

## Ragam Konteks Skala Dalam Perspektif Kajian Sumberdaya Lahan

### *Variety of Contexts Scale in the Perspective of Land Resource Studies*

Destika Cahyana<sup>1,2)\*</sup>, Baba Barus<sup>2)</sup>, Darmawan<sup>2)</sup>, Budi Mulyanto<sup>2)</sup>, Yiyi Sulaeman<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian

<sup>2)</sup> Departemen Manajemen Sumberdaya Lahan, Institut Pertanian Bogor

\*E-mail: destika\_cahyana@yahoo.com

Diterima 19 Maret 2020, Direview 27 Maret 2020, Disetujui dimuat 30 April 2020, Direview oleh Mamat H.S. dan Anny Mulyani

**Abstrak.** Kini isu 'skala' menjadi penting kembali dibahas oleh komunitas sumberdaya lahan. Awalnya sumberdaya lahan terbatas dikaji oleh disiplin ilmu tanah, ilmu geografi, dan ilmu kartografi, tetapi sekarang berkembang dikaji oleh disiplin ilmu lingkungan, ilmu iklim, ilmu statistik, serta ilmu teknologi dan informasi. Kajian sumberdaya lahan yang awalnya untuk kepentingan ilmu pertanian kini menghadapi problem yang lebih luas seperti perubahan iklim, krisis energi, keanekaragaman hayati, keseimbangan ekosistem, hingga perkembangan kota. Pada era ini perjumpaan ilmu tanah dengan disiplin ilmu lain tidak dapat dihindarkan karena telah menjadi keniscayaan untuk melayani kepentingan umat manusia yang lebih luas. Berkaitan dengan itu istilah 'skala' yang digunakan pada disiplin ilmu tanah, ilmu geografi, dan ilmu kartografi seringkali membingungkan ketika berjumpa dengan istilah 'skala' pada kajian sumberdaya lahan kontemporer. Skala dapat dipahami dalam beragam konteks: 1) skala informasi pada peta, 2) skala level pada berbagai proses, dan 3) skala pada angka pengukuran. Tiga konteks skala tersebut belum termasuk skala pada dimensi lain yaitu skala waktu yang tidak akan dibahas pada artikel ini.

*Kata Kunci: Iklim / informasi / pedometrik / skala / statistik*

**Abstract.** At present the issue of 'scale' becomes important to be rediscussed by scientists in land resources community. Initially, land resources were only studied by the limited disciplines, such as soil science, geography, and cartography, but now it is studied by the disciplines of environmental science, climate science, statistics, and technology and information science. At the beginning, the study of land resources was to support agricultural science, but at the present the study is to address broader problems such as climate change, energy crises, biodiversity, ecosystem balance, and urban development. In this era, the encounter of soil science with other scientific disciplines is inevitable because it has become a necessity to serve the broader of humanity interest. Related to that issue, the term of 'scale' used in the disciplines of soil, geography and cartography is often confusing when meeting to other different disciplines. There are at least 3 different contexts that use the term 'scale' in contemporary land resource studies i.e.: 1) scale of information on maps, 2) scale of levels in various processes, and 3) scale of measurement numbers. These three contexts of scale are not included scale of time another dimensions that will not be discussed in this article.

*Keywords: Climate / information / pedometrics / scale / statistics*

## PENDAHULUAN

Istilah skala atau *scale* memiliki banyak makna sehingga sejak lama konsep skala sering membingungkan (McBratney *et al.* 2018; Zink *et al.* 2016) Pada kamus populer 'Oxford' terdapat paling tidak 5 makna skala tergantung konteks dan kajian. Pada ilmu-ilmu alam, skala dapat diartikan suatu ukuran atau luasan tertentu; rentang pada berbagai tingkatan; dan perbandingan ukuran model dengan ukuran sebenarnya. Pada bidang musik skala merupakan interval nada seperti nada C mayor. Pada bidang biologi hewan, skala juga dapat berarti sisik

ikan dan sayap pada serangga tertentu (Oxford 2002, 2009).

Dalam Kamus Bahasa Indonesia (KBI) skala dapat bermakna garis atau titik tanda yang berderet-deret dan sebagainya yang sama jarak diantaranya. Biasanya dipakai untuk mengukur seperti pada thermometer dan pada gelas pengukur barang cair, lajur yang dipakai untuk menentukan tingkatan atau banyaknya sesuatu, dan perbandingan ukuran besarnya gambar dan sebagainya dengan keadaan yang sebenarnya (Sugono *et al.* 2008).

Isu skala menjadi penting kembali dibahas oleh komunitas sumberdaya lahan karena kajian lintas

disiplin semakin dibutuhkan (McBratney *et al.* 2018). Awalnya sumberdaya lahan terbatas dikaji oleh disiplin ilmu tanah, ilmu geografi, dan ilmu kartografi. Saat ini sumberdaya lahan juga dikaji oleh disiplin ilmu lingkungan, ilmu iklim, ilmu statistik, serta ilmu teknologi dan informasi. Ilmu tanah, misalnya, yang semula merupakan bagian dari kajian sumberdaya lahan yang hanya terfokus untuk kepentingan ilmu pertanian, kini melayani isu yang lebih luas seperti perubahan iklim, krisis air, krisis energi, keanekaragaman hayati, keseimbangan ekosistem, hingga perkembangan kota (Hartemink dan McBratney 2008; McBratney *et al.* 2014).

Dalam perspektif global kehidupan manusia bergantung pada kualitas tanah, sebaliknya kualitas tanah sangat dipengaruhi kehidupan manusia. Ilmu tanah melayani kebutuhan untuk produksi makanan hingga pengelolaan limbah termasuk mempertahankan sumberdaya alam. Dengan demikian pada era ini perjumpaan ilmu tanah dengan disiplin ilmu lain tidak dapat dihindarkan karena telah menjadi keniscayaan untuk melayani kepentingan umat manusia yang lebih luas (Sarkar *et al.* 2016).

Berkaitan dengan itu istilah skala yang digunakan pada disiplin ilmu tanah, ilmu geografi, dan ilmu kartografi seringkali membingungkan ketika berjumpa dengan disiplin ilmu lain yang berbeda. Paling tidak terdapat 3 konteks berbeda yang menggunakan istilah skala pada kajian sumberdaya lahan kontemporer. Skala dapat dipahami dalam beragam konteks: 1) skala informasi pada peta, 2) skala level analisis pada berbagai proses, dan 3) skala pada angka pengukuran (McBratney *et al.* 2018; Neuman 2014; Wagenet 1998). Di samping ketiga konteks skala tersebut ada juga skala waktu (Wagenet 1998; Zinck *et al.* 2016) yang tidak akan dibahas pada artikel ini karena termasuk dimensi yang berbeda.

Konteks pertama, skala pada peta, merupakan yang paling umum dikenal dalam ilmu tanah (McBratney *et al.* 2018). Namun, konteks kedua yang merujuk pada level proses kajian kurang populer dalam ilmu tanah meskipun pernah dibahas dengan baik oleh R.J. Wagenet dari Departemen Ilmu Tanah, Ilmu Tanaman dan Atmosfer, Universitas Cornell, Amerika, pada 1998 (Wagenet 1998). Wagenet menjelaskan skala dengan menggunakan teori hirarki Holon (Koestler 1989) pada sistem tanah dalam bentuk piramida terbalik. Demikian pula, pada konteks terakhir, istilah skala dapat merujuk pada skala pengukuran.

Perbedaan pengertian skala dalam kajian sumberdaya lahan tersebut belum banyak dibahas pada sebuah artikel yang utuh tetapi ringkas. Artikel ini mencoba mereview pengertian skala serta penjelasan ringkas skala beserta contohnya dalam berbagai konteks dan disiplin keilmuan. Tujuannya untuk memudahkan para praktisi dari berbagai disiplin ilmu yang berbeda dalam memahami konteks skala pada kajian sumberdaya lahan yang dapat dimengerti bersama.

## PENGERTIAN SKALA

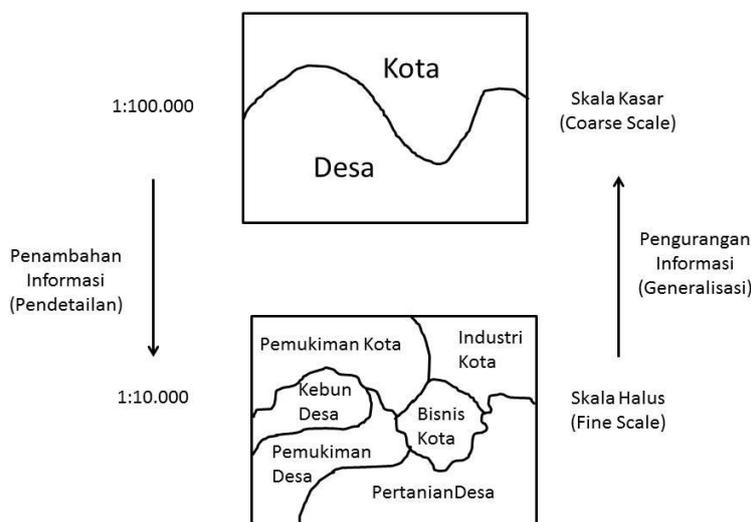
### Skala: Level Informasi Peta

Istilah skala banyak digunakan dalam ilmu tanah sejak dulu terutama dalam konteks pemetaan atau kartografi (McBratney *et al.* 2018). Pengertian paling sederhana pada disiplin ilmu tanah, terminologi skala merujuk pada skala peta yang menjelaskan perbandingan jarak pada peta dengan jarak sesungguhnya di lapangan. Gambaran sederhananya peta skala 1:10.000 menunjukkan jarak 1 cm pada peta menunjukkan jarak sesungguhnya, 10.000 cm setara 100 m, di lapangan. Angka 1:10.000 juga dapat dimaknai 1 unit satuan ukuran (misal, mm; dm; dan cm) di peta, mewakili 10.000 unit satuan ukuran yang sama di lapangan.

Pada pengertian yang lebih khusus, skala juga bermakna tingkat keterbacaan objek (*object readability*) pada peta dan tingkat kedetilan informasi (*level of detail information*) yang disampaikan peta untuk penggunaannya. Dengan demikian, peta skala besar (1:10.000) menyajikan informasi yang relatif lebih rinci, dibandingkan peta skala kecil (100.000) (McBratney *et al.* 2018).

Pada kartografi memang luasan area yang sama dapat dipetakan pada skala yang berbeda. Lahan berukuran 10 km × 10 km yang setara dengan 100 km<sup>2</sup> atau 10.000 ha akan digambarkan pada peta skala 1:10.000 dengan ukuran 1 m × 1 m setara 1 m<sup>2</sup>. Namun, pada peta skala 1: 100.000, area tersebut hanya dapat digambarkan dengan ukuran 0,1 m × 0,1 m (Li *et al.* 2005). Pengurangan ukuran tersebut menyebabkan level kedetilan informasi yang dapat diwakili pada ukuran 1 m x 1 m (skala besar), tidak dapat diwakili pada ukuran yang hanya 0,1 m x 0,1 m (skala kecil).

Dengan kata lain area yang sama memiliki level informasi yang berbeda ketika ditampilkan pada skala berbeda. Pada konteks itu dalam kartografi dikenal



Gambar 1. Perbandingan visual peta skala kasar dan skala halus serta perbedaan kedalaman informasi keduanya

Figure 1. The comparison of visual and the detail information level of coarse and fine scale maps

istilah multi skala yang merujuk pada sebuah area yang sama, kemudian digambarkan pada beberapa tingkat skala. Dalam kartografi dikenal juga sebuah metode untuk memproduksi peta kecil dari skala besar melalui proses penyederhanaan atau generalisasi. Proses tersebut kemudian sering juga dikenal sebagai agregasi (Li *et al.* 2005). Proses sebaliknya, yaitu membuat peta skala besar dari skala kecil disebut pendetailan atau disagregasi. Pada kartografi konvensional, proses disagregasi hanya dapat dilakukan dengan menambah kerapatan titik pengamatan sehingga informasi yang ditampilkan lebih rinci.

Kembali pada istilah skala besar dan skala kecil memang sering membingungkan pengguna awam di luar disiplin ilmu kartografi. Istilah peta skala besar (misal 1:10.000) dan peta skala kecil (misal 1:100.000) membingungkan karena angka yang lebih kecil (10.000) menunjukkan informasi peta yang lebih besar dibandingkan informasi pada peta dengan angka yang lebih besar (100.000).

Pada ilmu kartografi konvensional terdapat 2 cara termudah untuk menjelaskan istilah besar dan kecil tersebut. *Pertama*, dengan menggunakan operasi matematika. Peta skala 1:10.000 disebut peta skala lebih besar karena 1 dibagi 10.000 adalah 0,0001. Sebaliknya peta skala 1:100.000 disebut peta skala lebih kecil karena 1 dibagi 100.000 adalah 0,00001. Tentu lebih mudah memahami bahwa 0,0001 lebih besar dari 0,00001.

*Kedua*, menggunakan istilah skala halus (*fine scale*) dan skala kasar (*coarse scale*) seperti yang ditawarkan oleh (McBratney *et al.* 2018). Peta skala halus (*fine scale*) sepadan dengan peta skala besar yang

merujuk pada kerapatan data pengamatan yang rapat atau halus sehingga informasi yang tersedia lebih rinci. Berikutnya istilah peta skala kasar (*coarse scale*) sepadan dengan peta skala kecil yang merujuk pada kerapatan data pengamatan yang lebih lebar atau kasar. Istilah halus dan kasar lebih memudahkan untuk membayangkan peta 1:10.000 merupakan peta dengan skala halus yang memiliki informasi lebih rinci dibanding peta 1:100.000 yang merupakan peta skala kasar dengan informasi yang kurang rinci.

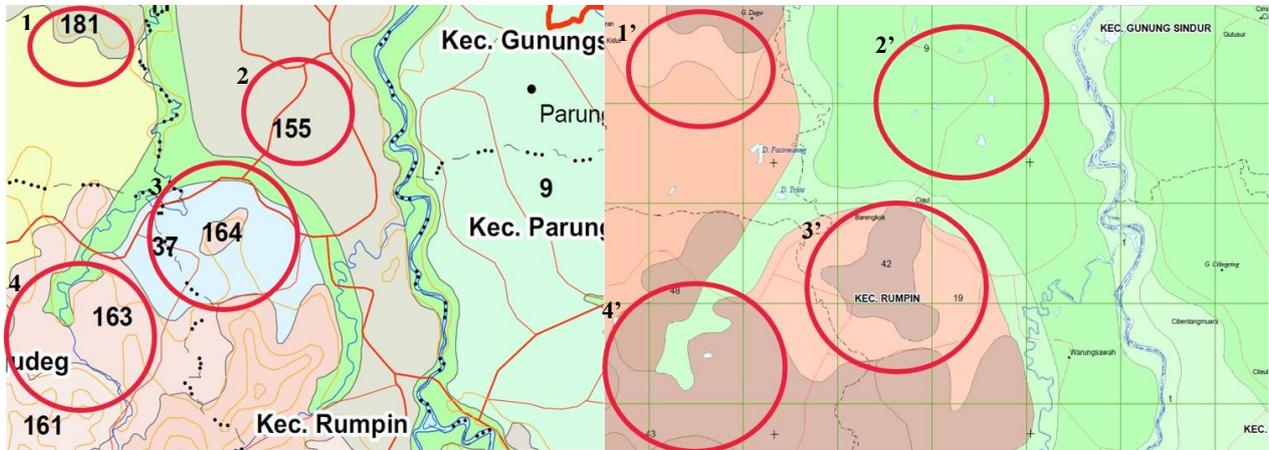
Pada konteks peta tanah yang dihasilkan oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP) Bogor, peta tanah dibedakan berdasarkan skala survei pada proses pembuatan menjadi : survei tanah bagan (skala  $\leq 1:2.500.000$ ), survei tanah eskplorasi (skala 1:1000.000 – 2.500.000 ), survei tanah tinjau (skala 1:100.000 – 500.000), survei tanah tinjau mendalam (1:50.000 – 100.000), survei tanah semi detail (skala 1:25.000 - 50.000), survei tanah detail, skala 1: 5.000 - 10.000 (Sukarman dan Ritung 2013). Setiap level survei tanah tersebut mempunyai tata tertib atau tata cara pelaksanaan survei yang berbeda, karena produk peta tanah yang dihasilkan pun berbeda. Semakin besar skala petanya maka data dan informasi yang disajikan semakin rinci dan detail (Wahyunto *et al.* 2016). Kedalaman informasi pada setiap skala juga menunjukkan kegunaan peta tersebut.

Di BBSDLP peta tanah tinjau skala (1:250.000) digunakan dan disajikan pada level provinsi, sementara peta tanah semi detail (1:50.000) yang lebih besar digunakan dan disajikan pada level kabupaten/kota. Gambar 2 di bawah ini menunjukkan perbedaan tampilan peta tanah pada kedua skala tersebut. Peta

tanah 1:250.000 berbasis provinsi dan peta tanah skala 1:50.000 berbasis kabupaten/kota.

Pada perkembangannya ketika teknologi penginderaan jauh digunakan untuk membantu identifikasi dan deliniasi pemetaan tanah digital, skala peta tanah juga dihubungkan dengan resolusi citra satelit yang menjadi sumber data untuk pembuatan

peta. Dalam pembuatan peta tanah semi detail (skala 1:50.000) umumnya digunakan citra satelit resolusi tinggi, sedangkan dalam pembuatan peta tanah tinjau (skala 1:250.000) digunakan citra satelit resolusi menengah (Mulder *et al.* 2011). Tabel 3 menampilkan kesetaraan antara skala peta dengan resolusi citra.



Gambar 2. Perbedaan peta tanah BBSDLP skala 1:250.000 (perbesaran 400%, kiri) dan peta tanah skala 1:50.000 (perbesaran 100%, kanan)

Figure 2. The visual differences between soil map scale 1: 250,000 (zoom 400%, left) and 1: 50,000 (zoom 100%, right) produced by BBSDLP

Tabel 1. Contoh legenda peta tanah

Table 1. Sample of soil map legend

Contoh Legenda Peta Tanah 1:250.000							
No. SPT	Klasifikasi Tanah (USDA 2010)	Proporsi	Landform	Bentuk Wilayah	Bahan Induk	Luas (ha)	%
155	<i>Typic Hapludults</i>	D	Dataran vulkan tua	Berombak (3-8%)	Andesit Basalt	21.883	0,58
	<i>Typic Dystrudepts</i>	F					
Contoh Legenda Peta Tanah 1:50.000							
No. SPT	Klasifikasi Tanah Nasional (2016) dan USDA (2014)	Proporsi	Landform	Bentuk Wilayah	Bahan Induk	Luas (ha)	%
9	Kambisol Distrik, dalam, drainase baik, tekstur halus, agak masam, KTK rendah, KB sedang ( <i>Andic Dystrudepts</i> )	D	Dataran tektonik bergelombang	Bergelombang (8-15%)	Tuf batu pasir	5.189	1,73
	Gleisol Distrik, sangat dalam, drainase terhambat, tekstur halus, masam, KTK sedang, dan KB rendah ( <i>Typic Hapludults</i> )	F					
	Podsolik Haplik, dalam, drainase baik, tekstur agak halus, masam, KTK sedang, KB rendah ( <i>Typic Hapludults</i> )	T					

Sumber: BBSDLP, modifikasi dari Wahyunto *et al.* (2016)

Tabel 2. Perbedaan kedalaman informasi pada legenda peta tanah 1:250.000 (2014) dan legenda peta tanah 1:50.000 (2016)

Table 2. The difference of depth information on the soil map legend 1: 250,000 (2014) and the soil map legend 1: 50,000 (2016)

Komponen	Skala	
	1:250.000	1:50.000
Level	Tinjau	Semi Detail
Area	Perencanaan Provinsi	Perencanaan Kabupaten
Nama Tanah	Sub grup (USDA)	Macam tanah (Nasional) Sub grup (USDA) sebagai padanan
Sifat Tanah	-	Kedalaman efektif, drainase, tekstur, kemasaman, kapasitas kukar kation, kejenuhan basa
Proporsi	✓	✓
Landform	✓	✓
Bentuk Wilayah	✓	✓
Bahan induk	✓	✓
Luas	Pada luas yang sama informasi lebih umum (misal: landform dan SPT)	Pada luas yang sama informasi lebih detail (misal: landform dan SPT)
Lekukan poligon (vertek)	Kurang detail/mulus	Lebih detail berlekuk
Jumlah poligon pada satu area	Lebih sedikit	Lebih banyak

Keterangan: ✓ = data tersedia

Tabel 3. Kesetaraan kedalaman informasi pada skala peta dengan resolusi citra penginderaan jauh

Table 3. The equality of information from different of scale map and resolution of citra image

Skala	1:1.000-1:5.000	1:5.000-1:20.000	1:20.000-1:100.000	1:100.000-1:250.000	1: 1-2M
Resoulusi	< 5 m	5-10 m	25-50 m	100-250 m	>250 m

### Skala: Level Kajian Proses

Istilah skala juga merujuk pada level kajian sebuah proses seperti yang dikaji pada ilmu geografi dan iklim (Phillips 1988; Steyn *et al.* 1981; Meentemeyer 1989). Pada sistem tanah terjadi proses-proses pada berbagai level skala. Skala terkecil adalah pada level atom atau ion, diikuti level kristal atau molekul, lalu semakin meningkat berturut-turut pada level horison (mikro agregat, meso agregat, dan makro agregat), level profil atau pedon, dan level asosiasi.

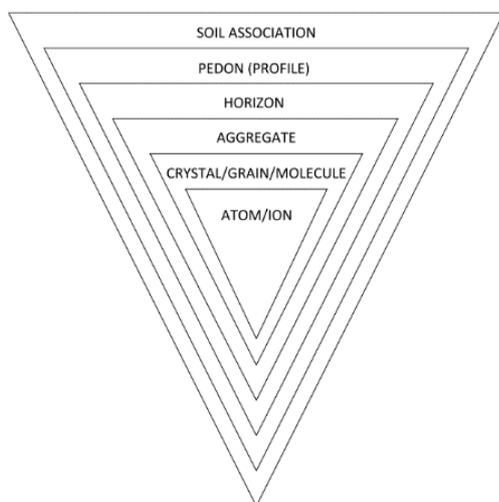
Pada konteks ini, secara sederhana, istilah skala kecil sepadan dengan skala sempit, sementara skala besar sepadan dengan skala luas karena menyangkut area kajian. Contoh lain perbedaan level kajian seperti pada kajian monitoring vegetasi pada skala laboratorium, skala lapangan, maupun skala lanskap yang meliputi komponen ekologi setempat (Lausch *et al.* 2013) sehingga metode dan parameter yang digunakan untuk monitoring berbeda tergantung pada skala kajian yang dilakukan.

Berbagai level skala di atas disebut juga *holarchy of soil system* sehingga level skala di atas disebut *hierarcy holon* atau hirarki holon. Pada konteks ini, semakin sempit area kajian, maka skala semakin kecil. Sebaliknya, semakin luas area kajian, maka skala semakin besar. Pengertian skala pada level proses benar-benar berbeda dengan pengertian skala pada kartografi yang juga merupakan salah satu cabang dari ilmu tanah. Namun demikian, level kajian proses tersebut tanpa disadari juga digunakan dalam kajian-kajian ilmu tanah.

Belakangan, ketika disiplin ilmu lain seperti klimatologi dan statistik juga digunakan pada kajian sumberdaya lahan, beberapa pengertian skala yang mirip maupun berbeda dengan yang telah dibahas di atas dapat dijumpai. Pada kajian klimatologi dikenal skala mikro (*micro scale*) untuk kajian wilayah iklim dengan area sempit, skala meso (*meso scale*) untuk kajian wilayah iklim dengan area menengah, dan skala makro (*macro scale*) untuk kajian wilayah iklim dengan area luas (Steyn *et al.* 1981). Pengertian skala pada

kajian iklim dapat dianggap sebagai kelanjutan dari hirarki pada teori hirarki holon yang dibahas sebelumnya.

Kajian tanah sebagai tubuh alam dapat didekati dari struktur, sebaran geografi spasial, serta genesis. Kajian struktur material tanah bersifat multi skala dengan sifat dan karakter khusus yang prosesnya berbeda pada setiap level skala. Urutan level skala proses yang disebut *holarchy of soil system* dapat digambarkan di bawah ini.



Gambar 3. Holarchy sistem tanah (Haigh 1987)

Figure 3. Holarchy of soil system (Haigh 1987)

Sebutan *holarchy* berasal dari *hierarcy holon* atau hirarki holon. Hirarki bermakna urutan, tingkatan, atau jenjang. Sementara holon berasal dari Bahasa Latin, *holos* yang artinya *whole* atau keseluruhan. Berikutnya *on* mengikuti pola *on* pada *proton*, *neutron*, dan *electron* yang bermakna *part* atau bagian. Teori holon menjelaskan bahwa setiap unit di alam semesta merupakan satuan unit yang stabil dan lengkap yang terdiri dari sub-sub unit, tetapi juga sekaligus berperan sebagai bagian (subsistem) dari sistem yang lebih besar, demikian seterusnya (Koestler 1989).

Holon dimaknai sebagai dualisme antara keseluruhan dan bagian pada setiap unit alam semesta. Hirarki holon berarti urutan level setiap unit termasuk level proses dan faktor-faktor yang mengendalikan proses pada setiap unit. Pada *holarchy of soil system* terlihat bahwa proses-proses yang terjadi dalam sistem tanah terdiri dari level-level subsistem yang berturut-turut dari skala terendah yaitu level atom atau ion; level kristal, butir, atau molekul; level agregat; level horison;

level pedon, dan level asosiasi tanah. Pada setiap level, unit pengamatan dan pengukuran berbeda-beda sehingga dikenal pula dimensi ukuran unit tanah seperti level nano, mikro, meso, makro dan mega seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. Hirarki level pada sistem tanah.

Table 4. Hierarchic levels of the soil system

Level	Unit	Konsep	Karakteristik tanah
Nano	Nm- µm	Partikel	Reaksi dasar tanah
Micro	µm- mm	Agregat	Struktur mikro morfologi
Meso	mm- cm- dm	Horison	Perubahan material tanah
Macro	M	Pedon	Volume tanah untuk deskripsi dan sampel
Mega	m-km	Polipedon	Klasifikasi dan pemetaan tanah pada lanskap.

Sumber: Zinck *et al.* 2016

Faktor yang mengendalikan proses atau kualitas pada setiap unit dalam *holarchy of soil system* berbeda seperti digambarkan pada tabel di bawah ini. Contoh sederhana adalah faktor yang mengendalikan kelembaban pada setiap level skala berbeda. Pada skala terendah, agregat, maka faktor yang mengendalikan kelembaban adalah ukuran pori dan lapisan film organik.

Tabel 5. Faktor yang mengendalikan kelembaban dalam berbagai tingkat skala

Table 5. Factors controlling moisture at different scales

Skala	Faktor pengendali
Agregat	Ukuran pori, lapisan film organik.
Lapangan	Curah hujan, tekstur tanah, kandungan bahan organik.
Lanskap	Tekstur tanah, penggunaan lahan
Regional	Geomorfologi, penggunaan lahan
Global	Tipe bioma (ekosistem), iklim

Sumber: Wagenet (1998)

Pada level yang lebih tinggi di lapangan, misal polipedon, maka faktor yang mengendalikan adalah curah hujan, tekstur tanah, dan kadar bahan organik. Berikutnya pada level yang lebih tinggi, lanskap, maka faktor yang mengendalikan kelembaban berupa tekstur tanah dan tipe penggunaan lahan. Pada level regional maka faktor geomorfologi dan penggunaan lahan yang menentukan. Terakhir pada level global,

maka faktor biomassa dan iklim global yang menentukan kelembaban.

### **Skala: Level Angka Pengukuran**

Berikutnya pada kajian ilmu tanah berkembang pula cabang ilmu yang disebut pedometrik yang merupakan penerapan ilmu statistik dalam kajian ilmu tanah (pedologi). Pada kajian pedometrik istilah skala dapat berbeda sama sekali dengan yang telah diterangkan di atas. Skala pada pedometrik dapat bermakna level skala angka pengukuran. Angka pengukuran tersebut digunakan untuk menjelaskan deskripsi suatu sifat dan karakter tanah tertentu.

Skala yang dimaksud pada pedometrik sama dengan skala data pada statistik umum dan statistik sosial, yaitu merupakan perbandingan antar kategori yang masing-masing kategori dapat diberi bobot nilai yang berbeda. Dalam statistika, secara umum terdapat 4 jenis skala yakni skala nominal, ordinal, interval, dan rasio (Neuman 2014).

Konsep empat skala pengukuran itu dipublikasikan pertama kali dalam kajian kuantitatif atau statistik ilmu sosial oleh (Stevens 1946) dalam *Journal Science*, kemudian juga digunakan pada kajian geografi yang seringkali di beberapa universitas termasuk dalam rumpun ilmu sosial. Berikutnya konsep tersebut diterapkan juga pada kartografi yang merupakan bagian dari geografi terutama terkait level pengukuran untuk atribut geografis (Chrisman 1998).

*Pertama*, skala nominal merupakan skala yang hanya membedakan kategori berdasarkan jenis atau macamnya. Skala ini tidak membedakan kategori berdasarkan urutan atau tingkatan. Misalnya jenis kelamin terbagi menjadi laki-laki dan perempuan.

*Kedua*, skala ordinal yang merupakan skala yang membedakan kategori berdasarkan tingkat atau urutan. Misalnya, membagi tinggi badan sampel ke dalam 3 kategori: tinggi, sedang, dan pendek.

*Ketiga*, skala interval yang merupakan skala yang membedakan kategori dengan selang atau jarak tertentu dengan jarak antar kategorinya sama. Skala interval tidak memiliki nilai nol mutlak. Misalnya, membagi tinggi badan sampel ke dalam 4 interval yaitu: 150-159, 160-169, dan 170-179.

*Keempat*, skala rasio yang merupakan penggabungan dari ketiga sifat skala sebelumnya. Skala rasio memiliki nilai nol mutlak sehingga datanya dapat

dikalikan atau dibagi. Namun demikian, jarak antar kategorinya tidak sama karena bukan dibuat dalam rentang interval. Misalnya, tinggi badan sampel terdiri dari 143, 145, 153, 156, 175, 168, 173, 164, 165, 152. Skala yang lebih tinggi (rasio dan interval) dapat diubah ke skala yang lebih rendah (nominal dan ordinal), tetapi tidak berlaku sebaliknya.

Pada pedometrik, ilmuwan tanah umumnya hanya dapat mengukur dan mendeskripsikan tanah pada beberapa titik di setiap lokasi pada suatu lanskap. Ilmuwan memiliki cara mendeskripsikan dan mengukur sifat tanah. Pada pengamatan di lapangan ilmuwan dapat mendeteksi kehadiran bercak pada lapisan tanah. Berikutnya ilmuwan membawa contoh tanah untuk analisis di laboratorium dengan skala pengukuran tertentu. Misalnya diukur sebagai angka seperti kandungan liat maupun diukur secara kategoris seperti kelas tekstur.

Beragam sifat tanah tersebut diukur dengan skala kuantitatif yang berbeda: nominal, ordinal, interval, dan rasio. Dua yang pertama yaitu nominal dan ordinal cocok digunakan untuk variabel acak diskrit. Sementara interval dan rasio cocok digunakan untuk variabel acak kontinu. Kedua istilah itu juga identik dengan variabel kategorikal dan numerik. Informasi sifat tanah yang diperoleh dari pengukuran, tergantung dari skala pengukuran yang digunakan karena menentukan seberapa banyak informasi terukur yang dapat diberikan pada skala pengukuran yang digunakan.

Tentu ada beberapa kesalahan pengukuran pada setiap pengukuran yang menentukan 'jumlah informasi' yang dapat diperoleh. Faktor lain yang menentukan jumlah informasi yang dapat disediakan oleh suatu variabel adalah 'jenis skala pengukuran' yang dipilih untuk menjelaskan sifat atau karakter tanah. Berikut keterangan lebih rinci dari empat level pengukuran tersebut.

#### *Variabel Nominal*

Variabel nominal hanya memungkinkan pengukuran secara kualitatif. Sifat tanah digolongkan pada kategori yang berbeda, tetapi tidak dapat dibuat peringkat pada setiap kategori tersebut. Contohnya sifat tanah berupa warna, plastisitas, tekstur, maupun struktur tanah. Pengukuran yang menggunakan variabel merupakan skala paling sederhana yang merujuk pada penggolongan sifat yang berbeda.

*Variabel Ordinal*

Variabel ordinal memungkinkan mengurutkan sifat yang diukur untuk menunjukkan jumlah kualitas yang diwakili oleh variabel. Contohnya sifat tanah berupa ukuran ped berupa kecil, sedang atau besar. Ped sedang lebih besar dari ped kecil, tetapi tidak dapat dikatakan ped sedang 20% lebih besar. Dengan demikian dapat dikatakan pengukuran nominal memberi informasi lebih sedikit dari pengukuran ordinal.

*Variabel Interval*

Pada skala pengukuran interval, setiap satu unit skala mewakili ukuran yang setara pada seluruh rentang skala. Misalnya, suhu dalam Celsius diukur pada skala interval dan kemudian perbedaan antara 10 °C dan 11°C mewakili perbedaan suhu yang setara seperti perbedaan antara suhu 40 °C dan 41 °C. Namun, skala interval pada suhu tidak memiliki titik nol ‘benar’ sehingga tidak mungkin membuat pernyataan bahwa 40 °C adalah 4 x lebih panas dari 10 °C. Contoh lain dari sifat tanah dengan skala interval adalah pH.

*Variabel Rasio*

Pada variabel skala rasio, nilai-nilai interval tetap serta memiliki nol absolut. Sebagai contoh, suhu tanah 303 K adalah 303/273 kali suhu tanah 273 K. Hal ini berbeda dengan suhu 30°C dan suhu 0°C. Secara statistik, umumnya variabel dengan skala interval dan skala rasio diperlakukan dengan cara sama. Sebagian sifat tanah yang diukur di laboratorium dan di lapangan diukur dengan skala rasio.

Penting untuk mengenali hierarki yang tersirat pada level skala pengukuran. Pada level pengukuran lebih rendah, asumsi cenderung kurang ketat, demikian pula analisis data cenderung kurang sensitif. Umumnya level yang berada di atas mencakup semua kualitas level yang ada di bawahnya dengan menambahkan sesuatu yang baru. Tentu idealnya pengukuran berada pada level pengukuran yang lebih tinggi (misalnya interval atau rasio) dibanding yang lebih rendah (nominal atau ordinal).

Deskripsi tanah konvensional umumnya dicatat dengan menggunakan variabel ordinal meskipun dapat dicatat dengan interval atau rasio. Misalnya, ukuran ped diukur dan kemudian dicatat pada kelas atau kategori tertentu yang tentu saja menghilangkan informasi dari deskripsi. Hal tersebut harus diakui merupakan skema penyederhanaan. Meskipun

demikian, teknis statistik lanjut seperti himpunan fuzzy atau metode multivarian memungkinkan untuk menempatkan variabel diskrit, menjadi skala kontinu dengan menghitung jarak taksonomi.

		Rasio	Memiliki nilai nol mutlak
		Interval	Rentang nilai yang sama memiliki makna yang sama
	Ordinal		Nilai dapat diperingkat
Nominal			Nilai hanya berupa label nama

Gambar 4. Tangga skala pengukuran (McBratney et al. 2018)

Figure 4. Staircase of measurement scale (McBratney et al. 2018)

**PERUBAHAN SKALA**

Seperti konsep skala, konsep perubahan skala (*scale transfer*), juga sering membingungkan ketika berjumpa dalam berbagai disiplin ilmu. Secara umum perubahan skala dari skala luas ke skala sempit disebut *downscaling*, sementara perubahan skala dari skala sempit ke skala luas disebut *upscaling*. Dengan demikian konsep itu analog dengan perubahan skala kasar (*coarse scale*) ke skala halus (*fine scale*) yang disebut *downscaling*, serta sebaliknya dari skala halus (*fine scale*) ke skala kasar (*coarse scale*) disebut *upscaling*.

Pada konsep skala iklim (klimatologi) yang menggunakan holon hirarki misalnya, *downscale* atau *downscaling* adalah perubahan skala dari skala makro ke skala mikro. Sebaliknya perubahan skala dari skala mikro ke skala makro disebut *upscale* atau *upscaling*.

Sementara pada konsep kartografi, istilah *downscaling* dan *upscaling* tetap membingungkan karena berkaitan dengan penambahan dan pengurangan informasi yang dibutuhkan dan disajikan pada peta sebagai produk akhir. Beberapa pedologis mengusulkan penggunaan istilah disagregasi atau *disaggregation* untuk menjelaskan perubahan skala dari skala lebih kasar (*coarse scale*), misalnya 1:250.000, ke skala lebih halus (*fine scale*) misalnya 1:50.000. Sebaliknya perubahan skala dari skala lebih halus (*fine scale*), 1:50.000, ke skala lebih kasar (*coarse scale*) misalnya 1:250.000 disebut agregasi atau *aggregation*. Kedua istilah itu sepadan dengan pendetilan (disagregasi) dan generalisasi (agregasi) (McBratney 1998).

Setiap perubahan skala (*scale transfer* atau *scale change*) membutuhkan prasyarat dan teknik tertentu (Raisz 1948) karena juga berkaitan dengan kedalaman informasi (*deep of level information*) yang dibutuhkan dan disajikan. Sebagai contoh pada kartografi klasik yang menggunakan metode survei, proses pendetailan atau disagregasi membutuhkan titik pengamatan yang lebih rapat sehingga diperoleh informasi pada peta yang lebih detail (McBratney 1998). Sementara generalisasi atau agregasi (Harrie *et al.* 2002; Sester 2002) berarti mengurangi informasi minor yang disajikan menjadi lebih umum dengan variabel dan kemiripan tertentu yang dipertahankan (Brewer dan Buttenfield 2010; Haowen 2015).

### KESIMPULAN

Perjumpaan disiplin ilmu tanah dengan beragam disiplin ilmu sumberdaya lahan kontemporer membuat penggunaan istilah 'skala' perlu memperhatikan konteksnya. Terdapat 3 konteks 'skala' pada kajian sumberdaya lahan yaitu 1) skala level informasi peta yang bukan hanya semata-mata perbandingan antara ukuran di media (kertas atau komputer) dengan ukuran sebenarnya, 2) skala level kajian proses yang menentukan faktor pengendali dalam sebuah sistem dan subsistem, dan 3) skala level angka pengukuran yang menentukan sejauh mana data dapat diolah. Perubahan skala pada ketiga konteks di atas disebut dengan *transfer scale* yang terdiri dari dua jenis yaitu *downscale* yang bermakna perubahan skala dari skala lebih luas ke skala lebih sempit dan *upscale* yang berarti perubahan skala dari skala sempit ke skala lebih luas. Namun demikian, untuk kajian pemetaan dalam ilmu tanah, istilah *disaggregation* dan *aggregation* lebih tepat digunakan sebagai padanan *downscale* dan *upscale* pada disiplin ilmu lain.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis pertama mengucapkan terima kasih kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pertanian yang membiayai penelitian ini. Demikian pula penulis kelima mengucapkan terima kasih kepada AFACI (*Asian Food and Agriculture Cooperation Initiative*) yang memfasilitasi beragam literatur untuk dikaji dalam berbagai sudut pandang.

### DAFTAR PUSTAKA

- Brewer CA, Buttenfield BP. 2010. Mastering map scale: Balancing workloads using display and geometry change in multi-scale mapping. *Geoinformatica*, 14(2): 221–239. doi:10.1007/s10707-009-0083-6.
- Chrisman NR. 1998. Rethinking levels of measurement for cartography. *Cartogr. Geogr. Inf. Sci.*, 25(4): 231-242. doi:10.1559/152304098782383043.
- Haowen Y. 2015. Fundamental Theories Of Spatial Similarity Relations In Multi-Scale Map Spaces. *Chin. Geogra. Sci.*, 2010 20(1): 018-022. doi: 10.1007/s11769-010-0018-z
- Harrie L, Sarjakoski LT, Lehto L. 2002. A variable-scale map for small-display cartography. *In* Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa 2002.
- Hartemink AE, McBratney A. 2008. A soil science renaissance. *Geoderma*, 148(2): 123-129. doi:10.1016/j.geoderma.2008.10.006.
- Koestler A. 1989. *The Ghost In The Machine*. Great Britain: Arkana Books.
- Lausch A, Pause M, Merbach I, Zacharias S, Doktor D, Volk M, Seppelt R. 2013. A new multiscale approach for monitoring vegetation using remote sensing-based indicators in laboratory, field, and landscape. *Environ. Monit. Assess*, 185(2): 1215-1235. doi:10.1007/s10661-012-2627-8.
- Li Z, Zhu Q, Gold C. 2005. *Digital Terrain Modeling Principles and Methods*. Florida: CRC Press.
- McBratney AB. 1998. Some considerations on methods for spatially aggregating and disaggregating soil information. *Nutr. Cycl. Agroecosystems*, 50(1-3): 51-62. doi:10.1007/978-94-017-3021-1-5.
- McBratney A, Field DJ, Koch A. 2014. The dimensions of soil security. *Geoderma*, 213: 203-213. doi:10.1016/j.geoderma.2013.08.013.
- McBratney AB, Minasny B, Stockmann U. 2018. *Progress In Soil Science Pedometrics*. Springer International Publishing AG.
- Meentemeyer V. 1989. Geographical perspectives of space, time, and scale. *Landsc. Ecol*, 3(3/4): 163-173.
- Mulder VL, de Bruin S, Schaepman ME, Mayr TR. 2011. The use of remote sensing in soil and terrain mapping — A review. *Geoderma*, 162 (2011) : 1-19.

- Neuman WL. 2014. *Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches*. Oxford. 2002. *Oxford Collocations Dictionary For Students Of English*. Oxford University Press, USA.
- Oxford. 2009. *New Oxford Collocations Dictionary For Students Of English*. Oxford University Press, USA.
- Phillips JD. 1988. The role of spatial scale in geomorphic systems. *Geogr. Anal*, 20(4): 308-317.
- Raisz E. 1948. *General Cartography*. McGraw-Hill Book Company.
- Sarkar D, Datta R, Mukherjee A, Hannigan R. 2016. *An Integrated Approach To Environmental Management*. John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.
- Sester M. 2002. Application dependent generalization- the case of pedestrian navigation. In *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, pp. 291-296.
- Stevens SS. 1946. On the Theory of Scales of Measurement. *Science*, 103(2684): 677-680. doi:10.1126/science.103.2684.677.
- Steyn DG, Oke TR, Hay JE, Knox JL. 1981. On scales in meteorology and climatology. *Climatol. Bull*, 39(January 1981): 1-8.
- Sugono D, Sugiyono, Maryani Y, Qodratillah MT, Sitanggang C, Hardaniwati M, Amalia D, Santoso T, Budiwiyanto A, Darnis AD. 2008. *Kamus Bahasa Indonesia*. Jakarta: Pusat Bahasa.
- Sukarman, Ritung S. 2013. Perkembangan dan strategi percepatan pemetaan sumberdaya tanah di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 7(1): 1-14.
- Wagenet R. 1998. Scale issues in agroecological research chains. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 50: 23-34. <https://doi.org/10.1023/A:1009770312707>
- Wahyunto, Hikmatullah, Suryani E, Tafakresnanto C, Ritung S, Mulyani A, Sukarman, Nugroho K, Sulaeman Y, Suparto, Subandiono RE, Sutriadi T, Nursyamsi D. 2016. *Pedoman Survei dan Pemetaan Tanah Tingkat Semi Detail Skala 1:50.000*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 34 Hlm.
- Zinck JA, Graciela M, Bocco G, Del Valle HF. 2016. *Geopedology an Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies*. Springer International Publishing Switzerland. doi : 10.1007/978-3-319-19159-1.