

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Lingkungan

Secara geografis, wilayah Indonesia umumnya memiliki temperatur hangat, curah hujan dan kelembaban udara yang tinggi. Iklim tersebut memungkinkan Indonesia mempunyai tanah yang subur, tetapi dengan kondisi curah hujan yang cukup tinggi juga berpotensi menyebabkan terjadinya bencana seperti tanah longsor dan banjir. Menurut Iskandarsyah (2008), bahwa geologi lingkungan adalah interaksi antara manusia dengan lingkungan geologis. Lingkungan geologis terdiri dari unsur-unsur fisik bumi (batuan, sedimen, tanah, dan fluida), unsur permukaan bumi, bentang alam dan proses yang mempengaruhinya. Dalam kehidupan manusia, lingkungan geologis tidak hanya memberikan unsur-unsur yang menguntungkan atau bermanfaat seperti ketersediaan air bersih, mineral ekonomis, bahan bangunan, bahan bakar, dan lain-lainnya, namun juga memiliki potensi terjadinya bencana seperti gempa bumi, banjir, dan letusan gunung berapi. Geologi lingkungan merupakan manajemen sumber daya alam untuk mendukung pembangunan ekonomi dan sosial berkelanjutan yang berkaitan dengan sumber daya alam terbarukan dan upaya minimalisir dampak pengambilan dan penggunaan sumber daya alam tak terbarukan.

Komponen-komponen dalam lingkungan secara langsung maupun tidak langsung akan terpengaruh dan/atau mempengaruhi aktivitas pertambangan. Komponen-komponen tersebut diantaranya adalah karakteristik fisik dan kimiawi, karakteristik biologi, dan karakteristik sosial.

Aspek-aspek yang akan selalu terkait dan berhubungan dengan komponen-komponen lingkungan adalah:

- 1) Klimatologi (iklim/cuaca);
- 2) Geomorfologi (fisiografi, topografi, dan pola pengaliran sungai);
- 3) Geologi (tanah/ batuan/kandungan mineral dan struktur geologi);
- 4) Hidrogeologi.

Aspek-aspek tersebut di atas selain mempunyai potensi pengembangan yang dapat dipertimbangkan dalam membuka suatu kawasan pertambangan, juga memiliki potensi bencana geologi yang harus diantisipasi sebelum kegiatan pertambangan berjalan.

2.2 Metode Penambangan

Metode pertambangan secara umum dikelompokkan dalam tiga metode pertambangan, yaitu tambang terbuka (*surface mining*), tambang bawah tanah/tambang dalam (*underground mining*), dan tambang bawah air (*underwater mining*). Berdasarkan jenis endapan, maka secara umum metode tambang terbuka dapat dikelompokkan menjadi empat jenis, yaitu: *open pit/open cast/open cut/open mine* yang diterapkan untuk komoditas mineral (bijih/*ore*), kuari (*quarry*) yang diterapkan untuk komoditas batuan, *strip mine* yang diterapkan untuk komoditas endapan-endapan sedimenter yang letaknya kurang lebih mendatar, misalnya tambang batubara ataupun tambang garam serta *alluvial mine* yang diterapkan untuk komoditas endapan-endapan *alluvial*.

Berdasarkan arah penambangan dan letak endapan yang ditambang, s kuari dibagi menjadi dua golongan, yaitu: *side hill type*, yang diterapkan untuk menambang batuan atau endapan yang letaknya di lereng bukit atau endapannya berbentuk bukit, dan *pit type*, yang diterapkan untuk menambang batuan yang terletak pada suatu daerah yang relatif datar.

Berdasarkan cara penggaliannya, maka *alluvial mine* dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu:

- 1) Tambang semprot (*hydraulicking*), dilakukan dengan menggunakan semprotan air yang bertekanan tinggi dengan menggunakan alat penyemprot yang dinamakan monitor atau *water jet* atau *giant*. Syarat utama menggunakan metode ini adalah ketersediaan air yang banyak, baik untuk penggalian maupun untuk pengolahan.
- 2) Penambangan dengan kapal keruk (*dredging*), yang digunakan bila endapan terletak di bawah permukaan air, misalnya di lepas pantai, sungai, danau atau lembah.

3) *Manual mining method*, merupakan cara penambangan yang sangat sederhana menggunakan tenaga manusia dan minimalisir penggunaan peralatan mekanis. Cara seperti ini dilakukan oleh masyarakat sekitar lokasi untuk endapan dengan dimensi atau jumlah cadangan kecil, letak tersebar dan terpencil.

Menurut Hartman (1987), berdasarkan proses penambangannya, maka metode tambang terbuka dikelompokkan dalam metode ekstraksi secara mekanik yang biasa dilakukan pada endapan logam (bijih), batubara dan batuan, serta metode ekstraksi dengan air.

Penambangan endapan mineral dan batubara dengan menggunakan metode ekstraksi mekanik dapat dibedakan atas: *open pit mining*, kuari, *open cast mining* dan *auger mining* (Hartman, 1987). Secara umum penambangan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan metode tambang terbuka dan metode tambang bawah tanah. Pemilihan metode penambangan ditentukan oleh kondisi bahan galian, ukuran dan ketebalan, bentuk bahan galian serta kedalaman (posisi) bahan galian. Metode tambang terbuka merupakan suatu metode penambangan yang dilakukan di atas atau relatif dekat dengan permukaan bumi dan tempat kerjanya berhubungan langsung dengan udara luar. Sistem tambang terbuka mempunyai nilai ekonomis yang tinggi jika batuan inti berada dekat permukaan.

2.3 Reklamasi

Tambang terbuka memerlukan area bukaan lahan yang luas dan akan mengakibatkan luasan lahan terganggu yang lebih besar dibandingkan dengan tambang bawah permukaan. Luasan lahan terganggu tersebut digunakan untuk kegiatan pertambangan dan tempat penyimpanan lapisan tanah penutup. Luasan lahan terganggu mempunyai risiko dampak negatif terhadap lingkungan jika tidak dilakukan pengelolaan dengan baik. Tambang batuan hanya menggunakan lahan untuk sementara waktu, sehingga penting dilakukan reklamasi lahan segera setelah kegiatan pertambangan selesai.

Berdasarkan Undang-undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, bahwa reklamasi didefinisikan sebagai kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha pertambangan untuk menata, memulihkan dan

memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosistem agar dapat berfungsi kembali sesuai peruntukannya. Reklamasi pada lahan bekas tambang dapat berupa penataan lahan yang kemudian dilanjutkan dengan revegetasi ataupun untuk peruntukan lain.

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 78 Tahun 2010 tentang Reklamasi dan Pascatambang, bahwa rencana reklamasi meliputi:

- 1) Tata guna lahan sebelum dan sesudah ditambang;
- 2) Rencana pembukaan lahan;
- 3) Program reklamasi terhadap lahan terganggu meliputi lahan bekas tambang dan lahan di luar bekas tambang yang bersifat sementara dan/atau permanen;
- 4) Kriteria keberhasilan meliputi standar keberhasilan penataan lahan, revegetasi, pekerjaan sipil, dan penyelesaian akhir; dan
- 5) Rencana biaya reklamasi terdiri atas biaya langsung dan biaya tidak langsung.

Reklamasi yang dimaksudkan pada lahan di luar bekas tambang meliputi:

- 1) Tempat penimbunan sementara dan tempat penimbunan bahan tambang (stockpile);
- 2) Tempat penimbunan tanah penutup (bank soil);
- 3) Jalan;
- 4) Pabrik/instalasi pengolahan dan/atau pemurnian;
- 5) Bangunan sarana penunjang;
- 6) Kantor dan perumahan karyawan;
- 7) Pelabuhan khusus; dan/atau;
- 8) Lahan penimbunan dan/atau pengendapan tailing/sisa pemurnian.

2.4 Pascatambang

Yang dimaksud “pascatambang” adalah kegiatan terencana, sistematis, dan berlanjut setelah akhir sebagian atau seluruh kegiatan usaha pertambangan untuk memulihkan fungsi lingkungan alam dan fungsi sosial menurut kondisi lokal di seluruh wilayah penambangan. Sesuai amanat Peraturan Pemerintah Nomor 78 Tahun 2010 tentang Reklamasi dan Pascatambang bahwa Pemegang IUP Operasi Produksi dalam melaksanakan pascatambang wajib memenuhi tiga prinsip, yaitu:

- 1) perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup pertambangan;
- 2) keselamatan dan kesehatan kerja; dan
- 3) konservasi mineral dan batubara.

Pertambangan dalam berbagai skala harus memenuhi kaidah pelaksanaan pertambangan yang baik dan benar (*good mining practice/GMP*), yaitu memenuhi ketentuan-ketentuan, kriteria, kaidah dan norma-norma yang tepat sehingga pemanfaatan sumber daya mineral memberikan hasil yang optimal dan dampak buruk yang minimal (Suyartono dkk, 2003). Dalam kaidah *good mining practice*, pelaksanaan teknik pertambangan yang baik meliputi penetapan cadangan; kajian kelayakan; konstruksi; penambangan, pengolahan, dan pengangkutan; penutupan tambang; dan pascatambang. Untuk optimalisasi pemanfaatan, maka dalam penerapan teknik pertambangan harus memperhatikan dan mematuhi peraturan perundangan dan standardisasi yang ada. Aspek keselamatan dan kesehatan kerja, lingkungan, konservasi sumberdaya, dan aspek nilai tambah merupakan aspek yang penting dan saling terkait dalam pengelolaan pertambangan yang baik. Kemandirian masyarakat pada saat kegiatan masih beroperasi dan pascatambang sangat penting artinya, sehingga perusahaan dan pemerintah harus dapat mentransformasikan sumberdaya yang tak terbarukan menjadi sumberdaya yang terbarukan.

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 78 Tahun 2010 tentang Reklamasi dan Pascatambang, dinyatakan bahwa rencana pascatambang harus memuat:

- 1) Profil wilayah, meliputi lokasi dan aksesibilitas, kepemilikan dan peruntukan lahan, rona lingkungan awal, dan kegiatan usaha lain di sekitar tambang;
- 2) Deskripsi kegiatan pertambangan, meliputi keadaan cadangan, sistem dan metode penambangan, pengolahan dan pemurnian, serta fasilitas penunjang;
- 3) Rona lingkungan akhir lahan pascatambang, meliputi keadaan cadangan tersisa, peruntukan lahan, morfologi, air permukaan dan air tanah, serta biologi akuatik dan teresterial;
- 4) Program pascatambang, meliputi:
 - a. reklamasi pada lahan bekas tambang dan lahan di luar bekas tambang;
 - b. pemeliharaan hasil reklamasi;

- c. pengembangan dan pemberdayaan masyarakat; dan
 - d. pemantauan
- 5) Organisasi termasuk jadwal pelaksanaan pascatambang;
 - 6) Kriteria keberhasilan pascatambang;
 - 7) Rencana biaya pascatambang meliputi biaya langsung dan biaya tidak langsung.

Dalam peraturan ini juga disebutkan bahwa salah satu prinsip yang harus dipenuhi dalam pelaksanaan reklamasi dan pascatambang oleh pemegang Izin Usaha Pertambangan (IUP) Tahap Eksplorasi dan IUP Tahap Kegiatan Operasi Produksi adalah melakukan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup pertambangan, yaitu meliputi:

- 1) Perlindungan terhadap kuantitas air permukaan, air tanah, air laut, dan tanah serta udara berdasarkan standar baku mutu atau kriteria baku kerusakan lingkungan hidup sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan;
- 2) Perlindungan dan pemulihan keanekaragaman hayati;
- 3) Penjaminan terhadap stabilitas dan keamanan timbunan batuan penutup, kolam tailing, lahan bekas tambang dan struktur buatan lainnya;
- 4) Pemanfaatan lahan bekas tambang sesuai dengan peruntukannya;
- 5) Memperhatikan nilai-nilai sosial dan budaya setempat; dan
- 6) Perlindungan terhadap kuantitas air tanah sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Rona lingkungan akhir lahan pascatambang sangat penting dalam suatu kegiatan usaha pertambangan dan harus direncanakan dengan baik. Seperti diketahui bahwa pembangunan berkelanjutan dalam konteks usaha pertambangan adalah transformasi sumber daya tidak terbarukan (*non renewable resources*) menjadi sumber daya pembangunan terbarukan (*renewable resources*). Manfaat yang diperoleh dari kegiatan pertambangan haruslah dapat dirasakan bukan hanya pada saat sedang ada pertambangan, tetapi juga bermanfaat untuk generasi yang akan datang. Dalam konteks ini, bahwa setelah adanya kegiatan tambang berakhir, maka perekonomian di daerah sekitar tambang juga tetap berlangsung.

Rona lingkungan akhir lahan pascatambang harus sudah direncanakan pada saat melakukan studi kelayakan dan AMDAL, sehingga peruntukan lahan bekas tambang tersebut dapat diwujudkan sebagaimana mestinya. Proses penutupan tambang dilakukan secara bertahap dan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari kegiatan perlindungan lingkungan.

2.5 Tata Ruang dan Lahan

Dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dinyatakan bahwa pemanfaatan sumber daya alam dilakukan berdasarkan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup dengan memperhatikan:

- 1) Keberlanjutan proses dan fungsi lingkungan hidup;
- 2) Keberlanjutan produktivitas lingkungan hidup; dan
- 3) Keselamatan, mutu hidup, dan kesejahteraan masyarakat.

Dalam Undang-undang Nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang, dinyatakan bahwa penataan ruang diselenggarakan dengan memperhatikan:

- 1) Kondisi fisik wilayah yang rentan terhadap bencana;
- 2) Potensi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya buatan, kondisi ekonomi, sosial, budaya, politik, hukum, pertahanan keamanan, lingkungan hidup, serta ilmu pengetahuan dan teknologi sebagai satu kesatuan; dan
- 3) Geostrategi, geopolitik, dan geoekonomi.

Sugandhi (1999) menyatakan bahwa penataan ruang wilayah adalah suatu usaha manusia yang diwujudkan berupa pola dan struktur yang akan menggambarkan ikatan pemanfaatan ruang yang terpadu bagi sektor-sektor pembangunan (ekonomi, sosial budaya, dan hankamnas) dalam hidup manusia beserta segala isinya. Ikatan pemanfaatan ruang yang terpadu meliputi pengaturan ruang untuk kegiatan manusia sesuai ukuran-ukurannya baik di darat, laut, angkasa dengan mempertimbangkan kondisi alam yang sesuai dengan kehidupan manusia melalui keterpaduan perencanaan fisik, perencanaan sosial, perencanaan ekonomi, perencanaan kelembagaan (institusional) bagi kehidupan manusia dan lingkungannya yang selaras, serasi dan seimbang. Sugandhi (1999) juga

menyatakan bahwa perencanaan wilayah merupakan proses yang saling kait mengait antara berbagai sektor pembangunan, baik sektor pemerintah maupun swasta, baik secara sektoral maupun regional yang perlu disusun secara sistematis, terarah dan terpadu dalam rangka usaha memperbaiki tingkat kesejahteraan hidup masyarakat.

2.6 Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat

Kegiatan pertambangan seringkali dilaksanakan di daerah terpencil yang umumnya minim infrastruktur fisik. Dengan berkembangnya kegiatan pertambangan, diharapkan akan meningkatkan perkembangan wilayah. Usaha pertambangan yang sejatinya bersifat sementara karena deposit bahan galian merupakan sumber daya alam yang tidak terbarukan, namun mempunyai potensi besar untuk menciptakan momentum bagi berlangsungnya transformasi sosial (Suyartono, 2003). Kesementaraan usaha pertambangan dicerminkan oleh umur tambang atau tergantung dari dua faktor yaitu skala produksi dan besarnya deposit bahan galian. Percepatan transformasi sosial sangat bergantung pada percepatan pemanfaatan deposit bahan galian. Semakin kecil percepatan pemanfaatan (penggalian) bahan galian, maka semakin banyak waktu atau kesempatan bagi berlangsungnya transformasi sosial.

Suyartono (2003) juga menyatakan bahwa ada 3 (tiga) kelompok yang berkepentingan dalam mewujudkan terciptanya keselarasan antara kegiatan usaha pertambangan dan pembangunan yang berkelanjutan, yaitu pemerintah pusat maupun daerah, dunia usaha pertambangan umum, dan masyarakat setempat. Perusahaan pertambangan bertugas mengembangkan usahanya agar menghasilkan suatu keuntungan bagi negara, daerah, dan masyarakat dalam bentuk lapangan kerja dan program-program sosial. Dengan demikian, masyarakat setempat akan dapat meningkatkan kesejahteraannya dengan memanfaatkan hasil pembangunan yang dilakukan oleh pemerintah dan perusahaan pertambangan.

Kegiatan usaha pertambangan merupakan aspek penting untuk membantu menciptakan pengembangan wilayah secara berkelanjutan, dengan salah satu konsep yang dikembangkan yaitu tanggung jawab perusahaan (*corporate social responsibility/CSR*). Menurut Arif Budimanta (2007) bahwa konsep CSR ini

termuat tanggung jawab kepada perusahaan untuk berperan serta dalam pembangunan dengan menjadi agen pembangunan. Implikasinya perusahaan tidak hanya berfungsi sebagai penghasil devisa negara, tetapi juga berkewajiban menciptakan lapangan kerja dan efek ganda lainnya dalam kerangka peningkatan nilai tambah industri bagi kesejahteraan masyarakat.

2.7 Pemanfaatan Lahan Pascatambang

Saat kegiatan pertambangan berakhir, tentu segala aktivitas penambangan dengan berbagai kegiatan ekonomi yang mendukungnya akan berhenti. Masyarakat yang sebelumnya hanya menggantungkan perekonomiannya dari kegiatan pertambangan akan mengalami kesulitan. Penutupan tambang sejak mulai disusunnya studi kelayakan sudah harus direncanakan, sehingga semua pemangku kepentingan, telah bersiap terhadap berhentinya operasi penambangan. Ada banyak alasan mengapa tambang dapat tutup prematur (tidak sesuai dengan umur tambang yang direncanakan).

Alasan penutupan tersebut bukan karena habisnya cadangan bahan galian akan tetapi karena alasan lainnya, yaitu:

- 1) Ekonomi, yaitu rendahnya harga komoditas atau tingginya biaya operasional yang menyebabkan perusahaan pailit;
- 2) Geologi, seperti penurunan kualitas ataupun kuantitas yang tidak terantisipasi sebelumnya;
- 3) Teknis, seperti kondisi geoteknik yang buruk ataupun kerusakan mesin/peralatan;
- 4) Peraturan, akibat pelanggaran keamanan atau lingkungan;
- 5) Perubahan kebijakan, yang disebabkan oleh perubahan pemerintah;
- 6) Tekanan sosial atau masyarakat, khususnya dari organisasi non pemerintah (atau lembaga swadaya masyarakat);
- 7) Penutupan industri atau pasar di tingkat hilir;
- 8) Banjir atau gelombang besar.

Seperti diketahui bahwa faktor utama optimalisasi kegiatan pertambangan adalah dilakukannya perencanaan dan dilaksanakan teknik-teknik pertambangan yang baik dan benar. Pemilihan metode penambangan akan memberi konsekuensi

pada rona akhir penambangan yang ditinggalkan. Menurut Suyartono, dkk (2003) bahwa perlu ada kebijakan penutupan tambang yang bertujuan untuk mendorong setiap kegiatan pertambangan mempunyai konsep sejak dini mengenai pemanfaatan lahan bekas tambang, agar aman dan tetap mempunyai fungsi lingkungan. Konsep pemanfaatan lahan bekas tambang tersebut tentunya harus sesuai dengan rencana pembangunan di daerah, dan merupakan kesepakatan tiga unsur utama aktor pembangunan yaitu industri pertambangan, pemerintah dan masyarakat. Konsep pemanfaatan lahan bekas tambang yang tertuang dalam dokumen rencana penutupan tambang juga memberikan dampak positif, yaitu masyarakat akan mengetahui bahwa lahan bekas tambang masih memberikan manfaat meskipun tambang sudah tidak beroperasi lagi.

Program reklamasi yang umum dilakukan pada lahan bekas kegiatan pertambangan antara lain:

- 1) Revegetasi tanaman keras;
- 2) Perkebunan tanaman buah;
- 3) Pertanian padi;
- 4) Penataan lahan untuk pembangunan perumahan;
- 5) Pembuatan bangunan sumber air dan wisata air.

2.8 Perlindungan Lingkungan

Lahan yang telah selesai dilakukan penambangan dan materialnya tidak ditambang kembali, karena misalkan sudah tidak ekonomis, maka harus segera dilakukan reklamasi. Perawatan dan pemeliharaan di lahan bekas tambang batuan di Magelang meliputi kegiatan: penyiraman pada saat musim kemarau, penyemprotan untuk menanggulangi hama, pemupukan kembali bila tanaman kurang subur, penyiangan gulma, pemangkasan daun yang tidak dikehendaki dan penjarangan bila diperlukan. jika terdapat tanaman yang mati atau kurang sehat akan diganti dengan tanaman yang lebih sehat.

- 1) Kegiatan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan

Kegiatan pemeliharaan dan perawatan reklamasi dimonitoring dan dievaluasi ini terjadwalkan dilaksanakan setiap bulan. Dalam setiap monitoring dan evaluasi akan dihasilkan temuan-temuan dan rekomendasi

penyelesaian untuk ditindaklanjuti oleh PT Radik Jaya Indonesia dan Abdul Kadir. Untuk mencegah dan mengantisipasi timbulnya penurunan kualitas lingkungan akibat dari dampak negative proses kegiatan pertambangan batuan di Desa Magelung, maka upaya-upaya pencegahan dan penanggulangan dilakukan pada semua aspek. Upaya – upaya untuk mengembangkan dampak positif juga terus dilakukan. Kegiatan tersebut tertuang dalam Rencana Pengelolaan dan Pemantauan lingkungan (RKL – RPL).

Kegiatan pemantauan lingkungan dilakukan secara periodik, yakni setiap tiga bulan dengan tim pelaksanaanya berasal dari pihak ketiga yang telah memiliki kompetensi dan kewenangan untuk melakukan kegiatan tersebut dimulai dari proses pengambilan data, analisis, dan kesimpulan serta saran.

2) Teknik dan peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan reklamasi

Kegiatan reklamasi dimulai sesuai dengan rencana yang telah disetujui dan harus sudah dilaksanakan pada waktu-waktu yang telah ditetapkan. Dalam melaksanakan kegiatan reklamasi, pemegang izin pertambangan bertanggung jawab sampai kondisi atau rona akhir sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Pelaksanaan reklamasi dapat melalui beberapa tahapan kegiatan, yaitu :

1. Tahap Persiapan

Reklamasi adalah kegiatan mengembalikan kondisi lahan yang sudah selesai ditambang. Jenis pohon yang ditanam disesuaikan dengan kondisi area masing-masing sesuai dengan anjuran dari tim bimbingan teknis lapangan. Beberapa proses kegiatan untuk persiapan area reklamasi meliputi:

a) Pengukuran dan Recontouring

Pengukuran lahan dilakukan oleh surveyor sesuai dengan luasan pada reklamasi dan keadaan aktual dilapangan. Dilakukan pemasangan patok sementara sebagai acuan awal pelaksanaan kegiatan reklamasi. Lahan yang sudah mencapai batas akhir

penambangan tidak bisa langsung dilakukan penanaman. Dilakukan pemindahan *top soil* ke lahan bekas tambang/lokasi rencana reklamasi. Jika lokasi reklamasi memiliki beda ketinggian, maka lokasi dibuat berjenjang sesuai dengan desain pada dokumen studi kelayakan.

b) Perataan Tanah Pucuk

Tanah pucuk yang sudah berada di area reklamasi kemudian diratakan (*spreading*) agar seluruh lokasi mendapatkan tanah pucuk. Tinggi tanah pucuk di area reklamasi adalah 30 cm sampai 1 meter dari dasar lahan. Perataan tanah pucuk menggunakan *excavator*.

c) Pembuatan Saluran Drainase

Pembuatan parit untuk saluran drainase berfungsi untuk mengalirkan air di area reklamasi agar tidak menggenang. Pembuatan parit ini juga akan memudahkan proses penyiraman dan memenuhi kebutuhan air untuk tanaman reklamasi. Parit dibuat dengan jarak antar parit 10 sampai 20 meter dengan kedalaman kurang lebih 50 cm, menyesuaikan dengan kondisi area yang ada.

d) Penyiapan Bibit

Jenis bibit yang akan ditanam disesuaikan dengan kondisi area reklamasi dan juga masukan dari tim bimbingan teknis lapangan. Banyaknya bibit yang disediakan disesuaikan dengan luas area reklamasi. Untuk 1 Ha area reklamasi akan ditanamai 400 batang pohon. Tanaman reklamasi disediakan di rumah pembibitan.

2. Tahap Pelaksanaan

Dilakukan secara berkelanjutan guna mendapatkan hasil tanaman yang optimal dalam kegiatan reklamasi di area bekas tambang. Berikut di bawah ini adalah uraian tahapan pelaksanaannya:

a) Pembuatan Lubang Tanam

Ukuran lubang tanam menyesuaikan aturan yang berlaku dan dilakukan guna mendapatkan ruang hidup untuk tanaman sehingga

dapat tumbuh secara optimal. Pembuatan lubang tanam dilakukan secara manual dengan cangkul, dan serok oleh tenaga manusia.

b) Pengisian Pupuk Organik dalam Lubang Tanam

Setiap lubang tanam di beri pupuk dan kemudian diaduk dengan tanah galian tersebut. Pekerjaan ini dilakukan secara manual dengan tenaga manusia menggunakan cangkul.

c) Penanaman Bibit

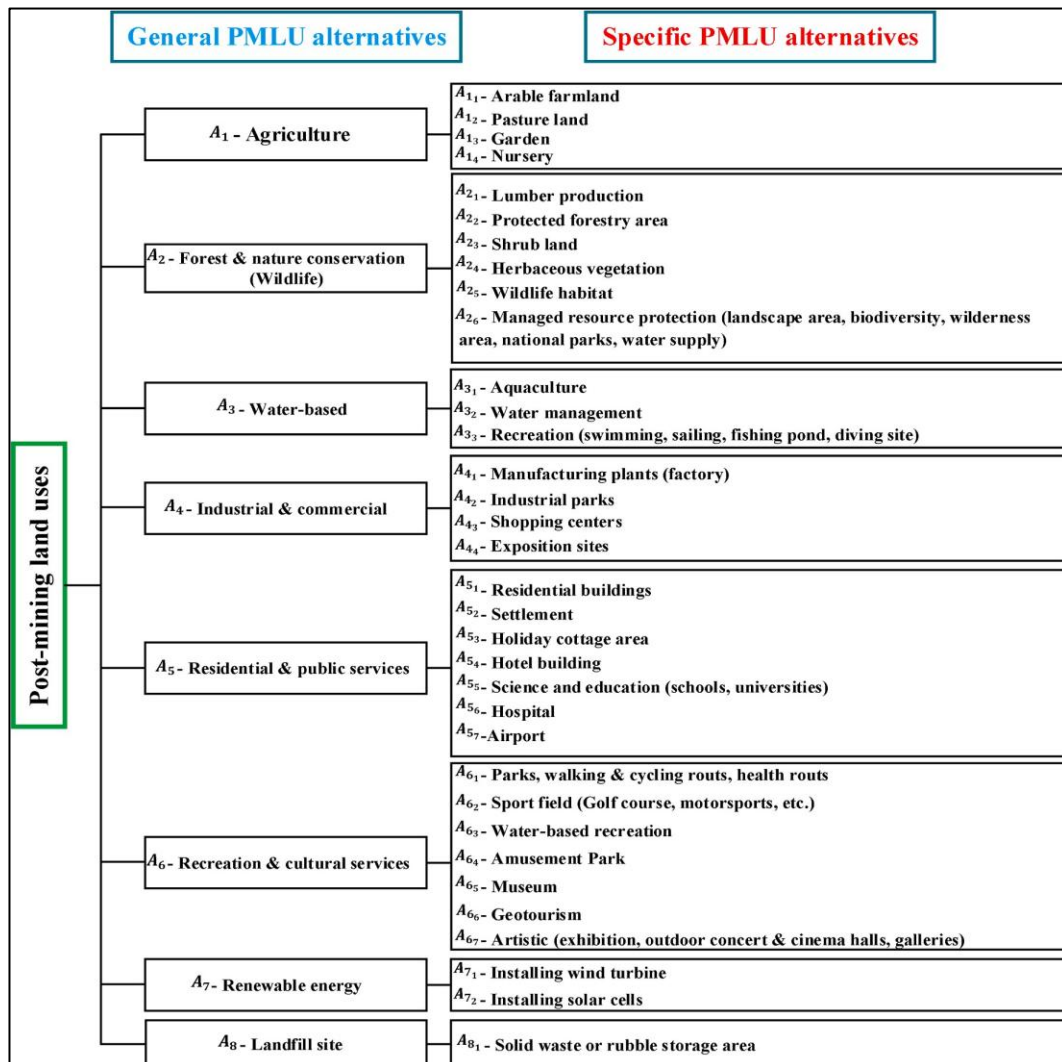
Tanaman di tanam pada tengah lubang dan diatur sedemikian rupa sehingga bisa sesuai untuk rendah dan tingginya lokasi. Penanaman dilakukan manual dengan menggunakan tenaga manusia.

d) Pemeliharaan

Perawatan meliputi penyiraman pada saat musim kemarau, penyemprotan untuk menanggulangi hama, pemupukan kembali bila tanaman kurang subur dan penyiangan gulma. Pemangkasan daun yang tidak dikehendaki dan penjarangan bila diperlukan. Jika terdapat tanaman yang mati atau kurang sehat akan diganti dengan tanaman yang lebih sehat. Kegiatan pemeliharaan ini dilakukan secara rutin untuk menjaga tingkat kesehatan tanaman & presentase tumbuh tanaman di lahan reklamasi. Pekerjaan ini dilakukan menggunakan tenaga manusia dan juga tenaga alat mekanis.

2.9 *Post Mining Land Use*

Perencanaan strategis dan analisis kuantitatif adalah aspek penting dalam memastikan keberlanjutan jangka panjang penyebaran *post mining land use*. Tidak ada studi universal atau sempurna yang secara komprehensif menangani masalah ini, berfokus pada menganalisis secara kuantitatif posisi strategis opsi *post mining land use* dan menentukan strategi yang tepat untuk memastikan keberlanjutan penyebaran *post mining land use* (Amirshenava & Osanloo, 2022).



Gambar 6 The comprehensive classification of PMLU alternatives (Amirshenava & Osanloo, 2021)

Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi berbagai pendekatan untuk mengatasi tantangan ini, termasuk analisis sensitivitas, studi komparatif, dan kerangka kerja untuk menganalisis dan mengevaluasi rencana dan strategi proses alternatif yang mempertimbangkan aspek keberlanjutan sebagai atribut pengambilan keputusan kunci.

2.10 Baku Mutu Tanah

Tanah adalah kumpulan dari benda alam di permukaan bumi yang tersusun horizon dan terdiri dari campuran bahan-bahan mineral, bahan organik, air dan udara yang merupakan media bagi tumbuhnya tanaman (Hardjowigeno, 1995).

Tanah berfungsi sebagai sumber daya pertanian dalam dua cara: sebagai sumber hara bagi tanaman, tempat akar berpegang, tempat penyimpanan air, dan tempat bertambahnya unsur hara dan air. Jika fungsi-fungsi ini hilang atau hilang, tanah disebut kerusakan atau degradasi tanah. Akibatnya, kualitas tanah akan menurun. Parameter penting untuk penggunaan tanah dalam sektor perkebunan, pertanian, dan kehutanan adalah sebagai berikut:

1. Faktor fisik dan kimia tanah seperti tekstur, permeabilitas, kedalaman efektif, batuan permukaan, drainase, lereng, pH, tebal gambut (untuk tanah gambut), kandungan unsur-unsur dalam tanah, salinitas, kedalaman lapisan, dan prosentase sodium yang dapat dipertukarkan dengan unsur lain.
2. Faktor penggunaan lahan untuk tanaman semusim, persawahan, hutan, tanaman tahunan, padang penggembalaan, dan lainnya.
3. Faktor iklim, meliputi ketinggian tempat dan curah hujan serta pengaruh cuaca dan unsur-unsur dalam tanah terhadap pertumbuhan tanaman.

(PP Nomor 150, 2000) mendefinisikan tanah sebagai salah satu sumber daya alam, wilayah hidup, media lingkungan, dan faktor produksi yang harus dijaga dan dipelihara kelestarian fungsinya, termasuk produksi biomassa yang mendukung kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Berdasarkan pertimbangan untuk melaksanakan pengelolaan lingkungan hidup, ditetapkan peraturan pemerintah untuk mengendalikan kerusakan tanah untuk produksi biomassa sebagai berikut:

Tabel 2 Kriteria Baku Kerusakan Tanah di Lahan Kering Akibat Erosi

TEBAL TANAH	AMBANG KRITIS EROSI		METODE PENGUKURAN	PERALATAN
	(1)	(2)		
	Ton/ha/tahun	mm/10 tahun		
< 20 cm	> 0,1 — < 1	> 0,2 - < 1,3	1. gravimetrik	1. timbangan, tabung ukur, penara debit (discharge) sungai dan peta daerah tangkapan air (catchment area)
20 - < 50 cm	1 - < 3	1,3 - < 4	2. pengukuran langsung	
50 - < 100 cm	3 - < 7	4,0 - < 9,0		
100 - 150 cm	7 — 9	9,0 — 12		
> 150	9	> 12		2. patok erosi

Tabel 3 Kriteria Baku Kerusakan Tanah di Lahan Kering

NO.	PARAMETER	AMBANG KRITIS	METODE PENGUKURAN	PERALATAN
1	- Ketebalan solum	< 20 cm	pengukuran langsung	meteran
2	- Kebatuan permukaan	> 40 %	pengukuran langsungimbangan batu dan tanah dalam unit luasan	meteran; <i>counter (line</i> atau total)
3	- Komposisi fraksi	< 18% koloid; > 80% pasir kuarsitik	warna pasir, gravimetrik	tabung ukur; timbangan
4	- Berat isi	> 1,4 g/cm ³	gravimetri pada satuan volume	lilin; tabung ukur; <i>ring sampler</i> ; timbangan analitik
5	- Porositas Total	< 30%; > 70%	perhitungan berat isi (BI) dan berat jenis (BJ)	piknometer; timbangan analitik
6	- Derajat pelulusan air	< 0,7 cm/jam; > 8,0 cm/jam	permeabilitas	<i>ring sampler</i> ; <i>double ring permeameter</i>
7	- pH (H ₂ O) 1: 2,5	< 4,5 ; > 8,5	potensiometrik	pH meter; pH <i>stick</i> skala 0,5 satuan

Sedangkan kriteria umum untuk kandungan logam berat yang terdapat di dalam tanah telah diteliti oleh (Ferguson, 1990) mengemukakan batas beberapa kandungan logam berat yang tidak tercemar di dalam tanah, yaitu:

Tabel 4 Batas Kandungan Logam Berat Yang Tidak Tercemar di Dalam Tanah

No	Logam Berat	Rerata Tanah yang tidak terkomtaninasi	Batas Minimum	Batas Maksimum
1.	<i>Cadmium (Cd)</i>	0,62 µg/g	0,1 µg/g	1,0 µg/g
2.	<i>Mercury (Hg)</i>	0,098 µg/g	0,01 µg/g	0,06 µg/g
3.	<i>Arsenic (As)</i>	6,03 µg/g	5 µg/g	10 µg/g
4.	<i>Lead (Pb)</i>	29,2 µg/g	10 µg/g	20 – 50 µg/g
5.	<i>Selenium (Se)</i>	0,4 µg/g	Angka ini akan meningkat pada daerah asam dan semi asam	

2.11 *Green Infrastructure*

Infrastruktur hijau didefinisikan sebagai *An interconnected network of green space that conserves natural ecosystem values and functions and provides associated benefits to human population* (Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century, 2001). Dari sudut pandang ini, infrastruktur hijau merupakan kerangka ekologis untuk keberlanjutan lingkungan, sosial, dan ekonomi, sebagai sistem kehidupan alami yang berkelanjutan. Infrastruktur hijau merupakan jaringan ruang terbuka hijau (RTH) kota untuk melindungi nilai dan fungsi ekosistem alami yang dapat memberikan dukungan kepada kehidupan manusia. Sebagai contoh, apabila pemerintah telah membangun infrastruktur jaringan air bersih untuk kebutuhan air masyarakat, jaringan RTH dapat memasok oksigen yang sangat diperlukan warga. Demikian pula apabila pemerintah telah membangun jaringan infrastruktur penanggulangan limbah cair ataupun padat agar terhindar dari pencemaran yang berdampak negatif bagi warga, dengan adanya jaringan RTH dapat menetralkan dampak pencemaran udara, terutama penyerapan karbon dioksida (CO₂), sekaligus menekan emisi karbon pemicu pemanasan bumi.

Infrastruktur hijau merupakan jaringan yang saling berhubungan antara sungai, lahan basah, hutan, habitat kehidupan liar, dan daerah alami di wilayah perkotaan; jalur hijau, *green infrastructure* berbasis hortikultura, dan daerah konservasi; daerah pertanian, perkebunan, dan berbagai jenis RTH lain, seperti taman-taman kota. Pengembangan infrastruktur hijau dapat mendukung kehidupan warga, menjaga proses ekologis, keberlanjutan sumber daya air dan udara bersih, serta memberikan sumbangan kepada kesehatan dan kenyamanan warga kota (*liveable cities*).

Green infrastructure merupakan pendekatan perencanaan dan pengelolaan ruang yang mengintegrasikan sistem alami dan semi-alami untuk memberikan manfaat ekologis, sosial, dan ekonomi secara berkelanjutan. Penerapannya didasarkan pada beberapa prinsip utama sebagai berikut:

1) Prinsip Keberlanjutan (*Sustainability*)

Green infrastructure dirancang untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan lingkungan, sosial, dan ekonomi, sehingga mampu memberikan manfaat jangka panjang tanpa menurunkan kualitas sumber daya alam.

2) Prinsip Konservasi dan Perlindungan Lingkungan

Green infrastructure berfungsi melindungi ekosistem alami, termasuk tanah, air, dan keanekaragaman hayati, serta meminimalkan degradasi lingkungan akibat aktivitas manusia.

3) Prinsip Infiltrasi dan Pengelolaan Air (*Water Sensitive Design*)

Salah satu prinsip utama green infrastructure adalah meningkatkan kemampuan lahan dalam menyerap, menyimpan, dan mengelola air hujan secara alami, sehingga mendukung fungsi zona imbuhan air tanah, mengurangi limpasan permukaan, dan menekan risiko banjir.

4) Prinsip Multifungsi (*Multifunctionality*)

Green infrastructure tidak hanya berfungsi secara ekologis, tetapi juga memiliki nilai sosial dan ekonomi, seperti ruang produksi hortikultura, ruang terbuka hijau, kawasan resapan air, dan ruang rekreasi masyarakat.

5) Prinsip Konektivitas Ekologis

Green infrastructure dirancang sebagai jaringan ruang hijau yang saling terhubung, sehingga memungkinkan aliran air, energi, dan organisme secara alami serta meningkatkan ketahanan ekosistem.

6) Prinsip Adaptasi terhadap Risiko Bencana dan Perubahan Iklim

Penerapan green infrastructure bertujuan meningkatkan ketahanan wilayah terhadap bencana lingkungan seperti banjir, longsor, dan kekeringan, serta sebagai bentuk adaptasi terhadap perubahan iklim.

7) Prinsip Pemanfaatan Potensi Lokal

Green infrastructure mengutamakan pemanfaatan kondisi biofisik, jenis vegetasi lokal, dan karakteristik wilayah setempat agar lebih efektif, efisien, dan mudah dikelola.

8) Prinsip Partisipasi dan Pengelolaan Berkelanjutan

Pengembangan green infrastructure melibatkan peran pemangku kepentingan dan masyarakat dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan guna menjamin keberlanjutan fungsi dan manfaatnya.

Infrastruktur hijau adalah konsep penataan ruang yang memiliki dampak yang sangat baik bagi lingkungan karena infrastruktur hijau tidak mengganggu siklus alami lingkungan. Selain itu, infrastruktur hijau dari tahap perencanaan, pembangunan, pengoperasian, hingga tahap pemeliharaannya sangat memperhatikan aspek-aspek dalam melindungi, menghemat, dan mengurangi penggunaan sumber daya alam. Maka dari itu, infrastruktur hijau memiliki beberapa fungsi yaitu sebagai berikut:

1) Mengurangi Limpasan Air Hujan

Limpasan air hujan, menjadi masalah yang sangat marak terjadi setelah kegiatan konstruksi karena dapat mengurangi wilayah penyerapan air ke tanah yang dapat menyebabkan banjir dan banyak masalah lainnya, maka dari itu infrastruktur hijau memberikan solusi dengan cara seperti Permeable Pavement yang penerapannya memasang trotoar yang memungkinkan air menyerap ke dalam tanah atau Filter Strip yang dirancang untuk menyaring limpasan.

2) Menyaring dan Menyerap Polutan Dalam Air

Polutan dalam air dapat berdampak buruk dan berbahaya bagi ekosistem lingkungan, maka solusi yang tepat untuk menguranginya adalah dengan cara menyaring, mengelola atau menghilangkan air bekas limbah, seperti contohnya Constructed Wetland.

3) Menyimpan Air Hujan

Air hujan dapat memberikan mukjizat namun juga dapat menjadi bencana karena banyaknya debit air yang turun secara bersamaan, oleh karena itu menampung atau menyimpan air hujan dapat menjadi solusi yang baik bagi masalah itu, seperti contohnya Rain Harvesting.

4) Menghemat dan Mendaur Ulang Air

Air yang diserap, disaring, ditampung dari beberapa fungsi sebelumnya dapat di olah lagi menjadi air yang bisa dikonsumsi oleh banyak orang, mengingat krisis air adalah masalah yang fatal di beberapa negara yang kekeringan disebabkan oleh banyak faktor.

5) Pengisian Kembali Air Tanah

Kekeringan air di beberapa wilayah juga dapat menyebabkan kekeringan tanah sehingga infrastruktur hijau menawarkan beberapa solusi seperti penampungan air hujan di kolam atau sistem penyimpanan aliran air tanah pada zona-zona imbuhan air tanah.

6) Penghematan Energi

Penggunaan sumber daya pada infrastruktur hijau dibatasi sehingga dapat menjaga lingkungan, dengan penggunaan energi yang lebih sedikit dan lebih hemat dari pembangunan infrastruktur lainnya.

7) Mengurangi Erosi Tanah

Infrastruktur hijau memberi alternatif terkait erosi tanah yaitu dengan cara menampung dan memperlambat air run-off, membuka jalur untuk air agar lebih mudah diserap tanah, penanaman pohon agar erosi tanah tidak menjadi lebih buruk.

8) Menjaga Keberagaman Habitat

Pembangunan infrastruktur juga menyebabkan perpindahan habitat-habitat hewan agar bisa melakukan pembangunan konstruksi di wilayah itu, oleh karena itu dengan pembangunan infrastruktur hijau diusahakan agar wilayah pembangunan dipelihara semaksimal mungkin agar tidak terjadi kerusakan.

2.12 Pembangunan Berkelanjutan

Pada 1987, Komisi Brundtland dalam *World Commission on Environment and Development* (WCED) memberikan laporannya, *Our Common Future*, mendefinisikan bahwa pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang dijalankan untuk memenuhi kebutuhan sekarang, tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya sendiri. Tiga aspek penting dalam pembangunan berkelanjutan adalah:

- 1) Keberlanjutan Ekonomi, diartikan sebagai pembangunan yang mampu menghasilkan barang dan jasa secara terus-menerus, untuk memelihara kemampuan pemerintah menjalankan tugasnya termasuk menghadapi tuntutan eksternal dan menghindarkan terjadinya kebijakan sektoral ekstrim yang menyebabkan ketidakseimbangan dan merusak produksi pertanian dan industri. Harris (2001) dalam Witoro (2007) menyatakan bahwa keberlanjutan ekonomi mensyaratkan adanya aliran barang dan jasa yang kontinu untuk memelihara kapasitas dan kemampuan pemerintah dalam menjalankan tugasnya dan menjaga roda pembangunan di sektor produksi pertanian dan industri. Witoro (2007) menyatakan bahwa pembangunan tidak bisa terlepas dari pemanfaatan sumberdaya alam (SDA), baik SDA terbarukan (*renewable*) maupun SDA tak terbarukan (*non Renewable*). Pembangunan untuk jangka panjang dan berkelanjutan tentunya harus bertumpu kepada SDA terbarukan;
- 2) Keberlanjutan lingkungan, mensyaratkan bahwa sistem yang berkelanjutan secara lingkungan harus mampu memenuhi hal-hal sebagai berikut:
 - a. Memelihara ketersediaan sumberdaya yang stabil;
 - b. Menghindari eksploitasi yang berlebihan pada sumberdaya alam terbarukan atau menurunnya fungsi lingkungan, dan
 - c. Penyusutan (*depleted*) sumberdaya alam tak terbarukan hanya dapat ditoleransi bila disertai substitusi yang memadai.

Witoro (2007) menyatakan bahwa apabila suatu daerah akan ditinggalkan setelah sumberdaya mineral habis ditambang, beberapa persyaratan lingkungan yang perlu dipenuhi agar tercapai tujuan dari perencanaan penutupan tambang, yaitu kestabilan fisik, kestabilan kimia, dan kestabilan ekologi, termasuk di dalamnya adalah perlindungan keanekaragaman hayati.
- 3) Keberlanjutan Sosial, diartikan sebagai terciptanya suatu sistem adil yang mampu mewujudkan kesetaraan untuk menyediakan jasa-jasa layanan sosial termasuk kesehatan, pendidikan, gender, politik, dan partisipasi.

2.13 Sintesis Literatur

Tabel 5 Sintesis Literatur

No	Sasaran Penelitian	Literatur			Variabel terpilih	Variabel	
			Nama/Tahun	Judul			Variabel
1	Identifikasi kondisi ruang terbuka di lokasi studi	A	Farisa Maulinam Amo, Ulul Hidayah et al. (2024)	Daya Dukung Penerapan Green Infrastructure dalam Mendukung Kawasan Pertanian Lahan Berkelanjutan dan Agribisnis di Kabupaten Belitung Timur	<ul style="list-style-type: none"> - Jalur hijau; - Drainase; - Kolam retensi; - Ketersediaan kawasan hijau; - Vegetasi dengan standar minimum 	<ul style="list-style-type: none"> - Jalur hijau; - Kesesuaian fungsi lahan; - Integrasi ruang hijau; - Vegetasi dengan standar minimum. 	
		B	Maria Lusia, Dessy Tri Astuti, Ahmad Sofian et al. (2023)	Kajian Pemanfaatan Lahan Reklamasi Pasca Tambang Sebagai Lahan Pertanian	<ul style="list-style-type: none"> - Kesesuaian fungsi lahan; - Drainase; - Pengendalian erosi; - Vegetasi dengan standar minimum; - Pemulihan kesuburan tanah. 		
		C	Setiyono, Akhmad Sidiq et al. (2018)	Konsep Infrastruktur Hijau Pada Area Khatulistiwa Park Kota Pontianak	<ul style="list-style-type: none"> - Kesesuaian fungsi lahan; - Integrasi ruang hijau; - Aksesibilitas kawasan; - Kesehatan dan kenyamanan ruang. 		
2	Identifikasi pengelola	A	Ely Nurhidayati, Trida Ridho	Efektivitas Penerapan Infrastruktur Hijau	<ul style="list-style-type: none"> - Perubahan fungsi lahan; 	<ul style="list-style-type: none"> - Keseuaian tata ruang dan fungsi lahan; 	<ul style="list-style-type: none"> - Keseuaian tata ruang dan fungsi lahan;

			Fariz dkk et al. (2024)	Dalam mengurangi Genangan Air Pada Jalur Pedestrian di Kota Pontianak	- Penerapan permeable pavements.	- Penerapan permeable pavements..	- Penerapan infrastruktur hijau pada skala komunitas.
		B	Jimly Al Faraby, Rizky Asa Aulia Trisedya, dkk et al. (2023)	Tipologi Aplikasi Infrastruktur Hijau Skala Komunitas Pada Kampung Kota di Indonesia	- Konektivitas jalur hijau dan ruang terbuka hijau; - Multifungsi dan multi skala; - Penerapan infrastruktur hijau pada skala komunitas.	- Konektivitas jalur hijau dan ruang terbuka hijau; - Penerapan infrastruktur hijau pada skala komunitas.	
3	Analisis pengembangan ruang terbuka berbasis infrastruktur hijau	A	Dadi Heryana, Amrie Firmansyah et al. (2024)	Green Infrastructure Framework: Sebuah Strategi Pembangunan Infrastruktur Hijau Nasional	- Kesejahteraan dan kualitas hidup; - Keterlibatan masyarakat; - Pengelolaan dan evaluasi; - Kesesuaian tata ruang.	- Kesesuaian tata ruang; - Keterlibatan masyarakat; - Pengelolaan dan evaluasi.	- Kesesuaian tata ruang dan fungsi lahan; - Integrasi ruang hijau dan fasilitas publik (pengelolaan dan evaluasi).
		B	Ronaldy Lovina et al. (2023)	Kajian Pembangunan Infrastruktur (Jalan, jaringan Listrik, Telekomunikasi) Yang Disinergikan Dengan Pembangunan Jalur Hijau di Kota Tanjungpinang	- Integrasi ruang hijau dan fasilitas publik; - Pembangunan berbasis ekonomi hijau; - Keberlanjutan ekosistem.	- Integrasi ruang hijau dan fasilitas publik	