

# Penentuan Jalur Pendakian Baru Gunung Lawu Menggunakan Analisis *Least Cost Path*, *Crossing Kontur*, dan Analisis Lapangan di Wilayah Kabupaten Ngawi

Bagus Andi Isdyantoko  
bagus.andi95@gmail.com

Sudaryatno  
sudaryatno@ugm.ac.id

## Abstract

*Mount Lawu is one of the most visited mountains by climbers. This research was conducted to assist in providing alternative choice of candidate of official climbing route in Ngawi Regency. The purpose of this study is to map out the determination parameters of the new climbing route, to make the route of a new climbing lane using least cost path analysis, field analysis, and contour crossing, and to compare the route of new climbing lane (recommendation path) with existing path (existing path). The method used in this research is Analytical Hierarchy Process (AHP) to determine the weight of each parameter, analysis of Least Cost Path (LCP) to find the optimum route, and contour crossing and field analysis to improve the path to match the conditions in the field. The results of this study indicate that the path of least cost path analysis can not be applied as a whole because of the difference between the data used and the conditions in the field. Therefore, the improvement of the path using field analysis and contour crossing techniques to improve the path in accordance with the conditions in the field. The result of comparison of new route route candidates (recommendation path) with existing path (existing) shows that in general the recommendation path has more advantages compared to the existing path.*

*Keywords: Hiking Path, Least Cost Path, Contour Crossing, Sentinel-2A Image, Lawu Mountain.*

## Abstrak

Gunung Lawu merupakan salah satu gunung yang ramai dikunjungi oleh para pendaki. Penelitian ini dilakukan untuk membantu dalam memberikan alternatif pilihan calon jalur pendakian resmi di Kabupaten Ngawi. Tujuan dari penelitian ini adalah memetakan parameter penentuan jalur pendakian baru, membuat rute calon jalur pendakian baru menggunakan analisis *least cost path*, analisis lapangan, dan *crossing* kontur, serta membandingkan rute calon jalur pendakian baru (jalur rekomendasi) dengan jalur yang sudah ada (eksisting). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan bobot setiap parameter, analisis *Least Cost Path* (LCP) untuk mencari rute optimum, serta *crossing* kontur dan analisis lapangan untuk memperbaiki jalur agar sesuai dengan kondisi di lapangan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa jalur hasil analisis *least cost path* tidak dapat diterapkan secara keseluruhan karena adanya perbedaan antara data yang digunakan dengan kondisi di lapangan. Maka dari itu, dilakukanlah perbaikan jalur dengan menggunakan analisis lapangan dan teknik *crossing* kontur untuk memperbaiki jalur sesuai dengan kondisi di lapangan. Hasil perbandingan rute calon jalur pendakian baru (jalur rekomendasi) dengan jalur yang sudah ada (eksisting) menunjukkan bahwa secara garis besar jalur rekomendasi memiliki lebih banyak keunggulan dibandingkan dengan jalur eksisting.

**Kata Kunci:** Jalur Pendakian, *Least Cost Path*, *Crossing Kontur*, Citra Sentinel-2A, Gunung Lawu.

## PENDAHULUAN

Kegiatan mendaki gunung belakangan ini menjadi salah satu kegiatan di alam terbuka yang sangat populer. Perkembangan teknologi, terutama media sosial, berpengaruh secara signifikan terhadap meningkatnya jumlah pendaki. Terdapat berbagai tujuan yang ingin dicapai oleh para pendaki, mulai dari olahraga, *refreshing*, mencari pengalaman baru, hingga fotografi. Di sisi lain, kegiatan mendaki gunung juga merupakan kegiatan yang cukup berisiko. Maka dari itu, mendaki melalui jalur resmi sangat penting untuk diperhatikan. Pendakian melalui jalur resmi sangat disarankan karena apabila terjadi hal yang tidak diinginkan, akan segera dapat dilakukan pertolongan.

Gunung Lawu merupakan salah satu gunung yang sangat ramai dikunjungi oleh para pendaki. Gunung ini terletak di antara dua provinsi (Jawa Tengah dan Jawa Timur) serta tiga kabupaten (Karanganyar, Magetan, dan Ngawi). Kabupaten Karanganyar memiliki dua jalur pendakian resmi, yaitu jalur Cemara Kandang dan jalur Candi Ceto. Kabupaten Magetan memiliki jalur pendakian resmi Cemara Sewu, sedangkan Kabupaten Ngawi belum memiliki jalur pendakian resmi sendiri. Sebenarnya sudah terdapat jalur tidak resmi melalui Kebun Teh Jamus, namun jalur tersebut sangat jarang dilewati karena kurang efisien (memutar). Maka dari itu, diperlukan alternatif untuk membuat jalur lain yang lebih efisien dan aman.

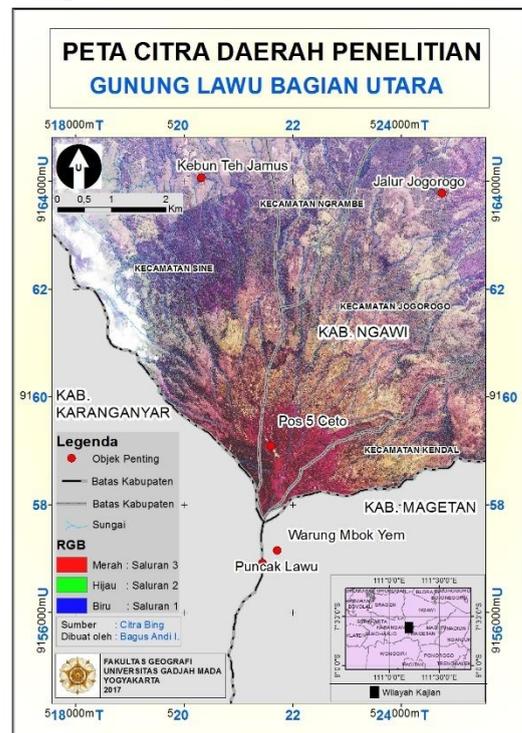
Kebun Teh Jamus berada di lereng Gunung Lawu bagian utara, tepatnya di Desa Sine, Kabupaten Ngawi. Kebun Teh Jamus merupakan salah satu tempat wisata alam yang terdapat di Kabupaten Ngawi. Dengan lokasinya yang berada di lereng Gunung Lawu, tepatnya pada ketinggian  $\pm 1000$  mdpl, maka pemilihan *basecamp* pendakian melalui Kebun Teh Jamus ini perlu dipertimbangkan. Walaupun sebenarnya ketinggian  $\pm 1000$  mdpl tersebut tergolong masih kurang tinggi, namun lokasi tersebut merupakan lahan terbangun tertinggi di Kabupaten Ngawi. Kebun Teh Jamus sudah memiliki sistem tiket yang baik, tempat parkir luas, pemandangan indah, ketersediaan lahan kosong yang cukup luas, serta yang paling penting, lokasi ini sudah memiliki aksesibilitas yang cukup baik dan mudah dijangkau dari jalan nasional sehingga sudah cukup sesuai untuk *basecamp* jalur pendakian.

*Least Cost Path* merupakan salah satu metode dalam Sistem Informasi Geografis

yang digunakan untuk menentukan rute optimum. Metode ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode yang lain, yaitu: tidak memerlukan sistem jaringan yang sudah ada sebelumnya (seperti jaringan jalan atau sungai) serta hasil pemodelannya berupa garis sehingga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan rute pendakian optimum yang dapat ditempuh melalui Kebun Teh Jamus. Jalur hasil analisis *Least Cost Path* belum tentu dapat diterapkan secara keseluruhan di lapangan. Jalur tersebut perlu diperbaiki dengan analisis lapangan dan *crossing* kontur.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan pemo-delan spasial yang mengintegrasikan citra penginderaan jauh untuk perolehan data dan Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk pengolahan data. Teknik penginderaan jauh digunakan untuk memperoleh data dalam penentuan jalur pendakian baru Gunung Lawu di Kabupaten Ngawi. Teknik ini juga didukung data lapangan untuk membenarkan dan merubah informasi yang tidak dapat diperoleh maupun yang salah dalam proses interpretasi citra penginderaan jauh.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Data primer, 2017)

Kebun Teh Jamus dipilih sebagai daerah penelitian karena wilayah tersebut merupakan objek wisata di Kabupaten Ngawi yang berada di lereng Gunung Lawu dengan aksesibilitas yang baik dan mudah dijangkau

dari jalan nasional. Selain itu Kebun Teh Jamus juga memiliki area parkir yang luas, tersedia lokasi siap bangun, serta sudah memiliki sistem *ticketing* yang baik sehingga sesuai untuk lokasi *basecamp* pendakian. Daerah penelitian yang dikaji adalah lereng Gunung Lawu bagian utara, tepatnya di wilayah Kebun Teh Jamus.

Analisis yang digunakan adalah Analisis *Least Cost Path*, Analisis *Crossing Kontur* dan Analisis Lapangan. Analisis *Least Cost Path* merupakan akumulasi harga terkecil dari nilai permukaan. Akumulasi harga terkecil tersebut diperoleh dari proses klasifikasi dan pembobotan yang dilakukan dengan menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Analisis *Crossing* kontur dan analisis lapangan digunakan untuk memperbaiki hasil analisis *Least Cost Path* agar sesuai dengan kondisi di lapangan.

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini mengacu kepada buku *Guide to Sustainable Mountain Trails* yang ditulis oleh Basch dkk (2006), Dufourd (2015), Kallok (2014), dan masukan dari beberapa ahli. Menurut Basch; dkk (2006), suatu rute pendakian haruslah memiliki medan dengan kemiringan lereng yang proporsional dan tidak melewati lereng dengan hadap yang berlawanan. Menurut Dufourd (2015), adanya vegetasi merupakan hal yang baik karena vegetasi banyak menyerap air sehingga banyak mengurangi air yang memasuki jalan setapak dan mengurangi erosi percik. Menurut Kallok (2014), pengembangan suatu jalur idealnya minimal berjarak 100 kaki (30 meter) dari sungai. Masukan dari beberapa ahli menyarankan bahwa jalur pendakian sebaiknya tidak rawan longsor. Klasifikasi parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1. Klasifikasi Kemiringan Lereng

Kemiringan Lereng	Keterangan
0 – 20%	Baik
21 – 40%	Paling Baik
41 – 60%	Sangat baik
61 – 70%	Baik
>70%	Tidak baik

Sumber: Basch; dkk (2006)

Tabel 1.2. Klasifikasi Arah Hadap Lereng

Arah Hadap Lereng	Keterangan
Utara	Sangat Baik
Timur Laut	Baik
Timur	Sedang
Tenggara	Buruk

Selatan	Sangat Buruk
Barat Daya	Buruk
Barat	Sedang
Barat Laut	Baik

Sumber: Harimurti (2011), dengan perubahan

Tabel 1.3. Klasifikasi Penutup Lahan

Penutup lahan	Keterangan
Vegetasi berkayu	Sangat Baik
Semak/rumput	Baik
Lahan terbangun	Sedang
Tanah terbuka	Kurang Baik
Tanah basah	Buruk
Tubuh air	Sangat Buruk

Sumber: Dufourd (2015) dengan perubahan

Tabel 1.4. Klasifikasi Jarak dari Sungai

Jarak dari Sungai	Keterangan
0 - 30 meter	Buruk
31- 90 meter	Baik
>90 meter	Sedang

Sumber: Kallok (2014)

Tabel 1.5. Klasifikasi Tingkat Kerawanan Longsor

Tingkat Kerawanan Longsor	Keterangan
Tinggi	Buruk
Sedang	Sedang
Rendah	Baik

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (2007)

Format data yang digunakan untuk Analisis *Least Cost Path* adalah data raster, sehingga parameter yang berformat vektor perlu dikonversi terlebih dahulu agar dapat dilakukan pengolahan. Peta yang akan dihasilkan direncanakan memiliki skala 1:40.000 sehingga ukuran piksel minimal yang diperbolehkan adalah 20 meter. Pemilihan skala tersebut dilakukan atas dasar pertimbangan ketersediaan data yang dimiliki. Tahap yang dilakukan selanjutnya adalah rasterisasi.

Reklasifikasi dilakukan berdasarkan informasi baru yang telah diketahui, mengelompokkan nilai tersebut secara bersama-sama, mengelaskan kembali nilai pada skala yang telah ditentukan, serta mengatur nilai-nilai spesifik pada suatu data. Reklasifikasi dilakukan pada parameter-parameter yang digunakan, yaitu pada kemiringan lereng, arah hadap lereng, penutup lahan, dan jarak dari sungai, dan tingkat kerawanan longsor. Berbagai parameter

tersebut diberikan harkat yang sesuai dengan kriteria yang ditentukan dan kemudian dilakukan wawancara ahli untuk menentukan bobot dari setiap parameter yang digunakan.

Tabel 2.1. Reklasifikasi Kemiringan Lereng

Kemiringan Lereng	Keterangan	Nilai Reklasifikasi
0 – 20%	Baik	3
21 – 40%	Paling Baik	1
41 – 60%	Sangat baik	2
61 – 70%	Baik	3
>70%	Tidak baik	100

Sumber: Hasil Pengolahan (2017)

Tabel 2.2. Tabel Reklasifikasi Arah Hadap Lereng

Arah Hadap Lereng	Keterangan	Nilai Reklasifikasi
Utara	Sangat Baik	1
Timur Laut	Baik	2
Timur	Sedang	3
Tenggara	Buruk	4
Selatan	Sangat Buruk	5
Barat Daya	Buruk	4
Barat	Sedang	3
Barat Laut	Baik	2

Sumber: Hasil Pengolahan (2017)

Tabel 2.3. Tabel Reklasifikasi Penutup Lahan

Penutup lahan	Keterangan	Nilai Reklasifikasi
Vegetasi berkayu	Sangat Baik	1
Semak/rumput	Baik	2
Lahan terbangun	Sedang	3
Tanah terbuka	Kurang Baik	4
Tanah basah	Buruk	5
Tubuh air	Sangat Buruk	100

Sumber: Hasil Pengolahan (2017)

Tabel 2.4. Tabel Reklasifikasi Jarak dari Sungai

Jarak dari Sungai	Keterangan	Nilai Reklasifikasi
0 - 30 meter	Buruk	3
31- 90 meter	Baik	1
>90 meter	Sedang	2

Sumber: Hasil Pengolahan (2017)

Tabel 2.5. Tabel Reklasifikasi Tingkat Kerawanan Longsor

Tingkat Kerawanan Longsor	Keterangan	Nilai Reklasifikasi
Tinggi	Buruk	3
Sedang	Sedang	2

Rendah	Baik	1
--------	------	---

Sumber: Hasil Pengolahan (2017)

Wawancara dilakukan terhadap beberapa ahli yang dianggap cukup kompeten dalam bidangnya terkait penelitian yang dilakukan. Wawancara dilakukan kepada tiga ahli yang meliputi anggota SAR (*Search and Rescue*) Himalawu yang memiliki wilayah operasi Gunung Lawu bagian utara dimana penelitian ini dilakukan, anggota BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Kabupaten Sragen, dan salah seorang pendaki profesional yang cukup berpengalaman. Ketiga ahli tersebut dianggap cukup mumpuni untuk membantu dalam proses penentuan bobot dari setiap parameter yang digunakan.

Hasil wawancara tersebut kemudian diolah dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process*. Hasil dari pengolahan AHP harus memiliki nilai rasio konsistensi (CR) kurang dari 0,1. Apabila nilai CR yang dihasilkan lebih besar dari nilai tersebut, maka wawancara harus dilakukan ulang hingga mencapai nilai CR yang diperbolehkan. Hasil dari pengolahan ini adalah nilai bobot dari setiap parameter yang digunakan. Hasil tersebut kemudian digunakan sebagai dasar pembobotan dalam metode *Least Cost Path*, khususnya pada tahap *Cost Surface*.

*Cost Surface* dilakukan berdasarkan model *overlay* raster dengan prinsip pembobotan, yaitu dengan *tool* “*weighted overlay*” pada ArcGIS. Proses *overlay* dilakukan dengan menggunakan input parameter-parameter yang telah dirasterkan dan direklasifikasi dengan memperhatikan % *influence factor* yang diperoleh dari perhitungan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Hasil dari proses ini berupa data raster dengan nilai piksel yang merepresentasikan biaya permukaan dari semua parameter yang telah di-*overlay*. Tahap yang dilakukan selanjutnya adalah pembuatan *Cost Distance*.

*Cost Distance* merupakan penentuan jarak terpendek dari tiap unit sel yang dilakukan dengan menggunakan input data dari hasil *cost surface* dan titik awal yang berada di Kawasan Kebun Teh Jamus. Proses ini dilakukan dengan menggunakan *tool* “*Cost Distance*” yang merupakan bagian dari *Toolbox* “*Spatial Analysis*” pada ArcGIS. Hasil yang diperoleh pada tahap ini berupa data raster yang menunjukkan jarak dari titik awal ke wilayah lain pada area kajian. Tahap selanjutnya adalah pembuatan *Cost Backlink*.

*Cost Backlink* dilakukan dengan menggunakan input data hasil proses *cost surface*, titik awal, dan titik tujuan. Karena apabila titik awal ditarik garis lurus ke selatan akan sampai pada Pos 5 Jalur Ceto, maka titik akhir yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pos 5 Jalur Ceto. Hasil dari *cost backlink* ini berupa harga permukaan lahan terkecil dari titik tujuan untuk kembali ke titik awal dengan arah jalur dari setiap sel dihitung. Tahap terakhir dalam analisis *Least Cost Path* adalah pembuatan *Cost Path*.

Input data yang digunakan pada pembuatan *cost path* adalah hasil dari proses-proses yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu hasil dari *cost distance*, *cost backlink*, dan titik tujuan. Hasil dari proses ini berupa garis raster yang dianggap memiliki biaya terendah atau dengan kata lain adalah yang paling baik, ditinjau dari aspek medan yang dilewati untuk jalur pendakian dari titik awal hingga titik akhir sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Hasil analisis *Least Cost Path* tersebut kemudian perlu dilakukan analisis lapangan untuk menghasilkan jalur yang lebih baik.

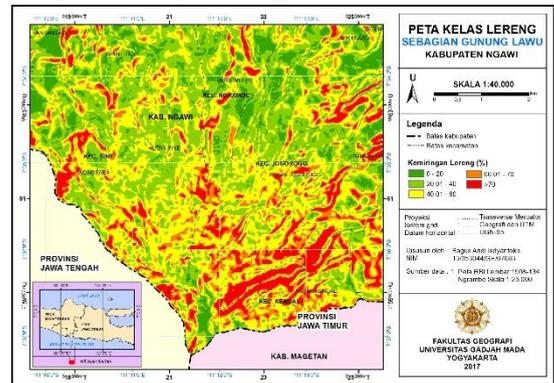
Analisis lapangan dilakukan untuk mengetahui kelayakan jalur yang telah dibuat. Bagian jalur yang tidak layak dilewati perlu diubah berdasarkan peta kontur. Apabila terdapat bagian jalur yang memiliki kemiringan lebih dari 70% akan dilakukan *crossing* kontur. Hal tersebut dilakukan karena jalur yang memiliki kemiringan lereng lebih dari 70% dianggap tidak sesuai. *Crossing* kontur dianggap sebagai metode yang paling baik untuk memperbaiki hal tersebut karena dapat menurunkan tingkat kemiringan lereng pada jalur.

Kegiatan paskalapanangan yang akan dilakukan meliputi pembuatan peta rekomendasi jalur pendakian dan perbandingan jalur rekomendasi dengan jalur yang sudah ada (eksisting). Peta rekomendasi jalur pendakian baru dibuat dengan menggunakan tiga metode, yaitu metode *least cost path* yang kemudian diperbaiki dengan *crossing* kontur dan analisis lapangan. Tahap yang terakhir adalah membuat peta perbandingan jalur rekomendasi dan jalur eksisting. Perbandingan jalur rekomendasi dan jalur eksisting disesuaikan berdasarkan lima parameter yang digunakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

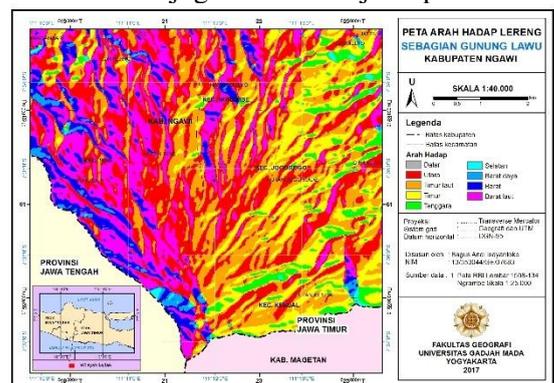
Hasil pertama yang diperoleh dari penelitian ini adakah peta-peta parameter (kemiringan lereng, arah hadap lereng, penutup

lahan, jarak dari sungai, dan tingkat kerawanan longsor). Hasil pengolahan kelas lereng yang merupakan turunan dari DEM dengan sumber data kontur RBI berinterval kontur 12,5 meter hanya mampu menunjukkan kenampakan seperti pada gambar 2.1. Penelitian ini tidak dilakukan untuk menghasilkan peta skala detail namun menengah, sehingga penggunaan data tersebut dapat diterima dalam analisis untuk menghasilkan peta dengan skala 1:40.000.



Gambar 2.1. Hasil Pengolahan Kelas Lereng (*Slope*) (Sumber: Pengolahan data, 2017)

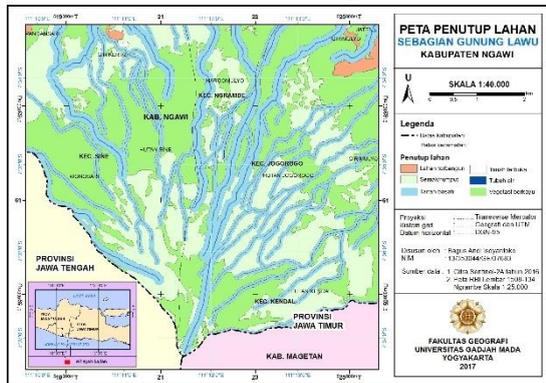
Hasil pengolahan arah hadap lereng menunjukkan bahwa sebagian besar lereng yang berada di belahan timur wilayah kajian menghadap ke timur (ditunjukkan dengan warna kuning) sedangkan pada belahan barat wilayah kajian mayoritas lereng menghadap ke barat laut (ditunjukkan dengan warna magenta). Arah hadap lereng yang paling baik dalam menentukan jalur pendakian baru untuk Kebun Teh Jamus adalah utara, karena lokasi Kebun Teh Jamus berada di sebelah utara Gunung Lawu. Arah hadap lereng timur laut dan barat laut juga baik untuk jalur pendakian.



Gambar 2.2. Hasil Pengolahan Arah Hadap Lereng (*Aspect*) (Sumber: Pengolahan data, 2017)

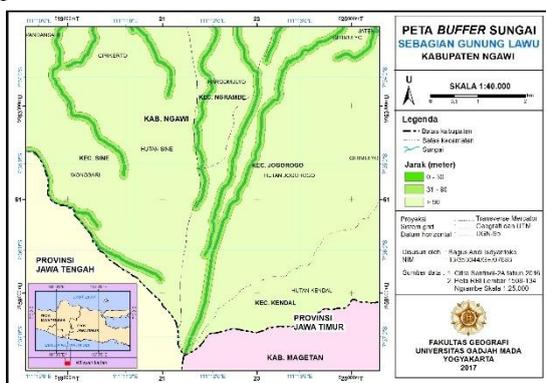
Klasifikasi penutup lahan dilakukan berdasarkan klasifikasi Dufourd (2015) dengan penyesuaian, meliputi: lahan terbuka, semak/rumput, tanah basah, tanah terbuka,

tubuh air, dan vegetasi berkayu. Hasil pengolahan penutup lahan menunjukkan bahwa wilayah kajian didominasi oleh vegetasi berkayu (hijau tua) dan rumput (hijau muda). Penutup lahan yang paling baik untuk jalur pendakian adalah vegetasi berkayu karena hal tersebut akan membuat pendaki terhindar dari sengatan matahari. Selain itu kelestarian jalur juga akan terjaga dengan lebih baik karena jalur akan lebih tahan terhadap erosi.



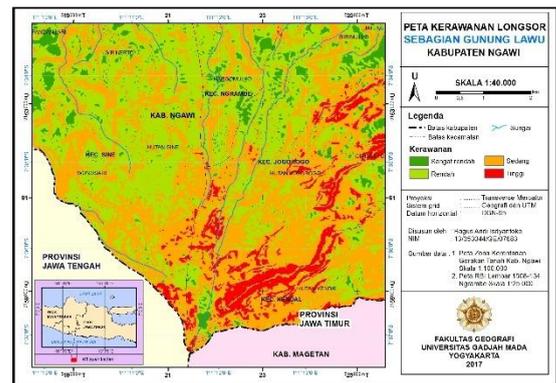
Gambar 2.3. Hasil Pengolahan Penutup Lahan (Sumber: Pengolahan data, 2017)

Data jaringan sungai yang digunakan dalam proses pengolahan *buffer* sungai adalah sungai permanen sedangkan sungai musiman tidak digunakan dalam proses ini. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Kallok (2014) yang hanya menggunakan data sungai permanen karena sungai permanen dianggap yang paling berpengaruh sedangkan sungai musiman tidak begitu signifikan pengaruhnya. Hal ini terkait dengan sumber air untuk jalur pendakian. Sungai permanen akan menghasilkan air sepanjang musim sedangkan pada sungai musiman hanya akan terdapat air pada musim tertentu, yaitu musim penghujan saja. Maka dari itu, pengolahan *buffer* sungai hanya dilakukan berdasarkan data jaringan sungai permanen.



Gambar 2.4. Hasil Pengolahan *Buffer* Sungai (Sumber: Pengolahan data, 2017)

Klasifikasi kerawanan longsor dilakukan berdasarkan klasifikasi oleh Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (2007). Klasifikasi ini membagi tingkat kerawanan longsor ke dalam tiga kelas, rendah, sedang, dan tinggi. Peningkatan kerawanan longsor cenderung berbanding lurus dengan peningkatan kemiringan lereng. Pada hasil pengolahan kerawanan longsor dapat dilihat, bahwa daerah yang memiliki tingkat kerawanan longsor tinggi sebagian besar berada di lereng-lereng yang terjal yang berada di dekat puncak gunung.



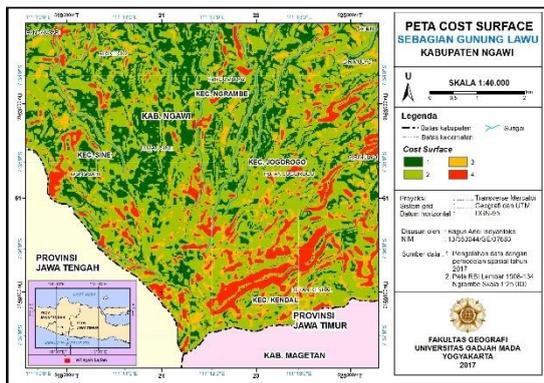
Gambar 2.5. Hasil Pengolahan Kerawanan Longsor (Sumber: Pengolahan data, 2017)

Tahap yang dilakukan selanjutnya setelah pembuatan peta kelima parameter adalah reklasifikasi. Terdapat lima parameter yang direklasifikasi sehingga hasil reklasifikasi pun berjumlah lima, yang terdiri dari reklasifikasi *slope* (kemiringan lereng), reklasifikasi *aspect* (arah hadap lereng), reklasifikasi penutup lahan, reklasifikasi *buffer* sungai, dan reklasifikasi kerawanan longsor. Terdapat beberapa reklasifikasi yang memiliki nilai sangat besar, yang ditunjukkan dengan angka 100. Hal tersebut menunjukkan bahwa kelas tersebut sangat dihindari untuk penentuan jalur pendakian baru.

Tahap yang dilakukan selanjutnya adalah wawancara ahli untuk menentukan bobot kelima parameter yang dilakukan dengan menggunakan metode AHP. Hasil pengolahan AHP menunjukkan bahwa ketiga ahli tersebut memiliki pendapat yang agak berbeda namun secara garis besar mereka sama-sama berpendapat bahwa parameter yang diberi bobot paling tinggi adalah kemiringan lereng sedangkan parameter yang diberi bobot paling rendah adalah penutup lahan. Hasil dari wawancara ketiga ahli tersebut kemudian dikombinasikan untuk memperoleh satu penilaian yang lebih valid. Hasil kombinasi penilaian ketiga ahli menunjukkan bahwa parameter yang memiliki bobot tertinggi

adalah kemiringan lereng (52,7%), jarak dari sungai (20,1%), arah hadap lereng (12,9%), tingkat kerawanan longsor (10,5%), dan yang terakhir penutup lahan (3,8%).

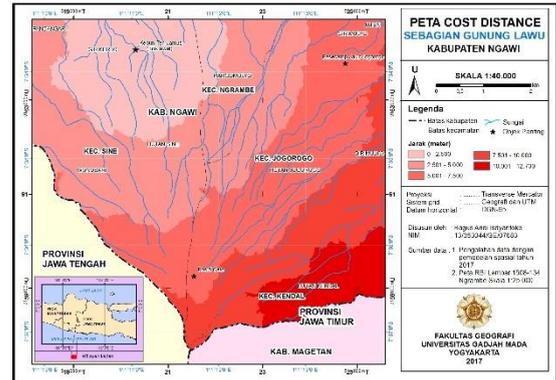
Tahap selanjutnya adalah analisis *Least Cost Path*, dilakukan untuk membuat model calon jalur pendakian baru dengan beberapa tahapan. Tahapan dalam analisis ini meliputi pembuatan *cost surface*, *cost distance*, *cost backlink*, dan terakhir *cost path*. Hasil pembuatan *cost surface* (biaya permukaan) menunjukkan bahwa daerah yang memiliki biaya permukaan rendah adalah daerah-daerah dengan kemiringan lereng yang rendah, terutama daerah-daerah dengan kemiringan lereng 20,1 – 40% sedangkan daerah yang memiliki biaya permukaan tinggi adalah daerah-daerah dengan kemiringan lereng tinggi, terutama daerah dengan kemiringan lereng >70%. Hal ini sesuai dengan pembobotan parameter yang memberi bobot tertinggi pada kemiringan lereng, yaitu 53%. Maka dari itu, pada penelitian ini kemiringan lereng memiliki pengaruh yang cukup signifikan dalam penentuan jalur pendakian baru.



Gambar 3.1. Hasil Pembuatan *Cost Surface* (Sumber: Pengolahan data, 2017)

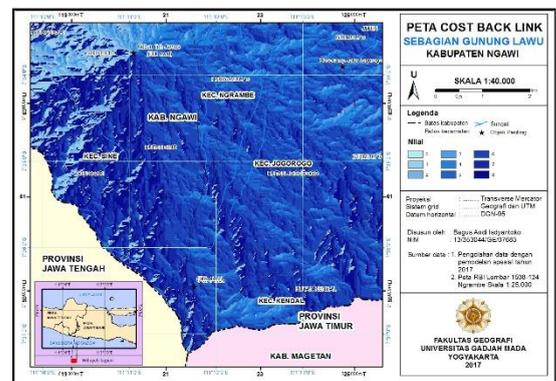
Hasil pembuatan *cost distance* menunjukkan bahwa biaya perunit jarak dihitung dari Kebun Teh Jamus yang merupakan titik awal jalur pendakian. Hasil pembuatan *cost distance* disimbolkan dengan kelas agar lebih mudah untuk dianalisis. *Cost distance* tersebut diklasifikasikan menjadi lima kelas yang rata-rata memiliki interval jarak 2.500 meter. Biaya perunit jarak terendah bernilai 0 sedangkan biaya tertingginya bernilai 12.730 meter. Pada hasil pengolahan tersebut dapat dilihat bahwa semakin ke barat daya, kecenderungan biaya perunit jaraknya semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena berdasarkan wilayah kajian,

titik awal jalur pendakian yang merupakan titik awal analisis berada di sebelah barat laut



Gambar 3.2. Hasil Pembuatan *Cost Distance* (Sumber: Pengolahan data, 2017)

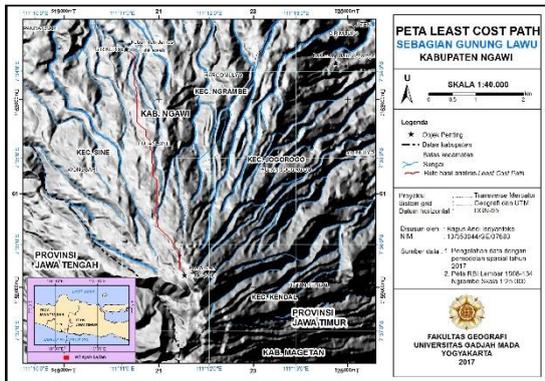
*Cost Backlink* merupakan harga permukaan lahan terendah yang dihitung dari titik tujuan dan kembali ke titik awal dengan arah jalur dari setiap sel dihitung. Input data yang digunakan dalam pembuatan *cost backlink* ini adalah data lokasi titik akhir (Pos 5 Candi Ceto) dan hasil dari *cost surface* yang telah diolah pada proses sebelumnya. Hasil pembuatan *cost backlink* diklasifikasikan menjadi sembilan kelas dengan nilai bertingkat yang dimulai dari angka nol hingga delapan. Hasil pembuatan *cost backlink* ini kemudian digunakan bersama-sama dengan hasil pengolahan data yang lain untuk proses pembuatan *cost path*.



Gambar 3.3. Hasil Pembuatan *Cost Back-link* (Sumber: Pengolahan data, 2017)

Tahapan yang terakhir dilakukan dalam analisis *least cost path* ini adalah tahap pembuatan *cost path*. Hasil pembuatan *cost path* ditunjukkan oleh garis merah yang menghubungkan titik awal (Kebun Teh Jamus) dan titik akhir analisis (Pos 5 Jalur Ceto). Garis tersebut memiliki panjang 5.327 meter (secara teori) serta menggambarkan rute terbaik untuk calon jalur pendakian baru berdasarkan data yang digunakan dan pembobotan parameter

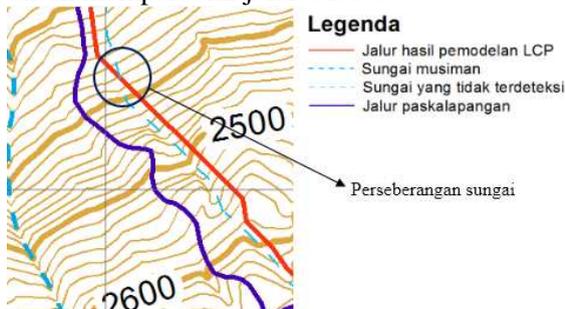
yang telah ditetapkan. Hasil dari pembuatan *cost path* ini nantinya akan diuji di lapangan dan diperbaiki jalurnya apabila terdapat kondisi yang tidak sesuai antara data yang digunakan dengan kondisi di lapangan.



Gambar 3.4. Hasil Pembuatan *Cost Path* (Sumber: Pengolahan data, 2017)

Tahap yang dilakukan selanjutnya adalah analisis lapangan. Hasil analisis lapangan menunjukkan bahwa terdapat kondisi yang tidak sesuai antara data yang digunakan dengan kondisi di lapangan. Terdapat lembah sungai curam yang tidak terdeteksi dari citra, peta, maupun kontur. Sungai tersebut merupakan lembah sungai yang cukup dalam sehingga surveyor cukup kesulitan dalam melewati medan tersebut.

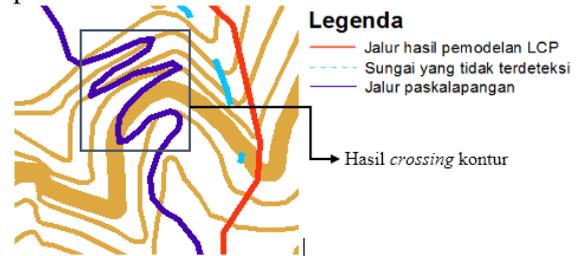
Dibutuhkan waktu beberapa jam hanya untuk melewati sungai tersebut sehingga disimpulkan bahwa lokasi tersebut tidak sesuai dilewati untuk jalur pendakian dan perlu diubah. Perbaikan jalur dilakukan agar jalur yang dihasilkan nantinya tidak melewati lembah sungai yang tidak terdeteksi tersebut. Perbaikan dilakukan berdasarkan data kontur. Pada proses pengubahan jalur, terdapat sedikit kendala, yaitu terdapat jalur yang memiliki kemiringan lereng yang cukup tinggi namun tidak terdapat alternatif jalur lain yang lebih baik sehingga perlu dilakukan modifikasi untuk memperbaiki jalur tersebut.



Gambar 4.1. Lokasi Perseberangan Sungai (Sumber: Pengolahan data dan lapangan, 2017)

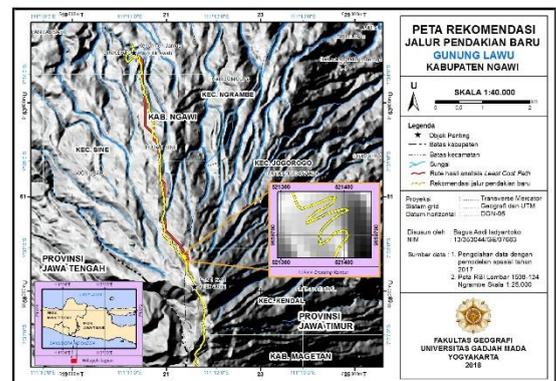
Modifikasi yang dilakukan untuk memperbaiki jalur yang memiliki kemiringan

lereng tinggi adalah dengan menggunakan teknik *crossing* kontur. Teknik ini merupakan teknik yang umum dilakukan pada pembuatan jalan pada kemiringan lereng tinggi, yaitu dengan membuat jalan yang mengular. Hasil modifikasi jalur dengan menggunakan teknik *crossing* kontur tersebut dapat dilihat pada gambar 5.16. Hasil *crossing* kontur menunjukkan bahwa jalur yang telah dimodifikasi tersebut memiliki kemiringan lereng yang cukup rendah sehingga dapat dilewati dengan cukup mudah pada saat pendakian.



Gambar 4.2. Hasil *crossing* kontur (Sum-ber: Pengolahan data, 2017)

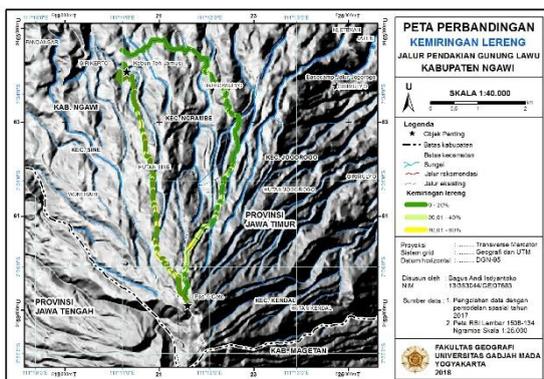
Jalur hasil pemodelan *least cost path* yang telah diperbaiki dengan menggunakan teknik analisis lapangan dan *crossing* kontur merupakan jalur akhir yang dihasilkan pada penelitian ini dan disebut sebagai jalur rekomendasi. Hasil rekomendasi jalur pendakian baru sedikit berbeda dengan jalur hasil analisis *least cost path*. Perbedaan tersebut dapat terjadi karena jalur hasil analisis *least cost path* masih memiliki kekurangan sehingga perlu diperbaiki guna mendapatkan jalur yang lebih baik. Perbaikan tersebut telah dilakukan dengan menggunakan teknik analisis lapangan dan *crossing* kontur. Perbedaan paling besar terdapat pada segmen jalur dimana terdapat sungai yang tidak terdeteksi pada peta maupun citra.



Gambar 4.3. Rekomendasi Jalur Pendakian Baru (Sumber: Pengolahan data, 2017)

Tahap yang dilakukan selanjutnya adalah membandingkan jalur rekomendasi dan jalur eksisting. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa jalur rekomendasi memiliki panjang 6.446 meter dihitung dari titik awal Kebun Teh Jamus hingga sampai di Pos 5 Jalur Ceto sedangkan jalur eksisting memiliki panjang 9.505 meter, juga dihitung dari Kebun Teh Jamus namun pada titik yang berbeda hingga sampai di Pos 5 Jalur Ceto. Perbedaan titik awal pendakian tersebut terjadi karena lokasi awal pendakian yang berbeda. Jalur rekomendasi diawali dari tempat parkir objek wisata Kebun Teh Jamus sedangkan jalur eksisting diawali dari permukiman penduduk yang ketinggiannya lebih rendah. Perbandingan juga dilakukan berdasarkan kelima parameter yang digunakan, yaitu dari sisi kemiringan lereng, arah hadap lereng, penutup lahan, jarak dari sungai, dan tingkat kerawanan longsor kedua jalur.

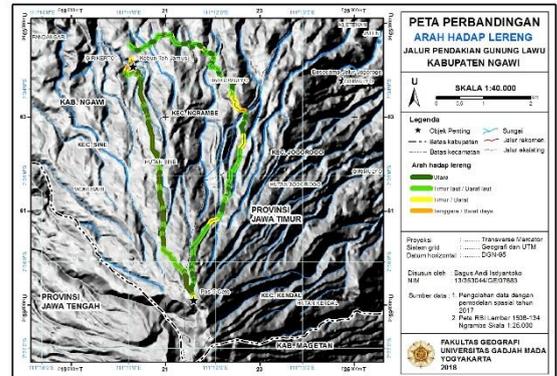
Perbandingan kemiringan lereng menunjukkan bahwa kedua jalur sama-sama memiliki kemiringan lereng yang relatif landai. Hal ini ditunjukkan dari simbolisasi jalur pendakian yang memiliki kemiringan lereng maksimal 60% yang disimbolkan dengan warna kuning. Jalur rekomendasi bahkan hanya memiliki kemiringan lereng maksimal 40%. Kemiringan lereng yang rendah memiliki manfaat namun sekaligus juga memiliki kerugian. Manfaat yang diperoleh adalah pendaki dapat menghemat tenaga dalam pendakian karena pendakian yang dilakukan melalui jalur dengan kemiringan lereng rendah tersebut tidak memakan tenaga yang terlalu besar, sedangkan kerugiannya adalah pendakian akan memakan waktu yang lebih lama.



Gambar 5.1. Perbandingan Kemiringan Lereng (Sumber: Pengolahan data, 2017)

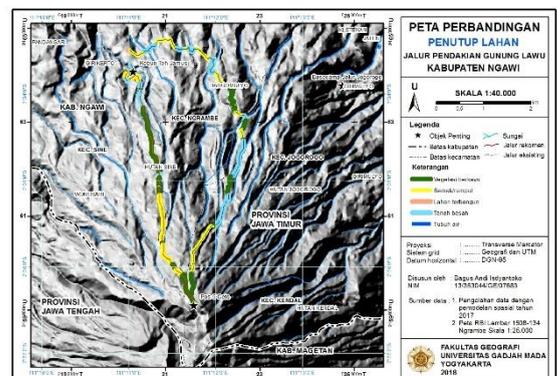
Perbandingan arah hadap lereng jalur rekomendasi dan jalur eksisting menunjukkan bahwa jalur rekomendasi didominasi oleh

lereng dengan arah hadap utara sedangkan jalur eksisting lebih didominasi oleh lereng dengan arah hadap timur laut/barat laut. Dengan kata lain, secara visual dapat diketahui bahwa jalur rekomendasi memiliki arah hadap lereng yang lebih baik dibandingkan dengan jalur eksisting.



Gambar 5.2. Perbandingan Arah Hadap Lereng (Sumber: Pengolahan data, 2017)

Perbandingan penutup lahan kedua jalur menunjukkan bahwa secara visual penutup lahan jalur rekomendasi didominasi oleh semak/rumput dan vegetasi berkayu. Hal ini berbeda dengan tutupan lahan pada jalur eksisting. Jalur eksisting lebih didominasi oleh tanah basah dan semak/rumput. Kondisi penutup lahan jalur eksisting dapat didominasi oleh tanah basah karena jalur yang ada sebagian besar berada di tepian sungai. Jalur yang didominasi oleh tanah basah dinilai bukan merupakan hal yang baik karena permukaan tanah yang kurang nyaman untuk dilewati. Secara visual dapat disimpulkan bahwa dari segi penutup lahan, jalur rekomendasi memiliki jenis penutup lahan yang lebih baik dibandingkan dengan jalur eksisting.

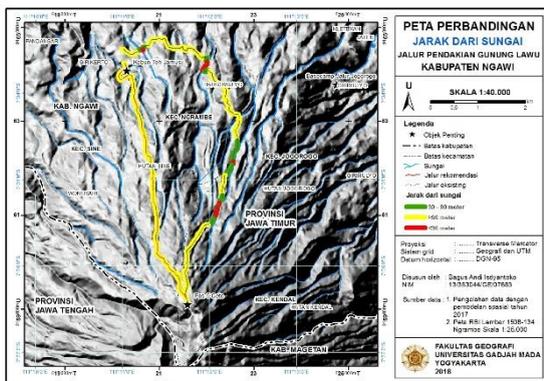


Gambar 5.3. Perbandingan Penutup Lahan (Sumber: Pengolahan data, 2017)

Perbandingan jarak dari sungai menunjukkan bahwa keseluruhan bagian dari

jalur rekomendasi berada lebih dari sembilan puluh meter dari sungai yang berarti bahwa di sepanjang jalur pendakian tersebut kemungkinan besar tidak terdapat sumber air. Kondisi tersebut adalah benar adanya setelah dilakukan pengecekan di lapangan. Hal ini menjadi kekurangan dari jalur rekomendasi, yaitu tidak terdapat sumber air di sepanjang jalur pendakian. Sehingga apabila dilakukan pendakian melalui jalur ini persediaan air harus cukup banyak. Kondisi tersebut berbeda dengan kondisi di jalur eksisting.

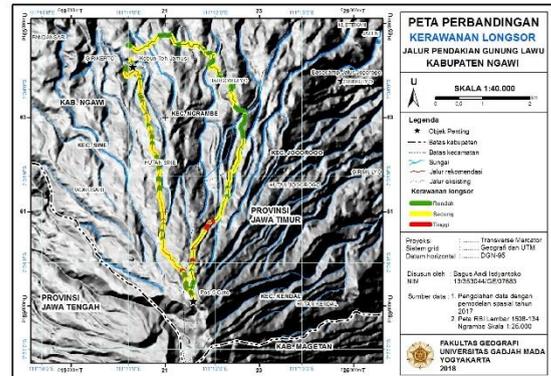
Jalur eksisting memiliki variasi jarak dari sungai, yaitu terdapat jalur yang sangat dekat dengan sungai bahkan menyeberangi sungai hingga jalur yang jauh dari sungai (> 90 meter). Kondisi tersebut memiliki keuntungan dan kerugian tersendiri. Bagian jalur yang sangat dekat dengan sungai bahkan yang sampai menyeberangi sungai merupakan lokasi yang kurang baik untuk jalur pendakian karena selain permukaan tanahnya yang licin, lerengnya pun juga cukup curam sehingga dinilai berbahaya untuk jalur pendakian. Di sisi lain, terdapat sumber air di jalur ini sehingga apabila persediaan air menipis, pendaki dapat mengisi air pada lokasi tertentu yang terdapat sumber air.



Gambar 5.4. Perbandingan Jarak dari Sungai (Sumber: Pengolahan data, 2017)

Perbandingan kerawanan longsor menunjukkan bahwa baik jalur rekomendasi maupun jalur eksisting sama-sama didominasi oleh tingkat kerawanan longsor sedang. Hal ini merupakan hal yang wajar karena jalur pendakian berada di lereng-lereng dengan kemiringan yang cukup tinggi. Hal yang perlu diperhatikan adalah lokasi-lokasi dengan tingkat kerawanan longsor tinggi. Lokasi pendakian dengan tingkat kerawanan longsor tinggi perlu mendapatkan perhatian dan perlakuan khusus untuk meminimalisir risiko yang dapat terjadi. Secara visual dapat dilihat bahwa jalur eksisting memiliki lebih banyak

bagian jalur dengan tingkat kerawanan longsor tinggi. Hal ini merupakan hal yang kurang baik karena apabila terdapat banyak lokasi yang rawan terjadi longsor maka biaya yang dibutuhkan untuk memperbaiki jalur tersebut juga besar.



Gambar 5.5. Perbandingan Kerawanan Longsor (Sumber: Pengolahan data, 2017)

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Parameter yang digunakan dalam penentuan jalur pendakian baru Gunung Lawu di wilayah Kabupaten Ngawi adalah kemiringan lereng (*slope*), arah hadap lereng (*aspect*), penutup lahan, jarak dari sungai, dan tingkat kerawanan longsor. Parameter kemiringan lereng dan arah hadap lereng diperoleh dari ekstraksi data kontur RBI, parameter penutup lahan dan jarak dari sungai diperoleh melalui interpretasi visual pada citra Sentinel-2A dibantu dengan peta RBI, parameter tingkat kerawanan longsor diperoleh melalui hasil pengolahan peta zona kerentanan pergerakan tanah dan peta kemiringan lereng.
2. Pembuatan rute calon jalur pendakian baru Gunung Lawu di Kabupaten Ngawi dilakukan dengan menggunakan analisis *least cost path*, analisis lapangan, dan *crossing* kontur. Jalur hasil analisis *least cost path* tidak dapat diterapkan seluruhnya karena adanya perbedaan antara data yang digunakan dengan kondisi di lapangan. Maka dari itu, dilakukanlah perbaikan jalur dengan menggunakan analisis lapangan dan teknik *crossing* kontur untuk memperbaiki jalur sesuai dengan kondisi di lapangan.
3. Hasil perbandingan rute calon jalur pendakian baru (jalur rekomendasi) dengan jalur yang sudah ada (eksisting)

menunjukkan bahwa secara garis besar jalur rekomendasi memiliki lebih banyak keunggulan dibandingkan dengan jalur eksisting. Jalur rekomendasi memiliki kemiringan lereng, arah hadap lereng, penutup lahan, dan tingkat kerawanan longsor yang lebih baik dibandingkan dengan jalur eksisting. Kekurangan jalur rekomendasi dibandingkan dengan jalur eksisting adalah tidak adanya sumber air di sepanjang jalur pendakian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Basch, Danny; dkk. 2006. *Guide to Sustainable Mountain Trails: Trails Assessment, Planning & Design Sketch-book (2007 Edition)*. Washington: National Park Service.
- Dufourd, Dick. 2015. *Great Trails: Providing Quality OHV Trails and Experience*. Amerika: NOHVCC.
- Harimurti, Mira. 2011. *Analisis Least Cost Path Menggunakan Pair Wise Comparison untuk Penentuan Jalur Pipa Distribusi Air Bersih: Studi Kasus Baron, Gunungkidul*. Skripsi. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Kallok, Meghan. *A Comparative Geographic Information System (GIS) Analysis to Determine an Optimal Off-Highway Vehicle Route in Houston County, Minnesota. Volume 16, Papers in Resource Analysis*. Winona: Saint Mary's University of Minnesota University Central Services Press.
- Minnesota Department of Natural Resources. 2007. *Trail Planning, Design, and Development Guidelines*. Minnesota: Department of Natural Resources.
- Saaty, T.L. (2005). *Theory and Applications of the Analytic Network Process*. Pittsburgh, PA: RWS Publications.