

Geologi lingkungan dan fenomena kars sebagai arahan pengembangan wilayah perkotaan Kupang, Nusa Tenggara Timur

Alwin Darmawan dan Heru A. Lastiadi

Pusat Lingkungan Geologi, Badan Geologi
Jln. Diponegoro 57 Bandung 40122

SARI

Ibu Kota Provinsi Nusa Tenggara Timur, Kupang tengah berbenah memperluas wilayah perkotaan. Suatu hal yang tidak mudah dilaksanakan karena hampir seluruh Kota Kupang dan daerah pengembangannya berdiri di atas batuan gamping (kars). Permasalahannya adalah kawasan kars memiliki fungsi hidrologi, proses geologi, keberadaan flora-fauna, dan nilai-nilai budaya. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian geologi lingkungan untuk mengoptimalkan manfaat dan perlindungan kawasan kars. Metode penelitian dilakukan secara deskriptif untuk mengetahui kesesuaian penggunaan lahan di kawasan kars. Kondisi bentang alam Kota Kupang berupa bentang alam yang mempunyai puncak hampir datar (punggungan menyerupai morfologi plato) memanjang utara-selatan. keberadaan punggungan plato tersebut diduga sebagai sumbu lipatan maupun jalur sesar. Selain itu wilayah Kota Kupang dan sekitarnya terdiri atas tiga mintakat, masing-masing adalah mintakat holokars, mintakat mesokars, dan mintakat non kars. Berdasarkan hasil analisis, ketiganya menjadi acuan dalam pengembangan wilayah perkotaan yang sedang dikembangkan.

Kata kunci: Batuan gamping (kars), morfologi plato, holokars, mesokars, non kars

ABSTRACT

Kupang as the Capital city of East Nusa Tenggara Province, has been preparing to extend its urban area. It is not an easy thing to do, because almost the whole area of Kupang and its developing urban area are built above limestone (karst) rocks. The problems are karst area possesses function of geological process, the existence of flora and fauna, and cultural value. That is why a research of environmental geology to optimize the advantage and karst conservation area. A descriptive research method is applied to know the adaption of land use in karst area. The landscape condition of Kupang city is a plateau like morphology stretches in North-south trend. This plateau probably as an axis of fold or a fault line. More over, the Kupang city area and the surrounding consists of three terrain, they are holokarst terrain, mezokarst terrain, and non karstic terrain. Based on analysis result, three of them become a reference in developing urban areas.

Keywords: Karst, morphological plateau, holokarst, mezokarst, non karstic terrain

PENDAHULUAN

Pengembangan perkotaan di wilayah pesisir berbatuan karbonat di Indonesia selayaknya mendapat perhatian yang lebih besar, karena wilayah ini tersebar mulai dari Sumatera hingga Papua. Jika dijumlahkan luasnya kemungkinan lebih sepertiga dari luas sebaran keseluruhan batuan karbonat yang mencapai 154.000 km² (Surono dr., 1999, di dalam Samodra, 2001). Berdasarkan keragaman karakteristik dan potensi sumber daya pada kawasan pesisir dan pulau-pulau kecil berbatuan karbonat di Indonesia, maka diperlukan upaya yang khas dan berbeda dalam pengembangan kawasan. Secara khusus harus mempertimbangkan gejala karsifikasi yang ada di wilayah tersebut (Haryono, 2000). Hampir 25% penduduk bumi hidup di wilayah kars, karena di samping bentuk morfologi yang indah, wilayah kars mengandung berbagai sumber daya antara lain sumber air serta bahan tambang seperti batu gamping, mineral, dan lain-lain. Di Amerika Serikat banyak lokasi permukiman yang berada di kawasan kars, misalnya St. Louis, Nashville, Birmingham, dan Austin (LaMoreaux, 1993).

Sifat fisik batu gamping yang berrongga-rongga atau mempunyai sistem perguaan yang letaknya dekat permukaan merupakan permasalahan bagi kestabilan bangunan sipil di atasnya. Jika letak bangunan tidak bisa dipindahkan, dalam artian bahwa suatu wilayah tersebut sudah terbangun, maka perlu dilakukan kajian geologi untuk memetakan sebaran kekar, rongga bawah tanah atau gua yang ada di permukaan.

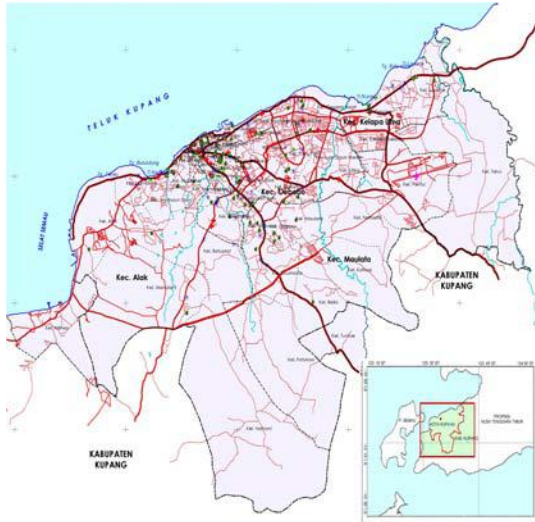
LaMoreaux (1993) berpendapat bahwa sejak kawasan kars dijadikan sebagai tempat bermukim, banyak timbul permasalahan, seperti terjadinya pencemaran pada sumber air, berkurangnya aliran air yang mengalir di permukaan, serta adanya kemungkinan terjadi bencana gerakan tanah dan amblesan tanah (*land subsidence*). Khususnya dalam mengantisipasi adanya potensi bencana amblesan tanah, diperlukan kajian mengenai terjadinya rongga-rongga pada batuan, sebagai bahan untuk pertimbangan teknis dalam meningkatkan daya dukung lahan bagi pembangunan fisik.

Di satu sisi pembangunan harus tetap dilaksanakan, tetapi di lain pihak keberadaan kars juga perlu mendapat perhatian dan perlakuan khusus. Hal ini memerlukan upaya untuk pen-sinergian agar semua kepentingan dapat saling mendukung. Upaya tersebut berupa kajian yang spesifik untuk mendapatkan data dan informasi sebagai dasar dalam menentukan arah kebijakan terkait pengembangan wilayah kota, sehingga dapat mengurangi timbulnya permasalahan lingkungan.

Sehubungan dengan permasalahan tersebut, tulisan ini bertujuan untuk menyajikan data dan informasi geologi lingkungan Kota Kupang, dalam rangka mengoptimalkan penggunaan lokasi dan perlindungan kawasan kars.

Kupang sebagai ibu kota provinsi yang pada saat ini sedang giat melaksanakan pembangunan di berbagai bidang, lokasinya berada di atas perbukitan yang memiliki fenomena bentang alam kars serta panorama yang indah karena dapat langsung memandang ke arah laut diambil sebagai contoh kajian. Dengan

demikian pemecahan masalah pada lokasi contoh (Gambar 1) ini diharapkan dapat diterapkan di wilayah perkotaan yang berada di atas batuan karbonat lainnya di Indonesia.



Gambar 1. Peta Kota Kupang sebagai lokasi.

Metode yang dilakukan dalam kajian ini adalah mempelajari laporan dan makalah hasil studi terdahulu, penafsiran peta topografi skala 1:50.000, serta mempelajari Peta Geologi Lembar Kupang-Atambua, Timor, skala 1:250.000 (Rosidi dan Tjokrosapoetro, 1996).

KAWASAN KARS DAN PENGEMBANGAN WILAYAH KOTA

Terbentuknya bentang alam kars pada bagian permukaan menurut beberapa ahli di antaranya Selby (1985), menyatakan bahwa bentuk tersebut sifatnya bertingkat dan saling berkaitan. Proses terbentuknya eksokars dipengaruhi oleh jenis kenampakan bentuk minor yang disebabkan oleh pelarutan dan

bentuk mayor yang disebabkan oleh depressi, fluvial dan bentukan endokars (gua, sungai bawah tanah dll). Gejala tersebut antara lain diwujudkan dalam bentuk bukit-bukit tunggal, pematang bukit, lekuk-lekuk lembah (*dolina*, *polje*, *uvala*), mata air, serta menghilangnya sungai permukaan ke dalam tanah melalui lubang lari (*sink*) atau mulut gua. Pematang plato tersebut merupakan sumbu lipatan yang tersesarkan dan bertindak sebagai pembatas aliran air (*watershed*). Wilayah pada morfologi demikian pada dasarnya masih cukup sesuai untuk pengembangan wilayah perkotaan.

Haryono (2000), berpendapat bahwa dari hasil penyelidikan diperoleh karakteristik kawasan kars, yaitu meliputi karsifikasi dan bentuk-bentuk yang dihasilkan, perilaku keairan (hidrologi dan hidrogeologi), permasalahan kestabilan dan daya dukung. Informasi tingkat karsifikasi pada suatu wilayah dapat dijadikan data dasar dan pertimbangan untuk arahan pengembangan wilayah perkotaan. Tingkat karsifikasi terdiri atas tiga, yaitu mintakat holokars (kars berkembang baik, hampir semua ciri-ciri kars dapat dijumpai), sehingga merupakan wilayah yang berfungsi lindung, kedua adalah mintakat mesokars (kars tidak berkembang dengan baik, kenampakan kars jarang dijumpai), sehingga merupakan wilayah yang berfungsi sebagai penyangga (dapat dilakukan kegiatan yang merubah bentang alam dengan persyaratan ketat), dan yang ketiga adalah mintakat non kars (batuan karbonat tidak mempunyai ciri-ciri kars), sehingga merupakan wilayah yang berfungsi budidaya. Sejalan dengan berkembangnya pendapat para ahli mengenai pentingnya pengelolaan

kawasan kars, maka terbit Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, Nomor 1456.K/20/MEM/2000 tanggal 3 November 2000 tentang Pedoman Pengelolaan Kawasan Kars. Keputusan Menteri ini untuk mengoptimalkan manfaat kawasan kars, sehingga dapat meningkatkan upaya perlindungan kawasan kars yang memiliki arti penting dalam melestarikan fungsi hidrologi, proses geologi, keberadaan flora-fauna serta nilai-nilai sejarah dan budaya. Dalam surat keputusan tersebut kawasan kars diklasifikasikan menjadi 3 kelas, yaitu Kawasan Kars Kelas I, kawasan ini tidak diperbolehkan mengubah atau merusak morfologi dan fungsi kawasan kars, Kawasan Kars Kelas II, yaitu kawasan yang diperbolehkan kegiatan pertambangan dengan pertimbangan ketat, Kawasan Kars Kelas III memberi peluang yang memperbolehkan berbagai kegiatan. Upaya klasifikasi kawasan kars tersebut merupakan bagian dari pengelolaan kawasan kars.

Berdasarkan pada Prosedur Kerja Baku tentang Penyelidikan Geologi Lingkungan Perkotaan, Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, DESDM, 2001, menetapkan bahwa Kawasan Kars Kelas II dan Kelas III (di luar kawasan kars yang berfungsi lindung), harus dilakukan analisis geologi lingkungan. Analisis yang dikaji adalah komponen geologi dan non geologi. Komponen geologi menganalisis hidrologi/hidrogeologi, daya dukung dan kestabilan tanah/batuan serta kebencanaan, sedangkan komponen non geologi berupa penggunaan lahan eksisting, meliputi Rencana Tata Ruang Wilayah, peruntukan pariwisata, obyek budaya/agama, kawasan yang berfungsi lin-

dung, dan lain-lain. Informasi dari hasil analisis (digambarkan pada satuan geologi lingkungan) tersebut digunakan sebagai bahan penyusunan rekomendasi penggunaan lahan kawasan kars dalam rangka pengembangan wilayah perkotaan.

Mengacu pada hasil kajian PT. Studio Cilaki Empat Lima (2009), di dalam kerangka perencanaan pengembangan wilayah (termasuk perkotaan) berisi arahan kebijakan pengembangan wilayah yang berdasarkan pada konsep perencanaan wilayah berbasis zona pengembangan yang mempertahankan bentuk fisik (karakter fisik) dan luasan ruang terbuka hijau dari kota secara gradasi hingga ke desa (*Transect-Based Planning*). Secara prinsip dari konsep pengembangan wilayah tersebut tercermin dari perubahan penggunaan lahan, yaitu berupa zona-zona kawasan perkotaan, yang terdiri dari kawasan khusus, zona kota, zona pusat kota, zona pinggiran kota, zona pedesaan, dan zona alami. Kawasan khusus diperuntukkan kegiatan yang sifatnya sangat mendesak untuk keperluan yang penting karena mempunyai nilai ekonomi dan strategis, seperti antara lain kawasan industri (karena lokasinya dekat dengan lokasi sumber daya sebagai bahan baku), kawasan pelabuhan/bandara (internasional) maupun instalasi untuk pertahanan dan keamanan negara (kompleks militer).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi dan Kerangka Tektonik

Laut Timor hingga lepas pantai barat laut Australia secara fisiografis termasuk ke dalam Cekungan Bonaparte dan bagian utara dari

Cekungan Browse. Di bagian utara dari kedua cekungan tersebut terdapat jalur Palung Timor yang merupakan zona subduksi, sehingga mengakibatkan wilayah Pulau Timor mengalami pengangkatan (Hardjono, dan Satoto, 1996). Disamping itu, berdasarkan pada karakteristik seismotektoniknya, wilayah Pulau Timor termasuk pada Zona Busur Sangat Aktif dan Tepian Benua Aktif (Beca Carter, Holling dan Ferner, 1979,).

Menurut Rosidi, dan Tjokrosapoetro (1979), proses tektonik akibat dari penunjaman yang terjadi dari pergerakan Lempeng Indo Australia, posisi Laut Timor adalah jalur subduksi ke arah utara, mengakibatkan Kepulauan Timor, sebagai lempeng benua, mengalami pengangkatan, perlipatan, dan pensesaran. Kegiatan tektonik yang berlangsung saat ini dicirikan dengan kejadian gempa tektonik yang melanda daerah pedalaman, akibat dari aktifnya sesar-sesar yang terdapat di perbukitan sekitar Kota Kupang.

Selanjutnya diinformasikan bahwa terdapat lokasi di bagian barat Pulau Timor mengalami pengangkatan setinggi 0,37 - 0,70 mm per tahun, sedangkan di bagian tengah Pulau Timor mengalami pengangkatan hingga 3,3 mm per tahun.

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Kupang-Atambua, Timor, skala 1 : 250.000 (Rosidi dan Tjokrosapoetro, 1996), diuraikan sebagai berikut:

a. Kompleks Bobonaro, terdiri atas dua bagian. Bagian pertama adalah batu lempung bersisik dan bongkah-bongkah rijang, dan yang kedua adalah batuan ultra basa dan batu

gamping dengan berbagai ukuran yang tertanam pada masa batu lempung. Kompleks ini tersebar berupa perbukitan rendah sekitar Manulai, Maulata-Kohlua, dan di bagian selatan Nainoni-Fatukoa.

b. Formasi Noele, terdiri dari napal berselingan dengan batu pasir, konglomerat, dan tufa. Pada batu pasir menunjukkan perlapisan, konglomerat terdiri dari rombakan batuan malihan dan batu lempung, sedangkan tufa mempunyai perlapisan sejajar dan dijumpai *konvolut*. Formasi ini tersebar di sekitar Manulai, Nainoni-Fatukoa dan Tarus.

c. Satuan Batu Gamping Koral, berupa batu gamping koral yang bagian bawahnya terdapat batu gamping klastik, perlapisan hampir datar dengan kemiringan $< 5^\circ$. Satuan ini tersebar luas, meliputi daerah Kecamatan Alak (Tenau, Alak, Manulai, dan Nitnea), Kecamatan Oebobo (pusat Kota Kupang) dan kearah timur meliputi Kecamatan Kelapa Lima.

d. Aluvium, berupa endapan sungai dan endapan pantai. Penyebarannya hingga ke pantai utara, sekitar Oesapa dan Lasiana (Kecamatan Kelapa Lima).

Struktur Geologi dan Fenomena Kars

Hampir seluruh Kota Kupang berada di atas bentang alam kars yang berpuncak hampir datar, punggung batu gamping mirip morfologi plato, yang memanjang dengan arah utara-selatan. Di antara punggung tersebut dibatasi oleh lembah sungai yang landai-agak terjal.

Di sebelah barat Kota Kupang, seperti daerah antara Tenau dan Bolok (Gambar 7), punggung tersebut mempunyai perbedaan ketinggian (elevasi) yang cukup besar dengan dataran pantai di sebelah utaranya, dan di samping itu dibatasi oleh tebing yang agak terjal hingga terjal. Sementara itu Praptisih (1996), mengemukakan bahwa batu gamping terumbu koral di daerah Kota Kupang membentuk morfologi perbukitan memanjang (hampir utara-selatan), seperti di daerah Tenau mempunyai ketinggian wilayah kira-kira 75 m dpl.

Keberadaan struktur geologi Kota Kupang tidak dapat dipisahkan dengan proses tektonik yang sedang berlangsung. Indikasinya adalah batuan yang terlipat, sesar mendatar, sesar normal, dan sesar naik, (Rosidi, dan Tjokrosapoetro, 1979). Diduga keberadaan punggung yang berpuncak hampir datar tersebut merupakan sumbu lipatan maupun jalur sesar.

Pada bagian lereng dan lembah punggung batu gamping di daerah Manulai-Batuplat dan Kohlua, terdapat singkapan napal dan batu lempung (batuan yang berumur lebih tua), diperkirakan karena daerah tersebut dilalui oleh sesar mendatar berarah utara-selatan.

Perbukitan di dekat pelabuhan Tenau, morfologinya merupakan satu seri teras yang terdiri dari tujuh teras dan satu teras modern yang mempunyai umur Plistosen Akhir (Praptisih, 1996). Teras-teras tersebut lebarnya antara 30-100 m dengan tinggi teras antara 2,8 - 72,5 m. Proses pembentukan teras (Gambar 7) adalah indikasi dari pengangkatan maupun pengaruh sesar (baratlaut-tenggara) yang ada di daerah Tenau yang erat kaitannya dengan

dinamika tektonik.

Pedataran aluvium (pantai dan sungai), dari sebelah utara Kota Kupang meluas ke arah timur hingga aliran sungai Matahitu dan Tilonlong, diperkirakan merupakan daerah depresi akibat dari pengaruh sesar mendatar (*dextral*), yang arahnya hampir barat-timur. Jalur sesar tersebut memanjang dari wilayah sebelah timur (di luar Kota Kupang) hingga Tanjung Oesapa dan daerah pantai Kota Kupang. Wilayah ini akan semakin tidak stabil, terlebih lagi apabila sesar mendatar (*dextral*) tersebut merupakan sesar aktif yang memungkinkan terakumulasinya pusat gempa. Seperti halnya kejadian gempa bumi tahun 1976 dan 1978, teridentifikasi adanya retakan di permukaan akibat dari pengangkatan dan penurunan tegak di wilayah tersebut (Rosidi, dan Tjokrosapoetro, 1979).

Berdasarkan pengamatan terhadap sebaran jalur sesar, berturut-turut dari barat ke timur, arahnya timurlaut-baratdaya, baratlaut-tenggara, hampir utara-selatan, dan di bagian timur terdapat sesar yang arahnya baratlaut-tenggara. Jalur-jalur sesar tersebut hampir melingkar dan menggambarkan bentuk konsentrik, yang mengindikasikan suatu bentuk cekungan, mencakup daerah Bakunase, Naikolan dan Sikumana (Kecamatan Oebobo dan Maulafa). Di daerah tersebut dijumpai endapan lempung hitam, ciri khas endapan danau, sehingga merupakan cekungan dari dolina/kompleks dolina atau telaga.

Di bagian barat daerah cekungan, dari Kota Kupang ke arah selatan melalui Manulai, terdapat jalur sesar mendatar (*sinistral*) yang berarah hampir utara-selatan. Jalur sesar

tersebut membentuk pematang bukit dan diperkirakan merupakan batas dari cekungan tersebut menyebabkan tersingkapnya napal dan batu lempung ke permukaan. Akibatnya lebuah jauh adalah daerah tersebut mudah terjadi erosi dan gerakan tanah yang intensif.

Dari kenampakan di lapangan, semakin ke arah timur, wilayah Kecamatan Kelapa Lima, batu gamping telah mengalami pelapukan cukup lanjut, sehingga tertutup oleh tanah pelapukan (terarosa) yang tebal, dan di banyak tempat pada lembah terdapat bahan rombakan maupun sisa erosi.

Mintakat Batu Gamping

Pembagian mintakat batu gamping (Haryono, 2000), dilakukan berdasarkan analisis terhadap sebaran dan kondisi batu gamping, jalur sesar, dan gejala geologi lainnya. Dapat disimpulkan bahwa sebaran batu gamping di sekitar Kota Kupang dapat dibagi menjadi tiga mintakat. Yang pertama adalah mintakat holokars, dibandingkan dengan Kawasan Kars Kelas I, berada di sekitar Tenau hingga Bolok, dan Nainoni (Kecamatan Alak). Di Tenau terdapat seri teras batu gamping yang terdiri dari satu teras modern yang masih berada di bawah muka air laut (sedang berlangsung pembentukannya) dan tujuh teras lainnya telah mengalami pengangkatan menjadi bentuk teras di perbukitan (Praptisih, 1996). Batu gamping ini terdiri dari tiga jenis, yaitu *boundstone*, *packstone*, dan *framstone*, yang terendapkan pada *facies organic reef of platform margin (organic built up)* dengan bentuk *barrier reef*. Ketebalan batu gamping terumbu berkisar 22 - 41 m. Gamping ini mempunyai mutu yang cukup baik sebagai bahan baku industri semen

dengan kadar CaO lebih besar dari 50% dan MgO kurang dari 1%. Yang kedua adalah mintakat mesokars, dibandingkan dengan Kawasan Kars Kelas II, berada di sebelah timur dari mintakat holokars dibatasi oleh kompleks sesar. Secara morfologi mintakat ini terdiri dari bentuk bukit tunggal hingga pematang bukit, dengan batu gamping yang melapuk tinggi dan tererosi kuat. Di beberapa tempat merupakan perbukitan yang tersusun oleh bahan rombakan batu gamping, dan pada bagian kaki lerengnya terdapat mata air. Mintakat kedua ini meliputi daerah Oebobo, Kayu Putih, dan Liliba (Kecamatan Oebobo), Naimata, Kohlua, dan Bello (Kecamatan Maulafa), serta Oesapa (Kecamatan Kelapa Lima). Sebagian besar wilayahnya sudah merupakan daerah terbangun dan daerah pinggiran kota. Mintakat ketiga adalah mintakat non kars, dibandingkan dengan Kawasan Kars Kelas III, berada di daerah Bakunase, Naikoken, Sikumanis (Kecamatan Oebobo dan Maulata), dan di daerah Lasiana, Pentui, dan Tarus (Kecamatan Kelapa Lima). Secara umum wilayah ini telah tertutup oleh tanah lapukan yang cukup tebal (terarosa), serta bahan rombakan batu gamping. Sementara itu di daerah Kecamatan Oebobo dan Maulata terdapat endapan lempung hitam yang merupakan ciri khas endapan danau.

Geologi Lingkungan

Berdasarkan morfologi dan batuan penyusunnya, disusun Satuan Geologi Lingkungan (SGL), yaitu Pedataran aluvium, Pedataran berombak lempung hitam dan terarosa, Perbukitan rendah batu gamping, Perbukitan kars, dan Perbukitan napal dan batu lempung

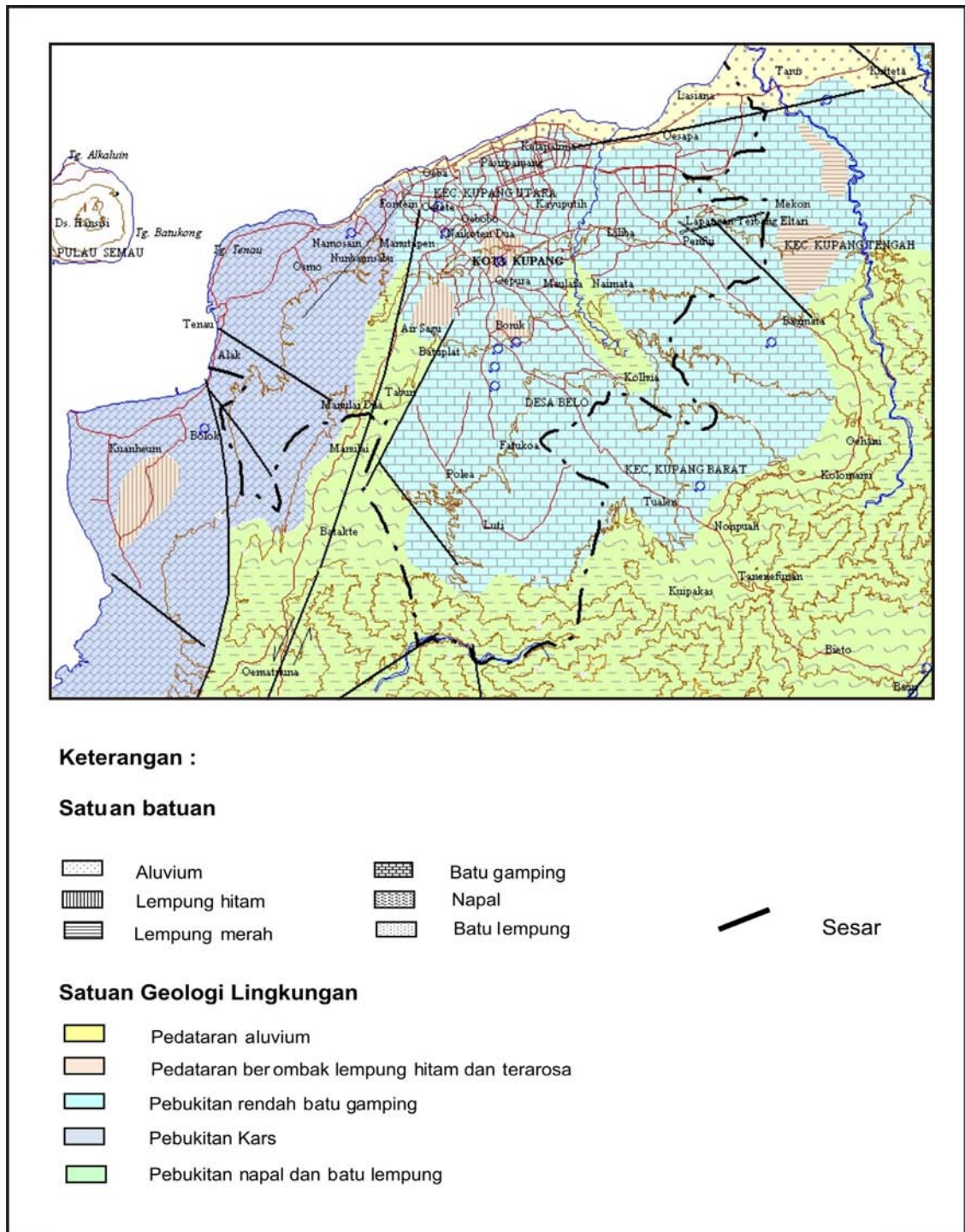
(Lastiadi, drr., 2003), sebagaimana terlihat pada Gambar 2.

Pedataran Aluvium; Wilayah ini relatif sempit, kemiringan lerengnya $< 5\%$, dan ketinggian wilayah berkisar 0,0 - 50,0 m dpl. meliputi wilayah Namosain (Kecamatan Alak), Nunhila, Bonpoe, Tode Kisar, dan Pasir Panjang (Kecamatan Oebobo), dan Kelapa Lima, Oesapa dan Lasiana (Kecamatan Kelapa Lima). Di daerah sekitar Tanjung Namosain pada tepian pantainya terdapat endapan terumbu koral. Endapan aluvial ini berupa pasir berbutir halus-sangat kasar, bercampur fragmen pecahan koral dan cangkang kerang, belum mengalami kompaksi seperti terlihat pada Gambar 3. Kedalaman air tanah bebas sangat dangkal sampai dangkal (1,0 - 3,0 m). Daerah antara Oesapa-Lasiana, diperkirakan sebagai daerah depresi (dipengaruhi sesar), sehingga sering terlanda banjir pada musim hujan maupun pada saat pasang air laut. Di samping itu daerah ini rawan terlanda gempa bumi karena lapisan tanah berpotensi mengalami likuifaksi. Daya dukung untuk fondasi bangunan termasuk katagori rendah-tinggi. Pada wilayah sekitar pantai pemompaan air tanah yang berlebihan dapat mengakibatkan intrusi air asin ke arah daratan. Areal hutan bakau dan terumbu karang dapat menjaga abrasi pantai agar tidak meluas.

Pedataran berombak lempung hitam dan terarosa; Satuan Geologi Lingkungan ini merupakan wilayah cekungan yang dikelilingi oleh pematang perbukitan akibat pengaruh sesar-sesar yang berarah barat-timur, baratlaut-tenggara, dan utara-selatan. Kemiringan lerengnya berkisar 5 - 15%

dengan ketinggian wilayah berkisar 50 - 200 m dpl. Wilayah ini meliputi wilayah Baku-nase, Naikoken, dan Sikumanis (Kecamatan Oebobo dan Maulafa) dan Lasiana, Pentui, dan Tarus (Kecamatan Kelapa Lima). Satuan ini tersusun oleh tanah lempung hitam dan tanah pelapukan batu gamping (terarosa), bersifat lunak-teguh, plastisitas tinggi dan agak kedap air. Lempung hitam sebagian mempunyai sifat mengembang (*swelling*). Endapan tersebut di bagian permukaan dibatasi oleh lereng yang berbentuk undak-undak batu gamping koral yang melapuk tinggi hingga menengah. Pada bagian tebing dan lembahnya telah mengalami erosi, dikarenakan tanah cukup tebal dan vegetasi penutup sangat kurang. Secara umum potensi air tanah terbatas dengan kedalaman air tanah bebas berkisar 2,0 - 7,0 m, dengan debit berfluktuatif bergantung pada curah hujan. Di beberapa tempat pada lereng atau undak batu gamping terdapat mata air/rembesan air yang debitnya juga tergantung oleh banyaknya curah hujan. Wilayah ini rawan gempa bumi karena disusun oleh tanah yang bersifat lunak dan keberadaan sesar yang dapat teraktifkan pada saat terjadi gempabumi. Daya dukung untuk fondasi bangunan termasuk katagori rendah-tinggi, dan berpotensi terjadi perosakan tanah (*soil settlement*), seperti pada Gambar 4.

Perbukitan rendah batu gamping; Secara umum wilayah perbukitan ini melandai ke utara, kemiringan lerengnya 5-30%, ketinggian wilayah berkisar 20,0-200,0 m dpl. yang meliputi wilayah Oebobo, Kayu Putih, dan Liliba (Kecamatan Oebobo), Naimata dan Kohlua (Kecamatan Maulafa), serta Oesapa (Kecamatan Kelapa Lima). Di permukaan disusun



Gambar 2. Peta Geologi Lingkungan Kota Kupang dan sekitarnya.



Gambar 3. Pedataran aluvium di daerah Tarus.
Foto: Lastiadi, 2003.



Gambar 4. Tanah lunak yang berpotensi perosokan di daerah pedataran berombak, terdiri atas lempung hitam dan terarosa. Foto: Darmawan, 2009.

oleh batu gamping melampar membentuk permukaan yang kasar, bercelah dan berongga, bersifat kompak dan keras, serta mempunyai kemampuan meresapkan air yang cukup tinggi. Di beberapa tempat batu gamping ini berada menumpang di atas napal dan batu lempung bersisik. Pada bagian lembah ditutupi tanah lempung-lanau pasiran berkerikil yang sifatnya lunak-teguh, plastisitas sedang-tinggi, dan kedap air, dengan tebal rata-rata 20 cm. Aliran sungai membentuk pola sub dendritik hingga sub paralel dan hanya berair pada musim hujan. Lembah sungai agak lebar dan tebingnya agak tegak. Di beberapa tempat terdapat torehan akibat proses erosi dan gerakan tanah (Gambar 5).

Secara umum potensi air tanah sangat terbatas dan langka. Air tanah bebas terdapat pada kedalaman 10-20 m dan 60-70 m. Di beberapa tempat dijumpai mata air/rembesan air, karena di bagian bawahnya terdapat lapisan kedap air yang kemungkinan berupa batu gamping itu sendiri, napal, maupun batu lempung (Gam-

bar 6). Mata air debitnya sangat berfluktuatif tergantung pada curah hujan. Terdapat potensi terjadi amblesan tanah (*land subsidence*), karena adanya rongga maupun gua-gua di bawah permukaan tanah. Terutama wilayah di bagian selatan, pada dasarnya merupakan daerah yang berfungsi sebagai daerah resapan dan tangkapan air.

Perbukitan kars; Secara morfologi perbukitan kars merupakan perbukitan batu gamping yang terdiri dari teras dan undak yang bagian puncaknya agak datar dan cukup luas, umumnya melandai ke arah utara. Wilayah ini mempunyai kemiringan lereng 5 - 30%, dengan ketinggian 20,0 - 100,0 m dpl. meliputi Alak-Tenau, dan Manulai (Kecamatan Alak) (Gambar 7). Batu gamping di permukaan masih cukup segar, membentuk permukaan yang kasar, bercelah dan berongga, bersifat kompak dan keras, serta mempunyai kemampuan meresapkan air yang cukup tinggi sehingga diperkirakan dapat membentuk akuifer maupun aliran sungai bawah tanah.



Gambar 5. Lembah yang rentan erosi dan gerakan tanah di Sungai Liliba. Foto: Lastiadi, 2003.

Pada lembah sungai yang agak terjal, terdapat torehan akibat proses erosi dan hanya terairi pada musim hujan. Air tanah dijumpai pada zona tanah lapukan dan debitnya sangat berfluktuatif tergantung pada curah hujan. Wilayah ini juga berpotensi terjadi ambles-



Gambar 6. Mata air di Oesapa. Foto: Lastiadi, 2003.

an tanah (*land subsidence*) karena terdapat rongga maupun gua-gua di bawah permukaan tanah. Sebaiknya wilayah ini hanya difungsikan sebagai daerah resapan dan tangkapan air.

Perbukitan napal dan batu lempung; Secara morfologi, perbukitan ini merupakan pematang perbukitan yang memanjang berarah hampir utara-selatan, bagian atasnya membentuk punggung yang cukup lebar dan diperkirakan dilalui oleh sesar mendatar. Kemiringan lereng berkisar 5 - 30%, dengan ketinggian antara 40,0 - 200,0 m dpl. Wilayah ini meliputi Naikoten (Kecamatan Oebobo), Manulai-Batuplat (Kecamatan Alak), dan Kohlua (Kecamatan Maulafa). Batuan penyusunnya adalah napal berselingan dengan batu pasir, konglomerat, dan tufa. Umumnya bersifat agak padu hingga padu, agak keras, mempunyai kemampuan meresapkan air rata-rata sedang, di beberapa tempat dijumpai napal mudah hancur jika kering dan agak lunak jika basah (jenuh air). Batu lempung bersisik, mengandung bongkah rijang,



Gambar 7. Perbukitan kars di daerah Tenau, inset teras batu gamping. Foto: Lastiadi, 2003.

batuan ultra basa, dan batu gamping, secara umum mempunyai kemampuan meresapkan air rendah-sedang. Di permukaan terdapat tanah lapukan berupa lempung lanauan pasir, bersifat lunak-teguh, plastisitas tinggi, dan hampir kedap air, sebagian bersifat mengembang (*swelling*), dengan tebal rata-rata 20 cm. Wilayah ini mempunyai sungai dengan lembah yang sempit dengan tebingnya agak tegak. Di beberapa tempat dijumpai rembesan air yang debitnya kecil, tergantung pada curah hujan. Di samping itu pada lereng dan lembah terdapat torehan akibat proses erosi dan gerakan tanah.

Arahan Kebijakan Guna Lahan Bagi Pengembangan Wilayah Kota

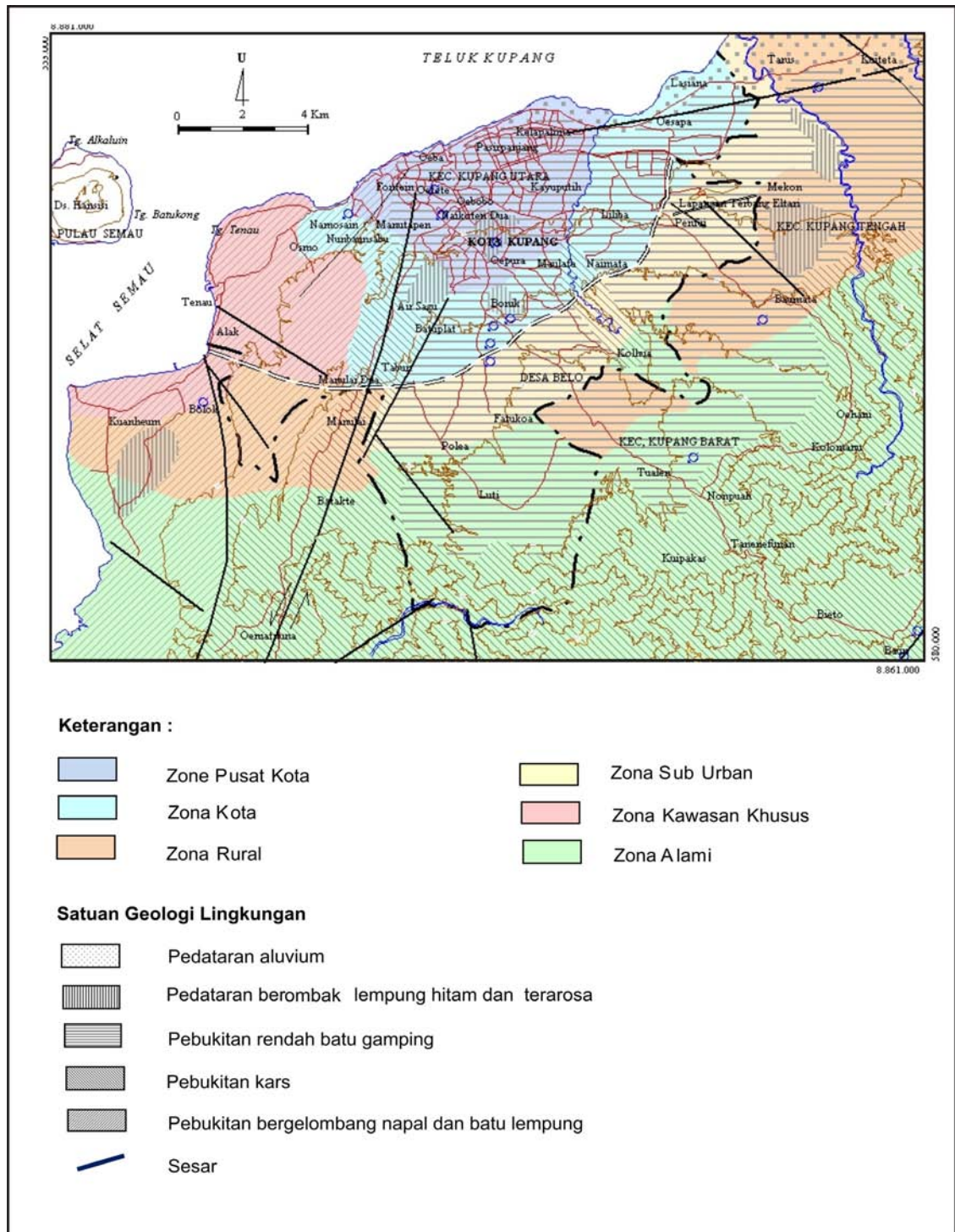
Menurut Haryono (2000), terkait dengan arahan pengembangan wilayah perkotaan, dan berdasarkan pada fungsi utamanya, maka masing-masing mintakat (holokars, mesokars dan non kars) mempunyai karakter arahan pengembangan yang berbeda. Arahan pengembangan bagi mintakat holokars adalah untuk wilayah yang berfungsi sebagai lindung dengan bentang alam dan ekosistem yang harus tetap dipertahankan. Daerah ini dapat difungsikan sebagai kegiatan wisata, pertanian terbatas, dan permukiman terbatas. Mintakat mesokars merupakan wilayah yang berfungsi sebagai penyangga, bentang alamnya dapat dirubah dengan pertimbangan yang ketat, dapat dipergunakan untuk kegiatan pertanian, perikanan, pertambangan, permukiman, dan industri skala kecil. Sedangkan mintakat nonkars sebaiknya difungsikan sebagai budi daya yang semua kegiatan dapat dilakukan. Dengan demikian wilayah yang mempunyai

tingkat keleluasaan untuk dikembangkan adalah sebagian mintakat mesokars dan mintakat non kars.

Konsep perencanaan wilayah berbasis zona pengembangan (PT. Studio Cilaki Empat Lima, 2009), analisisnya berdasarkan pada kondisi eksisting, antara lain wilayah yang telah terbangun, pengembangan kawasan permukiman, keberadaan kawasan industri, serta kecenderungan (prediksi) pengembangan kota. Dengan demikian berturut-turut diperoleh beberapa zonasi, yaitu zona inti kota, zona pusat kota, zona pinggiran kota, zona pedesaan, dan zona alami. Sedangkan untuk kawasan industri (karena lokasinya dekat dengan lokasi sumber daya sebagai bahan baku) dan kawasan pelabuhan dimasukkan pada kawasan khusus.

Zonasi pengembangan wilayah perkotaan, digambarkan melalui Satuan Geologi Lingkungan (SGL) yang dikorelasikan dengan arahan pengembangan wilayah kota berdasarkan pada fungsi utama dari setiap mintakat batu gamping (Haryono, 2000), maka dihasilkan zonasi arahan peruntukan penggunaan lahan untuk dikembangkan (Gambar 8). dengan rincian sebagai berikut di bawah ini.

Pedataran aluvium dalam mintakat Non Kars; Sebagian wilayah sudah terbangun, dan sesuai sebagai zona pusat kota. Perlu adanya pengendalian dan pembatasan perluasan daerah terbangun, dengan cara memperluas kawasan hijau (ruang terbuka hijau/hutan kota) serta memperhatikan daerah sempadan sungai dan pantai.



Gambar 8. Peta Zonasi Arahan Peruntukan Penggunaan Lahan Perkotaan Kupang.

Pedataran berombak lempung hitam dan terarosa dalam mintakat non kars; Sebagian wilayah (secara tidak merata) sudah terbangun, dan sesuai sebagai penyangga zona pusat kota, zona kota maupun zona pinggiran kota. Perlu pengendalian perluasan daerah terbangun, dan sebagai wilayah penyangga dari zona pusat kota diutamakan peruntukannya sebagai kawasan permukiman, komersial, dan jasa dengan memperhatikan drainase (mengendalikan genangan air), memperluas kawasan penghijauan terutama pada lereng dan lembah (mencegah erosi dan gerakan tanah) serta perlindungan mata air.

Perbukitan rendah batu gamping dalam mintakat mesokars; Wilayah ini layak sebagai zona pinggiran kota, zona pedesaan, dan zona alami. Terutama pada zona pinggiran kota, sesuai sebagai kawasan permukiman dengan kepadatan rendah-sedang dengan memperhatikan drainase, dan sebagai kawasan penyangga bagi perluasan zona kota. Perlu perluasan daerah penghijauan untuk

mencegah erosi dan gerakan tanah serta perlindungan terhadap mata air (memberlakukan sempadan mata air). Di samping itu penghijauan berfungsi untuk mengendalikan peresapan air ke dalam tanah dan melindungi daerah resapan serta daerah tangkapan air. Penempatan bangunan berat perlu memperhatikan rongga maupun gua-gua di bawah permukaan tanah, agar terhindar dari terjadinya amblesan tanah (*land subsidence*). Pada zona pedesaan dan zona alami juga perlu pengembangan wilayah yang dapat berfungsi lindung, untuk mencegah erosi/gerakan tanah, serta meningkatkan peresapan air ke dalam tanah.

Perbukitan kars dalam mintakat holokars; Ditetapkan sebagai kawasan khusus, karena mempunyai nilai ekonomi, yang dapat memicu laju perekonomian secara regional di wilayah sekitarnya. Masih sesuai sebagai kawasan industri (karena lokasinya dekat dengan lokasi sumber daya sebagai bahan baku) dan kawasan pelabuhan internasional. Perlu perluasan daerah penghijauan, di



Gambar 9. Pembangunan perumahan di Mintakat Mesokars. Foto: Darmawan, 2009.



Gambar 10. Wilayah terbangun di daerah pantai merupakan zona pusat kota. Foto: Darmawan, 2009.



Gambar 11. Komplek pelabuhan (a) dan kawasan industri (b) di daerah Tenau.
Foto: Darmawan, 2009.

samping untuk mengurangi proses erosi dan gerakan tanah juga berfungsi sebagai daerah resapan/tangkapan air. Penempatan bangunan berat perlu memperhatikan rongga dan gua di bawah muka tanah, agar terhindar dari amblasan tanah.

Perbukitan napal dan batu lempung dalam mintakat non kars; Merupakan bagian dari zona pinggiran kota. Sebagian besar wilayah ini berfungsi sebagai kawasan lindung, yaitu perluasan daerah penghijauan untuk mengendalikan *run off* dan mencegah erosi dan gerakan tanah, perlindungan terhadap mata air, dan mengefektifkan daerah tangkapan air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, wilayah yang mempunyai tingkat keleluasan untuk dikem-

bangkan adalah sebagian mintakat mesokars dan mintakat non kars dengan rincian;

Wilayah dengan mintakat holokars diperruntukkan sebagai kawasan lindung dengan bentang alam dan ekosistem yang harus tetap dipertahankan. Daerah ini dapat difungsikan sebagai kegiatan wisata/rekreasi, pertanian terbatas, dan permukiman terbatas.

Mintakat mesokars merupakan wilayah penyangga, bentang alamnya dapat diubah dengan pertimbangan yang ketat. Wilayah ini dapat dipergunakan untuk kegiatan pertanian, perikanan, pertambangan, permukiman, dan industri skala kecil.

Wilayah dengan mintakat non kars dapat dipergunakan untuk segala kegiatan, misalnya permukiman, pertanian, perikanan, industri dan sebagainya.

ACUAN

Becca Carter, Hollings & Ferner LTD, 1979, Indonesian & The Counter Part team Earthquake Study, Vol 3, 63 h.

Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, 2001, Prosedur Kerja Baku (SOP) tentang Penyelidikan Geologi Lingkungan Perkotaan. Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral, DESDM.

Hardjono dan Satoto, W., 1996, New Concept For Hydrocarbon Exploration In The "Zone C" Timor Gap And Surrounding, Timor Sea, Indonesia. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XXV IAGI, Pertamina EP, Jakarta, h. 346 – 384.

Haryono E., 2000, Sumber Daya Alam di Kawasan Pesisir dan Pulau-pulau Kecil Berbatuan Karbonat. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Ekosistem Pantai dan Pulau-pulau Kecil Dalam Konteks Negara kepulauan, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta, h. 176 – 186.

Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1456.K/20/MEM/2000 tanggal 3 Nopember 2000, Pedoman Pengelolaan Kawasan Karst. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.

LaMoreaux Philip E., 1993, Living With Karst. AGI Environmental Awareness Series 4, American Geological Institute in cooperation with National speleological Society, USA, 64 h.

Lastiadi H.A., 2003, Penyelidikan Geologi Lingkungan Perkotaan Kupang, Provinsi NTT. Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, Bandung, 85 h.

Praptisih, 1996, Facies Batugamping Terumbu Koral Kuarter Di Daerah Kupang dan Sekitarnya. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XXV IAGI, Puslitbang Geoteknologi – LIPI, h. 233 – 241.

Rosidi H.M.D, dan Tjokrosapoetro, S., 1979, Peta Geologi Lembar Kupang-Atambua, Timor, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Rosidi H.M.D, dan Tjokrosapoetro, S., 1996, Peta Geologi Lembar Kupang-Atambua, Timor, skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Samodra H., 2001, Nilai Strategis Kawasan Kars Di Indonesia - Pengelolaan dan Perlindungannya. Publikasi Khusus, Pusat penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 318 h.

Selby M.J., 1985, Earth Chancing Surface, An Introduction to Geomorphology, Calrendon Press, Oxford, h.303-323

Studio Cilaki Empat Lima PT., 2009, Laporan Bantuan Teknis Pelaksanaan Penataan Ruang Kawasan Perkotaan Kupang Dsk. Direktorat Jenderal Penataan Ruang, Departemen Pekerjaan Umum, 136 h.