

Perencanaan Masterplan Kawasan Konservasi Kunang-Kunang dengan Pendekatan Model *Core-Buffer-Transition* di Desa Taro, Kabupaten Gianyar, Bali

¹Made Arya Adiartha*, ²I Gede Surya Darmawan, ³Desak Ketut Tristiana Sukmadewi

^{1,2}Program Studi Arsitektur, Universitas Warmadewa, Denpasar, Indonesia

³Program Studi Agroteknologi, Universitas Warmadewa, Denpasar, Indonesia

Email Corresponding: made.arya.adiartha@warmadewa.ac.id*

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
Kata Kunci: Ekowisata Konservasi Kunang-Kunang Biosphere Reserve Core-Buffer-Transition	Desa Taro, Gianyar, merupakan salah satu habitat kunang-kunang yang tersisa di Bali, namun kini menghadapi tekanan ekologis akibat degradasi habitat, polusi cahaya, dan praktik pertanian yang kurang ramah lingkungan. Kegiatan pengabdian ini bertujuan merumuskan sistem zonasi berbasis model <i>Core-Buffer-Transition</i> (CBT) yang kontekstual dengan kondisi sosial-ekologis desa, serta menyusun Masterplan Kawasan Konservasi Kunang-Kunang sebagai panduan pengelolaan bagi mitra Rumah Konservasi Kunang-Kunang. Metode yang digunakan meliputi observasi dan survei lapangan, pemetaan partisipatif, FGD, analisis spasial, serta studi komparasi terhadap tujuh <i>Biosphere Reserve</i> dunia untuk mengidentifikasi faktor keberhasilan dan tantangan penerapan zonasi berbasis masyarakat. Hasil kegiatan menunjukkan terbentuknya empat zonasi adaptif—Zona Inti Konservasi, Zona Penyangga, Zona Pertanian Regeneratif, dan Zona Edukasi-Ekowisata—yang dirancang secara bottom-up melalui penyesuaian terhadap kebutuhan petani, akses warga, struktur sosial desa, serta karakter ekologis habitat kunang-kunang. Masterplan yang dihasilkan menyajikan kerangka spasial yang komprehensif untuk mitigasi polusi cahaya, pemulihan vegetasi riparian, pengembangan ekowisata edukatif, dan penguatan tata kelola konservasi. Temuan ini menunjukkan bahwa adaptasi model CBT pada skala desa dapat meningkatkan efektivitas perlindungan spesies indikator dan membuka peluang kolaborasi konservasi berbasis masyarakat secara berkelanjutan.
Keywords: Ecotourism Conservation Firefly Biosphere Reserve Core-Buffer-Transition	ABSTRACT <p>Taro Village in Gianyar, Bali, is one of the remaining natural habitats of fireflies, yet the area is increasingly threatened by habitat degradation, light pollution, and unsustainable agricultural practices. This community service program aims to formulate a zoning system based on the <i>Core-Buffer-Transition</i> (CBT) model contextualized to local socio-ecological conditions and to develop a Firefly Conservation Area Masterplan as a management guideline for the partner, the Rumah Konservasi Kunang-Kunang. The methods employed include field observation and surveys, participatory mapping, focus group discussions, spatial analysis, and a comparative study of seven global Biosphere Reserves to identify key success factors and challenges in community-based zoning implementation. The program resulted in the development of four adaptive zones—Core Conservation Zone, Buffer Zone, Regenerative Farming Zone, and Education-Ecotourism Zone—designed through a bottom-up process that incorporates farmers' needs, community access, social structures, and ecological characteristics of firefly habitats. The resulting Masterplan provides a comprehensive spatial framework for mitigating light pollution, restoring riparian vegetation, developing educational ecotourism, and strengthening local conservation governance. These findings demonstrate that adapting the CBT model at the village scale can enhance the protection of indicator species while enabling sustainable, community-driven conservation collaboration.</p> <p>This is an open access article under the CC-BY-SA license.</p> 

I. PENDAHULUAN

Kunang-kunang (Lampyridae) merupakan serangga bioindikator yang sangat sensitif terhadap perubahan kualitas lingkungan. Keberadaannya tidak hanya mencerminkan kesehatan ekosistem lokal, tetapi juga memiliki nilai ekologis dan budaya yang penting bagi masyarakat Bali, termasuk di Desa Taro, Gianyar. Dalam beberapa tahun terakhir, populasi kunang-kunang di kawasan ini mengalami penurunan akibat tekanan lingkungan seperti polusi cahaya, penggunaan pestisida kimia, degradasi habitat riparian, dan alih fungsi lahan. Kondisi tersebut menimbulkan kekhawatiran bagi masyarakat dan lembaga lokal, termasuk Rumah Konservasi Kunang-Kunang Desa Taro sebagai mitra utama kegiatan pengabdian.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kunang-kunang sangat dipengaruhi oleh perubahan kondisi ekologis. Zhang et al. (2019) menemukan bahwa paparan kontaminan seperti benzo(a)pyrene dapat memengaruhi ekspresi gen sistem imun dan metabolisme pada *Luciola leii*, menjadikannya indikator kualitas lingkungan perairan (Zhang et al., 2019). Ghosh, Chatteraj, dan Chakraborty (2024) menunjukkan bahwa pencahayaan malam (Artificial Light at Night atau ALAN) berpengaruh signifikan terhadap perilaku kawin, navigasi cahaya, dan siklus hidup kunang-kunang (Ghosh et al., 2024). Selain itu, kualitas perairan—khususnya amonia-nitrogen dan biochemical oxygen demand (BOD)—memengaruhi keberadaan spesies kunang-kunang perairan (*aquatic*) (Abdullah et al., 2021; Yang et al., 2020). Studi jangka panjang oleh Chatragadda (2020) di India menunjukkan bahwa degradasi ekosistem riparian berkontribusi langsung terhadap penurunan populasi *Abscondita chinensis* (Chatragadda, 2020). Selain itu, Seri dan Rahman (2024) menekankan bahwa vegetasi alami, tutupan kanopi, serta keterhubungan ekologi sangat menentukan kelangsungan siklus hidup kunang-kunang (Seri & Rahman, 2024).

Pada level sosial, penelitian White et al. (2014) mengenai *The Vanishing Firefly Project* menunjukkan bahwa pelibatan masyarakat melalui citizen science menghasilkan peningkatan kelengkapan data populasi dan kesadaran ekologis publik (White et al., 2014). McNeil et al. (2024) juga menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital dan partisipasi masyarakat mampu memetakan kelimpahan kunang-kunang secara lebih akurat (McNeil et al., 2024). Temuan-temuan ini menggarisbawahi pentingnya keterlibatan komunitas lokal, termasuk petani Desa Taro, dalam keberhasilan konservasi habitat kunang-kunang.

Dalam konteks perencanaan kawasan konservasi, teori *Core-Buffer-Transition* (CBT) yang dikembangkan melalui kerangka UNESCO *Man and the Biosphere* (MAB) Programme telah menjadi salah satu model zonasi paling efektif dalam mengintegrasikan konservasi dan pembangunan berkelanjutan. Model ini membagi kawasan menjadi tiga zona konsentris—zona inti, zona penyangga, dan zona transisi—dengan tingkat perlindungan dan aktivitas berbeda. Zona inti bertujuan melindungi habitat paling sensitif; zona penyangga berfungsi memberikan perlindungan ekologis tambahan serta ruang untuk pendidikan dan penelitian terbatas (van Schalkwyk et al., 2019); sedangkan zona transisi mengakomodasi aktivitas sosial-ekonomi masyarakat secara berkelanjutan (Rollo, 2025). Model zonasi ini menjadi landasan utama perencanaan kawasan konservasi yang disebut sebagai *Biosphere Reserve* dalam MAP Programme. Meskipun demikian, berbagai studi menunjukkan bahwa penerapan CBT bukan tanpa tantangan. Konflik tata guna lahan, tumpang tindih batas administratif, serta keterbatasan pemantauan ekologis sering menjadi kendala dalam implementasi model ini, terutama di wilayah yang mengalami tekanan sosial-ekologis seperti Bali (Coetzer et al., 2014; Ma et al., 2009).

Selain kajian mengenai sensitivitas ekologis kunang-kunang, studi komparatif terhadap berbagai *Biosphere Reserve* di dunia memberikan wawasan penting mengenai keberhasilan dan tantangan penerapan model konservasi berbasis zonasi. Berdasarkan analisis lintas kasus dari Argentina, China, Skotlandia, Serbia, Jerman-Prancis, hingga Afrika Selatan, ditemukan bahwa keberhasilan suatu BR sangat dipengaruhi oleh tata kelola partisipatif, integrasi budaya lokal, efektivitas zona buffer, serta komunikasi lintas pemangku kepentingan. Sebaliknya, ketidakberhasilan sering muncul akibat lemahnya kapasitas institusi, tumpang tindih yurisdiksi, kurangnya pendanaan, dan tekanan pembangunan di zona transisi. Temuan ini memberikan pelajaran relevan bagi perencanaan Masterplan Taro, khususnya pentingnya penguatan governance lokal, pengaturan zonasi yang tegas, serta keterlibatan aktif masyarakat dan petani untuk memastikan keberlanjutan pengelolaan kawasan konservasi (Debevec & Kranjc, 2019; Dittel & Weber, 2024; Isacch, 2008; Ivanova Boncheva & Hernández-Morales, 2022; Maldonado-Briegas et al., 2025; Price, 2017; Stojanović et al., 2024).

Berdasarkan kajian tersebut, kebaruan ilmiah (*scientific novelty*) artikel ini terletak pada penerapan dan adaptasi model CBT dalam konteks kawasan konservasi skala desa untuk spesies indikator tropis, yaitu kunang-kunang. Integrasi model zonasi biosfer UNESCO dengan konteks sosial-ekologis Desa Taro menghasilkan kerangka masterplan yang tidak hanya menekankan konservasi ekologis, tetapi juga

mengakomodasi kebutuhan petani, masyarakat lokal, serta kegiatan ekowisata ramah lingkungan – menunjukkan pentingnya kolaborasi transdisiplin dalam kegiatan PKM ini (Dabard et al., 2024). Hal ini mewujudkan perencanaan Masterplan yang tidak hanya dihasilkan melalui *co-design*, namun juga bersifat *bottom-up* – berakar dari kebutuhan dan kesejahteraan masyarakat lokal dan habitat kunang-kunang. Pendekatan ini berpotensi membantu mitra Rumah Konservasi Kunang-Kunang dalam mengembangkan strategi tata kelola habitat, mengurangi polusi cahaya, mengatur penggunaan lahan, serta meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya konservasi.

Permasalahan utama dalam kajian ini adalah bagaimana merumuskan sistem zonasi kawasan konservasi yang mampu melindungi habitat alami kunang-kunang dari berbagai ancaman ekologis, sekaligus tetap menyediakan ruang bagi aktivitas sosial-ekonomi masyarakat Desa Taro secara berkelanjutan. Untuk menjawab permasalahan tersebut, kegiatan PKM ini bertujuan mengembangkan model zonasi Core-Buffer-Transition yang kontekstual dengan kondisi ekologis dan sosial budaya Desa Taro serta dapat digunakan sebagai dasar perancangan Masterplan Kawasan Konservasi Kunang-Kunang. Melalui pendekatan ini, PKM difokuskan pada penyusunan panduan spasial, pedoman pengelolaan kawasan, dan strategi konservasi terintegrasi yang dapat mendukung operasional Rumah Konservasi Kunang-Kunang sebagai mitra utama.

II. MASALAH

Kawasan Desa Taro merupakan salah satu habitat alami kunang-kunang yang tersisa di Bali, namun saat ini menghadapi tekanan ekologis yang signifikan. Berdasarkan kondisi eksistingnya, maka rumusan masalah utama dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini Adalah:

1. Adanya degradasi habitat kunang-kunang yang diakibatkan oleh polusi cahaya, penggunaan pestisida kimia, dan perubahan tata guna lahan yang kurang terkendali.
2. Belum terciptanya sistem zonasi konservasi yang jelas dan kontekstual, yang mampu melindungi habitat sensitif kunang-kunang sekaligus mengatur aktivitas pertanian, permukiman, dan pariwisata secara berkelanjutan.
3. Belum tersedianya rancangan masterplan kawasan konservasi berbasis partisipasi masyarakat, yang dapat menjadi acuan tata Kelola bagi mitra lokal dalam mengintegrasikan perlindungan ekologis dengan kebutuhan sosial-ekonomi masyarakat Desa Taro.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengabdian

III. METODE

Pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan kombinasi metode observasi dan survey lapangan, pemetaan partisipatif, diskusi kelompok terarah (*focus group discussion* / FGD), analisis spasial berbasis teori *Core-Buffer-Transition* (CBT), serta perancangan konseptual untuk penyusunan Masterplan Kawasan Konservasi Kunang-Kunang di Desa Taro. Model CBT diadopsi sebagai pendekatan teoritis yang diterapkan dalam mengintegrasikan perlindungan ekologis dengan aktivitas sosial-ekonomi masyarakat secara berkelanjutan, khususnya pada kawasan dengan tekanan sosial-ekologis yang kompleks (Coetzer et al., 2014; Ma et al., 2009; van Schalkwyk et al., 2019). Metode-metode tersebut dipilih untuk memastikan kegiatan PKM dapat mengintegrasikan data ekologis, pengetahuan lokal masyarakat, dan kebutuhan mitra secara komprehensif.

Sasaran utama kegiatan ini adalah:

- a. Rumah Konservasi Kunang-Kunang Desa Taro, sebagai mitra utama dan pengelola kegiatan konservasi berbasis masyarakat.

- b. Petani lokal Desa Taro, yang berperan penting dalam pengelolaan lahan di sekitar habitat kunang-kunang.
- c. Masyarakat umum Desa Taro, khususnya kelompok pemuda dan komunitas pendukung konservasi.
- d. Pemangku kepentingan desa, termasuk perangkat desa, pengelola banjar, dan tokoh adat yang terlibat dalam pengambilan keputusan lahan.

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan melalui tiga tahapan utama, yakni tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap pengawasan/evaluasi.

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan mencakup seluruh kegiatan awal untuk memastikan PKM dapat dilaksanakan secara efektif, meliputi:

- a. Penjajakan dan Kordinasi Awal dengan Mitra
 - 1) Pertemuan awal bersama Rumah Konservasi Kunang-Kunang, perangkat desa, dan perwakilan petani.
 - 2) Penyelarasan tujuan PKM, ruang lingkup kegiatan, serta kebutuhan mitra.
 - 3) Penjadwalan rangkaian kegiatan lapangan dan FGD.
- b. Survei Awal dan Identifikasi Masalah
 - 1) Pengumpulan data primer, melalui wawancara dengan stakeholder.
 - 2) Pengumpulan data sekunder, melalui peninjauan literatur mengenai ekologi kunang-kunang dan zonasi CBT.
 - 3) Identifikasi sementara area sensitif, titik/sumber polusi cahaya, dan kondisi vegetasi.
- c. Persiapan Logistik dan Instrumen/Alat
 - 1) Persiapan alat dan bahan meliputi kertas gambar berukuran A3, kertas kalkir, alat tulis, kamera, drone, tim surveyor.
 - 2) Penyusunan lembar kerja untuk pemetaan partisipatif dan FGD.
 - 3) Penyusunan materi edukasi mengenai kunang-kunang, pertanian regeneratif, dan konsep CBT.

2. Tahap Pelaksanaan

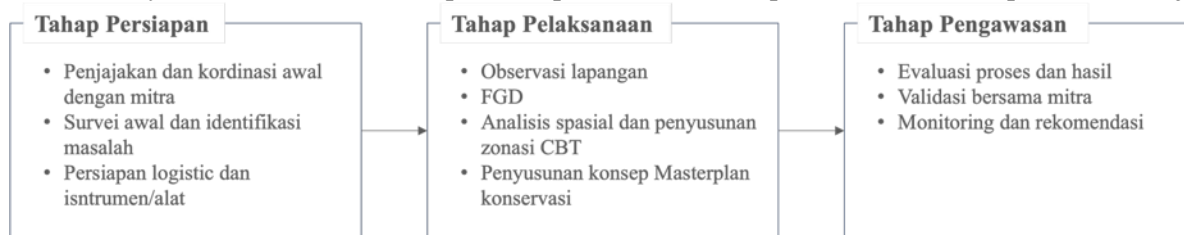
Tahap pelaksanaan merupakan inti kegiatan PKM, terdiri atas pengumpulan data lapangan, analisis spasial, dan penyusunan konsep Masterplan.

- a. Observasi Lapangan
 - 1) Survei untuk memetakan batas lahan Rumah Konservasi Kunang-Kunang sebagai tempat edukasi dan ekowisata, lahan yang berpotensi untuk pertanian regeneratif, habitat kunang-kunang, serta permukiman/bangunan warga di dalam dan sekitar kawasan konservasi.
 - 2) Dokumentasi visual habitat, titik/sumber cahaya, dan aktivitas warga dengan menggunakan kamera dan drone.
 - 3) Hasil survei dipetakan dalam kertas sebagai acuan dasar dalam pembuatan draft awal Masterplan.
- b. FGD (*Focus Group Discussion*)
 - 1) Diskusi terarah untuk menggali pemahaman ekologis masyarakat, praktik pertanian, dan persepsi risiko ekologis.
 - 2) Penetapan prioritas konservasi berdasarkan masukan petani dan mitra.
 - 3) Menyusun skenario zonasi awal (core, buffer, transition).
- c. Analisis Spasial dan Penyusunan Zonasi CBT
 - 1) Penggabungan data observasi lapangan dan hasil pemetaan ke dalam format digital (AutoCAD).
 - 2) Analisis overlay untuk menentukan bentuk adaptasi lokal dari model CBT, sehingga menghasilkan pendekatan yang *bottom-up* terhadap perencanaan Masterplan.
 - 3) Penyesuaian zonasi berdasarkan struktur sosial, batas banjar, dan praktik pertanian warga.
- d. Penyusunan Konsep Masterplan Konservasi
 - 1) Penyusunan Masterplan kawasan konservasi dengan adaptasi model CBT yang kontekstual terhadap kondisi dan permasalahan lokal.
 - 2) Penyusunan panduan desain sebagai strategi untuk memitigasi polusi cahaya, pemulihan vegetasi riparian, dan skema pengelolaan kawasan.
 - 3) Konsultasi konsep awal dengan mitra untuk validasi dan penyesuaian.

3. Tahap Pengawasan/Evaluasi

Tahap ini dilakukan untuk menilai keberhasilan kegiatan, memastikan kesesuaian hasil dengan tujuan, serta memberikan umpan balik untuk keberlanjutan pengelolaan kawasan.

- a. Evaluasi Proses dan Hasil
 - 1) Penilaian tingkat partisipasi masyarakat pada setiap sesi kegiatan.
 - 2) Evaluasi kualitas peta komposit dan rancangan Masterplan berdasarkan kesesuaian ekologis dan kebutuhan mitra.
- b. Validasi Bersama Mitra
 - 1) Sesi presentasi hasil PKM kepada Rumah Konservasi Kunang-Kunang dan petani lokal.
 - 2) Diskusi umpan balik terkait zonasi, jalur edukasi, dan strategi konservasi.
- c. Monitoring dan Rekomendasi
 - 1) Membuat jadwal rutin kunjungan pasca-kegiatan untuk meninjau perkembangan awal.
 - 2) Penyusunan rekomendasi jangka pendek dan jangka panjang untuk pengelolaan konservasi.
 - 3) Penyerahan dokumen Masterplan dan panduan desain kepada mitra untuk implementasi lanjutan.



Gambar 2. Flow Diagram Metode Pelaksanaan PKM

Evaluasi hasil kegiatan PKM dilakukan menggunakan indikator yang bersifat kualitatif dan kuantitatif terbatas, dengan focus pada capaian proses, luaran perencanaan, dan penguatan kapasitas mitra. Indikator evaluasi hasil PKM meliputi:

1. Indikator Partisipasi dan Keterlibatan Masyarakat
 - a. Jumlah dan keberagaman pemangku kepentingan yang terlibat dalam FGD.
 - b. Tingkat keterlibatan pemangku kepentingan dalam proses perencanaan Masterplan.
 - c. Adanya kontribusi pengetahuan lokal yang terdokumentasi dalam hasil pemetaan.
2. Indikator Capaian Luaran Spasial dan Perencanaan
 - a. Tersusunnya Masterplan Kawasan Konservasi Kunang-Kunang Desa Taro yang mencakup pembagian zona konservasi.
 - b. Kejelasan batas antarzona dalam peta spasial dan kesesuaian zonasi dengan kondisi ekologis.
 - c. Tersedianya panduan desain dan pengelolaan kawasan yang memuat strategi mitigasi polusi cahaya, pemulihan vegetasi riparian, dan pengaturan aktivitas manusia.
3. Indikator Peningkatan Kapasitas dan Pemahaman Mitra
 - a. Peningkatan pemahaman mitra dan masyarakat terkait hubungan antara polusi cahaya, praktik pertanian, dan keberlanjutan habitat kunang-kunang.
 - b. Kemampuan mitra dalam menjelaskan kembali konsep zonasi CBT dan fungsi masing-masing zona sebagai dasar pengelolaan kawasan.
4. Indikator Validasi dan Penerimaan Hasil oleh Mitra
 - a. Persetujuan mitra terhadap konsep zonasi dan Masterplan yang dihasilkan melalui forum presentasi dan diskusi bersama.
 - b. Kesiediaan mitra untuk menggunakan Masterplan sebagai acuan awal pengelolaan kawasan konservasi dan pengembangan program edukasi serta ekowisata berbasis konservasi.
5. Indikator Keberlanjutan Program
 - a. Tersusunnya rekomendasi tindak lanjut jangka pendek dan jangka menengah untuk implementasi zonasi dan pengelolaan kawasan.
 - b. Potensi replikasi model perencanaan berbasis adaptasi CBT untuk kawasan konservasi lainnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Taro secara keseluruhan berhasil dilaksanakan melalui rangkaian observasi lapangan, pemetaan partisipatif, FGD, dan analisis spasial yang menggunakan

kerangka CBT sebagai dasar perencanaan. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi ekologis habitat kunang-kunang, tingkat polusi cahaya, penggunaan pestisida, dan dinamika aktivitas sosial masyarakat. Pemetaan partisipatif yang melibatkan petani, pemuda, perangkat desa, dan Rumah Konservasi Kunang-Kunang menghasilkan data geospasial mengenai lokasi habitat sensitif, jalur pertanian, sumber cahaya, serta area potensial untuk edukasi dan ekowisata.



Gambar 2. Foto dokumentasi kegiatan survey lapangan dan FGD

Pada tahap pelaksanaan PKM, proses adaptasi zonasi CBT dilakukan untuk menyesuaikan teori zonasi UNESCO dengan kondisi riil Desa Taro. Penyesuaian ini dilakukan melalui observasi lapangan, pemetaan partisipatif, dan diskusi dengan petani serta mitra Rumah Konservasi Kunang-Kunang. Namun, sebagai langkah awal dalam penyesuaian dan penentuan adaptasi zonasi CBT, maka dilakukan studi komparasi terhadap tujuh Biosphere Reserve (BR) dunia, masing-masing dengan keberhasilan, tantangan, dan hasil pembelajaran yang relevan (Argentina, China, Skotlandia, Serbia, Jerman–Prancis, Afrika Selatan, dan kawasan Eropa lainnya). Tujuan dilakukannya studi komparasi ini adalah untuk memahami faktor keberhasilan dan tantangan pengelolaan zonasi di berbagai negara sebagai dasar adaptasi model CBT yang sesuai dengan kondisi sosial-ekologis Desa Taro. Studi ini juga dapat memberikan pembelajaran praktis dan strategis yang dapat digunakan untuk merancang Masterplan konservasi kunang-kunang yang lebih realistis, partisipatif, dan berkelanjutan. Tabel dibawah ini menunjukkan matrix hasil studi komparasi tersebut.

Tabel 1. Hasil Studi Komparasi Tujuh BR Dunia

Biosphere Reserve	Keunggulan/Strength	Kekurangan/Weakness	Poin Inti
Parque Atlantico Mar Chiquito (Argentina)	Meningkatkan kesadaran terhadap kehilangan padang rumput; memperkuat kolaborasi akademik	Lemahnya institusi, masalah kepemilikan lahan privat, pemberdayaan lokal yang terbatas	Model BR memerlukan tata kelola yang lebih kuat dan partisipasi pemangku kepentingan yang inklusif
Yancheng (China)	Peningkatan populasi bangau mahkota merah; restorasi lahan basah	Pembangunan berlebihan di zona transisi; degradasi lahan basah	Diperlukan manajemen berbasis ekosistem dan penegakan zonasi yang lebih ketat
Wester Ross (Skotlandia)	Keberhasilan re-teritorialisasi; tata kelola partisipatif; perluasan skala besar	Ketergantungan pada relawan; pendanaan yang tidak memadai	Kolaborasi multi-pemangku kepentingan meningkatkan legitimasi dan ketahanan

Mura – Drava – Danube (Serbia)	Integrasi warisan budaya (Suku Croats Šokci); rasa bangga dan pariwisata lokal	Keterlibatan kebijakan yang terbatas; partisipasi masyarakat yang tidak konsisten	Warisan budaya dapat memperkuat identitas dan hasil keberlanjutan
Bliesgau/Vosges/Palatinat (Germany – France)	Proyek terkait SDGs; inovasi tingkat kota; kerja sama lintas batas	Integrasi SDGs pada pemerintah kota yang lemah; keterbatasan sumber daya	Komunikasi antara pemerintah kota dan pengelola Cagar Biosfer penting untuk keberhasilan SDGs
Kogelberg (South Africa)	Kawasan dengan keanekaragaman hayati tinggi; zona buffer meningkatkan representativitas; keberhasilan manajemen kebakaran	Zona buffer yang terfragmentasi; dampak tepi akibat aktivitas pertanian	Zona buffer memberikan nilai komplementer tinggi; memerlukan pemantauan ekologis berkelanjutan
Maritime Alps (Italy – France)	Penelitian dan pendidikan yang aktif; jaringan lokal yang kuat	Tumpang tindih yurisdiksi administratif	Pengelolaan bersama dan desentralisasi meningkatkan kemampuan adaptasi dan inklusivitas

Studi komparasi diatas menunjukkan bahwa BR yang berhasil umumnya memiliki tata kelola partisipatif, integrasi budaya lokal, komunikasi lintas lembaga yang kuat, serta zona buffer yang dikelola secara efektif, sementara BR yang kurang berhasil cenderung menghadapi masalah kelembagaan, keterbatasan pendanaan, fragmentasi zona buffer, dan tekanan pembangunan di zona transisi. Temuan ini juga menegaskan bahwa warisan budaya dan identitas lokal berperan penting dalam meningkatkan keterlibatan masyarakat, serta bahwa pengawasan zonasi yang ketat diperlukan untuk mencegah ancaman pembangunan terhadap habitat inti. Berdasarkan pembelajaran tersebut, perencanaan Masterplan di Desa Taro dirancang dengan pendekatan yang lebih *bottom-up*, yaitu adaptasi model CBT yang memperhitungkan kebutuhan akses petani, praktik pertanian lokal, tekanan pembangunan desa, pola ekowisata yang berkembang, dan dinamika sosial-budaya masyarakat Taro secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil dari survei, observasi lapangan, FGD, kajian literatur, serta pemetaan awal kawasan, maka bentuk adaptasi dari model CBT yang berakar pada kebutuhan dan kondisi masyarakat dan petani lokal (*bottom-up*) menghasilkan empat zonasi, yaitu:

1. Zona Inti Konservasi (*Core Conservation Zone*)

Zona Inti Konservasi ditetapkan berdasarkan lokasi habitat yang paling sensitif terhadap cahaya, gangguan suara, dan polusi bahan kimia. Zona ini berfungsi menjaga kondisi alami sepenuhnya agar populasi kunang-kunang dapat mempertahankan siklus hidupnya tanpa gangguan luar. Dalam model CBT, zona ini merupakan zona yang sama fungsinya dengan zona Core CBT. Berdasarkan pencatatan lapangan, area ini meliputi:

- a. Area riparian yang lembab.
- b. Lahan berkanopi rapat.
- c. Titik-titik yang terbukti menjadi lokasi larva kunang-kunang berkembang.

Penyesuaian terhadap kebutuhan lokal:

- a. Zona inti tidak menutup akses petani menuju lahan mereka; jalur khusus disesuaikan dengan rute tani setempat.
- b. Batas zona inti ditentukan melalui proses *co-design*, sehingga masyarakat ikut memahami alasan ekologis pembatasan aktivitas.
- c. Aktivitas manusia dibatasi hanya untuk penelitian, pemantauan, dan konservasi tanpa Pembangunan fisik.

2. Zona Penyangga (*Buffer Zone*)

Zona Buffer ditempatkan sebagai lapisan pelindung antara zona inti dan ruang aktivitas manusia yang lebih tinggi intensitasnya. Zona ini menjadi ruang transisi yang tetap menjaga ekologi, namun tetap membuka kesempatan untuk aktivitas edukasi yang ramah lingkungan. Dalam model CBT, zona ini sama fungsinya dengan zona Penyangga/Buffer CBT. Penyesuaian zonasi buffer difokuskan pada:

- a. Menjaga kualitas habitat melalui vegetasi penyangga.
- b. Mengatur arah dan intensitas cahaya buatan agar tidak mengarahkan ke zona inti.

- c. Menyediakan jalur edukasi terbatas dengan pencahayaan alami atau *low-impact lighting*.
- d. Membatasi aktivitas wisata malam agar tidak terlalu dekat dengan habitat inti.

Penyesuaian terhadap kebutuhan lokal:

- a. Jalur edukasi dirancang agar tidak mengganggu jalur tani warga.
- b. Vegetasi penyangga ditanam dengan jenis tanaman yang juga bermanfaat bagi masyarakat, seperti tanaman peneduh atau tanaman upacara.
- c. Warga dapat terlibat sebagai pemandu atau pengelola jalur edukasi.

3. Zona Pertanian Regeneratif (*Regenerative Farming Zone*)

Zona ini merupakan bentuk adaptasi yang paling spesifik terhadap kebutuhan petani Desa Taro. Zona Perkebunan Regeneratif menjadi contoh bagaimana konservasi dapat dilakukan tanpa mengorbankan sumber penghidupan masyarakat. Jika dibandingkan dengan model CBT, maka zona ini merupakan bentuk adaptasi lokal yang merupakan penggabungan antara zona Penyangga dan zona Transisi dalam model CBT. Berdasarkan diskusi dengan masyarakat dan pengelola konservasi, zona ini memungkinkan:

- a. Penerapan metode *agroforestry*.
- b. Pengurangan bertahap penggunaan pestisida kimia.
- c. Penggunaan tanaman ramah pollinator dan fauna malam.
- d. Penanaman pohon naungan yang mendukung mikrohabitat kunang-kunang.

Penyesuaian terhadap kebutuhan lokal:

- a. Zona ini mengakomodasi kebutuhan ekonomi petani tanpa mengganggu konservasi.
- b. Pola tanam dirancang melalui konsultasi bersama agar tetap produktif bagi petani.
- c. Program edukasi pertanian regeneratif dimasukkan untuk meningkatkan kapasitas petani.
- d. Zona ini juga berfungsi sebagai penyangga ekologis tambahan yang memperlulus transisi dari kawasan pertanian ke zona habitat kunang-kunang.

4. Zona Edukasi dan Ekowisata (*Education and Ecotourism Zone*)

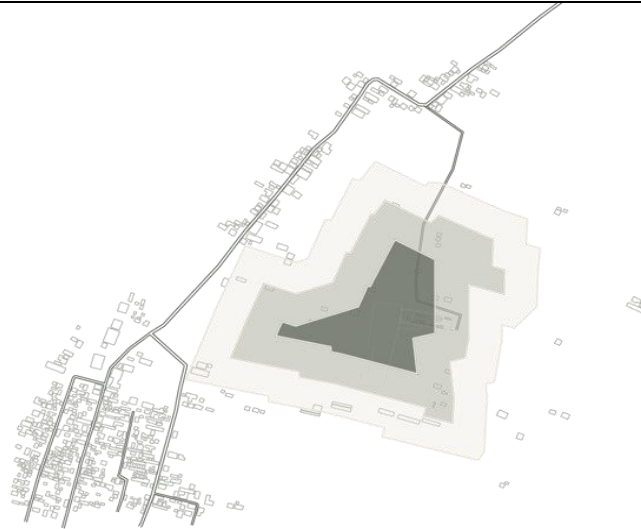
Zona ini ditentukan berdasarkan aksesibilitas, keamanan pengunjung, dan minimnya dampak ekologis terhadap habitat inti. Zona ini memastikan bahwa ekowisata yang tumbuh dapat memberikan manfaat ekonomi bagi mitra tanpa mengganggu keseimbangan ekologis. Jika dibandingkan dengan model CBT, zona ini memiliki fungsi yang sama dengan zona Transisi. Ruang ini menjadi lokasi pengembangan:

- a. Paviliun edukasi.
- b. Pusat informasi dan penelitian kunang-kunang.
- c. Titik kumpul dan akomodasi wisatawan.
- d. Area demonstrasi pertanian regeneratif.

Penyesuaian terhadap kebutuhan lokal:

- a. Fasilitas dirancang menggunakan material lokal seperti bambu dan kayu, dengan teknik Pembangunan berkelanjutan.
- b. Warga dilibatkan sebagai pemandu wisata, pengelola fasilitas, dan penjual produk lokal.
- c. Jalur wisata sengaja ditempatkan pada area yang sudah memiliki akses jalan desa agar tidak mengganggu habitat atau lahan produksi.

Keempat zona baru ini, sebagai bentuk hasil adaptasi model CBT milik UNESCO terhadap kondisi dan kebutuhan lokal, kemudian diterapkan ke dalam bentuk Masterplan dan digunakan sebagai kerangka dasar perencanaan. Berdasarkan hasil penetapan empat zonasi adaptif—Zona Inti Konservasi, Zona Penyangga, Zona Pertanian Regeneratif, dan Zona Edukasi–Ekowisata—maka struktur ruang kawasan konservasi kunang-kunang di Desa Taro dapat divisualisasikan secara komprehensif dalam Masterplan yang dihasilkan melalui kegiatan PKM ini. Masterplan tersebut menyajikan representasi spasial dari seluruh proses analisis, pemetaan partisipatif, dan penyesuaian zonasi yang telah dijelaskan sebelumnya, sehingga hubungan antarzona, alur akses, lokasi habitat sensitif, jalur edukasi, dan area pertanian dapat terlihat secara jelas. Dengan demikian, gambar Masterplan berikut berfungsi untuk menggambarkan bagaimana keempat zona tersebut diintegrasikan ke dalam satu kesatuan tata ruang yang selaras dengan kebutuhan konservasi ekologis maupun aktivitas sosial-ekonomi masyarakat Desa Taro.



Gambar 3. Masterplan apabila memasukkan model CBT tanpa modifikasi dan adaptasi terhadap kondisi dan kebutuhan setempat.



Gambar 4. Masterplan apabila dilakukan proses modifikasi dan adaptasi model CBT terhadap kondisi dan kebutuhan setempat.

Tabel 2. Pemanfaatan Masing-Masing Zona

No	Zona	Persentase Luas Lahan	Luas Zona	Fungsi Utama Zona
1	Zona Inti Konservasi	12,57%	28.911 m ²	<ul style="list-style-type: none"> Kawasan konservasi habitat kunang-kunang. Monitoring habitat. Kegiatan penelitian.
2	Zona Penyangga/Buffer	18,62%	42.826 m ²	<ul style="list-style-type: none"> Melindungi dan menjaga kualitas zona inti konservasi. Membatasi dan melindungi Cahaya buatan masuk ke dalam zona inti konservasi. Jalur utama warga untuk mengakses pemukiman dan lahan pertanian regeneratif. Berlokasi di sepanjang jalan akses kendaraan sebagai pembatas dan pelindung.
3	Zona Pertanian Regeneratif	61,16%	140.668 m ²	<ul style="list-style-type: none"> Kawasan yang dapat dibangun oleh warga/petani lokal untuk keperluan pertanian.

4	Zona Edukasi dan Ekowisata	7,65%	17.595 m ²	<ul style="list-style-type: none">• Kegiatan pertanian regeneratif petani lokal, dengan penggunaan pestisida alami• Lahan yang digunakan sebagai transisi petani lokal yang masih menggunakan pestisida kimia ke pestisida alami.• Zona kegiatan ekonomi utama petani dan warga lokal.• Kawasan pengembangan ekowisata dan ekowisata penduduk lokal (fasilitas akomodasi, pavilion edukasi, restoran).• Titik pusat penelitian, lab rehabilitasi, dan monitoring kunang-kunang.
---	----------------------------	-------	-----------------------	---

Berdasarkan hasil pemetaan spasial dan penetapan zonasi kawasan konservasi kunang-kunang, distribusi dan pembagian luasan tiap zona menunjukkan strategi penyeimbangan antara perlindungan ekologis dan keberlanjutan sosial-ekonomi masyarakat. Zona Pertanian Regeneratif memiliki proporsi terbesar, yaitu 61,16% (140.668 m²) dari total luas kawasan konservasi 23 Ha. Hal ini menegaskan bahwa pendekatan konservasi yang diterapkan tidak mengeliminasi ruang produktif petani, namun lebih mengarahkan pada praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berfungsi sebagai zona transisi ekologis. Zona Penyangga/Buffer mencakup 18,62% (42.826 m²) kawasan dan berperan penting sebagai lapisan pelindung zona inti, khususnya dalam membatasi intrusi cahaya buatan serta menjaga kualitas habitat melalui vegetasi penyangga dan pengaturan akses kendaraan. Sementara itu, Zona Inti Konservasi ditetapkan seluas 12,57% (28.911 m²), yang secara spesifik difokuskan pada perlindungan habitat paling sensitif bagi siklus hidup kunang-kunang. Permintaan dari mitra turut menjadi faktor utama penentuan luas Zona Inti Konservasi. Mitra meminta agar zona ini difokuskan pada lahan eksisting yang sudah diperuntukkan untuk kegiatan konservasi, sehingga perluasan lahan konservasi inti tidak menjadi prioritas utama. Zona Edukasi dan Ekowisata dialokasikan sebesar 7,65% (17.595 m²), berfungsi sebagai ruang pengembangan fasilitas edukatif dan ekowisata berbasis konservasi yang terkendali. Komposisi kuantitatif ini menunjukkan bahwa adaptasi model CBT pada skala desa mampu menghasilkan struktur ruang yang proporsional, Dimana perlindungan ekologis tetap menjadi prioritas tanpa mengabaikan kebutuhan ekonomi dan partisipasi masyarakat lokal.

V. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian ini berhasil merumuskan model zonasi konservasi kunang-kunang berbasis adaptasi lokal dari teori *Core-Buffer-Transition* yang disusun melalui pendekatan *bottom-up* dan partisipatif. Hasil survei, observasi, pemetaan, FGD, dan studi komparatif menunjukkan bahwa keberhasilan konservasi di Desa Taro bergantung pada integrasi antara perlindungan ekologis, kebutuhan petani, akses masyarakat, dan potensi ekowisata edukatif. Empat zonasi adaptif—Zona Inti Konservasi, Zona Penyangga, Zona Pertanian Regeneratif, dan Zona Edukasi-Ekowisata—menjadi kerangka dasar Masterplan yang mampu menjawab permasalahan degradasi habitat, polusi cahaya, dan kurangnya pedoman tata kelola kawasan. Masterplan yang dihasilkan tidak hanya menyediakan panduan spasial dan strategi pengelolaan kawasan, tetapi juga membuka peluang pengembangan ekowisata berkelanjutan serta peningkatan kapasitas masyarakat dalam konservasi. Dengan demikian, PKM ini menunjukkan bahwa adaptasi model CBT pada skala desa dapat menjadi pendekatan yang efektif untuk melindungi spesies indikator sekaligus mendukung kesejahteraan sosial-ekonomi masyarakat lokal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Universitas Warmadewa yang telah mendanai kegiatan PKM ini melalui hibah internal institusi. Selain itu, ucapan terima kasih juga diberikan kepada mitra PKM, yakni Rumah Konservasi Kunang-Kunang, serta penduduk lokal dan aparat Desa Taro, Bali.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, N.-A., Asri, L.-N., Husin, S. M., Shukor, A. M., Darbis, N. D. A., Ismail, K., Agustar, H. K., Sulaiman, N., & Hazmi, I. R. (2021). Influence of physico-chemical characteristics of rembau river, peninsular Malaysia, on

- congregating Pteroptyx fireflies. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(10). <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09426-y>
- Chatragadda, R. (2020). Decline of luminous firefly *Abscondita chinensis* population in Barrankula, Andhra Pradesh, India. *International Journal of Tropical Insect Science*, 40(2), 461–465. <https://doi.org/10.1007/s42690-019-00078-7>
- Coetzer, K. L., Witkowski, E. T. F., & Erasmus, B. F. N. (2014). Reviewing Biosphere Reserves globally: effective conservation action or bureaucratic label? *Biological Reviews*, 89(1), 82–104. <https://doi.org/10.1111/brv.12044>
- Dabard, C. H., Gohr, C., Weiss, F., von Wehrden, H., Neumann, F., Hordasevych, S., Arieta, B., Hammerich, J., Meier, C., Jargow, J., Luthardt, V., Ibisch, P. L., & Ferreira, A. F. (2024). Biosphere Reserves as model regions for transdisciplinarity? A literature review. *Sustainability Science*, 19(6), 2065–2081. <https://doi.org/10.1007/s11625-024-01542-1>
- Debevec, V., & Kranjc, D. (2019). The Karst Biosphere Reserve in Slovenia. *Eco.Mont (Journal on Protected Mountain Areas Research)*, 11(2), 43–49. <https://doi.org/10.1553/eco.mont-11-2s43>
- Dittel, J., & Weber, F. (2024). Between Global Expectations for Sustainability and Local Feasibility—A Comparative Analysis of Three Biosphere Reserves in Germany and France. *Sustainability*, 16(7), 2997. <https://doi.org/10.3390/su16072997>
- Ghosh, S., Chattoraj, A., & Chakraborty, S. K. (2024). The effect of ALAN on the ecobiological attributes of fireflies (Coleoptera: Lampyridae: Luciolinae): A study from a tropical habitat in India. *International Journal of Tropical Insect Science*, 44(3), 1159–1184. <https://doi.org/10.1007/s42690-024-01202-y>
- Isacch, J. P. (2008). Implementing the biosphere reserve concept: the case of Parque Atlántico Mar Chiquito biosphere reserve from Argentina. *Biodiversity and Conservation*, 17(8), 1799–1804. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9224-0>
- Ivanova Boncheva, A., & Hernández-Morales, P. (2022). Impacts of Climate Change in the El Vizcaino Biosphere Reserve (REBIVI): Challenges for Coastal Communities and the Conservation of Biodiversity. *Diversity*, 14(10), 786. <https://doi.org/10.3390/d14100786>
- Ma, Z., Li, B., Li, W., Han, N., Chen, J., & Watkinson, A. R. (2009). Conflicts between biodiversity conservation and development in a biosphere reserve. *Journal of Applied Ecology*, 46(3), 527–535. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01528.x>
- Maldonado-Briegas, J. J., Sánchez-Hernández, M. I., & Corrales-Vázquez, J. M. (2025). Biosphere Reserves in Spain: A Holistic Commitment to Environmental and Cultural Heritage Within the 2030 Agenda. *Heritage*, 8(8), 309. <https://doi.org/10.3390/heritage8080309>
- McNeil, D. J., Goslee, S. C., Kammerer, M., Lower, S. E., Tooker, J. F., & Grozinger, C. M. (2024). Illuminating patterns of firefly abundance using citizen science data and machine learning models. *Science of the Total Environment*, 929. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172329>
- Price, M. F. (2017). The re-territorialisation of Biosphere Reserves: The case of Wester Ross, Northwest Scotland. *Environmental Science & Policy*, 72, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.02.002>
- Rollo, M. F. (2025). Interconnected Nature and People: Biosphere Reserves and the Power of Memory and Oral Histories as Biocultural Heritage for a Sustainable Future. *Sustainability*, 17(9), 4030. <https://doi.org/10.3390/su17094030>
- Seri, N. A., & Rahman, A. A. (2024). Proposing the application of the Degree-Day Model in predicting phenological events in fireflies (Coleoptera: Lampyridae). *Malayan Nature Journal*, 76(2), 213–220. <https://doi.org/10.62613/mnj.24762.08>
- Stojanović, V., Vujičić, M., Besermenji, S., & Mijatov Ladičorbić, M. (2024). Evaluating the importance of cultural heritage in a biosphere reserve: the case of Croats (Šokci) local community in the Mura-Drava-Danube biosphere reserve (Vojvodina, Serbia). *Socijalna Ekologija*, 33(3), 257–279. <https://doi.org/10.17234/SocEkol.33.3.7>
- van Schalkwyk, J., Pryke, J. S., Samways, M. J., & Gaigher, R. (2019). Complementary and protection value of a Biosphere Reserve buffer zone for increasing local representativeness of ground-living arthropods. *Biological Conservation*, 239, 108292. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108292>
- White, D. L., Pargas, R. P., Chow, A. T., Chong, J., Cook, M., & Tak, I. (2014). The vanishing firefly project: Engaging citizen scientists with a mobile technology and real-time reporting framework. *Proceedings of the 5th ACM SIGSPATIAL International Workshop on GeoStreaming, IWGS 2014*, 85–92. <https://doi.org/10.1145/2676552.2676563>
- Yang, X., Li, H., Xiang, Y., Zhang, Q., & Lin, L. (2020). Biological and ecological investigation of aquatic fireflies. *Pratacultural Science*, 37(10), 2097–2105. <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0627>
- Zhang, Q.-L., Guo, J., Deng, X.-Y., Wang, F., Chen, J.-Y., & Lin, L.-B. (2019). Comparative transcriptomic analysis provides insights into the response to the benzo(a)pyrene stress in aquatic firefly (*Luciola leii*). *Science of the Total Environment*, 661, 226–234. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.156>