



**Kajian Alternatif Proyeksi Jaringan Jalan Hutan untuk
Perencanaan Pemanenan Kayu di PT Inhutani I Labanan, Propinsi
Jawa Barat**

**(Study of Alternative Forest Road Network Projections for Timber
Harvesting Planning at PT Inhutani I Labanan, West Java
Province)**

Muamar Kadafin^{1*}, Alfian Pujian Hadi^{2,3}, Akbar Al Imam⁴

¹Magister Ilmu Pengelolaan Hutan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Jl. Lingkar Kampus IPB
Dramaga, Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia

²Doktoral Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia.

³Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah
Mataram, Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia.

⁴Master Of Science in Environmental Technology, University Teknologi Mara, Malaysia.

*email: muamar233kadafin@apps.ipb.ac.id

Diterima: 21 Agustus 2023, Diperbaiki: 26 April 2024, Disetujui: 28 April 2024

Abstract. Forests are one of the natural resources that can be utilized in the form of both wood and non-wood forest products. Harvesting carried out to extract wood results in negative impacts such as soil damage and damage to standing stands. The negative impacts of wood harvesting can be reduced by planning in advance, such as creating a forest road network. The research was carried out in the mahogany room, utilization division, forest management department, while the assessment of the forest road network used the case study of PT Inhutani I Labanan. The aim of the research is to examine the planning and selection of the best alternative forest road network for harvesting wood using multi-criteria decision making techniques. The research will be carried out in March 2023. The research stage begins with sketching the road network; assess road networks using economic, ecological and technical criteria; as well as conducting literature studies from various sources. The research results show that there are six alternative forest road networks for harvesting wood. This is based on forest road network assessment parameters that the best alternative road network in the PT Inhutani I Labanan road scheme is the 6th road network alternative. Sustainable management of forest resources can be achieved through a well-planned road network. The highest total utility value (rank 1) is found on the 6th road network which is the best alternative forest road network to be implemented at PT Inhutani Labanan I both in terms of technical aspects, ecological aspects and economic aspects.

Keywords: Impact of forest harvesting; forest products; forest road network.

Abstrak. Hutan menjadi salah satu kekayaan alam yang dapat dimanfaatkan baik berupa hasil hutan kayu maupun bukan kayu. pemanenan yang dilakukan untuk mengambil hasil kayu menimbulkan dampak negatif seperti kerusakan tanah dan kerusakan tegakan tinggal. dampak negatif pemanenan kayu dapat dikurangi dengan cara membuat perencanaan terlebih dahulu seperti pembuatan jaringan jalan hutan. penelitian dilakukan di ruang mahoni, divisi pemanfaatan, departemen manajemen hutan, sedangkan penilaian jaringan jalan hutan menggunakan studi kasus PT Inhutani I Labanan. Tujuan penelitian yaitu mengkaji perencanaan dan pemilihan alternatif jaringan jalan hutan terbaik untuk memanen kayu dengan menggunakan teknik pengambilan keputusan multikriteria. penelitian dilaksanakan pada bulan maret 2023. Tahapan penelitian dimulai dengan membuat sketsa jaringan jalan; menilai jaringan jalan menggunakan kriteria ekonomi, ekologi, dan teknis; serta melakukan studi literatur dari berbagai sumber. Hasil penelitian menunjukkan terdapat enam alternatif jaringan jalan hutan untuk memanen kayu, hal ini

didasarkan pada parameter penilaian jaringan jalan hutan bahwa alternatif jaringan jalan terbaik pada skema jalan PT Inhutani I Labanan adalah alternatif jaringan jalan ke-6. Pengelolaan sumberdaya hutan yang lestari dapat dicapai melalui jaringan jalan yang terencana dengan baik. Jumlah total nilai utility tertinggi (rangking 1) terdapat pada jaringan jalan ke-6 yang menjadi alternatif jaringan jalan hutan terbaik untuk diterapkan di PT Inhutani Labanan I baik dari segi aspek teknis, aspek ekologi, dan aspek ekonomi yang dimiliki.

Kata kunci: Dampak pemanenan hutan; hasil hutan; jaringan jalan hutan.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki hutan luas dengan beragam biodiversitas didalamnya (Abdulah et al., 2024; Marzuki et al., 2024). Hutan menjadi salah satu kekayaan alam yang dapat dimanfaatkan baik berupa hasil hutan kayu maupun bukan kayu (Schimetka & Ingram, n.d.; Shackleton et al., 2024). Saat ini, kayu masih menjadi primadona dalam sektor kehutanan sehingga pendapatan tertinggi yang dihasilkan oleh hutan bersumber pada pemanenan kayu (Angriyani et al., 2024). Pemanenan kayu adalah serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk memindahkan kayu dari hutan ke tempat pengolahan kayu (Ngaba et al., 2024; Pierson et al., 2024). Pemanenan dilakukan dengan mempertimbangkan keseimbangan berbagai aspek seperti ekologi, ekonomi, dan sosial guna menghasilkan pemanenan hutan yang lestari (Mattsson et al., 2024; Wang, 2024).

Kegiatan pemanenan kayu terdiri dari beberapa tahapan diantaranya penebangan, penyaradan, pengangkutan, dan penimbunan. Penebangan adalah kegiatan mempersiapkan kayu seperti menebang pohon serta memotong kayu sebelum disarad. Penyaradan yaitu usaha untuk memindahkan kayu dari tempat penebangan ke tepi jalan angkutan. Pengangkutan merupakan usaha mengangkut kayu dari hutan ke tempat penimbunan atau pengolahan, sedangkan penimbunan yaitu usaha untuk menyimpan kayu dalam keadaan baik sebelum digunakan atau dipasarkan (Sergent & Smith, 2024).

Proses penebangan yang bersifat destruktif dapat menyebabkan kerusakan terhadap lingkungan karena dampak kerusakan yang paling dominan yaitu

dampak kerusakan tanah dan tegakan tinggal (Domínguez & Luoma, 2020; Leverkus et al., 2021). Kerusakan tanah dapat menyebabkan menurunnya kapasitas penyerapan air oleh tanah sehingga memicu terjadinya erosi, dalam jangka panjang dapat menyebabkan menurunnya kesuburan tanah dan produktivitas lahan hutan (Rachman, 2017; Ramandha, 2019). Kerusakan tegakan tinggal adalah kerusakan atau luka yang terjadi pada bagian-bagian pohon-pohon dalam strata-strata tajuk tegakan yang sebenarnya tidak termasuk dalam rencana untuk dipanen pada waktu pemanenan kayu (Matangaran et al., 2013; Yuniawati, 2013). Selain itu, proses penebangan juga mempertimbangkan tempat/lokasi penebangan dikarenakan hutan di Indonesia tumbuh dalam berbagai hutan seperti hutan tanaman industri, hutan alam dan hutan lindung yang sebagian besar berada di daerah perbukitan dan daerah pegunungan (Budiaman & Heryana, 2013).

Perencanaan pemanenan perlu dilakukan sebagai upaya mengurangi dampak kerusakan tanah atau tegakan tinggal yang diakibatkan oleh penebangan. Salah satu yang dapat dilakukan yaitu merencanakan pembangunan sarana dan prasarana salah satunya yaitu pembuatan jaringan jalan untuk kebutuhan pengangkutan atau penyaradan. Pengangkutan memerlukan proses perencanaan dan pemilihan jaringan jalan hutan yang baik karena perencanaan jaringan jalan hutan akan memudahkan penyimpanan dan pengambilan hasil kayu dan non kayu (Santi, 2010; Sari, 2008). Perencanaan dan pembangunan jaringan jalan hutan klasik selalu mempertimbangkan empat kriteria: kemampuan teknis, efisiensi

ekonomi, lingkungan, dan integritas sosial, sehingga pemanfaatan kayu secara lestari dapat terwujud (Yovita & Utomo, 2011).

Alternatif ini menjadi prioritas karena penelitian mengenai penilaian alternatif jaringan jalan hutan sangat penting untuk dilakukan sebagai pertimbangan pengambilan keputusan dengan tujuan untuk mengkaji perencanaan dan pemilihan alternatif jaringan jalan hutan terbaik untuk pemanenan kayu dengan menggunakan teknik pengambilan keputusan multikriteria. Selain itu, data hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi merencanakan pemanenan kayu selanjutnya. Tujuan untuk mengkaji perencanaan dan pemilihan alternatif jaringan jalan hutan terbaik untuk memanen hasil kayu PT Inhutani I Labanan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2023 di Ruang Mahoni, Divisi Pemanfaatan, Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan IPB University. Penelitian simulasi penilaian jaringan jalan hutan menggunakan peta topografi administrator skala 1:2000 PT Inhutani I Labanan Propinsi Jawa Barat.

Tahapan Penelitian

Beberapa tahapan yang dilakukan pada penelitian ini diantaranya membuat berbagai sketsa alternatif jaringan jalan hutan pada peta yang memiliki skala 1:2000, menilai alternatif jaringan jalan tersebut berdasarkan kriteria tertentu, dan melakukan studi literatur dari berbagai sumber seperti buku, artikel ilmiah, dan literatur yang berhubungan dengan dampak penebangan hutan.

Penilaian alternatif jaringan jalan dalam kegiatan pemanenan hutan menggunakan beberapa kriteria penilaian diantaranya aspek teknis, ekologi, dan ekonomi. Indikator aspek teknis terdiri atas panjang jalan utama dan jalan cabang, kerapatan jalan, keterbukaan areal, nilai V_{corr} , serta persen PWH. Aspek ekologi yang menjadi bahan penilaian alternatif jaringan jalan terdiri dari jumlah pohon inti dan pohon lindung yang rusak atau mati akibat pembuatan jalan, sedangkan aspek ekonomi berupa biaya yang dikeluarkan untuk membuat jalan hutan. Terdapat enam alternatif jaringan jalan yang dibuat sketsanya dan dinilai dengan mempertimbangkan struktur landscape, distribusi tegakan, tipe tanah, dan topografi.

Tabel 1. Kriteria dan indikator preferensi dalam pemilihan alternatif jaringan jalan

Kriteria	Indikator	Unit	Preferensi
Teknis	Panjang jalan utama	M	Minimum
	Panjang jalan cabang	M	Minimum
	Kerapatan jalan	M/Ha	Minimum
	Keterbukaan areal pembuatan jalan utama	Ha	Minimum
	Keterbukaan areal pembuatan jalan cabang	Ha	Minimum
	V_{corr}	-	Minimum
	Persen PWH	%	Maksimum
Ekologi	Jumlah pohon dilindungi rusak	Pohon	Minimum
	Jumlah pohon inti rusak	Pohon	Minimum
Ekonomi	Biaya konstruksi jalan	RP	Minimum

Metode yang digunakan dalam pemilihan jaringan jalan hutan adalah metode utility dengan nilai skala berkisar antara 1–9 (1 = sangat buruk, 9 = sangat baik). Jika arah preferensi indikator

minimum, nilai indikator terendah akan mendapatkan nilai tertinggi dan nilai indikator tertinggi akan memiliki nilai skala terendah. Sebaliknya, jika arah preferensi indikator maksimum, nilai indikator tertinggi

akan memiliki nilai skala tertinggi, dan nilai indikator terendah memiliki nilai skala terendah. Total nilai utilitas disetiap alternatif jaringan jalan diperoleh dengan dengan menambahkan nilai utilitas keseluruhan indikator yang telah diubah dari skala nominal ke skala interval, nilai skala yang digunakan 1-9 (Budiaman & Heryana, 2013).

Kerapatan Jalan Hutan

Parameter yang digunakan untuk mengetahui kerapatan jalan hutan yaitu panjang jalan hutan (jalan utama, jalan cabang, serta jalan sarad) dan luas areal. Hasil pengukuran parameter tersebut kemudian dihitung menggunakan rumus Elias (2012):

$$WD = \frac{L}{F}$$

Keterangan:

WD = Kerapatan jalan hutan (m/ha);
L = Panjang jalan hutan (m);
F = Luas hutan (Ha).

Jarak Sarad Rata-Rata dan Faktor Koreksi PWH

Jarak sarad rata-rata meliputi: jarak sarad rata-rata secara teoritis (REo), jarak sarad rata-rata terpendek (REm) dan jarak sarad rata-rata sebenarnya (REt). Elias (2012) juga menjelaskan faktor koreksi PWH (Pembukaan Wilayah Hutan) terdiri dari faktor koreksi jaringan jalan (Vcorr). Faktor koreksi jaringan jalan (Vcorr) dihitung menggunakan rumus:

$$Vcorr = \frac{REm}{REo}$$

Persen Pembukaan Wilayah Hutan

Persen pembukaan wilayah hutan (Persen PWH) merupakan rasio antara luas wilayah hutan yang terbuka dengan luas hutan total yang dihitung dengan rumus:

$$E = \frac{Fer}{f} \times 100\%$$

Keterangan:

E = % PWH;
Fer = Luas Hutan Terbuka (ha);
F = Luas Wilayah Hutan (ha)

Biaya Pembuatan Jalan

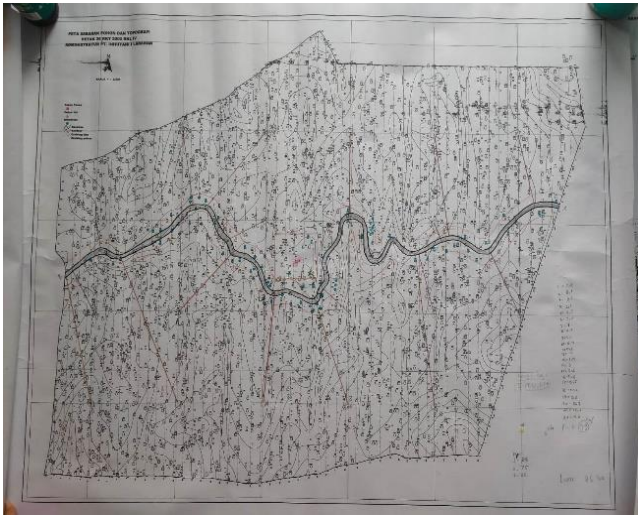
Biaya pembuatan jalan di hutan relatif cukup mahal sehingga memerlukan analisis dalam proses pembuatan jalan yang baik memerlukan perencanaan yang baik. Pembangunan jaringan jalan hutan memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung kegiatan pengelolaan hutan (FAO, 2019). Adapun rumus untuk mengetahui biaya pembuatan jalan yaitu:

$$\text{Biaya pembuatan jalan} = \frac{\text{Panjang jalan utama} \times \text{skala}}{\text{konversi}} \times 25.000$$

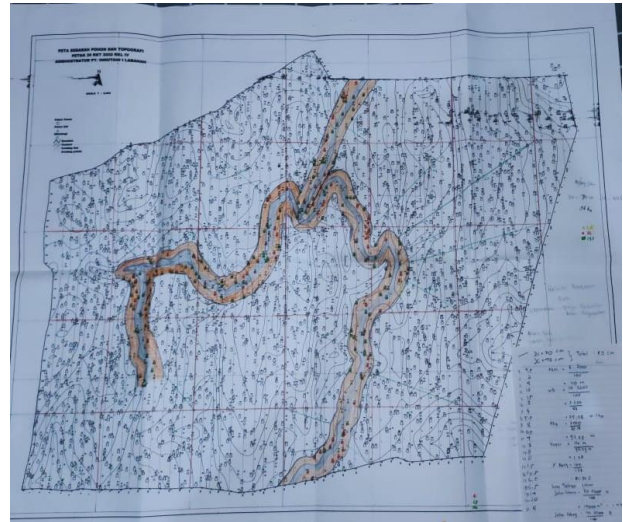
HASIL DAN PEMBAHASAN

Alternatif Jaringan Jalan Hutan

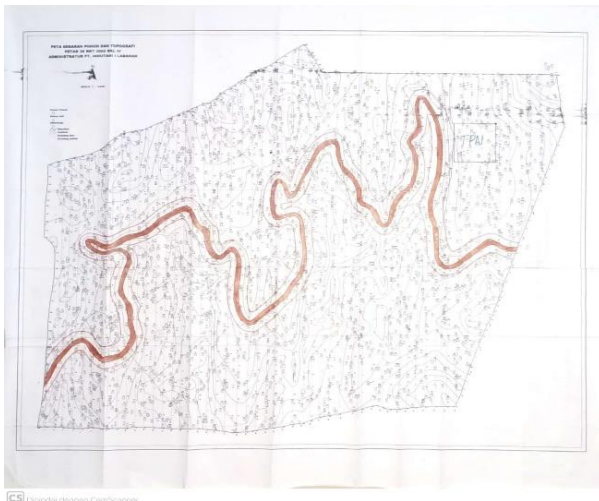
Kajian jaringan jalan hutan merupakan kegiatan memilih atau menentukan jaringan jalan yang memiliki kualitas terbaik dan pembiayaan minimum. Jalan merupakan salah satu sarana yang memiliki peran penting dalam keberhasilan yang berkelanjutan program pembangunan dan pendayagunaan suatu wilayah (Samani et al., 2010). Menurut Hayati et al., (2013) bahwa penilaian jalan dampak konstruksi terhadap lingkungan harus dilakukan sebelum pembangunan jalan untuk meminimalkan dampak. Pertama, teknis, ekonomi, dan lingkungan faktor yang mempengaruhi perencanaan jalan di hutan harus diidentifikasi. Pada penelitian ini ada beberapa alternatif jaringan jalan yang coba dikembangkan untuk memilih alternatif terbaik dan dibangun agar memudahkan kegiatan pengangkutan kayu yang di panen. Beberapa alternatif tersebut adalah:



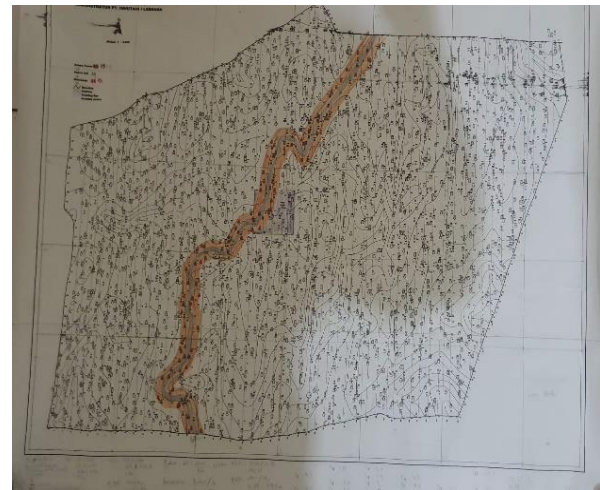
Alternatif jaringan jalan 1



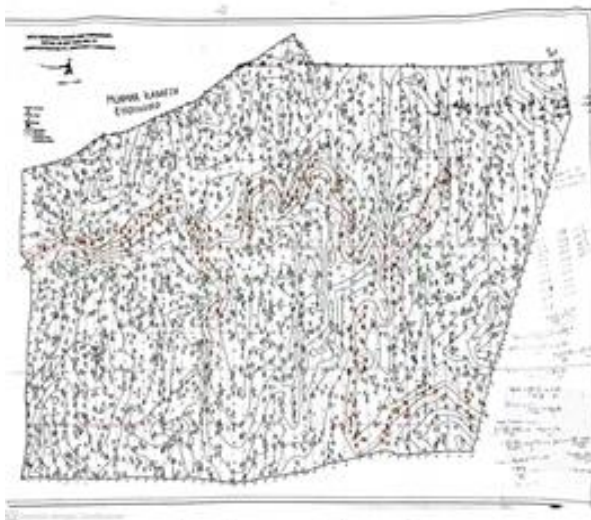
Alternatif jaringan jalan 2



Alternatif jaringan jalan 3



Alternatif jaringan jalan 4



Alternatif jaringan jalan 5



Alternatif jaringan jalan 6

Gambar 1. Pilihan alternatif jaringan jalan hutan

Kualitas Jaringan Jalan

Kerapatan jalan, spasi jalan dan faktor koreksi merupakan salah satu parameter untuk menentukan kualitas jaringan jalan (Budiaman & Heryana, 2013). Adapun preferensi dari parameter tersebut yaitu minimum dimana semakin rendah nilainya maka akan semakin baik. Dalam penelitian ini menggunakan kerapatan jalan sebagai salah satu parameter untuk menentukan kualitas jaringan jalan. Jaringan jalan hutan

pada enam alternatif memiliki kerapatan jalan yang berbeda-beda (**Tabel 2**). Alternatif jalan ke-6 memiliki kerapatan jalan yang paling rendah dibandingkan dengan alternatif lainnya. Semakin besar kerapatan jalan dan semakin besar keterbukaan area untuk konstruksi jalan maka potensi kerusakan lingkungan akan semakin besar (Budiaman & Heryana, 2013) dan meningkatkan biaya investasi (Hayati, 2013).

Tabel 2. Perbandingan kriteria dan indikator penilaian jalan hutan dari keenam alternatif jalan

Kriteria	Indikator	Satuan	Alternatif					
			A1	A2	A3	A4	A5	A6
Teknis	Panjang jalan utama	M		70	91	93		
	Panjang jalan cabang	M		80	19	80		
	Kerapatan jalan	M/Ha		25,58	27,33	40,26		
	Keterbukaan areal	Ha	10,23	20,47	17,21	23,25	19,42	8,14
	Vcorr	-	1,11	1,23	1,67	3,77	1,41	1,42
	Persen PWH	%	89,59	81,30	59,88	26,52	70,92	70,42
Ekologi	Jumlah pohon inti	Pohon	46	64	68	53	110	44
	Jumlah pohon lindung	Pohon	105	86	120	81	181	47
Ekonomi	Biaya kontruksi jalan	Rp (juta)	39	55	69	95	78,5	30

Aspek teknis lainnya yang dinilai untuk mengetahui alternatif jalan terbaik diantaranya keterbukaan areal, nilai Vcorr, dan persen PWH. Luas keterbukaan areal yang paling kecil terdapat pada alternatif jalan ke-6 yaitu 8,14 ha. Menurut Junaedi et al., (2021) bahwa perbedaan luasan keterbukaan areal pada setiap alternatif jalan disebabkan adanya pengaruh dari kerapatan jalan angkutan, kerapatan dan lebar jalan sarad, serta luas areal produktif. Persen PWH dalam penentuan alternatif jaringan jalan hutan terbaik dapat memberikan gambaran ukuran penyimpangan jaringan jalan hutan yang dibuat dari model ideal PWH dan dapat memberikan informasi terkait kualitas PWH yang dapat dikatakan baik apabila memiliki nilai antara 70-75%, sehingga dari keenam alternatif jaringan jalan yang dibuat, alternatif jaringan jalan ke 1,2,5, dan 6 yang memiliki persen PWH baik (**Gambar 1**).

Aspek ekologi menjadi kriteria yang perlu diperhatikan karena berkaitan dengan keberlanjutan kelestarian lingkungan. Menurut Liu et al., (2008) bahwa setiap

pembuatan jalan dengan teknik yang berbeda akan menghasilkan dampak negatif yang berbeda juga terhadap lingkungan. Pembuatan jaringan jalan hutan yang baik adalah pembuatan jalan yang meminimalkan dampak kerusakan lingkungan (Budiaman & Heryana, 2013). Tabel 2 menunjukkan alternatif jaringan jalan ke-6 menghasilkan dampak negatif paling kecil terhadap lingkungan dibandingkan alternatif jalan lainnya. Selain itu, jika dilihat berdasarkan kriteria ekonomi, alternatif jaringan jalan ke-6 mengeluarkan biaya paling rendah dibandingkan alternatif jaringan jalan lainnya. Menurut Budiaman & Heryana (2013) bahwa alternatif jaringan jalan terbaik adalah alternatif jaringan jalan yang mengeluarkan biaya pembuatan yang terendah.

Alternatif Jaringan Jalan Terbaik

Berdasarkan parameter-parameter penilaian jaringan jalan hutan (Tabel 2), alternatif jaringan jalan terbaik pada skema jalan PT Inhutani I Labanan adalah alternatif

jaringan jalan ke-6. Pengelolaan sumberdaya hutan yang lestari dapat dicapai melalui jaringan jalan yang terencana dengan baik. Jaringan jalan dapat dikatakan baik ketika meminimalkan dampak lingkungan serta pengelolaan kawasan hutan yang harus merancang jaringan jalan agar dapat menjangkau seluruh wilayah tetapi juga ramah lingkungan Çalışkan, (2013). Penentuan jaringan jalan terbaik menggunakan analisis utility karena dinilai sebagai alat pengambilan keputusan yang dinamis dan fleksibel, memungkinkan iterasi cepat sesuai dengan ukuran atau jumlah data yang tersedia (Budiaman & Heryana, 2013).

Alternatif perencanaan jaringan jalan hutan dirancang untuk membuat penilaian dan analisis sensitivitas dalam proses pengambilan keputusan dalam kegiatan pembukaan wilayah hutan yang baik (Hartono, 2021). Secara keseluruhan, berdasarkan kriteria dan indikator yang terdapat pada (Tabel 3) setiap jaringan jalan hutan memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Jaringan jalan hutan yang memiliki indikator nilai sangat baik memiliki skala 9, sedangkan jaringan jalan yang memiliki skala 1 pada nilai indikatornya memiliki kualitas yang tidak baik.

Tabel 3. Analisis utility dan skoring dari enam alternatif jaringan jalan hutan

No	Kriteria	Indikator	Satuan	Alternatif					
				A1	A2	A3	A4	A5	A6
1	Teknis	Panjang jalan utama	M	-	-	-	-	-	-
		Panjang jalan cabang	M	-	-	-	-	-	-
		Kerapatan jalan	M/Ha	-	-	-	-	-	-
		Keterbukaan areal	Ha	8	2	4	1	3	9
		Vcorr	-	9	9	8	1	8	8
2	Ekologi	%PWH	%	9	8	5	1	7	7
		Jumlah pohon inti	Pohon	9	7	6	8	1	9
		Jumlah pohon lindung	Pohon	6	7	5	7	1	9
3	Ekonomi	Biaya kontruksi jalan	RP	8	6	4	1	3	9
Jumlah nilai utility				49	39	33	19	23	51

Keterangan: 1= sangat tidak baik; 9 = sangat baik

Jumlah total nilai utility tertinggi (rangking 1) terdapat pada jaringan jalan ke-6 yang menjadi alternatif jaringan jalan hutan terbaik untuk diterapkan di PT Inhutani Labanan I baik dari segi aspek teknis, aspek ekologi, dan aspek ekonomi yang dimiliki. Peringkat atau rangking jaringan jalan akan berubah jika ada data lain yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Kecenderungan pengambilan keputusan akan ditentukan oleh sejauh mana data tersedia, dan ini akan menambah atau mengurangi keuntungan dari setiap alternatif jaringan jalan (Budiaman & Heryana, 2013).

KESIMPULAN

Alternatif jaringan jalan untuk pembuatan jaringan jalan dalam kegiatan pemanenan hutan, dimana ke 6 alternatif

dinilai menggunakan kriteria teknis, ekologi, dan ekonomi. Hasil ranking menunjukkan bahwa jaringan jalan ke-6 merupakan alternatif terbaik untuk pembuatan jalan di PT Inhutani I Labanan, propinsi Jawa Barat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulah, L., Lestari, N. S., Yuniarto, A. S., Iqbal, M., & Pasaribu, P. H. P. (2024). Assessing forest area fragmentation potential in Bali, Nusa Tenggara and Maluku islands, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1315(1), 012030.
- Angriyani, S., Umar, S., Pribadi, H., & Maiwa, A. (2024). Pemanfaatan dan Nilai Ekonomi Hasil Hutan Bukan Kayu Di Wilayah Kerja Kesatuan Pengelolaan Hutan Kulawi (Studi Kasus Desa

- Walatana Kecamatan Dolo Selatan). *Savana Cendana*, 9(1), 28–35.
- Budiaman, A., & Heryana, H. (2013). Assessment of Forest Road Network Alternatives for Pine Resin Extraction. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 19. <https://doi.org/10.7226/jmht.19.1.23>
- Çalışkan, E. (2013). Planning of forest road network and analysis in mountainous area. *Life Science Journal*, 10, 2456–2465.
- Domínguez, L., & Luoma, C. (2020). Decolonising Conservation Policy: How Colonial Land and Conservation Ideologies Persist and Perpetuate Indigenous Injustices at the Expense of the Environment. *Land*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/land9030065>
- FAO. (2019). *Guide for planning, construction and maintenance of forest roads*. <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/tools/tool-detail/en/c/1255267/>
- Hartono, H. (2021). *Prospek Pengembangan Jalan Alternatif Makassar-Maros-Malino (kab. Gowa)*. Universitas Hasanuddin.
- Hayati, E., Majnounian, B., Abdi, E., Sessions, J., & Makhdoum, M. (2013). An expert-based approach to forest road network planning by combining Delphi and spatial multi-criteria evaluation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(2), 1767–1776. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2666-1>
- Junaedi, A., Surasana, I. N., Rizal, M., & Waruwu, S. T. D. S. (2021). Karakteristik Jaringan Jalan dan Keterbukaan Tanah Hutan Akibat Kegiatan Pembukaan Wilayah Hutan (Studi Kasus di IUPHHK-HA PT Sindo Lumber Kalimantan Tengah): Characteristics Of The Roads Network And Openness Forest Land Due To Activity Forest Opening Area-Case Study At IUPHHK-HA PT Sindo Lumber Central Kalimantan. *Jurnal Hutan Tropika*, 16(2), 196–204. <https://doi.org/10.36873/jht.v16i2.3594>
- Leverkus, A. B., Buma, B., Wagenbrenner, J., Burton, P. J., Lingua, E., Marzano, R., & Thorn, S. (2021). Tamm review: Does salvage logging mitigate subsequent forest disturbances? *Forest Ecology and Management*, 481, 118721. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118721>
- Liu, S. L., Cui, B. S., Dong, S. K., Yang, Z. F., Yang, M., & Holt, K. (2008). Evaluating the influence of road networks on landscape and regional ecological risk—A case study in Lancang River Valley of Southwest China. *Ecological Engineering*, 34(2), 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.07.006>
- Marzuki, S., Buchori, D., & Alberts, B. (2024). Progress and promise for science in Indonesia. In *Proceedings of the National Academy of Sciences* (Vol. 121, Issue 17, p. e2402202121). National Acad Sciences.
- Matangaran, J. R., Partiani, T., & Purnamasari, D. R. (2013). Faktor eksploitasi dan kuantifikasi limbah kayu dalam rangka peningkatan efisiensi pemanenan hutan alam. *Jurnal Bumi Lestari*, 13(2), 384–393.
- Mattsson, E., Karlsson, P. E., Erlandsson, M., Nilsson, Å., & Holmström, H. (2024). Indicators of Sustainable Forestry: Methodological Approaches for Impact Assessments across Swedish Forestry. *Sustainability*, 16(8), 3331.
- Ngaba, M. J. Y., Benenguegne, M. C., Moumbock, E. M. A., & Nyemeck, M. P. B. (2024). Exploring the Potential Opportunities of the Wood Processing Industry in Cameroon. *Open Access Library Journal*, 11(1), 1–21.
- Pierson, D., Anderson, N., Brewen, J., Clark, N., Hardy, M. C., McCollum, D., McCormick, F. H., Morissette, J., Nicosia, T., & Page-Dumroese, D. (2024). Beyond the basics: A perspective on barriers and opportunities for scaling up biochar production from forest slash. *Biochar*, 6(1), 1.
- Rachman, A. (2017). Peluang dan tantangan implementasi model pertanian konservasi di lahan kering. *Sumber Daya Lahan*, 11(2), 77–90.
- Ramandha, M. R. (2019). *Karakteristik Morfologi Dan Beberapa Sifat Kimia Tanah Pada Lahan Pertanaman Ubi*

- Kayu (Manihot Esculenta Crantz) Dan Kebun Campuran Di Desa Adipuro Kecamatan Trimurjo, Kabupaten Lampung Tengah.*
- Samani, M. K., Hosseini, S., Lotfalian, M., & Najafi, A. (2010). Planning road network in mountain forests using GIS and Analytic Hierarchical Process (AHP). *Caspian Journal of Environmental Sciences (CJES)*, 8, 151–162.
- Santi, N. A. (2010). *Pemilihan Alternatif Pembuatan Jalan dalam Kegiatan Pemanenan Hutan.*
- Sari, R. P. (2008). *Pergeseran pergerakan angkutan sungai di sungai martapura kota Banjarmasin.* Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Schimetka, L., & Ingram, V. (n.d.). Leveraging the Value Chain-Landscape Governance Nexus for Non-Wood Forest Products and Tropical Forest Landscape Restoration. Available at SSRN 4752121.
- Sergeant, A., & Smith, A. (2024). When decarbonization rhymes with industrialization. The political dilemmas of increasing wood usage within the French construction industry. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 1–14.
- Shackleton, C. M., Adeyemi, O., & Setty, S. (2024). Why are non-wood forest products still the poor relative in Global Forest Resources Assessments? *Forest Policy and Economics*, 163, 103232.
- Wang, S. (2024). From staples to smorgasbord: Zeitgeist of Canada's forest management in the 21st century. *Forest Policy and Economics*, 163, 103224.
- Yovita, F. M., & Utomo, D. C. (2011). *Pengaruh pertumbuhan ekonomi, pendapatan asli daerah, dan dana alokasi umum terhadap pengalokasian anggaran belanja modal (Studi Empiris Pada Pemerintah Provinsi Se Indonesia Periode 2008–2010).* Universitas Diponegoro.
- Yuniawati, Y. (2013). Pengaruh Pemanenan Kayu Terhadap Potensi Karbon Tumbuhan Bawah Dan Serasah Di Lahan Gambut (Studi Kasus Di Areal Hti Kayu Serat PT. Rapp Sektor Pelalawan, Propinsi Riau). *Jurnal Hutan Tropis*, 1(1).