

# DAYA DUKUNG LAHAN KAWASAN PERKOTAAN LEWOLEBA UNTUK KETERSEDIAAN PANGAN DAN AIR BERKELANJUTAN

## *Land Capability of Lewoleba Urban Area for Sustainable Food and Water*

Jeremias Ndoen<sup>a</sup>, Baba Barus<sup>b</sup>, Rilus A. Kinseng<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Baranangsiang, Bogor 16151 – jerry\_nd@yahoo.com

<sup>b</sup>Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

<sup>c</sup>Departemen Sosiologi Pedesaan dan Pengembangan Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

**Abstract.** Sustainable land use is an important role for urban existency. Land use that exceeds its capability will damage. Land capability to provide food and water sustainably is a problem in urban development amid the growing trend of urban population. This research purpose to analyze the carrying capacity of Lewoleba -capital of Lembata distric- East Nusatenggara, by assessing the land capability at sub-class level, evaluating actual land use with land capability class, analyzing actual land potential to produce food and water for the people's need. The land capability assessment was conducted by superimposing the land physical criteria. Evaluation of actual land suitability was conducted by comparing land capability class to actual land use. The ability of land to provide food and water needs was calculated by comparing it with food and water needs. The result of this research showed the land capability of Lewoleba dominated by high land capability class. Actual land use was aligned to its capability, but the land needed to food production surpass the urban land potential. The water balance was deficit. Thus Lewoleba urban area base on the land capability for food dan water production was not sustainable. So the design of Lewoleba needs to prevent potential land for agriculture in flat areas, also needs to increase the utilization of food resources in the bay of Lewoleba. The availability of water can be sufficient if the potential of rainwater can be harvested before evaporated.

(Diterima: 18-09-2017; Disetujui: 28-11-2017)

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Kota yang berkelanjutan adalah kota yang dapat memaksimalkan potensi ekonomi dan sosial untuk mencapai standar kehidupan yang baik dalam tekanan lingkungan yang dapat dikelola dan menciptakan distribusi sosial-ekonomi yang merata (Mori dan Yamashita, 2015). Salah satu ukuran dalam menilai pembangunan kota yang berkelanjutan adalah pemanfaatan lahan. Dengan meningkatnya urbanisasi, terjadi penurunan sumberdaya lahan perkotaan, dan menciptakan konflik antara ruang terbangun dengan penggunaan lahan lainnya, hal ini menjadi gangguan bagi keberlanjutan dari sebuah kota (He *et al.*, 2017).

Pemanfaatan lahan, dikatakan berkelanjutan apabila pemanfaatan tidak melampaui daya dukung lahannya. Daya dukung dapat didefinisikan sebagai ukuran populasi yang dapat didukung oleh bumi tanpa merusak alam, budaya dan lingkungan sosial dan menurunkan kemampuan generasi mendatang untuk memanfaatkannya (Abernethy, 2001). Daya dukung yang terlampaui di kawasan perkotaan terus meningkat sebagai akibat dari pembangunan masif di perkotaan, hal ini menyebabkan berbagai masalah perkotaan, seperti kemacetan lalu lintas, kekurangan perumahan, harga perumahan yang tidak terjangkau, ekosistem terdegradasi, polusi udara dan air, meningkatnya permintaan akan pembuangan limbah, konflik sosial,

ketimpangan distribusi pendapatan dan pemutusan hubungan kerja (Oh *et al.*, 2005). Kecenderungan urbanisasi ke perkotaan terus tumbuh bahkan di negara maju seperti Amerika dan Jepang angka urbanisasi mencapai 82 % dan 92 % (Qi *et al.*, 2013). Diperkirakan 70 % penduduk dunia akan tinggal di perkotaan pada tahun 2050 (Shen *et al.*, 2011). Urbanisasi yang tinggi memicu naiknya laju konversi lahan untuk permukiman, pada saat yang sama kota-kota besar semakin mendesak wilayah-wilayah pinggiran untuk berubah fungsi dari lahan pertanian menjadi permukiman (Siubelan *et al.*, 2015; Ardiwijaya *et al.*, 2014; Sudirman, 2012).

Daya dukung merefleksikan kemampuan lingkungan untuk mendukung aktivitas manusia (Liu, 2012). Dalam konteks desain perkotaan yang berkelanjutan ada empat hal mendasar yang perlu dikonservasi untuk menjaga daya dukung lingkungan yakni: kemampuan lahan untuk menjaga ketersediaan makanan, kemampuan lahan untuk menjaga ketersediaan air minum, kemampuan lahan untuk menjaga ketersediaan udara yang bersih dan kemampuan lahan untuk menjaga ketersediaan permukiman yang layak (Beer dan Higgins, 2000). Dari keempat faktor tersebut, penelitian difokuskan pada daya dukung lahan untuk menjaga ketersediaan pangan dan daya dukung lahan untuk menjaga ketersediaan air.

Produksi pangan dunia dilaporkan stagnan atau bahkan menurun, sedangkan kebutuhan terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk

(McLaughlin, 2015). Laju konversi lahan pertanian ke non pertanian terus terjadi (Santoso *et al.*, 2017; Nurliani dan Rosada, 2016; Phuc *et al.*, 2014). Hal ini mengancam ketersediaan pangan. Di tengah tekanan konversi lahan pertanian dan ancaman ketersediaan pangan, peranan pertanian perkotaan akan membantu menjaga keamanan pangan (Indraprahasta, 2013).

Nazemi dan Madani (2017) mengungkapkan bahwa pertumbuhan populasi dan aktivitas antropogenik yang signifikan bersamaan dengan dampak perubahan lingkungan global telah meningkatkan kerentanan terhadap perubahan kuantitas dan atau kualitas air terutama di perkotaan. Urbanisasi yang berdampak pada perubahan tutupan lahan menurunkan kemampuan lahan untuk meresapkan air sekaligus meningkatkan limpasan permukaan (Barron *et al.*, 2013; Verbeiren *et al.*, 2012).

Di Indonesia masalah air dan pangan sering sejalan, kekeringan berkepanjangan melahirkan krisis air dan pangan, terutama pada wilayah bagian timur. Media Kompas tanggal 26 Juni 2015 memberitakan tahun 2015 terdapat 1.918 anak mengalami gizi buruk selama lima bulan pertama, 11 di antaranya meninggal dunia di NTT akibat kekeringan yang berkepanjangan. NTT mengalami musim kemarau yang lebih panjang dibandingkan musim hujan (BMKG SKK, 2017). Masyarakatnya dominan petani lahan kering yang bergantung pada hujan, hal ini dapat dilihat dari GDP, sektor ekonomi NTT masih didominasi oleh pertanian (Aba *et al.*, 2015). Inilah yang mendasari penelitian ini dilakukan di Lewoleba-NTT. Lewoleba adalah ibukota Kabupaten Lembata sebuah Kabupaten pulau yang memiliki kerentanan pada distribusi barang pada waktu-waktu tertentu akibat gangguan cuaca, sebagaimana wilayah-wilayah lain di NTT. Demikian juga dengan ketersediaan air seringkali kekurangan akibat kekeringan yang berkepanjangan. Di satu sisi kawasan perkotaan Lewoleba sedang tumbuh, sehingga penelitian ini menjadi penting untuk memberikan arah perkembangan kota yang seiring daya dukung lahannya. Dengan mengetahui status daya dukung lahan dan potensinya untuk memproduksi pangan dan air, dapat memberikan rekomendasi bagaimana membangun kota Lewoleba untuk menjalankan fungsi-fungsinya dengan memperhatikan aspek keberlanjutan.

### 1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana status daya dukung lahan kawasan perkotaan Lewoleba untuk mendukung produksi pangan dan air secara mandiri dan berkelanjutan. Untuk menjawab rumusan masalah pertanyaan penelitiannya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana daya dukung lahan kawasan perkotaan Lewoleba?
2. Bagaimana kesesuaian penggunaan lahan aktual berdasarkan daya dukung lahan?
3. Bagaimana kemampuan lahan aktual untuk memenuhi kebutuhan pangan dan air?

### 1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian adalah untuk memetakan daya dukung yang dirumuskan sebagai berikut:

1. Menganalisis daya dukung lahan kawasan perkotaan Lewoleba.
2. Menganalisis kesesuaian penggunaan lahan aktual berdasarkan daya dukung lahan
3. Menganalisis kemampuan lahan aktual untuk memenuhi kebutuhan pangan dan air.

Manfaat dari hasil penelitian ini untuk menjadi masukan bagi para penentu kebijakan pembangunan, khususnya untuk merencanakan pemanfaatan lahan kawasan perkotaan Lewoleba secara berkelanjutan.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kawasan Perkotaan Lewoleba – NTT. Terletak pada 8°21'0"''- 8°25'0"'' LS dan 123°22'0"''-123°29'0"'' BT. Terbentuk oleh 7 kelurahan dan 1 desa yakni Kelurahan Lewoleba Timur, Kelurahan Selandoro, Kelurahan Lewoleba, Kelurahan Lewoleba Selatan, Kelurahan Lewoleba Utara, Kelurahan Lewoleba Barat, Kelurahan Lewoleba Tengah dan Desa Pada. Penelitian dilakukan pada bulan April – September 2017.

Kota Lewoleba merupakan kota pantai yang memiliki topografi relatif datar di sisi utara (0-15 %) di sisi selatan adalah kawasan perbukitan koral dengan kemiringan > 30 %. Jenis tanah didominasi oleh Haplustolls\_Ustrothents. Lewoleba memiliki curah hujan rata-rata 121.12 mm/tahun, bulan kering dimulai dari April – November suhu udara rata-rata 27.28°C. (BMKG SKK, 2017). Jumlah penduduk 29,549 jiwa pada tahun 2016.

### 2.2. Alat dan Bahan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder: Citra Satelit World View II perekaman tahun 2013, diperoleh dari Dinas PU Kab. Lembata; Peta Geologi, sumber Badan Geologi Bandung; Topografi DEM *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (IFSAR), sumber Intermap Teknologi – USA; curah hujan dan suhu sumber BMKG stasiun Larantuka 2006-2017; peta RBI 1:25,000, sumber Badan Informasi Geospasial; peta Jenis Tanah Tinjau, sumber Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor 2017; Jumlah Penduduk, Produktifitas dan Harga Jual sumber BPS Kabupaten Lembata 2017. Data primer berupa data kedalaman tanah, batuan permukaan, dan data keadaan banjir yang diperoleh dari survey lapangan, Peta Erosi dihitung menggunakan pendekatan USLE. Untuk membantu proses analisis dipergunakan perangkat laptop, serta Ms office I-movses IPB dan perangkat software Arc Gis 10.1

2.3. Analisis Data

a. Analisis Daya Dukung Lahan

Untuk menjawab tujuan pertama tentang daya dukung lahan kawasan perkotaan Lewoleba dilakukan analisis geografis dengan Arc Gis 10.1 dengan menggabungkan beberapa parameter fisik lahan yakni: kemiringan lereng, erosi, kedalaman tanah, batuan permukaan dan keadaan banjir. Hasil analisis adalah peta satuan kelas kemampuan lahan dari I-VIII pada tingkat sub kelas dengan kriteria disajikan pada Tabel 1.

Kelas I-III adalah kelas lahan yang potensial untuk pengembangan pertanian dan permukiman, kelas VII-VIII adalah kelas lahan yang memiliki daya dukung rendah sehingga masuk dalam kategori wajib untuk dilindungi, kelas IV-VI dapat dikembangkan untuk fungsi-fungsi lain dengan mempertimbangkan faktor pembatasnya. (Widiatmaka *et al.* 2015)

b. Evaluasi Penggunaan Lahan Aktual

Evaluasi penggunaan lahan aktual ditinjau dari daya dukung yang dilakukan dengan menumpang tindihkan peta guna lahan aktual dengan peta kelas kemampuan lahan. Peta penggunaan lahan aktual dihasilkan dari proses digitasi *on screen* berdasarkan citra *world view* II dan hasil survei guna lahan aktual 2017. Hasil tumpang tindih kemudian dievaluasi dengan kriteria evaluasi disajikan pada Tabel 2.

c. Analisis Kemampuan Lahan Aktual untuk Produksi Pangan

Kemampuan lahan aktual untuk memproduksi pangan, dilakukan dengan mengkonversi hasil produksi pangan yang dihasilkan penggunaan lahan aktual dengan harga produksi beras domestik. Konversi menghasilkan ketersediaan lahan per hektar (SL). Selanjutnya kebutuhan lahan untuk pangan dihitung dengan mengalikan jumlah penduduk dengan kebutuhan pangan yang layak bagi masyarakat yang setara dengan 1 ton/beras/orang/tahun (Rustiadi *et al.* 2010). Hasilnya dibagi dengan harga produksi beras domestik untuk menampilkan kebutuhan lahan dalam

hektar (DL). Jika  $SL > DL$ , maka pemanfaatan lahan dikatakan berkelanjutan, jika sebaliknya ketersediaan lahan defisit atau tidak berkelanjutan. Rumus penghitungan disajikan sebagai berikut:

Perhitungan Ketersediaan Lahan:

$$S_L = \frac{\sum (P_i \times H_i)}{Hb} \times \frac{1}{P_{tvb}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

$S_L$  = Ketersediaan lahan (ha),  $P_i$  = Produksi aktual tiap jenis komoditi (satuan tergantung kepada jenis komoditas) Komoditas yang diperhitungkan meliputi pertanian, perkebunan, kehutanan dan peternakan,  $H_i$  = Harga satuan tiap jenis komoditas (Rp/satuan) ditingkat produsen,  $Hb$  = Harga satuan beras (Rp/kg) di tingkat produsen,  $P_{tvb}$  = Produktivitas beras (kg/ha).

Perhitungan Kebutuhan Lahan :  $DL = N \times KHLL \dots\dots (2)$

Dimana:

$DL$  = Total kebutuhan lahan setara beras (ha),  $N$  = Jumlah penduduk (orang),  $KHLL$  = Luas lahan yang dibutuhkan untuk kebutuhan hidup layak per penduduk

d. Analisis Kemampuan Lahan Aktual untuk Menyediakan Air

Kemampuan lahan aktual untuk mengalirkan air dan meresapkan air dilakukan dengan menggunakan metode Thornthwaite and Mather. (Kusumandari dan Nugroho 2015).

$$P = Et + \Delta St + Ro \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:  $P$  = presipitasi (curah hujan),  $Et$  = evapotranspirasi,  $\Delta St$  = perubahan cadangan air dalam tanah,  $Ro$  = limpasan.

$$\Delta St = St - So \dots\dots\dots (4)$$

$$ET = 16 (10 T/I)^a \dots\dots\dots (5)$$

$$a = 0.000000675.I^3 - 0.0000771.I^2 + 0.017921.I + 0.49239 \dots\dots\dots (6)$$

$$i = (T/5)^{1.514} \dots\dots\dots (7)$$

$$I = \sum i \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:  $ET$  = Evapotranspirasi,  $T$  = Suhu udara rata-rata / bulanan,  $i$  = Indeks panas bulanan,  $I$  = Indeks panas tahunan.

Tabel 1. Kriteria analisis kelas kemampuan lahan

Faktor Penghambat	Kelas Kemampuan Lahan							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Lereng Permukaan (%)	A (0-3)	B (3-8)	C (8-15)	D (15-30)	(*)	E (30-45)	F (45-65)	G (>65)
Kedalaman Tanah (cm)	$k_1$ (>90)	$k_1$ (>90)	$k_2$ (90-50)	$k_3$ (50-25)	(*)	$K_4$ (<25)	(*)	(*)
Tingkat Erosi	$e_0$ (t)	$e_1$ (r)	$e_1$ (r)	$e_2$ (s)	(*)	$e_3$ (b)	$e_4$ (sb)	(*)
Kerikil/Batuan Permukaan (% Volume)	$b_0$ (0-15)	$b_0$ (0-15)	$b_0$ (90-50)	$b_1$ (15-50)	$b_2$ (50-90)	(*)	(*)	$b_3$ (>90)
Ancaman Banjir/Genangan	W0	W1	W2	W3	W4	(*)	(*)	(*)

Sumber : (Arsyad 2010), (Hardjowigeno S dan Widiatmaka 2011)

Keterangan :

- (\*) Dapat mempunyai sembarang sifat factor penghambat dari kelas yang lebih rendah.
- Tingkat Erosi: t (tidak ada), r (ringan), s (sedang), b (buruk), sb (sangat buruk).
- Ancaman Banjir/Genangan: w0 (tidak pernah), w1 (jarang), w2 (kadang-kadang), w3 (sering), w4 (sangat sering).

Tabel 2. Kriteria evaluasi penggunaan lahan aktual

GUNA LAHAN AKTUAL	KELAS KEMAMPUAN LAHAN							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Permukiman	S	S	S	SB	SB	SB	TS	TS
Perkantoran	S	S	S	SB	SB	SB	TS	TS
Perdagangan & jasa	S	S	S	SB	SB	SB	TS	TS
Fasilitas Umum	S	S	S	SB	SB	SB	TS	TS
Kebun	S	S	S	SB	TS	TS	TS	TS
Sawah	S	S	S	SB	TS	TS	TS	TS
Tambak								
Garam	S	S	S	SB	TS	TS	TS	TS*
Sungai	S	S	S	S	S	S	S	S
Industri	S	S	S	SB	SB	SB	TS	TS
Galian C	S	SB	SB	SB	SB	SB	TS	TS
Sabana	S	S	S	S	S	S	S	S
Hutan	S	S	S	S	S	S	S	S

Sumber : dimodifikasi dari (Arsyad 2012), (Xu *et al.* 2011)

Keterangan:

- S (sesuai daya dukung), SB (sesuai bersyarat), TS (tidak sesuai daya dukung)
- Keterangan Syarat: Faktor pembatas daya dukung dapat diatasi dengan perlakuan.

St atau *soil moisture storage* menggambarkan kemampuan tanah untuk menahan air (*water holding capacity*) yang dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu tekstur tanah dan vegetasi penutup (Thorntwaite dan Mather 1957). Kedua faktor tersebut bersama-sama menentukan besarnya lengas tanah tertahan ( $\Delta St$ ). Nilai  $S_{t0}$  didapat dari tabel *water holding capacity*, selanjutnya besarnya  $S_t$  pada saat defisit P-ET dihitung dengan rumus:

$$S_t = S_{t0} \cdot e^{-(APWL/S_{t0})} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:  $S_t$  = Kelengasan tanah (mm), e = Bilangan navier (2.718),  $S_{t0}$  = 137.31 (dihitung berdasarkan guna lahan dan kedalaman tanah tabel WHC), APWL = Akumulasi hilangnya air potensial (mm).

Kebutuhan air dihitung menggunakan luas penggunaan lahan dengan standar penggunaan pada Tabel 3. Jika kebutuhan air melebihi potensi yang dapat dihasilkan secara alami maka daya dukung lahan tidak berkelanjutan.

Tabel 3. Standar kebutuhan air

Jenis Pemakaian	Standar	Konversi Satuan (m <sup>3</sup> /tahun/ha)
Perumahan	100 liter/jiwa/hari	324
Pertanian	0.1 liter/detik/ha	1,552
Industri	0.7 liter/detik/ha	21,773
Perdagangan dan Jasa	3 m <sup>3</sup> /hari/unit	800
Fasum dan Fasos	0.5 m <sup>3</sup> /hari/unit	172

Sumber: Arivani dalam (Christianingsih dan Ariastita 2012)

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Daya Dukung Lahan Kawasan Perkotaan Lewoleba

Hasil analisis daya dukung kawasan perkotaan Lewoleba disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 1. Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa lahan yang perlu mendapat perlindungan atau berada dalam kelas kemampuan VII dan VIII adalah seluas 304.83 ha atau sebesar 8.27 %, sementara kemampuan lahan yang potensial untuk pertanian mencapai 1,660.14 ha atau 45.03 %, sisanya

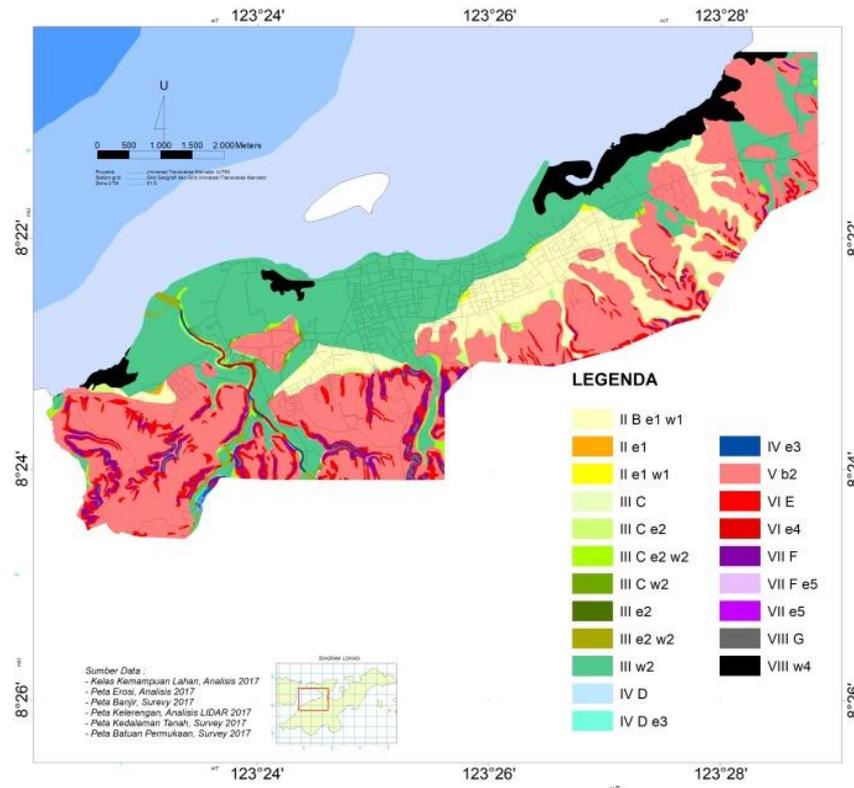
1,721.56 ha atau 46.70 % dapat dikembangkan untuk kegiatan budidaya lainnya dengan memperhatikan faktor-faktor pembatasnya. Permukiman kepadatan rendah, komersial kepadatan rendah, serta industri non polutan dapat dikembangkan di wilayah kelas IV dan V, faktor pembatas utama adalah kemiringan lereng (Xu *et al.*, 2011). Kelas VI dapat dikembangkan untuk ladang pengembalaan sedang dan terbatas (Widiatmaka *et al.*, 2015). Jika faktor ekology dapat dikendalikan pembangunan konstruksi di wilayah pegunungan dimungkinkan (Peng *et al.*, 2016). Selain faktor ekologi dan geologi, perkembangan permukiman juga mempertimbangkan faktor-faktor yang menunjang fungsi hunian, seperti kebutuhan komunikasi, aksesibilitas serta pelayanan fasilitas (Yang *et al.*, 2016). Laporan PDAM KL (2017) menunjukkan wilayah selatan Lewoleba belum seluruhnya terlayani oleh jaringan air bersih, sedangkan perkembangan permukiman dipengaruhi oleh kedekatan dengan sumber air (Millán *et al.*, 2017).

Tabel 4. Daya dukung lahan tingkat sub klas kawasan perkotaan lewoleba

Kelas	Sub Kelas	Luas (ha)	Luas/kelas	
			(ha)	(%)
II	II e1	1.99		
	II B e1 w1	445.07	452.49	12.27
	II e1 w1	5.43		
III	III C	9.54		
	III w2	1,090.41		
	III C w2	9.28	1,207.65	32.76
	III C e2 w2	34.13		
	III e2 w2	18.82		
	III C e2	45.47		
	IV D	6.47		
IV	IV e3	6.67	24.95	0.68
	IV D e3	11.80		
V	V b2	1,457.47	1,463.69	39.70
	VI E	219.96		
VI	VI e4	12.96	232.92	6.32
	VII F	102.70		
VII	VII F e5	0.43	103.92	2.82
	VII e5	0.79		
VIII	VIII G	2.57		
	VIII w4	198.34	200.90	5.45
Total Luas		3,686.53	3,686.53	100

Sumber : Hasil analisis 2017

Lahan kelas V memiliki daya dukung baik untuk kegiatan permukiman, merupakan wilayah bukit koral yang memiliki ketahanan yang baik untuk konstruksi (Zhu *et al.*, 2017). Berdasarkan hasil analisis persebarannya lahan dengan kelas kemampuan II-III berada pada wilayah yang datar di utara, sedangkan lahan dengan kemampuan sedang hingga rendah berada pada wilayah selatan yang berbukit. Lahan kelas V tidak sesuai dikembangkan pertanian karena batuan dasar yang muncul ke permukaan mendominasi > 50% permukaan tanahnya, namun sesuai untuk dikembangkan permukiman dan kegiatan perkotaan dengan kepadatan rendah (Xu *et al.*, 2011). Pengembangan permukiman kepadatan rendah pada wilayah perbukitan juga didukung oleh batuan dasar yang kuat, berada pada ketinggian memberikan *view* yang baik ke arah pantai di utara.



Gambar 1. Peta daya dukung lahan tingkat sub klas kawasan perkotaan Lewoleba

### 3.2. Evaluasi Kesesuaian Lahan Aktual Berdasarkan Kemampuan Lahan

Data Penggunaan Lahan Aktual 2017 disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 2. Dari total luas lahan sebesar 3,686.53 ha penggunaan lahan aktual didominasi oleh pertanian lahan kering seluas 34.56 % yang terdiri dari kebun, kebun kelapa dan kebun sayur. Padang sabana mencapai 32.92 %, hanya 9.24 % merupakan lahan hutan. Luas permukiman 547.40 ha atau 14.85 % dari total luas lahan perkotaan. Dilihat dari persebarannya penggunaan permukiman mendominasi wilayah yang datar, pertanian juga menempati wilayah lembah yang datar di sisi utara dan di celah-celah bukit, sementara wilayah perbukitan didominasi oleh sabana.

Keadaan penggunaan lahan aktual tersebut di atas dievaluasi dengan peta daya dukung lahan yang hasilnya disajikan pada Tabel 6, Gambar 3 dan 4. Hasil analisis diketahui bahwa 84.83 % atau 3,127.31 ha penggunaan lahan aktual 2017 sesuai dengan kelas kemampuan lahannya. Dengan demikian faktor resiko kerusakan lahan pada kawasan perkotaan cenderung rendah. Pemanfaatan lahan saat ini 84.83 % berkelanjutan.

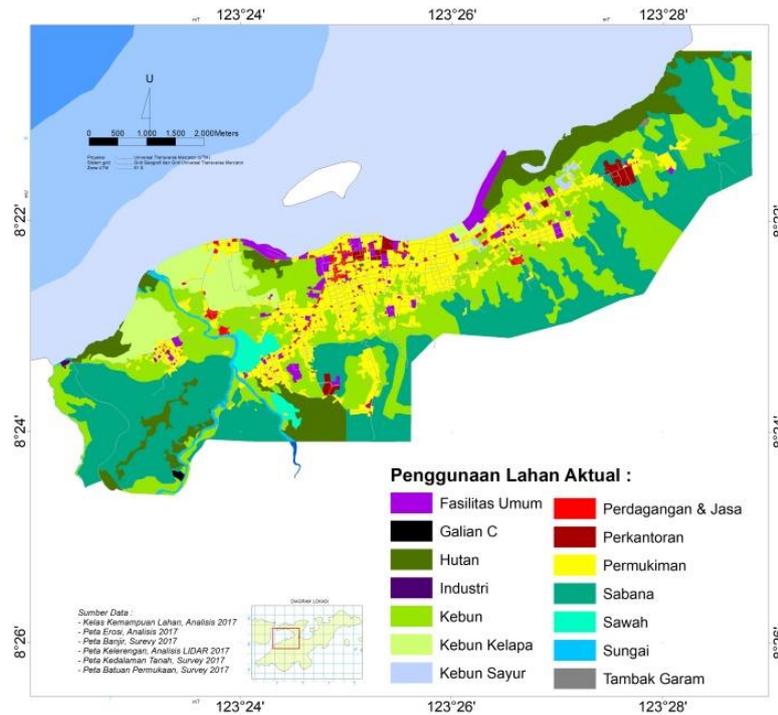
Lebih lanjut hasil evaluasi juga menunjukkan ada 172.63 ha lahan yang berada dalam kategori sesuai bersarat. Hal ini terutama terjadi karena pemanfaatan lahan aktual dilakukan pada lahan dengan kelas kemampuan IV s.d VI. Untuk penggunaan permukiman, perdagangan dan jasa, perkantoran dan fasilitas umum, lahan dalam kategori kelas IV s.d VI dapat dimanfaatkan dengan mempertimbangkan faktor geologi, stabilitas tanah, kelerengan, view dan vegetasi,

pembangunan konstruksi di daerah perbukitan mengikuti kontur (Kumar dan Pushplata 2013). Belum tersedianya sarana air minum di wilayah selatan yang berbukit menjadi satu kendala yang perlu diselesaikan untuk mendukung pembangunan permukiman. Hasil evaluasi juga menunjukkan ada 389.92 ha atau 10.55 % lahan yang pemanfaatannya tidak sesuai daya dukung. Lahan dalam klasifikasi ini didominasi oleh pengembangan pertanian pada lahan kelas V dengan faktor pembatas utama batuan dasar yang muncul dan mendominasi permukaan tanah sehingga tidak dapat direkayasa.

Tabel 5. Luas penggunaan lahan aktual 2017 kawasan perkotaan Lewoleba

Penggunaan	Luas (ha)	Proporsi (%)
Fasilitas Umum	97.87	2.65
Perdagangan & Jasa	44.68	1.21
Perkantoran	36.21	0.98
Hutan	340.61	9.24
Sabana	1,213.56	32.92
Sungai	40.70	1.10
Kebun	1,081.80	29.34
Kebun Kelapa	216.97	5.89
Permukiman	547.40	14.85
Sawah	48.90	1.33
Kebun Sayur	12.12	0.33
Tambak Garam	1.67	0.05
Industri	1.47	0.04
Galian C	2.56	0.07
<b>Total</b>	<b>3,686.53</b>	<b>100.00</b>

Sumber : Hasil analisis 2017



Gambar 2. Peta penggunaan lahan aktual 2017

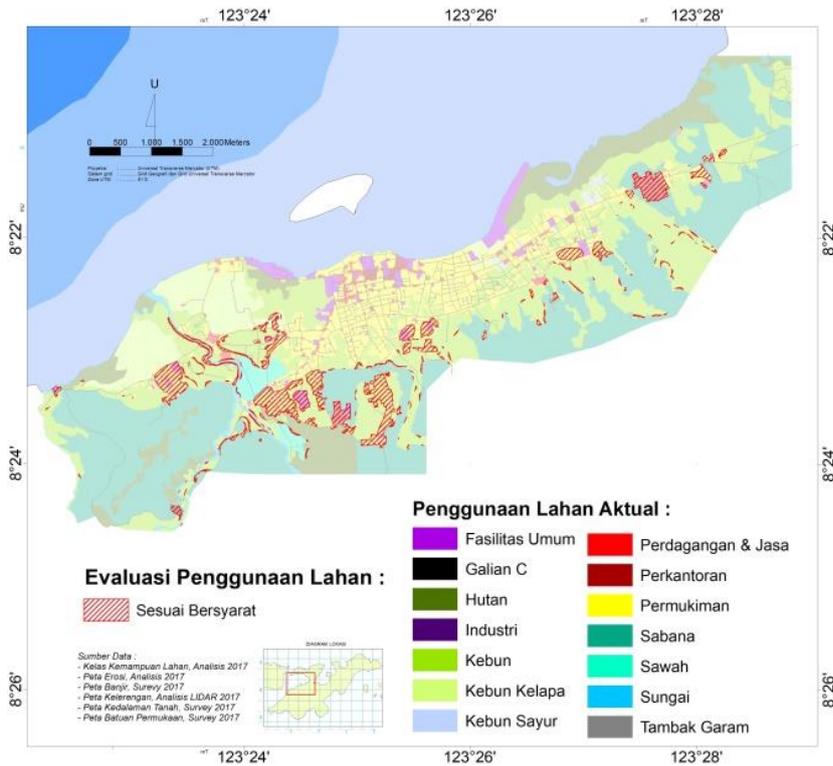
Tabel 6. Evaluasi kesesuaian lahan aktual kawasan perkotaan Lewoleba

GL		Kelas Kemampuan Lahan							Total
		II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Pr	Ev	S	S	SB	SB	SB	TS	-	547.40
	L (ha)	141.45	292.47	0.70	112.38	0.38	0.02	-	
Pkt	Ev	S	S	-	SB	SB	-	-	36.21
	L (ha)	2.03	11.45	-	22.70	0.03	-	-	
P&J	Ev	S	S	SB	SB	-	-	TS	44.68
	L (ha)	10.36	30.54	0.26	3.11	-	-	0.42	
FSU	Ev	S	S	-	SB	SB	-	-	97.87
	L (ha)	9.55	70.75	-	17.55	0.02	-	-	
Kb	Ev	S	S	SB	TS	TS	TS	TS	1,081.80
	L (ha)	241.06	447.46	11.35	347.69	25.15	8.61	0.48	
Kkp	Ev	S	S	SB	TS	-	-	-	216.97
	L (ha)	1.36	210.95	0.45	4.21	-	-	-	
Kbs	Ev	S	S	-	-	-	-	-	12.12
	L (ha)	2.38	9.74	-	-	-	-	-	
Sh	Ev	S	S	-	-	-	-	-	48.90
	L (ha)	4.05	44.85	-	-	-	-	-	
TG	Ev	-	-	-	-	-	-	S	1.67
	L (ha)	-	-	-	-	-	-	1.67	
Ss	Ev	-	S	S	S	S	S	-	40.70
	L (ha)	-	17.22	6.67	2.62	12.96	1.22	-	
Sb	Ev	S	S	S	S	S	S	S	1,213.56
	L (ha)	40.26	46.94	4.96	865.46	170.88	76.88	8.17	
H	Ev	S	S	S	S	S	S	S	340.61
	L (ha)	-	24.48	0.46	84.83	23.49	17.19	190.16	
I	Ev	-	S	-	SB	-	-	-	1.47
	L (ha)	-	0.34	-	1.13	-	-	-	
TGc	Ev	-	SB	SB	SB	-	-	-	2.56
	L (ha)	-	0.45	0.08	2.02	-	-	-	
Jumlah	S	452.49	1,207.19	12.10	952.90	207.34	95.29	200.01	3,127.31
	SB	-	0.45	12.85	158.89	0.43	-	-	172.63
	TS	-	-	-	351.90	25.15	8.63	0.90	386.59
<b>JUMLAH</b>		<b>452.49</b>	<b>1,207.65</b>	<b>24.95</b>	<b>1,463.69</b>	<b>232.92</b>	<b>103.93</b>	<b>200.90</b>	<b>3,686.53</b>

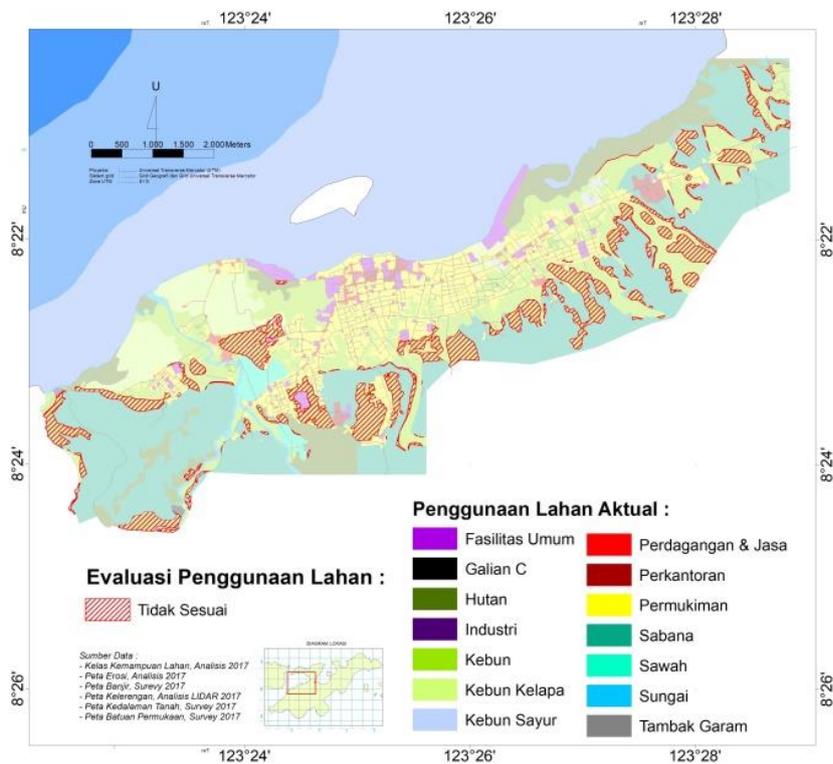
Sumber: Hasil analisis, 2017

Keterangan:

- Pr : Permukiman, Pkt : Perkantoran, P&J : Perdagangan dan Jasa, FSU : Fasilitas Umum, Kb : Kebun, Sh : Sawah, TG : Tambak Garam, Ss : Sungai, Sb : Sabana, H: Hutan, Kkp : Kebun Kelapa, Kbs : Kebun Sayur, I: Industri perikanan, TGc : Tambang Galian C
- Ev : Evaluasi Kesesuaian, L : Luas
- S : Sesuai, SB : Sesuai Bersyarat, TS : Tidak Sesuai



Gambar 3. Peta pemanfaatan lahan aktual sesuai bersyarat



Gambar 4. Peta pemanfaatan lahan aktual tidak sesuai daya dukung lahan

### 3.3. Kemampuan Lahan Aktual untuk Produksi Pangan.

Hasil analisis kemampuan lahan aktual untuk produksi pangan disajikan pada Tabel 7. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa ketersediaan lahan (SL)

kawasan perkotaan Lewoleba menurut kemampuan produksi pangannya mencapai 2,236.12 ha. Kebutuhan lahan (DL) untuk hidup yang layak bagi 29,549 penduduk kota Lewoleba tahun 2016 adalah sebesar 11,453.10 ha. Dengan demikian daya dukung lahan menurut kemampuan memproduksi bahan pangan di kawasan perkotaan Lewoleba mengalami defisit, atau dalam kategori tak berlanjut.

Tabel 7. Analisis ketersediaan lahan untuk produksi pangan di kawasan perkotaan Lewoleba 2017

Jenis Komoditi	Luas (ha)	Produk-tivitas (ton/ha)	Indeks Panen	Produksi (Ton)	Harga Produksi (Rp/kg)	Nilai Produksi (juta)
Padi	48,9	2.5	3	378.5	12,000	4,542.1
Jagung	1,023.4	2.8	1	2,850.1	5,000	14,250.6
Ubi Kayu	63.9	12.2	1	781.5	1,000	781.4
Kelapa	216.9	0.7	3	146.5	3,000	439.7
Sayuran	12.12	-	50	50	5,000	250
Babi	-	-	-	6,145	4,500,000	27,652.5
Kambing	-	-	-	2,327	3,000,000	6,981
Sapi	-	-	-	983	10,000,000	9,830
Ayam	-	-	-	180,116	25,000	4,502.9
Total						69,230.3
<b>Ketersediaan Lahan (SL) Ha</b>						<b>2,236.1</b>

Sumber : Hasil analisis, 2017

Keterangan:

- Proporsi Luas Lahan Jagung & Ubi menggunakan perbandingan luas lahan Jagung dan Ubi Kec. Nubatukan 2017
- Luas Lahan Sawah, Kelapa, Sayuran Hasil Survey dan Citra Wordl View II
- Produktivitas Angka BPS, 2017
- Nilai Produksi Sayuran 3 jt/0,5 Ha/Minggu, hasil Survey

### 3.4. Kemampuan Lahan Aktual untuk Menyediakan Air.

Menggunakan data curah hujan 10 tahun terakhir, hasil analisis kemampuan lahan aktual untuk mendukung ketersediaan air disajikan pada Tabel 8 dan Tabel 9. Pada Tabel 8 diketahui ketersediaan air kawasan perkotaan Lewoleba defisit sebesar -461.91 mm/tahun, defisit terutama diakibatkan oleh curah hujan yang rendah pada bulan April-November. Defisit air ini sangat berdampak pada penurunan kandungan air tanah, tetapi kembalinya curah hujan normal mengembalikan kondisi kandungan air tanah (Nicolai-Shaw *et al.* 2017). Pada kondisi curah hujan surplus kandungan air tanah ( $\Delta St$ ) rata-rata 137.31 mm, tetapi terus menurun seiring menurunnya curah hujan.

Hasil analisis juga memperlihatkan bahwa potensi limpasan hanya terjadi pada bulan Januari dan Februari, potensi *run off* ini yang dimanfaatkan sebagai input debit sungai Waikomo untuk irigasi sebesar 1,954,301.19 m<sup>3</sup>/tahun. Ada juga yang mengalir di luar sub DAS, tetapi saat ini tak dimanfaatkan, sehingga tidak diinput sebagai ketersediaan air. Pada Tabel 9 lebih jelas diuraikan kondisi air yang dimanfaatkan

dibandingkan dengan kebutuhan, hasilnya ada defisit - 417,229.75 m<sup>3</sup>/tahun.

### 3.5. Sintesis

Kemampuan lahan untuk memenuhi kebutuhan pangan dan air defisit atau tidak berkelanjutan, sehingga perlu kehati-hatian untuk mendesain pembangunan kota Lewoleba. Untuk memperbesar kapasitas ketahanan pangan kota, lahan yang datar diprioritaskan untuk pertanian, permukiman dan fasilitas kota diarahkan pada bukit-bukit koral di selatan kota yang dikembangkan dengan kepadatan rendah dan mengikuti kontur. Kapasitas ketahanan pangan kota dapat juga dimaksimalkan dengan memanfaatkan sumber hasil laut dari teluk Lewoleba. Hutan bakau, terumbu karang dan padang lamun yang terpelihara di teluk Lewoleba memberikan keyakinan akan keberlanjutan produksi alami ikan di teluk Lewoleba, sumberdaya ekosistem bahari ini harus tetap dipertahankan, oleh karena itu ancaman buangan limbah cair dan sampah dari dataran Lewoleba harus teratasi.

Tabel 8. Ketersediaan Air Kawasan Perkotaan Lewoleba (mm/bulan)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
T	27.64	27.06	27.70	28.07	28.01	27.35	26.74	26.9	27.63	28.9	29.48	28.4
P	384.68	335.02	183.87	75.18	74.12	26.72	14.18	4.53	14.37	43.1	47.77	250
i	13	12.59	13.04	13.30	13.26	12.79	12.37	12.48	12.99	13.9	14.32	13.54
a	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04	4.04
ET	154.67	141.98	156.03	164.61	163.2	148.22	135.32	138.62	154.44	185.16	200.63	172.57
P-ET	230.01	193.04	27.84	-89.43	-89.08	-121.5	-121.14	134.09	-140.07	-142.06	-152.86	77.43
APWL	-	-	-	89.43	178.51	300.01	421.16	555.25	695.32	837.38	990.24	-
Sto	137.31	137.31	137.31	137.31	137.31	137.31	137.31	137.31	137.31	137.31	137.31	137.31
St	137.31	137.31	137.31	70.53	36.33	14.70	5.96	2.20	0.77	0.27	0.1	137.31
$\Delta St$	-	-	-	-66.78	-34.21	-21.63	-8.73	-3.77	-1.42	-0.50	-0.18	137.23
EA	154.67	141.98	156.03	141.96	108.33	48.35	22.91	8.30	15.79	43.60	47.95	172.57
Surplus	230.01	193.04	27.84	-22.65	-54.87	-99.87	-112.41	-130.32	-138.65	-141.56	-152.68	-59.80
RO	115.01	154.02										

Sumber : Hasil analisis, 2017

Meski daya dukung pangan dan air tidak berkelanjutan, tetapi masyarakat dengan kearifannya mampu untuk memanfaatkan sumberdaya agar tetap bertahan. Mereka menanam terutama untuk makan, pada umumnya jagung ada kelebihan bisa dijual. Diakhir musim tanam mereka menanam singkong dan membiarkannya di kebun, sebab singkong dapat bertahan lama di masa kekeringan, ini menjadi salah satu sumber makanan manusia maupun ternak. Terdapat 78.57 % keluarga petani punya ternak (Babi, Kambing, Ayam) ternak menjadi cadangan saat kebutuhan mendesak. Dahulu mereka makan buah

pohon “keam” di hutan saat kelaparan, hutan keam berada di tengah kota dan saat ini lestari. Mereka juga mengolah tanah lahan kering menjadi batu bata saat musim kering, di depan kota terbentang teluk yang cukup menjanjikan tetapi mereka hanya suka “berkarang” (aktivitas menangkap siput di dalam pasir) cerita 15 tahun lalu mereka menunggu ikan-ikan kecil melompat ke darat saat dikejar ikan besar, kemudian memungutnya untuk dijadikan makanan, aktivitas lainnya adalah iris tuak (minuman tradisional dari sadahan buah pohon lontar) untuk dijual.

Tabel 9. Perbandingan kebutuhan dan ketersediaan air di Lewoleba

Uraian	Unit (Satuan)	Debit (M3/Tahun)
Luas Lahan Kota	3,686.53 ha	
Luas Lahan Sub Das Waikomo Perkotaan Lewoleba	726.42 ha	
<b>Ketersediaan Air :</b>		
Run Off Waikomo (Januari, Februari)	0.27 m/tahun	1,961,334.00
<b>Ketersediaan Air (SLa)</b>		<b>1,961,334.00</b>
<b>Kebutuhan Air :</b>		
Permukiman	547.40 ha	177,357.60
Perkantoran	36.21 ha	6,228.12
Perdagangan & jasa	44.68 ha	35,744.00
Fasilitas umum	97.87 ha	16,833.64
Kebun	1,310.89 ha	2,034,501.28
Sawah	48.9 ha	75,892.80
Industri	1.47 ha	32,006.31
<b>Kebutuhan Air (DLa)</b>		<b>2,378,563.75</b>
<b>SLa &lt; DLa</b>		<b>-417,229.75</b>

Sumber : Hasil analisis, 2017

Dengan mempertimbangkan hal-hal di atas Lewoleba dapat didesain berkelanjutan. Berkelanjutan bukan berarti tanpa batas, batasnya adalah daya dukung alami maksimal, dalam penelitian ini air menjadi faktor pembatas pertumbuhan pengembangan kota. Jika kondisi ketersediaan air masih seperti saat ini, kapasitas tampung kota hanya mampu 2 kali lipat dari saat ini. Mendisain pengembangan kota yang sejalan dengan kemampuan daya dukung lingkungan sesungguhnya menciptakan kota yang berkelanjutan, terhindar dari krisis lingkungan perkotaan. Desain kota yang berkelanjutan memainkan peran katalitik untuk perubahan dan peningkatan kualitas lingkungan (Leyzerova *et al.* 2016).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini disimpulkan bahwa: (1) Kemampuan lahan kawasan perkotaan Lewoleba 91.73 % memiliki daya dukung yang baik untuk kegiatan perkotaan, dari 91.73 % tersebut 48.97 % atau 1,660.14 ha berpotensi dikembangkan pertanian perkotaan untuk mendukung ketahanan pangan perkotaan. (2) Perkembangan pemanfaatan lahan aktual masih selaras dengan daya dukung, namun ditemukan 386.53 ha pemanfaatan lahan aktual yang berada pada kemampuan lahan rendah, yaitu pemanfaatan pertanian di lahan kelas V yang memiliki hambatan batuan permukaan. (3) Ketersediaan lahan berdasarkan kemampuan memproduksi bahan pangan adalah

sebesar 2,236.12 ha sedangkan kebutuhan lahan untuk hidup layak penduduk adalah sebesar 11,453.10 ha atau mengalami defisit sebesar 9,216.98 ha. Dari sisi ketersediaan air menunjukkan angka yang defisit antara curah hujan dengan evapotranspirasi sebesar -461.91 mm/tahun, pengaruh penggunaan lahan dan kedalaman tanah hanya mampu menahan cadangan kelembapan tanah pada bulan Januari-Juli. Ada potensi ketersediaan yang besar di bulan Januari-Februari namun potensi ini belum dimanfaatkan secara maksimal, sehingga perbandingan antara kebutuhan dan ketersediaan air defisit sebesar -417.229,75 m<sup>3</sup>/tahun.

#### Daftar Pustaka

- [1] [BMKG SKK] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Kupang, 2017. Data Suhu Udara dan Curah Hujan Bulanan Meteorologi Larantuka. Kupang. BMKG SKK.
- [2] [Dinas PU KL] Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Lembata, 2012. Penyelidikan Geologi Lingkungan Perkotaan Kota Lewoleba - Lembata - NTT. Lewoleba: Dinas PU KL.
- [3] [PDAM KL] Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Lembata, 2016. Laporan Tahunan PDAM Tahun 2016. Lewoleba. PDAM KL.
- [4] [WCED] World Commission on Environment and Development, 1987. Our Common Future. Oslo, United Nations.
- [5] Aba F.X.L., O.M. Yussof, S.B. Mohd, 2015. Analysis of Economic Structure in Poverty Eradication in The Province of East Nusa Tenggara Indonesia. *Procedia-Soc. Behav. Sci.* 211,

- pp.81-88.
- [6] Abernethy, V.D., 2001. Carrying capacity : The tradition and policy implications of limits. *Ethics Sci. Environ. Polit.* 23, pp. 9-18.
- [7] Ardiwijaya, V.S., T.P. Soemardi, E. Suganda, YA. Temenggung, 2014. Bandung Urban Sprawl and Idle Land: Spatial Environmental Perspectives. *APCBEE Procedia* 10, pp. 208–213.
- [8] Arsyad, S., 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor, IPB Press.
- [9] Barron, O.V., A.D. Barr, M.J. Donn, 2013. Effect of urbanisation on the water balance of a catchment with shallow groundwater. *J. Hydrol.* 485, pp.162–176.
- [10] Beer A.R., C. Higgins, 2000. *Environmental planning for site development: a manual for sustainable local planning and design*. London, E&FN Spon in an imprint of the Taylor & Francis Group.
- [11] Hardjowigeno, S., Widiatmaka, 2011. *Evaluasi Keseuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan*. Yogyakarta, Gadjahmada University Press.
- [12] Indraprahasta, G.S., 2013. The Potential of Urban Agriculture Development in Jakarta. *Procedia Environ. Sci.* 17, pp.11–19.
- [13] Kumar, A., Pushplata, 2013. Building regulations for environmental protection in Indian hill towns. *Int. J. Sustain. Built Environ.* 2, pp. 224–231.
- [14] Kusumandari, A, P. Nugroho, 2015. Land Capability Analysis Based on Hydrology and Soil Characteristics for Watershed Rehabilitation. *Procedia Environ. Sci.* 28, pp.142–147.
- [15] Leyzerova, A., E. Sharovarova, V. Alekhin, 2016. Sustainable Strategies of Urban Planning. *Procedia Eng.* 150:2055–2061.
- [16] Liu, H., 2012. Comprehensive carrying capacity of the urban agglomeration in the Yangtze River Delta, China. *Habitat Int.* 36:462–470.
- [17] McLaughlin, D., 2015. Food security and sustainable resource management. *Water Resour. Res.* 51, pp. 4966–4985.
- [18] Millán, E.N., S. Goirán, J.N. Aranibar, E.M. Bringa, 2017. Livestock Settlement Dynamics in Drylands: Model application in the Monte desert (Mendoza, Argentina). *Ecol. Inform.* 39, pp. 84–98.
- [19] Nazemi, A., K. Madani, 2017. Urban Water Security: Emerging Discussion and Remaining Challenges. *Sustain. Cities Soc.* 6707.
- [20] Nicolai-Shaw, N., J. Zscheischler, M. Hirschi, L. Gudmundsson, SI. Seneviratne, 2017. A drought event composite analysis using satellite remote-sensing based soil moisture. *Remote Sens. Environ.*
- [21] Nurliani, I. Rosada, 2016. Rice-field Conversion and its Impact on Food Availability. *Agric. Agric. Sci. Procedia.* 9, pp. 40–46.
- [22] Oh, K., Y. Jeong, D. Lee, W. Lee, J. Choi, 2005. Determining development density using the Urban Carrying Capacity Assessment System. *Landsc. Urban Plan.* 73, 1-15.
- [23] Peng, J., J. Ma, Y. Du, L. Zhang, X. Hu, 2016. Ecological suitability evaluation for mountainous area development based on conceptual model of landscape structure, function, and dynamics. *Ecol. Indic.* 61, pp. 500–511.
- [24] Phuc, N.Q., A.C.M. van Westen, A. Zoomers, 2014. Agricultural land for urban development: The process of land conversion in Central Vietnam. *Habitat Int.* 41, pp.1–7.
- [25] Qi, Y., T. Wu, J. He, D. King, 2013. China's carbon conundrum. *Nat. Publ. Gr.* 6, pp. 507–509.
- [26] Rustiadi, E., B. Barus, Prastowo, La Ode S Imam, 2010. *Pengembangan Pedoman Evaluasi Pemanfaatan Ruang; Penyempurnaan Lampiran Permen LH 17/2009*. Bogor, P4W - IPB.
- [27] Santoso, P.B.K., Widiatmaka, S. Sabiham, Machfud, I.W. Rusastra, 2017. Analisis Pola Konversi Lahan Sawah dan Struktur Hubungan Penyebab dan Pencegahannya (Studi Kasus Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat). *J. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkung.* 7, pp.184–194.
- [28] Shen, L.Y., J. Jorge Ochoa, M.N. Shah, X. Zhang, 2011. The application of urban sustainability indicators - A comparison between various practices. *Habitat Int.* 35, pp.17–29.
- [29] Siubelan Y.C.W., K. Murtalaksono, D.P. Lubis, 2015. Dinamika Keruangan Pesisir Kota Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur. *J. Pengelolaan Sumberd. Alam dan Lingkung.* 5, pp.71–78.
- [30] Sudirman, S., 2012. Valuasi Ekonomi Dampak Konversi Lahan Pertanian di Pinggiran Kota Yogyakarta. *Agrika.* 6, pp.103–125.
- [31] Thornthwaite, C., J. Mather, 1957. *Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance*. Centerton. Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology.
- [32] Verbeiren, B., T. Van De Voorde, F. Canters, M. Binard, Y. Cornet, O. Batelaan, 2012. Assessing urbanisation effects on rainfall-runoff using a remote sensing supported modelling strategy. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 21, pp. 92–102.
- [33] Widiatmaka, W. Ambarwulan, M.Y.J. Purwanto, Y. Setiawan, H. Effendi, 2015. Daya Dukung Lingkungan Berbasis Kemampuan Lahan Di Tuban, Jawa Timur. *Mns. dan Lingkung.* 22, pp.247–259.
- [34] Xu, K, C. Kong, J. Li, L. Zhang, C. Wu, 2011. Suitability evaluation of urban construction land based on geo-environmental factors of Hangzhou, China. *Comput. Geosci.* 37, pp. 992–1002.
- [35] Yang, R., Q. Xu, H. Long, 2016. Spatial distribution characteristics and optimized reconstruction analysis of China's rural settlements during the process of rapid urbanization. *J. Rural Stud.* 47, pp.413–424.
- [36] Zhu, C.Q., H.F. Liu, X. Wang, Q.S. Meng, R. Wang, 2017. Engineering geotechnical investigation for coral reef site of the cross-sea bridge between Malé and Airport Island. *Ocean Eng.* 146, pp.298–310.