika, kimia dan biologi (Mulyanto, 2007).

2.3.3 Tanah-Tanah di Daerah Karst

Tanah di daerah karst memiliki karakteristik yang sangat beragam kemungkinan tanah yang akan ditemukan di daerah karst dengan tingkat ordo Inceptisol, Mollisol, Alfisol dikarenakan di daerah karst kebanyakan kejenuhan basa lebih dari 50% dengan tekstur lempung, lempung berliat sampai liat dan memiliki warna 10 YR 3/2 sampai 8/1 tanah-tanah di daerah karst banyak ditemukan epipedon mollik dan okrik dan endopedon kambik dan argilik (Hidayat, 2010)

2.4 Penggunaan lahan atau vegetasi pada kawasan karst

Jenis penggunaan lahan di daerah karst antara lain; sawah, tegalan, hutan produksi kebanyakan petani di daerah karst menanam jenis tanaman musiman seperti; jagung, padi, legume (kacang-kacangan) sedangkan untuk hutan produksi yang ditanam tanaman tahunan seperti jati, sengon.

Petani menanam tanaman musiman agar dapat mencukupi kebutuhan ekonominya dan petani juga mengetahui jika di daerah karst atau daerah berkapur memiliki solum yang sangat dangkal dan tanaman tahunan berfungsi sebagai penahan erosi karena daerah topografi bagian atas sudah rusak akibat penambangan kapur yang nantinya sebagai utama untuk pembuatan semen (Ulfiyah, *et al.* 2006).

