

PENENTUAN BOBOT ASPEK PENILAIAN KEBERLANJUTAN DALAM PEMERINGKATAN JALAN HIJAU (WEIGHTING ASSESSMENT ASPECTS FOR SUSTAINABILITY IN GREEN ROAD RATING)

Gede B. Suprayoga¹⁾, Greece M. Lawalata²⁾

^{1), 2)} Pusat Litbang Jalan dan Jembatan
Jalan A. H. Nasution No. 264 Bandung 40294
e-mail: ¹⁾ gede.budi@pusjatan.pu.go.id ²⁾ Greece.maria@pusjatan.pu.go.id,
Diterima: 3 November 2015; direvisi: 16 November 2015; disetujui: 1 Desember 2015

ABSTRAK

Jalan hijau sebagai suatu skema penilaian dan pemeringkatan proyek jalan memberikan profil atas aspek atau elemen jalan yang memerlukan perhatian dalam rangka mewujudkan konstruksi jalan yang berkelanjutan. Makalah ini bertujuan untuk menentukan bobot nilai kategori dan subkategori dalam persyaratan sukarela yang mencerminkan kontribusi setiap aspek maupun elemen proyek dalam pewujudannya tersebut. Metode pengumpulan data adalah wawancara tatap muka dengan menggunakan perangkat kuesioner. Pemilihan sampel dilakukan secara purposif, yaitu data yang dikumpulkan dari informan yang terdiri dari peneliti, pakar, dan praktisi dalam konstruksi jalan, transportasi, dan pengelolaan lingkungan jalan. Teknik analisis menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP) yang menguraikan perbandingan berpasangan setiap kategori dan subkategori. Melalui analisis ini, bobot setiap kategori adalah sebagai berikut: 'lingkungan dan keairan' memiliki bobot terbesar 26,7% diikuti oleh kategori 'teknologi perkerasan', dan kategori 'penggunaan material dan sumber daya alam' sebesar 20,2% dan 20,1%. Dua bobot terkecil adalah 13,7% dan 19,3% yang dimiliki oleh kategori 'penyediaan akses dan kesetaraan hak' dan 'pelaksanaan konstruksi'. Berdasarkan analisis prioritas global, tiga subkategori dengan bobot terbesar terhadap keseluruhan tujuan adalah 'penyediaan sistem drainase', 'perancangan perkerasan berumur panjang' dan 'analisis banjir lingkungan' dengan bobot 5,4%, 4,1%, dan 4,0% secara berturut - turut.

Kata kunci: jalan hijau, proyek jalan, keberlanjutan, kategori penilaian, Analytical Hierarchy Process (AHP)

ABSTRACT

Green road as a road sustainability appraisal is a assessment and rating scheme that provides a profile of the aspects or elements of construction and design focusing on road projects in supporting sustainable construction. This paper aims to determine the weight of each assessment aspects or elements, so it can reflect the contribution to sustainability . The paper used a face-to-face interview method, by using the questionnaire on which the sample was purposively selected from informants consisting of researchers, experts, and practitioners in the field of road construction, road transport, and road environment management. Data were analyzed using Analytical Hierarchy Process (AHP) using pairwise comparisons: the 'environment and water' category obtained the biggest weight at 26.7% followed by 'pavement technology' and 'the utilisation of materials and natural resources categories at 20.2% and 20.1% respectively. Two lesser weights were given to 'the provision and equal right of access' and 'construction implementation' at 13.7% and 19.3%. Based on the global priorities, sub-categories with the greatest weight were 'drainage system provision', 'long-term pavement deaign' and 'flood analysis' with weights of 5.4%, 4.1%, and 4.0% respectively.

Keywords: green road, road projects, sustainability, assessment category, Analytical Hierarchy Process (AHP)

PENDAHULUAN

Pembangunan berkelanjutan merupakan upaya untuk memenuhi kebutuhan manusia sekarang tanpa mengorbankan pemenuhannya bagi generasi mendatang. Definisi juga mengindikasikan suatu proses atau upaya menggunakan sumber daya alam untuk peningkatan pertumbuhan ekonomi yang tanpa mengorbankan keseimbangannya dengan daya dukung ekologis. *Brundtland Commission* mengawali pengembangan konsep dan implementasinya melalui Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi di Rio de Janeiro tahun 1992. Bali *Action Plan* tahun 2007, Copenhagen *Accord* 2009, *Cancun Commitments* tahun 2010, KTT Rio+20 tahun 2012 merupakan rangkaian pertemuan dalam skala internasional untuk memberikan fondasi atas pengembangan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan pada berbagai bidang, termasuk bidang transportasi jalan.

Undang-Undang No. 38/2004 tentang Jalan membagi kegiatan pembangunan jalan menjadi perencanaan teknis, pelaksanaan konstruksi, serta pengoperasian dan pemeliharaan jalan (Indonesia 2004). Keseluruhan kegiatan dapat berkontribusi langsung dalam penerapan prinsip-prinsip konstruksi berkelanjutan antara lain: pemanfaatan material terbaharukan dan pemanfaatan ulang material, serta pengurangan penggunaan energi (Indonesia Kemen PUPR 2015).

Untuk mengukur sejauh mana praktik-praktik atas implementasi prinsip-prinsip konstruksi berkelanjutan dikembangkan skema penilaian dan pemeringkatan jalan hijau. Pemeringkatan jalan hijau telah dikembangkan oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan sebagai skema sistematis untuk menilai taraf keberlanjutan pada proyek jalan, dan mengevaluasi penerapan prinsip-prinsip konstruksi berkelanjutan (Lawalata, dkk. 2013). Perangkat ini memberikan profil atas aspek desain dan konstruksi jalan yang memperkuat implementasi prinsip. Perangkat juga digunakan untuk memberikan pemahaman dan kesadaran bagi pemilik proyek maupun kontraktor atas isu pembangunan jalan, beserta dampaknya bagi lingkungan alamiah maupun sosial pada masa mendatang (VicRoads 2011; Muench 2011).

Lawalata, dkk. (2014) menjelaskan bahwa pemeringkatan jalan hijau ditujukan untuk menilai sejauhmana praktik-praktik konstruksi berkelanjutan dijalankan. Perangkat menjabarkan sejumlah kategori dan subkategori penilaian yang memiliki bobot maksimum yang dapat dicapai oleh suatu proyek. Setiap subkategori dibangun oleh kriteria-kriteria yang dinilai menurut penerapannya pada proyek jalan (Lawalata 2014). Sama halnya dengan yang telah dikembangkan di sejumlah negara, perangkat juga diperuntukkan bagi evaluasi atas taraf keberlanjutan proyek jalan dari aspek ekologi, ekonomi, dan sosial (VicRoads 2011; Muench 2011; Illinois DOT 2010).

Skema pemeringkatan yang berkembang, antara lain: *BE2ST-In-Highways*, *Greenroadssm*, *Illinois Livable and Sustainable Transportation (I-LAST)*, *Infrastructure Voluntary Evaluation Sustainability Tool (InVEST)*. *Building Environmentally and Economically Sustainable Transportation-Infrastructure-Highways (BE2ST-In-Highways)*. Salah satu perangkat pemeringkatan yang tergolong populer adalah *Greenroads* yang dikembangkan oleh University of Washington. Perangkat ini menginsiprasi skema yang dikembangkan di Indonesia yang disebut Jalan Hijau Indonesia. Dalam setiap perangkat pemeringkatan terdapat kategori dan subkategori penilaian sebagai persyaratan sukarela setelah persyaratan wajib terpenuhi yang meliputi ketersediaan dokumen lingkungan, antara lain Dampak Lingkungan (AMDAL) dan UKL/UPL, studi kelayakan, dan desain teknis akhir. Persyaratan wajib dipenuhi sebelum dilakukan proses penilaian dan pemeringkatan. Pemberian nama kategori dan subkategori penilaian pada persyaratan sukarela maupun bobotnya ditentukan dengan mendasarkan pada tujuan pengembangan.

Pada perangkat pemeringkatan jalan hijau di Indonesia, bobot nilai setiap kategori dan subkategori ditetapkan untuk melihat sejauhmana kontribusinya terhadap penerapan prinsip-prinsip konstruksi berkelanjutan. *Analytical Hierarchy Process (AHP)* digunakan untuk menentukan bobot yang umum juga dipakai sebagai metode pengambilan keputusan dengan banyak kriteria (multikriteria) sebagaimana diperkenalkan oleh Saaty (1980). Teknik AHP menggunakan prosedur penilaian oleh ahli (*expert judgment*) yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan atau

pemilihan alternatif dalam bidang transportasi jalan (Suprayoga dan Sailendra, 2013). Melalui AHP, struktur permasalahan dapat dikomunikasikan secara visual dan tekstual. Dari struktur permasalahan, penilaian (*scoring*) oleh para ahli pun dilakukan secara sistematis melalui perbandingan berpasangan antara kategori dan subkategori yang membangun skema pemeringkatan.

Tujuan makalah ini adalah untuk menentukan bobot kategori dan subkategori penilaian untuk persyaratan sukarela dalam skema pemeringkatan jalan hijau yang dikembangkan oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan. Makalah juga melakukan pembahasan atas perbandingan bobot penilaian pada skema sejenis untuk memperoleh gambaran variasi atas bobot penilaian. Untuk memberikan contoh atas penerapan, dilakukan proses penilaian pada dua proyek pembangunan jalan.

KAJIAN PUSTAKA

Dalam kajian pustaka diulas mengenai perangkat penilaian dan pemeringkatan jalan hijau, serta pengembangannya oleh sejumlah organisasi internasional. Makalah ini menjelaskan kategori dan subkategori penilaian sebagai ukuran dan panduan pemeringkatan.

Pemeringkatan Jalan Hijau Indonesia

Jalan hijau adalah jalan yang menerapkan prinsip-prinsip konstruksi berkelanjutan pada tahap desain dan konstruksi (Muench, 2011). Jalan hijau merupakan praktik-praktik sukarela setelah tahapan desain sesuai dengan persyaratan teknis terpenuhi.

Untuk mengukur tingkat keberlanjutan suatu proyek jalan dikembangkan perangkat penilaian maupun pemeringkatan oleh sejumlah organisasi. Vicroads (2011), salah satunya, menyusun InVEST (*Integrated Vicroads Environmental Sustainability Tool*) sebagai sebuah skema. Pemerintah negara bagian Illinois di Amerika Serikat menyusun perangkat penilaian keberlanjutan pada proyek jalan melalui I-LAST (*Illinois-Livable and Sustainable Transportation*). Perangkat ini merupakan skema pemeringkatan jalan secara menyeluruh untuk proyek transportasi. Konstruksi jalan yang berkelanjutan memiliki

dua prinsip umum, yaitu memanfaatkan sumber daya alam yang tak terbarukan yang secara terkendali serta meminimalkan dampak konstruksi jalan terhadap lingkungan (FEHRL, 2009).

Pemeringkatan jalan hijau menjabarkan sekelompok kriteria penilaian yang diklasifikasikan ke dalam kategori dan subkategori. Jumlah nilai untuk seluruh kriteria menentukan tingkat keberlanjutan yang diagregasi menjadi nilai atau peringkat. Beberapa diantaranya perangkat yang menjadi rujukan antara lain *Greenroads* (2011), InVEST (2011), dan I-LAST (2010) dengan ringkasan atas ketiga perangkat pemeringkatan pada Tabel. 1. Tabel menunjukkan kategori dan subkategori yang telah dikembangkan menurut tujuan setiap skema.

Greenroads

Greenroads adalah perangkat pemeringkatan yang dikembangkan oleh CH2M HILL, sebuah lembaga swasta, dan University of Washington pada tahun 2009 (Muench, 2011). *Greenroads* menyatakan bahwa jalan berkelanjutan adalah proyek jalan yang didesain dan dibangun pada tingkat keberlanjutan yang lebih tinggi dari praktik pada umumnya. Pengembangan perangkat didasari atas pemahaman konsep keberlanjutan (*sustainability*) sebagai karakter suatu sistem yang holistik dan mencerminkan kapasitas alam dan manusia untuk memelihara kelangsungan ekologis, ekonomi, dan kesetaraan sosial.

Greenroads menetapkan 11 prasyarat yang wajib dipenuhi sebelum dilakukan pemeringkatan. Prasyarat tersebut merupakan kriteria minimum untuk mendapat sertifikasi atas penerapan prinsip-prinsip keberlanjutan. *Greenroads* juga menjabarkan sejumlah kategori dan subkaegori penilaian yang secara sukarela dapat dipenuhi oleh proyek jalan. Nilai untuk setiap kriteria pada subkategori diberikan nilai antara 1 s.d. 5 (Clevenger, 2013). Semakin tinggi hasil penilaian pada kategori dan subkategori dengan bobot yang besar maka semakin tinggi peringkatnya.

Tabel 1. Perbandingan Sistem Peringkat Pembangunan Jalan Berkelanjutan

	<i>Greenroads (2011)</i>	<i>Vicroads (2011)</i>	<i>I-LAST (2010)</i>
Tujuan	Meningkatkan proyek jalan agar didesain dan dibangun pada tingkat keberlanjutan yang lebih tinggi dari praktik pada umumnya.	Memenuhi kebutuhan sosial untuk melakukan pergerakan secara bebas, aksesibel, komunikasi tanpa batas, yang dicapai tanpa mengorbankan makhluk hidup lain pada masa sekarang dan pada masa mendatang.	Membimbing penerapan praktik-praktik pembangunan jalan yang berkelanjutan dan mendokumentasikannya.
Skala nilai	1 s.d. 5	1 s.d. 3	1s.d. 3
Total nilai	118	354	233
Kriteria	Sosial 1. Akses dan kesetaraan 2. Aktivitas konstruksi 3. Kriteria bebas lainnya/inovasi Ekonomi 1. Teknologi perkerasan 2. Aktivitas konstruksi 3. Kriteria bebas lainnya/inovasi Lingkungan 1. Lingkungan dan keairan 2. Akses dan kesetaraan 3. Aktivitas konstruksi 4. Material dan sumber daya alam 5. Kriteria bebas lainnya/inovasi	Sosial 1. Perubahan perilaku dan pembangunan kapasitas 2. Budaya dan sejarah 3. Partisipasi masyarakat Ekonomi 1. Energi 2. Perancangan jalan 3. Perancangan kota Lingkungan 1. Kualitas udara 2. Keanekaragaman hayati 3. Energi 4. Pengaturan kebisingan 5. Pengaturan sumber daya alam 6. Perancangan jalan 7. Perancangan kota 8. Pengaturan keairan	Sosial 1. Perencanaan 2. Perancangan Ekonomi 1. Perencanaan 2. Perancangan 3. Transportasi Lingkungan 1. Perancangan 2. Lingkungan 3. Kualitas air 4. Penerangan 5. Material 6. Inovasi

Sumber: I-DOT & IJSG (2010), Muench, S..T. (2011), dan VicRoads (2011).

InVEST- *Integrated Vicroads Environmental Sustainability Tool*

Vicroads (2011) merupakan unit kerja pemerintah di negara bagian Australia yang menangani penyelenggaraan jalan. Unit kerja ini mengembangkan InVEST yang dimaksudkan agar mengupayakan pergerakan transportasi yang leluasa, aksesibilitas yang setara, dan komunikasi sosial yang memadai. Perangkat pemeringkatan ini diberlakukan untuk jalan baru dan jalan eksisting.

InVEST (FHA 2012) menyiapkan persyaratan wajib dan sukarela untuk diikuti. Kategori penilaian yang termasuk ke dalam persyaratan sukarela dapat dipilih dan disesuaikan untuk berbagai proyek yang memiliki karakteristik berbeda. Setiap kategori dan subkategori memiliki bobot yang mempengaruhi perolehan peringkat. Dasar pemberian nilai sama dengan *Greenroads* yaitu diberikan berdasarkan hasil penilaian kriteria yang dijumlahkan menurut bobot kategori.

ILAST - *Illinois Livable and Sustainable Transportation*

Pemerintah negara bagian Illinois di Amerika Serikat bersama dengan asosiasi kontraktor, konsultan, dan industri konstruksi jalan menyusun perangkat pemeringkatan jalan yang dinamakan I-LAST (*Illinois-Livable and Sustainable Transportation*) (I-DOT & IJSG, 2010). Perangkat dimaksudkan untuk membimbing penerapan praktik-praktik berkelanjutan pada konstruksi jalan dan mendokumentasikannya dalam rangka penyebarluasan *best practices*.

Kriteria dikelompokkan dalam kategori dan subkategori pada Tabel 1 dengan bobot penilaian maksimum adalah 233 poin. Perbedaan dengan perangkat lainnya adalah sertifikat pencapaian peringkat tidak diberikan.

Kategori Penilaian Keberlanjutan pada Proyek Jalan

Muench (2011) melalui *Greenroads* menetapkan lima kategori penilaian yaitu: lingkungan dan keairan, aktivitas konstruksi, akses dan kesetaraan, teknologi perkerasan, material serta pemanfaatan sumber daya alam. VicRoads (2011) mengembangkan sebelas kategori, yaitu: perubahan perilaku dan pembangunan kapasitas, budaya dan sejarah, partisipasi masyarakat, energi, perancangan jalan dan kota, kualitas udara, keanekaragaman hayati, pengaturan kebisingan, pengaturan sumber daya alam, dan pengaturan keairan. I-DOT & IJSG (2010) melalui I-LAST mengembangkan delapan kategori penilaian, yaitu: perencanaan, perancangan, transportasi,

lingkungan, kualitas air, penerangan, material, dan inovasi.

Kategori penilaian yang dilakukan Puslitbang Jalan dan Jembatan dikembangkan dengan mengadaptasi kategori dan subkategori yang dikembangkan oleh Muench (2011), VicRoads (2011), I-DOT & IJSG (2010), namun memberikan bobot yang berbeda menurut penilaian pakar. Puslitbang Jalan dan Jembatan menyusun skema pemeringkatan jalan hijau dengan lima kategori yang selanjutnya dijabarkan ke dalam subkategori yang disepakati melalui rangkaian diskusi kelompok terfokus. Uraian masing-masing kategori dan subkategori yang ditunjukkan dalam Tabel 2. Agar dapat dinilai setiap kategori dan subkategori memiliki bobot yang ditentukan pendapat pakar (*expert judgment*) dengan menggunakan instrumen kuesioner.

Tabel 2. Uraian Kategori, Subkategori, dan Definisinya

Kategori	Subkategori	Deskripsi
Lingkungan dan keairan	Kepemilikan dokumen sistem manajemen lingkungan oleh penyedia jasa	Kepemilikan sertifikat Sistem Manajemen Lingkungan –SNI 19-14001-2005
	Upaya pengurangan debu	Adanya perlindungan kualitas udara dari debu pada saat pelaksanaan konstruksi jalan.
	Upaya perlindungan dan menghindari hilangnya habitat	Adanya upaya perlindungan atas kehilangan flora dan fauna.
	Upaya pembatasan penerangan jalan	Adanya pengaturan penerangan jalan agar tidak mengganggu habitat hewan.
	Upaya pengurangan kebisingan	Adanya upaya mengendalikan kebisingan yang terjadi dengan menyediakan bangunan peredam bising (BPB) pada saat konstruksi dan operasional pelaksanaan jalan.
	Upaya penghijauan	Adanya penghijauan dengan menanam tanaman dalam rangka mitigasi polutan, erosi dan longsor, polusi suara, serta air.
	Upaya pelatihan kesadaran lingkungan	Adanya pelatihan bagi personil pelaksanaan konstruksi untuk meningkatkan kesadaran dan wawasan lingkungan.
	Penyediaan sistem drainase	Pengendalian air dengan sistem drainase yang terpadu dan berwawasan lingkungan.
Penyediaan akses dan kesetaraan hak	Analisis banjir lingkungan	Penampungan air yang tidak mampu ditampung oleh saluran drainase jalan untuk menjadi cadangan air wilayah
	Akses dan fasilitas pejalan kaki	Penyediaan jalur (akses) pejalan kaki dan fasilitas-fasilitas pejalan kaki untuk kenyamanan pejalan kaki.
	Akses dan fasilitas pesepeda	Penyediaan jalur (akses) dan fasilitas-fasilitas pesepeda untuk kenyamanan pesepeda.
	Akses dan fasilitas angkutan umum	Penyediaan jalur (akses) dan fasilitas-fasilitas bagi pengguna angkutan umum untuk kenyamanan pengguna.
	Perancangan geometrik dan fasilitas pendukung	Pertimbangan geometrik berdasarkan kelandaian, kemudahan pemeliharaan, perancangan jalan yang menghindari kerusakan ekologi, pengaturan lalu lintas dengan koordinasi lampu lalu lintas dan teknologi (dynamic pricing dan ITS), inovasi yang dapat menghemat biaya, energi, dan mendukung Transportasi dan masyarakat .
	Audit keselamatan	Penerapan audit keselamatan jalan
	Peran serta masyarakat dan perencanaan	Fasilitas masyarakat untuk memberi masukan terhadap rencana proyek jalan.
	Penyediaan fasilitas pemandangan menarik	Penyediaan fasilitas henti untuk menikmati pemandangan oleh pengguna jalan dan masyarakat.
	Penataan ornamen dan lanskap jalan	Penyediaan ornamen dan lanskap jalan yang mencerminkan budaya lokal sehingga dapat meningkatkan nilai wilayah

Tabel 2. Uraian Kategori, Subkategori, dan Definisinya (lanjutan)

Kategori	Subkategori	Deskripsi
Pelaksanaan konstruksi	Kepemilikan dokumen sistem manajemen umum oleh penyedia jasa	Kepemilikan ISO 2008:9001 atau ISO 2000:9001 oleh penyedia jasa konstruksi
	Rencana daur ulang di lokasi pekerjaan	Adanya rencana pemanfaatan ulang material konstruksi lama dan pengawasan lingkungan melalui pelaksanaan pembersihan yang baik di lokasi pekerjaan.
	Pengurangan penggunaan bahan bakar fosil di luar pekerjaan konstruksi	Pengurangan konsumsi bahan bakar fosil di kantor/base camp Kontraktor).
	Pengurangan emisi dari penggunaan peralatan	Pengurangan emisi udara dari peralatan pelaksanaan konstruksi.
	Pengurangan emisi pada saat penghamparan campuran beraspal	Pengurangan emisi akibat penghamparan campuran beraspal
	Pengaturan penggunaan air	Penyediaan data pengawasan penggunaan air dan kualitas air pada pelaksanaan konstruksi.
	Jaminan penyedia jasa	Penyertaan mutu konstruksi ke dalam proses pengadaan dengan memberlakukan jaminan konstruksi perkerasan selama 2 tahun sesuai SK Dirjen.
	Pengunaan energi terbarukan	Pengurangan penggunaan energi listrik dan pemanfaatan energi terbarukan.
Penggunaan material dan sumber daya alam	Pembelian karbon	Adanya investasi proyek untuk pengurangan gas rumah kaca yang memiliki emisi atau sequester carbon untuk mengganti kerugian untuk emisi GHG dari aktivitas jalan
	Koordinasi antara tim perancang dan pelaksana konstruksi	Adanya upaya menjalani komunikasi dalam melaksanakan konstruksi jalan.
	Penggunaan ulang material lama (<i>re-use</i>)	Pemanfaatan material eksisting secara berkesinambungan pada proyek jalan tersebut
	Keseimbangan galian dan timbunan jalan	Pemindahan/transportasi material tanah (galian atau timbunan) dengan mengusahakan keseimbangan volume galian dan timbunan.
Teknologi perkerasan	Material daur ulang (<i>recycling</i>)	Penggunaan material yang bukan dari material baru untuk perkerasan jalan baru tanpa menurunkan kinerja akhir yang dihasilkan
	Penggunaan material lokal	Penggunaan material yang berasal dari wilayah di sekitar proyek
	Efisiensi penggunaan energi penerangan jalan	Pengaturan energi penerangan jalan sehingga lebih efisien
	Pemanfaatan material berlebih ke luar lokasi proyek	Pemanfaatan material yang tidak digunakan pada proyek jalan untuk dimanfaatkan di luar lokasi proyek
Tingkat kebisingan	Perkerasan yang dapat dilewati air	Pengendalian aliran air permukaan di atas permukaan perkerasan jalan
	Campuran beraspal hangat	Pengurangan penggunaan energi pada perkerasan jalan dengan cara menggunakan campuran beraspal hangat
	Campuran beraspal dingin	Mengurangi penggunaan energy pada perkerasan jalan dengan cara menggunakan campuran dingin.
	Perkerasan yang dapat mengurangi kebisingan	Merancang permukaan perkerasan yang dapat mengurangi kebisingan, melindungi lingkungan dari kebisingan

Sumber: Lawalata, dkk. (2013)

Teknik Analytical Hierarchy Process (AHP)

Pengambilan keputusan kompleks dengan sejumlah faktor yang berpengaruh dengan ragam pilihan memerlukan teknik evaluasi yang bersifat multikriteria. Teknik AHP dapat digunakan untuk keperluan tersebut. AHP dilakukan dengan diawali oleh dekomposisi persoalan ke dalam kriteria yang didasarkan atas karakteristik tingkatannya. Tingkat yang paling atas merupakan fokus persoalan atau tujuan utama dari pemecahan masalah. Tingkat menengah adalah kriteria atau subkategori yang mengarahkan pengambilan keputusan, sedangkan tingkat yang paling rendah adalah alternatif keputusan. Apabila setiap tingkatan bergantung pada elemen yang berada di atasnya, maka hirarki dapat

dinyatakan lengkap. Dalam melakukan penilaian untuk menghasilkan satu keputusan digunakan skala Saaty (1980) yang berupa perbandingan berpasangan antara kriteria/subkategori.

Dalam perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*), tingkat kepentingan atas berbagai elemen dinilai oleh responden dengan cara membandingkan tingkat kepentingan komponen sesuai skala pada Tabel 3. Matriks penilaian disusun untuk membandingkan secara berpasangan setiap kategori dan subkategori. Matriks digunakan untuk menghitung vektor prioritas dan ditetapkannya indeks konsistensinya. Prioritas diekspresikan responden dengan menggunakan *mean method*.

Tabel 3. Skala penilaian

Nilai	Skala verbal	Penjelasan
1	Memiliki tingkat kepentingan yang sama	Dua elemen berkontribusi sama
3	Memiliki tingkat kepentingan lebih moderat dibandingkan yang lain	Pengalaman dan penilaian lebih condong pada salah satu
5	Memiliki tingkat kepentingan yang lebih tinggi dibandingkan yang lainnya	Condong pada satu elemen
7	Memiliki tingkat kepentingan yang sangat tinggi dibandingkan yang lainnya	Lebih dominan pada satu elemen
9	Memiliki tingkat kepentingan yang ekstrem tinggi dibandingkan yang lainnya	Sangat dominan pada satu elemen
2,4,6,8	Nilai antara	Digunakan untuk mengkompromikan dua penilaian di atas

Untuk menghitung prioritas pada setiap elemen kategori dan subkategori, matriks disusun dengan asumsi sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana a_{ij} mewakili perbandingan berpasangan antara elemen i dan elemen j dari sebuah tingkatan atas tingkatan yang lebih tinggi. Input nilai a_{ij} dipengaruhi oleh persyaratan sebagai berikut: $a_{ij} > 0$; $a_{ij} = 1/a_{ji}$; $a_{ij} = 1 \quad \forall i$. Berdasarkan Saaty (1980, 2008), prioritas dari tiap elemen dapat diperoleh dengan mencari *eigenvector* dari matriks A, yaitu:

$$AW = \lambda_{max}W \dots\dots\dots (2)$$

Ketika vektor W dinormalisasi, W menjadi vektor prioritas dari tiap elemen pada salah satu tingkatan terhadap tingkatan yang lebih tinggi. λ_{max} merupakan *eigenvalue* terbesar dari Matriks A. Dalam kasus matriks perbandingan berpasangan memenuhi transitivitas untuk seluruh perbandingan berpasangan, maka dapat diistilahkan bahwa matriks bersifat konsisten dan mengikuti hubungan sebagai berikut:

$$a_{ij} = a_{ik}a_{kj} \quad \forall i, j, k \dots\dots\dots (3)$$

Konsistensi atas matriks penilaian dapat ditentukan dengan sebuah pengukuran yang disebut dengan *Consistency Ratio* (CR) yang didefinisikan sebagai CI/RI , dimana CI disebut sebagai indeks konsistensi dan RI sebagai indeks *random*. Saaty (1980)

mengemukakan bahwa untuk mempertahankan konsistensi ketika menurunkan prioritas dari perbandingan berpasangan, jumlah faktor yang dipertimbangkan harus kurang atau sama dengan sembilan. *AHP* memungkinkan inkonsistensi, tetapi menyediakan ukuran inkonsistensi pada tiap kelompok penilaian. Konsistensi tiap matriks penilaian ditentukan oleh ukuran yang disebut dengan rasio konsistensi (*Consistency Ratio* = CR):

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots (4)$$

CI merupakan singkatan dari *Consistency Index* dan RI adalah *Random Index*. Lebih lanjut, Saaty (1980, 1990) menyediakan konsistensi rata-rata (nilai RI) untuk sejumlah N matriks (Tabel 4). Apabila $CR \leq 0,100$ maka inkonsistensi dapat diterima. CI untuk tiap matrik dengan orde ke-n didefinisikan sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots (5)$$

Tiap prioritas lokal dari tiap elemen dalam tingkatan yang berbeda telah tersedia, untuk memperoleh prioritas akhir dari tiap alternatif a_i tiap prioritas dapat diagregasikan sebagai berikut:

$$S(a_i) = \sum_k w_k s_k(a_i) \dots\dots\dots (6)$$

dimana w_k merupakan prioritas elemen k dan $S_k(a_k)$ merupakan prioritas bagi alternatif a_i terhadap elemen k sebagai tingkatan yang lebih tinggi.

Tabel 4. Skala penilaian

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,90	1,21	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

HIPOTESIS

Bobot kriteria dan subkriteria dalam pemeringkatan jalan hijau memperlihatkan tingkat atau taraf kepentingan setiap elemen proyek jalan dalam mencapai tujuan konstruksi jalan berkelanjutan. Semakin tinggi bobot, maka semakin tinggi tingkat kepentingan dan kontribusinya terhadap pencapaian tujuan tersebut.

METODOLOGI

Pengumpulan data untuk menentukan bobot kategori dan subkategori dilakukan dengan menggunakan kuesioner. Teknik pengambilan data dilakukan secara purposif dengan memasukkan informan dalam kategori ahli pada bidang transportasi, perkerasan jalan, lingkungan, jembatan, geoteknik, dan lalu lintas. Komposisi ahli berasal dari akademisi, praktisi, dan peneliti. Jumlah keseluruhan informan adalah 26 orang. AHP tidak mempersyaratkan keterwakilan, melainkan mendasarkan pada kedalaman informasi yang diterima dengan mendasarkan atas kompetensi (pengetahuan dan pengalaman) para informan terkait dengan topik yang diteliti. Dua puluh enam informan yang dipilih memiliki pengetahuan dan pengalaman serta dapat memberikan penilaian yang akurat.

Penyusunan kuesioner dan pengisian kuisisioner didahului dengan pengembangan struktur permasalahan terkait dengan praktik-praktik konstruksi keberlanjutan pada proyek jalan yang dilakukan melalui Diskusi Kelompok Terfokus atau *Focus Group Discussion (FGD)*.

Struktur permasalahan memiliki tiga tingkatan yang terdiri atas tujuan, kategori, dan subkategori. Setiap tingkatan memiliki keterkaitan dan mendukung pencapaian tingkatan yang di atasnya. Setiap tingkatan dinilai berdasarkan keterkaitan dengan uraian yang ada pada tingkat di atasnya. Dalam makalah ini dilakukan modifikasi struktur

permasalahan dengan maksud untuk menetapkan bobot kategori dan subkategori, tanpa menempatkan alternatif keputusan. Tingkat paling atas adalah tujuan pengembangan perangkat pemeringkatan jalan hijau, yaitu konstruksi jalan yang berkelanjutan melalui praktik-praktik yang memanfaatkan teknologi ramah lingkungan dan mengurangi dampak negatif sosial dan lingkungan.

Tujuan pengembangan pemeringkatan jalan hijau di uraikan menjadi lima kategori, yaitu: 'lingkungan dan keairan', 'penyediaan akses dan kesetaraan hak', 'pelaksanaan konstruksi', 'teknologi konstruksi', dan 'penggunaan material' dan 'pemanfaatan sumber daya alam'. Setiap kategori diuraikan menjadi sub kategori seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Analisis terhadap hasil wawancara menggunakan piranti lunak Expert Choice 11. Piranti lunak mempermudah dalam membangun matriks berpasangan beserta respon penilaiannya, serta menghasilkan nilai vektor prioritas global untuk bobot kategori serta vektor prioritas global dan lokal untuk setiap bobot subkategori.

HASIL DAN ANALISIS

Tabel 5 menunjukkan matriks berpasangan untuk penentuan bobot kategori. Nilai perbandingan berpasangan pada kriteria diperoleh melalui penilaian terhadap prioritas setiap kategori oleh responden. Dengan matriks berpasangan, maka diperoleh vektor prioritas yang menunjukkan bobot untuk setiap kriteria. Setiap hubungan yang terbentuk antara elemen baris dan elemen kolom mewakili perbandingan dari sebuah tingkatan terhadap tingkatan yang lebih tinggi. Prioritas dari setiap elemen dapat diperoleh dengan mencari *eigenvector* dari matriks berpasangan pada Tabel 5 dan mengubahnya ke dalam nilai desimal sesuai dengan rumus 1. Matriks akan menghasilkan nilai *eigenvector* dengan menjumlahkan nilai desimal seluruh kategori

dan membaginya dengan sejumlah kategori dengan merujuk rumus 2. Nilai eigenvector menjadi vektor prioritas. Konsistensi atas matriks dapat ditentukan dengan sebuah pengukuran yang disebut dengan *Consistency Ratio* (CR) sesuai rumus 4.

Kategori 'lingkungan dan keairan' memiliki bobot tertinggi (26,7%) diikuti 'teknologi perkerasan' dan 'pelaksanaan konstruksi' dengan bobot 20,2% dan 19,3% secara berturut-turut. Dua kategori lainnya yang menempati prioritas akhir 'penggunaan material dan sumber daya alam' dan 'penyediaan akses dan kesetaraan' dengan bobot masing-masing 20,1% dan 13,7%. CR

menunjukkan bahwa matriks memiliki inkonsistensi yang dapat diterima dengan nilai = 0,0165 ($\leq 0,10000$).

Nilai inkonsistensi setiap matriks kategori penilaian ditunjukkan pada Tabel 4 dengan nilai CR pada setiap kategori sebesar $\leq 0,10000$. Sebagai contoh, nilai CR untuk kategori 'lingkungan dan keairan' adalah 0,0069 dan kategori 'teknologi perkerasan' adalah 0,0083. Tabel 6 memperlihatkan tingkat inkonsistensi yang dapat diterima.

Bobot prioritas yang dihasilkan tersebut digunakan sebagai nilai maksimum yang dapat diperoleh ketika penilaian atas taraf keberlanjutan suatu proyek jalan dilakukan.

Tabel 5. Matriks Perbandingan Kategori Penilaian

Matriks Perbandingan Kategori Penilaian	Lingkungan dan Keairan	Penyediaan Akses dan Kesetaraan Hak	Pelaksanaan Konstruksi	Teknologi Perkerasan	Penggunaan Material dan Sumber Daya Alam	Vektor Prioritas
Lingkungan dan keairan	1,000	2,78839	1,23378	1,00000	1,33399	0,267
Penyediaan akses dan kesetaraan hak		1,000	1,07513	1,51501	1,35745	0,137
Pelaksanaan konstruksi			1,000	1,20075	1,12675	0,193
Teknologi perkerasan				1,000	1,06927	0,202
Penggunaan material dan sumber daya alam					1,000	0,201
CI: 0,02					CR: 0,0165	

Tabel 6. Rasio Konsistensi untuk Kategori Penilaian

Kategori	Vektor Prioritas	CI	N	CR	Ket.
Lingkungan dan keairan	0,267	0,01	9	0,0069	Diterima
Penyediaan akses dan kesetaraan hak	0,137	0,01	8	0,0071	Diterima
Pelaksanaan konstruksi	0,193	0,01	10	0,0067	Diterima
Teknologi perkerasan	0,202	0,01	5	0,0083	Diterima
Penggunaan material dan sumber daya alam	0,201	0,01	6	0,0081	Diterima

Setiap kategori diuraikan ke dalam subkategori penilaian yang lebih terperinci. Adanya subkategori memandu penilaian dalam pemerinkatan jalan hijau dengan kriteria dan ukuran yang lebih detail. Setiap subkategori memiliki bobot prioritas yang juga menunjukkan tingkat kepentingan yang mengarahkan kesimpulan atas taraf keberlanjutan proyek jalan yang dinilai. Bobot subkategori dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu bobot yang termasuk prioritas global dan

prioritas lokal. Setiap subkategori penilaian diperbandingkan menurut kelompok kategorinya untuk menghasilkan prioritas lokal. Perbandingan dengan seluruh subkategori penilaian ke dalam satu matriks menghasilkan vektor prioritas global. Penjumlahan tiap bobot prioritas lokal sama dengan bobot pada kategorinya sedangkan bobot pada prioritas global berjumlah 100.

Lawalata dkk. (2015) memberikan bobot kategori yang sedikit berbeda dengan bobot

dalam makalah ini pada dua kategori, yaitu 'lingkungan dan keairan' (27,7%) dan 'penggunaan material dan sumber daya' (20,2%). Dengan demikian, jumlah bobot keseluruhan kategori lebih dari 100, sehingga dilakukan verifikasi ulang atas perhitungan matriks.

Prioritas global pada subkategori penilaian menunjukkan perbandingan relatif setiap subkategori dalam rangka mencapai tujuan penerapan konstruksi jalan yang berkelanjutan. Proses perhitungan mengikuti rumus 1 dan rumus 2 atau dapat dibantu dengan menggunakan piranti lunak Expert Choice 11.

Bobot yang lebih tinggi mengindikasikan kontribusi subkategori penilaian terhadap konstruksi jalan yang berkelanjutan. Dalam hal ini, subkategori 'penyediaan sistem drainase' memiliki bobot tertinggi (5,4%) yang diikuti oleh 'perancangan perkerasan berumur panjang' (4,1%), serta 'analisis banjir lingkungan' (4,0%) 'penggunaan material daur ulang' (4,0%) pada urutan kedua, ketiga, dan keempat. Dengan demikian, subkategori tersebut dapat berkontribusi lebih besar atas aspek keberlanjutan dibandingkan dengan subkategori lainnya.

Sejumlah subkategori memiliki bobot prioritas di atas 3%, antara lain 'upaya penghijauan', 'rencana daur ulang di lokasi pekerjaan', 'pengurangan penggunaan bahan bakar fosil di luar pekerjaan konstruksi', 'pengurangan emisi dari penggunaan peralatan', 'pengaturan penggunaan air', 'koordinasi antara perancang dan pelaksana konstruksi', dan 'penggunaan ulang material (*re-use*)'. Subkategori penilaian dengan bobot prioritas teratas tersebut menjadi perhatian para pengelola dan pelaksana pekerjaan konstruksi apabila hendak meningkatkan taraf keberlanjutan suatu proyek jalan.

Subkategori dengan bobot prioritas terendah adalah 'efisiensi penggunaan energi penerangan jalan', 'efisiensi penggunaan energi penerangan jalan', dan 'upaya pembatasan penerangan jalan', dengan bobot masing-masing 1,2 %.

Tabel 7 turut menunjukkan prioritas lokal setiap subkategori. Prioritas lokal menjadi dasar perbandingan bobot penilaian subkategori

dalam satu kelompok kategori. Pada kategori 'lingkungan dan keairan', subkategori dengan bobot tertinggi adalah 'penyediaan drainase' (21,2%) yang diikuti oleh 'analisis banjir lingkungan' sebesar 15,8%. Subkategori 'kepemilikan dokumen sistem manajemen lingkungan' berkontribusi kecil pada kategori yang sama.

Pada kategori 'penyediaan akses dan kesetaraan hak', penyediaan akses bagi transportasi publik memegang andil atas keberlanjutan sebesar 19,6%. Pada subkategori 'akses dan fasilitas pejalan kaki' kontribusi yang diberikan adalah 18,1%. Hal ini mengindikasikan bahwa penyediaan ruang milik jalan bagi angkutan umum maupun pejalan kaki merupakan bagian penting dalam proyek pekerjaan jalan.

Dalam pelaksanaan konstruksi, 'pengurangan emisi melalui penggunaan peralatan', 'penyiapan rencana daur ulang material di lokasi', dan 'pengaturan penggunaan air' menunjukkan bobot prioritas 12,0%, 11,9% dan 11,8% secara berturut-turut. Pengurangan emisi pada saat penghamparan campuran beraspal mengambil bobot yang lebih rendah 10,9%.

Perancangan perkerasan berumur panjang menjadikan suatu proyek memiliki masa layanan yang panjang dengan aktivitas pemeliharaan yang lebih efisien. Bobot prioritas dari subkategori terkait dengan hal tersebut mencapai 29,1%. Pemanfaatan teknologi campuran beraspal dingin yang memiliki bobot prioritas yang juga tergolong besar mencapai 20,0%.

Dalam kategori 'penggunaan material dan sumber daya alam', subkategori penilaian 'penggunaan ulang material (*recycle*)' mengambil bobot terbesar 28,2%, sedangkan subkategori 'upaya pemanfaatan ulang material lama (*reuse*)' memiliki bobot 23,4%. Efisiensi penggunaan energi penerangan jalan hanya sedikit berperan dalam kategori ini dengan bobot hanya 8,4%.

Bobot prioritas lokal yang dihasilkan dari matriks perbandingan berpasangan seluruh subkategori penilaian dicantumkan dalam Lampiran B.

Tabel 7. Bobot Prioritas Global dan Lokal tiap Subkategori

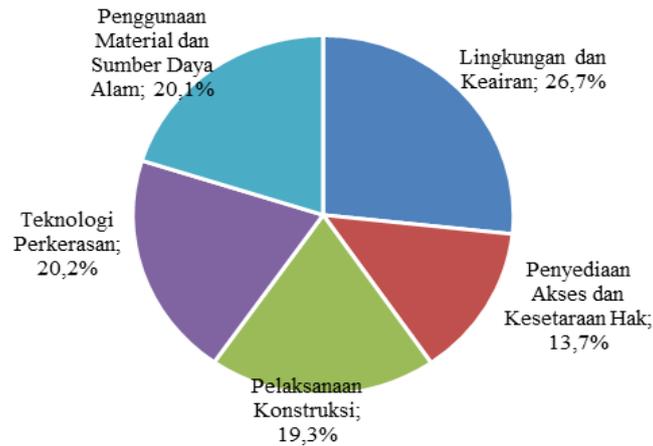
Kategori	Subkategori	Prioritas Global	Prioritas Lokal
Lingkungan dan keairan	Kepemilikan dokumen sistem manajemen lingkungan oleh penyedia jasa	0,019	0,074
	Upaya pengurangan debu	0,019	0,074
	Upaya perlindungan dan menghindari hilangnya habitat	0,029	0,114
	Upaya pembatasan penerangan jalan	0,012	0,047
	Upaya pengurangan kebisingan	0,018	0,074
	Upaya penghijauan	0,038	0,149
	Upaya pelatihan kesadaran lingkungan	0,025	0,100
	Penyediaan sistem drainase Analisis banjir lingkungan	0,054 0,040	0,212 0,158
Penyediaan akses dan kesetaraan hak	Akses dan fasilitas pejalan kaki	0,025	0,181
	Akses dan fasilitas pesepeda	0,018	0,126
	Akses dan fasilitas angkutan umum	0,027	0,196
	Perancangan geometrik dan fasilitas pendukung	0,025	0,177
	Audit keselamatan	0,017	0,125
	Peran serta masyarakat dan perencanaan	0,009	0,067
	Penyediaan fasilitas pemandangan menarik	0,008	0,056
	Penataan ornamen dan lansekap jalan	0,010	0,071
Pelaksanaan konstruksi	Kepemilikan dokumen sistem manajemen umum oleh penyedia jasa	0,029	0,089
	Rencana daur ulang di lokasi pekerjaan	0,038	0,119
	Pengurangan penggunaan bahan bakar fosil di luar pekerjaan konstruksi	0,033	0,103
	Pengurangan emisi dari penggunaan peralatan	0,039	0,120
	Pengurangan emisi pada saat penghamparan campuran beraspal	0,035	0,109
	Pengaturan penggunaan air	0,038	0,118
	Jaminan penyedia jasa	0,028	0,085
	Pengunaan energi terbarukan	0,035	0,107
	Pembelian karbon	0,016	0,051
Koordinasi antara tim perancang dan pelaksana konstruksi	0,032	0,100	
Teknologi perkerasan	Perancangan perkerasan berumur panjang	0,041	0,291
	Perkerasan yang dapat dilewati air	0,027	0,195
	Campuran beraspal hangat	0,021	0,151
	Perkerasan dingin	0,028	0,200
	Perkerasan yang dapat mengurangi kebisingan	0,023	0,163
Penggunaan material dan sumber daya alam	Penggunaan ulang material lama (<i>re-use</i>)	0,034	0,234
	Keseimbangan galian dan timbunan jalan	0,020	0,138
	Material daur ulang (<i>recycling</i>)	0,040	0,282
	Penggunaan material lokal	0,026	0,179
	Efisiensi penggunaan energi penerangan jalan	0,012	0,084
	Pemanfaatan material berlebih ke luar lokasi proyek	0,012	0,085

PEMBAHASAN

Perbandingan Perangkat Pemeringkatan

Dalam penerapan perangkat pemeringkatan jalan hijau yang telah dikembangkan, kategori penilaian ‘lingkungan dan keairan’ memiliki bobot tertinggi.

Pemenuhan kriteria pada kategori ini dapat meningkatkan pemerolehan peringkat secara signifikan. Gambar 1 menampilkan secara visual komposisi kontribusi kategori penilaian dalam mendukung pewujudan proyek jalan berkelanjutan di Indonesia.



Gambar 1. Bobot pada tiap Kategori Jalan Hijau

Tabel 8. Perbandingan Bobot Penilaian pada *Greenroads* dan Jalan Hijau Indonesia

No.	Kategori	<i>Greenroads</i> (2011)	Jalan Hijau Indonesia (Lawalata, dkk. 2013)
1.	Lingkungan dan air	19 %	26,7 %
2.	Akses dan kesetaraan	28 %	13,7 %
3.	Pelaksanaan konstruksi	13 %	19,3 %
4.	Material dan sumber daya	21 %	20,1 %
5.	Teknologi perkerasan	19 %	20,2 %

Sebagai perbandingan, Muench (2011) melalui *Greenroads* mengindikasikan bobot penilaian terbesar pada kategori teknologi perkerasan karena dipandang dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap keberlanjutan proyek dari berbagai aspek, terutama ekonomi dan lingkungan ekologis. Situasi tersebut berbeda dengan di Indonesia, yang mana teknologi perkerasan yang ramah lingkungan dan hemat energi masih terkendala pada keterbatasan ketersediaan alat, material kimia dan biaya konstruksi dibandingkan dengan teknologi perkerasan konvensional (Lawalata 2013). Perbandingan antara sistem pemeringkatan *Greenroads* yang dikembangkan di Amerika Serikat dan Jalan Hijau di Indonesia disajikan pada Tabel 8.

Bobot kategori 'pelaksanaan konstruksi' 19,3 % memperlihatkan bahwa aspek ini berada pada urutan ke-4 dari perangkat pemeringkatan jalan hijau yang dikembangkan di Indonesia. Sementara itu, InVEST (Vicroads, 2011) menekankan pentingnya penanganan dampak yang mungkin terjadi akibat pembangunan jalan, antara lain: pemborosan material dan energi, penundaan pelaksanaan konstruksi yang menimbulkan kemacetan lalu lintas dan

perubahan kondisi lingkungan akibat aktivitas konstruksi. Kategori 'penyediaan akses dan kesetaraan hak' masih dipandang belum begitu penting dengan bobot kategori penilaian ini menempati urutan prioritas terendah dibandingkan dengan yang lainnya. Kondisi tersebut berkebalikan dengan *Greenroads* yang menempati urutan pertama pada kategori yang terkait akses.

Prioritas lokal setiap subkategori memperlihatkan 'penyediaan sistem drainase' sebagai aspek yang paling penting untuk dipertimbangkan apabila suatu proyek jalan memenuhi kaidah keberlanjutan. Aspek ini dipandang memiliki pengaruh yang besar terhadap pencapaian keberlanjutan suatu proyek jalan yang menunjukkan pentingnya pengelolaan air limpasan dalam proyek jalan (Lawalata 2013). Pertimbangan mengenai perancangan perkerasan berumur panjang dan analisis banjir lingkungan memperlihatkan bahwa pencapaian keberlanjutan suatu proyek perlu menekankan pada aspek perancangan (desain) jalan yang sesuai dengan usia layanan yang diharapkan.

Tabel 9. Penerapan Bobot Penilaian

No	Kategori	Bobot Maksimum	Proyek Jalan yang Dinilai	
			Underpass Dewa Ruci	Tol Bali Mandara
1	Lingkungan dan keairan	26,7	17,3	20,3
2	Penyediaan akses dan kesetaraan hak	13,7	8,8	7,9
3	Pelaksanaan konstruksi	19,3	10,8	9,5
5	Teknologi perkerasan	20,2	5,9	5,9
4	Penggunaan material dan sumber daya alam	20,1	5,6	1,7
		100	48,4	45,3

Sumber: Tim Jalan Hijau (2015)

Penerapan Penilaian Jalan Hijau

Perangkat pemeringkatan jalan hijau telah diterapkan pada dua proyek jalan antara tahun 2014-2015. Penerapan dapat menunjukkan adanya aspek-aspek pada proyek jalan yang mengindikasikan pencapaian taraf berkelanjutan. Kedua proyek jalan tersebut adalah Pembangunan Jalan *Underpass* Dewa Ruci dan Pembangunan Jalan Tol Bali Mandara.

Penerapan diawali melalui pemeriksaan atas pemenuhan persyaratan wajib yang meliputi ketersediaan dokumen studi kelayakan, lingkungan (Analisis Dampak Lingkungan atau UKL/UPL), dan desain teknis akhir. Apabila seluruh dokumen diterima, maka dapat dilanjutkan dengan melakukan penilaian terhadap pemenuhan kriteria dalam persyaratan sukarela.

Berdasarkan hasil penilaian, kedua proyek jalan memiliki keunggulan dari aspek keberlanjutan yang diindikasikan hasil penilaian pada kategori 'konservasi lingkungan air, udara, dan alam' dan 'pelaksanaan konstruksi' yang hampir mencapai bobot maksimum. Proyek jalan Tol Bali Mandara memiliki keunggulan dalam teknologi perkerasan yang digunakan, sehingga mencapai bobot kategori yang maksimum.

Hasil penerapan penilaian pada Tabel 9 merupakan akumulasi penilaian pada bobot seluruh subkategori. Dengan merujuk pada contoh penerapan, maka perangkat pemeringkatan jalan hijau menjadi salah satu metode untuk mengevaluasi aspek-aspek proyek jalan yang berkontribusi bagi keberlanjutan dalam suatu proyek jalan. Melalui hasil penilaian ini, setiap pemangku kepentingan dapat mengambil informasi dan

belajar atas praktik-praktik yang telah diaplikasikan.

Penilaian atas proyek jalan *Underpass* Dewa Ruci telah diperbaharui dari Lawalata (2015) yang memberikan nilai 17,0 untuk kategori 'lingkungan dan keairan', serta 3,9 untuk kategori 'penggunaan material dan sumber daya alam'. Penilaian pada tabel 9 merupakan hasil validasi atas penetapan peringkat kedua proyek oleh Tim Jalan Hijau (2015) pada akhir tahun 2015.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan perbandingan berpasangan melalui teknik AHP, kategori 'lingkungan dan keairan' memiliki bobot penilaian terbesar 26,7% diikuti oleh 'teknologi perkerasan', dan 'penggunaan material dan sumber daya alam' dengan 20,2% dan 20,1% secara berturut-turut. Dua bobot penilaian terendah ada pada kategori 'penyediaan akses dan kesetaraan hak' dan 'pelaksanaan konstruksi' dengan 13,7% dan 19,3%. Bobot tersebut mengindikasikan bahwa proyek jalan memiliki aspek-aspek yang berkontribusi terhadap keberlanjutan sesuai struktur permasalahan yang didasarkan oleh prioritasnya.

Dari analisis prioritas global, tiga subkategori dengan bobot terbesar terhadap adalah 'penyediaan sistem drainase', 'perancangan perkerasan berumur panjang' dan 'analisis banjir lingkungan' dengan bobot 5,4%, 4,1%, dan 4,0% secara berturut-turut.

Bobot kategori dan subkategori penilaian pada perangkat pemeringkatan jalan hijau memiliki perbedaan dengan yang

dikembangkan oleh negara lain, yang dalam hal ini *Greenroads* (2011). Hal ini disebabkan adanya perbedaan tingkat kepentingan dalam penerapannya yang disesuaikan dengan konteks perkembangan teknologi dan kondisi sosial pada setiap negara.

Bobot kategori dan subkategori penilaian digunakan untuk menentukan dukungan setiap aspek proyek jalan terhadap keberlanjutan. Penerapan pemeringkatan jalan hijau pada dua proyek jalan yang telah dilakukan tahun 2014-2015 menunjukkan bahwa bobot penilaian yang dihasilkan dapat menjadi metode evaluasi atas taraf keberlanjutan suatu proyek jalan.

Saran

Penentuan bobot penilaian untuk persyaratan sukarela dengan menggunakan teknik AHP merupakan salah satu cara yang dapat diterapkan. Metode ini mengandalkan subjektivitas informan yang dimasukkan ke dalam kategori pakar dalam penentuan keputusan atas skala prioritas. Dengan menggunakan teknik triangulasi, contohnya dengan dilengkapi teknik Delphi, hasil pembobotan dapat menghasilkan nilai yang konvergen karena adanya konsensus pada kalangan pakar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah sampai dengan diterbitkan. Kami mengucapkan terima kasih kepada Ir. Agus Bari Sailendra, M.Sc dan Ir. IGW Samsi Gunarta, M.Appl.Sc yang telah memberikan dukungan dalam penelitian. Ucapan terima kasih turut ditujukan bagi Puslitbang Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang telah mendanai pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Black, William R.. 2010. *Sustainable Transportation: Problems and Solutions*. New York: The Gulf Press.

Clevenger, C.M. Ozbek, Mehmet E, Simpson. 2013. *Review of Sustainability Rating System used for Infrastructure Projects*, 49th ASC Annual

International Conference Proceedings. <http://ascpro.ascweb.org> (diakses 8 November 2013).

Federal Highway Administration. 2012. *INVEST User Guide. Version 1.0*. (<https://www.sustainablehighways.org/120/learn.html>) (diakses 10 Desember 2013).

FEHRL. 2008. *NR2C New Road Construction Concepts. Towards reliable, green, safe & smart and human infrastructure in Europe*. FEHRL.

I-DOT & IJSG, 2010, *Illinois-Livable and Sustainable Transportation Rating System and Guide*, Illinois Department of Transportation (www.dot.state.il.us.com) diakses 29 Januari 2013).

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2015. *Pedoman Umum Implementasi Konstruksi Berkelanjutan pada Penyelenggaraan Infrastruktur Bidang Pekerjaan Umum dan Perumahan*. Jakarta

Lawalata, M.L., dkk. 2013. *Jalan Hijau Indonesia*. Bandung: CV Adika

Lawalata, dkk. . 2014. "Implementation of Road Sustainability Measurement of Indonesia: Evaluation of Dewa Ruci Junction". Makalah disajikan pada *the International Seminar on Road Sustainability and Green Technology*, Nusa Dua Bali (Indonesia) on April 23-25, 2014.

Lawalata, Greece Maria. 2014. "Tinjauan Peraturan yang Mendukung Perwujudan Jalan Berkelanjutan", *Jurnal Transportasi Jalan* Vol. 01 No. 01 Juni 2014.

Lawalata, M.L., Kartiko, H., Sailendra, S.B. (2015). "Sustainability Evaluation of Dewaruci Underpass Intersections", *Jurnal HPJI* Vol. 1 No. 1 Januari 2015: 39-46.

Litman, T. 2011. *Measuring Transportation. Traffic. Mobility. And Accessibility*. Victoria Transport Policy Institute. Victoria. www.vtpi.org (diakses 20 juli 2012).

Muench, S.T. 2011. *Greenroads Manual v1.5*. (J.L. Anderson, C.D. Weiland, and S.T. Muench, Eds). Seattle, WA: *University of Washington*. <https://www.greenroads.org/files/89.pdf> (diakses 29 Januari 2013).

Pemerintah Republik Indonesia. 2004. Undang-Undang No.38 Tahun 2004. Tentang Jalan.

Pemerintah Republik Indonesia. 2010. Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Permen PU No. 23/PRT/M/2010 tentang Perubahan Peraturan Menteri No. 02/PRT/M/2010 tentang Rencana Strategis Kementerian Pekerjaan Umum 2010-2014.

Suprayoga, G.B., Sailendra, A.B.. 2013. "*Analytical Hierarchy Process* untuk Pemilihan

- Alternatif Pembiayaan Penanganan Jalan”,
Jurnal Jalan dan Jembatan Volume 30 No. 2
Agustus 2013, hal. 127-141.
- Saaty, Thomas L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill
- _____. “How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process”.
European Journal of Operational Research
48 (1990): 9 – 26.
- _____. “Decision Making with the Analytic Hierarchy Process”.
International J. Services Sciences 1 No. 1 (2008): 83-98.
- Tim Jalan Hijau (2015). *Laporan Penyelenggaraan Pemeringkatan Jalan Hijau Indonesia*. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan
- VicRoads. 2011. *Integrated VicRoads Environment Sustainability Tool (INVEST)*. Vicroads.

Lampiran A: Hasil Pembobotan Kategori melalui Vektor Prioritas

	Lingkungan dan keairan	Penyediaan akses dan kesetaraan hak	Pelaksanaan konstruksi	Teknologi perkerasan	Penggunaan material dan sumber daya alam	Vektor Prioritas
Lingkungan dan keairan	1,000	2,788	1,234	1,000	1,334	0,267
Penyediaan akses dan kesetaraan hak		1,000	1,075	1,357	0,137	0,137
Pelaksanaan konstruksi			1,000	1,201	1,127	0,193
Teknologi perkerasan				1,000	1,069	0,202
Penggunaan material dan sumber daya alam					1,000	0,201

CI = 0,02

CR: 0,0165

Lampiran B: Hasil Pembobotan Subkategori melalui Vektor Prioritas Lokal

Subkategori 'Lingkungan dan Keairan'

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	Prioritas Global
A1	1,000	1,089	1,056	1,888	1,179	24,077	1,543	2,702	2,454	0,019
A2		1,000	1,523	1,506	1,155	2,122	1,356	3,287	1,933	0,019
A3			1,000	2,882	1,533	1,195	1,093	1,544	1,362	0,029
A4				1,000	1,711	3,071	1,903	3,993	2,954	0,012
A5					1,000	2,455	1,294	3,148	2,270	0,018
A6						1,000	1,660	1,727	1,240	0,038
A7							1,000	2,166	1,376	0,025
A8								1,000	1,276	0,054
A9									1,000	0,040

CI = 0,001

CR = 0,0069

Subkategori 'Penyediaan Akses dan Kesetaraan'

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Prioritas Global	Prioritas Lokal
C1	1,000	1,219	1,240	1,496	1,588	1,780	1,163	1,240	1,796	1,104	0,029	0,089
C2		1,000	1,653	1,270	1,248	1,144	1,435	1,248	2,054	1,118	0,038	0,119
C3			1,000	1,145	1,041	1,062	1,038	1,275	2,465	1,081	0,033	0,103
C4				1,000	1,578	1,016	1,167	1,323	2,414	1,251	0,039	0,120
C5					1,000	1,058	1,243	1,162	2,328	1,001	0,035	0,109
C6						1,000	1,546	1,222	2,175	1,283	0,038	0,118
C7							1,000	1,004	1,338	1,242	0,028	1,005
C8								1,000	2,528	1,055	0,035	0,107
C9									1,000	1,506	0,016	0,051
C10										1,000	0,032	0,100

CI = 0,010, CR = 0,007

Subkategori 'Pelaksanaan Konstruksi'

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	Prioritas Global	Prioritas Lokal
B1	1,000	2,024	1,285	1,036	1,338	2,353	3,138	2,882	0,025	0,181
B2		1,000	1,842	1,589	1,186	2,047	2,654	2,174	0,018	0,126
B3			1,000	1,186	1,706	2,615	2,761	2,462	0,027	0,196
B4				1,000	1,828	2,821	2,296	2,296	0,025	0,177
B5					1,000	2,828	2,424	2,025	0,017	0,125
B6						1,000	1,438	1,168	0,009	0,067
B7							1,000	1,506	0,008	0,056
B8								1,000	0,010	0,057

CI = 0,010

CR = 0,007

Subkategori 'Teknologi Perkerasan'

	D1	D2	D3	D4	D5	Prioritas Global	Prioritas Lokal
D1	1,000	1,778	1,849	1,314	1,725	0,041	0,291
D2		1,000	1,213	1,109	1,322	0,027	0,195
D3			1,000	1,225	1,293	0,021	0,151
D4				1,000	1,378	0,028	0,200
D5					1,000	0,023	0,163

CI = 0,006

CR = 0,005

Subkategori 'Penggunaan Material dan Sumber Daya Alam'

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Prioritas Global	Prioritas Lokal
E1	1,000	2,320	1,436	1,230	2,886	2,420	0,034	0,234
E2		1,000	1,828	1,172	1,527	1,888	0,020	0,138
E3			1,000	1,903	3,057	2,828	0,040	0,282
E4				1,000	2,262	2,545	0,026	0,179
E5					1,000	1,051	0,012	0,084
E6						1,000	0,012	0,085

CI = 0,008

CR = 0,006

Keterangan:

Kode	Subkategori
A1	Kepemilikan Dokumen Sistem Manajemen Lingkungan oleh Penyedia Jasa
A2	Upaya Pengurangan Debu
A3	Upaya Perlindungan dan Menghindari Hilangnya Habitat
A4	Upaya Pembatasan Penerangan Jalan
A5	Upaya Pengurangan Kebisingan
A6	Upaya Penghijauan
A7	Upaya Pelatihan Kesadaran Lingkungan
A8	Penyediaan Sistem Drainase
A9	Analisis Banjir Lingkungan
B1	Akses dan Fasilitas Pejalan Kaki
B2	Akses dan Fasilitas Pesepeda
B3	Akses dan Fasilitas Angkutan Umum
B4	Perancangan Geometrik dan Fasilitas Pendukung
B5	Audit Keselamatan
B6	Peran Serta Masyarakat dan Perencanaan
B7	Penyediaan Fasilitas Pemandangan Menarik
B8	Penataan Ornamen dan Lansekap Jalan
C1	Kepemilikan Dokumen Sistem Manajemen Umum oleh Penyedia Jasa
C2	Rencana Daur Ulang di Lokasi Pekerjaan
C3	Pengurangan Penggunaan Bahan Bakar Fosil di Luar Pekerjaan Konstruksi
C4	Pengurangan Emisi dari Penggunaan Peralatan
C5	Pengurangan Emisi pada Saat Penghamparan Campuran Beraspal
C6	Pengaturan Penggunaan Air
C7	Jaminan Penyedia Jasa
C8	Penggunaan Energi Terbaharukan
C9	Pembelian Karbon
C10	Koordinasi antara Tim Perancang dan Pelaksana Konstruksi
D1	Perancangan Perkerasan Berumur Panjang
D2	Perkerasan yang Dapat Dilewati Air
D3	Campuran Beraspal Hangat
D4	Perkerasan Dingin
D5	Perkerasan yang Dapat Mengurangi Kebisingan
E1	Penggunaan Ulang Material Lama (<i>Re-use</i>)
E2	Keseimbangan Galian dan Timbunan Jalan
E3	Material Daur Ulang (<i>Recycling</i>)
E4	Penggunaan Material Lokal
E5	Efisiensi Penggunaan Energi Penerangan Jalan
E6	Pemanfaatan Material Berlebih ke Luar Lokasi Proyek