

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perbandingan Data pada Metode Berbeda**

Henrique *et al.* (2014) menunjukkan suatu perbandingan efisiensi pengidentifikasian tumbuhan di suatu wilayah semi-arid Timur Laut Brasil dengan metode yang: a) mengakses pengetahuan lokal yang digunakan dalam studi etnobotani dengan menggunakan wawancara semi-terstruktur yang dilakukan di seluruh masyarakat melalui suatu wawancara inventarisasi yang dilakukan dengan dua peserta menggunakan sediaan vegetasi yang dikumpulkan sebelumnya, dan sebuah lokakarya partisipatif yang menyajikan foto kepada 32 orang dan b) menginventarisasi vegetasi (fitososiologi) di lokasi dengan sejarah gangguan berbeda menggunakan plot persegi empat panjang dan kuadran. Proporsi spesies yang diidentifikasi dengan menggunakan masing-masing metode kemudian dibandingkan dengan uji Q Cochran. Dihitung nilai penggunaan (UV) setiap spesies dengan menggunakan wawancara semi-terstruktur; indeks kuantitatif ini berkorelasi dengan nilai kepentingan struktural vegetasi yang diperoleh dari metode plot empat persegi panjang dan metode kuadrat yang diterapkan di dua area dengan penggunaan historis berbeda. Analisis tersebut bertujuan untuk mengkorelasikan pentingnya tumbuhan secara relatif terhadap masyarakat setempat (menggunakan nilai manfaat - UV) dengan kepentingan ekologis tumbuhan dalam struktur vegetasi (nilai kepentingan - IV; kerapatan relatif - RD) dengan menggunakan metode pengambilan sampel yang berbeda untuk analisis dua area. Berkenaan dengan metode yang digunakan untuk

mengakses pengetahuan lokal, ada perbedaan antara metode etnobotani dari spesies yang disurvei ( $Q = 13,37$ ;  $df = 2$ ,  $p = 0,0013$ ): 44 spesies diidentifikasi dalam wawancara inventarisasi, 38 dalam lokakarya partisipatif dan 33 dalam wawancara semi-terstruktur dengan masyarakat. Tidak ada korelasi antara UV, kepadatan relatif (RD) dan nilai kepentingan (IV) dari beberapa spesies, atau korelasi ini negatif. Disimpulkan bahwa wawancara sediaan adalah metode yang paling efisien untuk mencatat spesies dan penggunaannya, karena memungkinkan lebih banyak tumbuhan yang diidentifikasi di lingkungan aslinya. Untuk mengoptimalkan waktu peneliti dalam studi selanjutnya, penggunaan metode kuadrat lebih direkomendasikan daripada metode plot empat persegi panjang.

## **2.2 Regenerasi Tumbuhan**

Regenerasi menggambarkan kumpulan batang yang individu-individunya akan tumbuh membentuk bagian dari sub kanopi (Banilodu dan Saka, 1993). Oleh karena itu pengaruh dari sub kanopi yang beregenerasi akan berpengaruh pula terhadap komposisi dari kanopi yang berikutnya. Struktur kanopi terhadap tingkat kerapatan dan komposisi jenis kompleks yang umumnya didominasi oleh jenis-jenis yang toleran terhadap komunitas serial akhir. Ukuran populasi, ada yang relatif konstan bersama dengan waktu dan ada pula yang berfluktasi cukup besar, yang kedua-duanya sangat tergantung kepada tekanan lingkungan.

Robin dan Uriarte (2016) menunjukkan bahwa upaya restorasi skala besar dan jangka panjang sangat dibutuhkan untuk membalikkan kecenderungan global

deforestasi dan degradasi hutan di daerah tropis secara historis. Pemulihan hutan di dalam bentang lahan (lanskap) menawarkan banyak manfaat sosial, ekonomi, dan lingkungan yang meningkatkan kehidupan masyarakat lokal, mengurangi dampak perubahan iklim, meningkatkan ketahanan pangan, dan melindungi sumber daya air dan tanah. Meskipun memiliki pengetahuan yang berkembang pesat mengenai tingkat dan kelayakan regenerasi alami dan manfaat lingkungan dan ekonomi dari regenerasi hutan secara alami di daerah tropis, penanaman pohon tetap menjadi fokus utama dalam program pemulihan. Regenerasi alami sering diabaikan sebagai pilihan penggunaan lahan yang layak. Penelitian ini mengumpulkan satu set dari 16 makalah asli yang memberikan gambaran umum tentang dimensi restorasi hutan dan bentang alam ekologis, ekonomi, dan sosial, pendekatan yang relatif baru terhadap restorasi hutan yang bertujuan untuk mendapatkan kembali integritas ekologis dan meningkatkan kesejahteraan manusia. Penelitian ini menjelaskan bagaimana regenerasi alami spontan (pasif) dan yang dibantu dapat berkontribusi untuk mencapai banyak manfaat sosial dan ekologi. Pemulihan hutan dan lanskap dipusatkan pada orang-orang yang tinggal dan bekerja di bentang alam dan mata pencahariannya akan mendapatkan keuntungan dan melakukan diversifikasi melalui kegiatan restorasi di dalam dan di luar peternakan. Mengingat skala hutan yang terdegradasi dan kebutuhan untuk mengurangi perubahan iklim dan memenuhi kebutuhan pembangunan manusia di daerah tropis, memanfaatkan potensi regenerasi alami akan memainkan peran penting dalam mencapai tujuan ambisius yang memotivasi inisiatif restorasi global.

Kennard *et al.* (2002) menguji efek gangguan dari intensitas yang bervariasi terhadap mode regenerasi dominan di antara tumbuhan berkayu di hutan kering tropis dataran rendah Bolivia. Kelangsungan hidup dan kepadatan benih, mortalitas, tinggi, luas tajuk, dan diameter basal dari semaian dan kecambah dibandingkan di antara empat perlakuan dengan intensitas gangguan yang bervariasi (pembakaran dengan intensitas tinggi, pembakaran yang rendah, penghapusan tumbuhan, dan celah panen) selama periode 18 bulan dari perlakuan. Luka bakar dengan intensitas tinggi dan rendah mengurangi kepadatan benih yang layak rata-rata 94% dan 50%. Semaian pohon lebih berlimpah daripada kecambah pohon pada semua perlakuan. Ada sedikit perbedaan dalam kepadatan semaian di antara perlakuan. Kecambah paling umum terjadi pada penghilangan tumbuhan dan perlakuan luka bakar dengan intensitas rendah dibandingkan dengan jarak panen dan perlakuan luka bakar dengan intensitas tinggi. Kematian semaian lebih tinggi daripada angka kematian tunas selama tahun pertama setelah perlakuan. Kecambah yang lebih tinggi, memiliki lebih banyak batang per individu, area tajuk yang lebih besar, dan diameter basal yang lebih besar daripada semaian. Asal usul tunas adalah berbeda antar perlakuan. Delapan belas bulan setelah perlakuan, 85% individu dengan tinggi > 2,5 m adalah kecambah. Sebagian besar semaian dengan tinggi > 2,5 m setelah 18 bulan terbentuk dalam perlakuan luka bakar dengan intensitas tinggi. Membesarkan individu yang mendominasi regenerasi setelah semua perlakuan, bagaimanapun, dalam perlakuan luka bakar dengan intensitas tinggi, maka kecambah relatif kurang dominan karena

kecambah kecil dan semaian yang lebih besar setelah luka bakar dengan intensitas tinggi.

Hooper *et al.* (2004) menguji hipotesis alternatif mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi suksesi hutan awal dan komposisi komunitas di daerah yang mengalami deforestasi dan ditinggalkan yang diserang oleh rumput eksotis, *Saccharum spontaneum*, di Panama. Dihipotesiskan tiga hambatan terhadap regenerasi alami: (1) kompetisi *Saccharum*, (2) pembatasan penyebaran benih, dan (3) api. Diukur regenerasi pohon dan semak alami dalam eksperimen faktorial yang menggabungkan jarak dari hutan yang berdekatan, perlakuan pemotongan *Saccharum*, dan luka bakar yang ditentukan. Untuk menentukan penerapan model umum suksesi neotropika dan model nukleasi suksesi terhadap komposisi spesies dari regenerasi hutan di padang rumput antropogenik di Panama, pengaruh waktu sejak kebakaran dan jarak terhadap vegetasi yang tersisa (pohon yang terisolasi, semak belukar, dan monokotil besar) diukur. Api secara signifikan mempengaruhi komposisi spesies dan mengurangi kekayaan spesies karena kebanyakan spesies memiliki kemampuan pertunasan atau perkecambahan benih yang dihambat oleh api; beberapa spesies yang mengalami regenerasi ditingkatkan dengan api mendominasi komunitas suksesi awal. Tempat berbeda dalam waktu sejak kebakaran, mulai dari 1 sampai 4 tahun; interaksi lokasi dan jarak dari hutan secara signifikan mempengaruhi komposisi komunitas dan prevalensi spesies dengan mekanisme penyebaran dan toleransi naungan yang berbeda. Di tempat yang baru saja dibakar, spesies yang terdispersi oleh angin bergantung pada dominansi cahaya; sebagian besar ditemukan

di dekat tepi hutan. Seiring waktu sejak kebakaran meningkat, secara signifikan lebih toleran, spesies hewan yang tersebar dicatat, dan kedekatan dengan dan identitas spesies vegetasi yang tersisa menjadi lebih penting dalam mempengaruhi komposisi spesies dari regenerasi alami; Tidak ada pengaruh jarak yang signifikan dari hutan yang ditemukan di lokasi yang tidak terbakar selama tiga tahun atau lebih. Hasil penelitian ini mendukung kedua model suksesi; urutan temporal komposisi spesies berhubungan dengan tahap selanjutnya dari model umum, sedangkan distribusi spasial spesies mengikuti model nukleasi. Hasil penelitian ini menyoroti pentingnya penyebaran benih yang efektif dalam penataan komposisi dan distribusi spesies suksesi dan untuk mendapatkan kembali keanekaragaman yang hilang akibat kebakaran yang sering terjadi pada *Saccharum*.

Menurut Nahid *et al.* (2017), jalan hutan adalah suatu rute di antara habitat alami untuk mengekstrak sumber daya kayu atau non-kayu atau untuk rekreasi dan bertamasya. Pembangunan jalan hutan menyebabkan penebangan pepohonan pada lebar tertentu, dan oleh karena itu, mengarah pada perubahan langsung dan tidak langsung terhadap ekosistem dan lingkungan hutan melalui perubahan jumlah cahaya yang masuk ke lantai hutan, perubahan suhu, kelembaban, tanah, udara, arah angin, tingkat kecepatan angin, perubahan pada laju aliran air, dan jumlah sedimen. Penebangan pepohonan selama konstruksi jalan mengarah pada peningkatan cahaya bagi spesies pertumbuhan bawah (*understory*) dan kemudian memiliki efek terhadap penutupan herba yang berdekatan dan regenerasi pepohonan. Data statistik tentang efek ekologis dari jalan hutan masih terbatas. Untuk tujuan ini, suatu penelitian

dilakukan di hutan zalemrood, Sari, Iran. Situasi yang sama dari sudut pandang kondisi topografis dan kelerengan bentang lahan diidentifikasi. Panjang jalan 1 km setidaknya telah dibangun 10 tahun sebelumnya dipilih. Pada setiap sisi jalan, suatu plot mikro berukuran 2 x 2 m digunakan untuk pengukuran regenerasi. Dalam rangka mengkaji keanekaragaman hayati regenerasi pepohonan, indeks keanekaragaman spesies Shanon-Winner, Simpson, dan indeks kekayaan Menhinik, Margalef digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa anova dua arah indeks keanekaragaman Shannon-Winner menunjukkan bahwa posisi jalan dan efek resiprokal (timbal balik) dari posisi dan jarak dari jalan terhadap keanekaragaman regenerasi pohon adalah benar-benar signifikan pada tingkat probabilitas 95%. Anova dua arah indeks kekayaan Menhinik menunjukkan bahwa posisi jalan dan jarak dari jalan terhadap indeks ini adalah benar-benar signifikan. Anova dua arah indeks kekayaan Margalef menunjukkan bahwa efek dari posisi jalan terhadap jumlah indeks secara signifikan adalah sempurna, dan jarak dari jalan terhadap indeks Margalef adalah signifikan pada tingkat probabilitas 95%.

Menurut Edward (2014), kesuksesan regenerasi hutan adalah sangat penting untuk pengelolaan sumber daya hutan yang berkelanjutan. Penelitian ini menilai kapasitas regenerasi alami dari suatu hutan tropis yang ditebang (logging) dengan membandingkan komposisi spesies, keanekaragaman, kepadatan dan areal pangkal pada tingkat gangguan beragam setelah operasi penebangan. Kapasitas regenerasi pohon dianalisis pada tiga tingkatan gangguan yaitu (a) diganggu berat, (b) sebagian diganggu dan (c) tidak diganggu di Asenanyo Forest Reserve, suatu cagar hutan

lembab di Afrika. Enam puluh (60) plot dengan ukuran masing-masing 25 x 25 m dicuplik secara acak di setiap area yang bertingkat (distratifikasi). Suatu perbedaan signifikan pada kelimpahan dari spesies pohon yang beregenerasi secara alami di area-area yang sebagian terganggu, area yang tidak terganggu, dan area yang sangat terganggu diamati. Kepadatan dari spesies pohon yang beregenerasi alami di area yang sedikit terganggu lebih tinggi daripada di area yang terganggu, sedangkan kepadatan dicatat lebih tinggi daripada di area yang sangat terganggu. Keanekaragaman dari pohon yang beregenerasi secara alami di area-area yang terganggu adalah berbeda dari area-area yang sedikit terganggu dan area yang sangat terganggu, sedangkan area yang sedikit terganggu dan yang sangat terganggu juga berbeda. Kepadatan tinggi dari pohon muda di area yang sedikit terganggu mungkin ditingkatkan melalui penyediaan kondisi yang mendorong perkecambahan biji (benih) dari pada di area terganggu. Akan tetapi, kegiatan penebangan mungkin juga menghancurkan biji dan menyebabkan pemadatan tanah yang mungkin telah menyumbangkan sedikit jumlah pohon serta keanekaragaman di area yang sangat terganggu. Dengan demikian, disimpulkan bahwa regenerasi alami yang paling sesuai adalah ketika yang diinduksi adalah sedikit. Oleh karena itu, disarankan bahwa harus ada suatu batas jumlah pohon yang ditebang di suatu kompartemen serta ukuran pemuatan dan lebar dari jalan hutan.

Manuel dan Dupuy (1995) menandai regenerasi tumbuhan di empat jalan penebangan tua (panjang 700-1.000 m), 12-17 tahun setelah ditinggalkan, di hutan-hutan tebang pilih di dataran rendah Kosta Rika. Suatu set plot 4 m<sup>2</sup> diletakkan pada



interval 20 m di tiga habitat mikro yang berbeda yaitu (a) di jalur jalan (yang kehilangan humusnya), (b) di tepi jalan (di mana akumulasi tanah lapisan atas yang dipindahkan di sisi setelah pembangunan jalan), dan (c) di hutan penebangan yang berdekatan. Kepadatan batang dengan tinggi  $\geq 1$  m dan DBH  $\leq 5$  cm (termasuk spesies pohon kanopi, pohon lapisan tengah, liana, palma, semak, dan pohon pakis) adalah tertinggi di plot tepi jalan dari pada di plot baik di jalur maupun di hutan penebangan. “Efek tepi” ini diduga bersamaan dengan perkecambahan biji yang terkubur dari pepohonan dan semak yang tergantung cahaya setelah gangguan tanah sedang, kurang pemadatan, dan kesuburan substrat lebih tinggi daripada di jalur jalan. Kekayaan spesies terendah, tetapi dominasi relatif tertinggi pada plot jalur semua jalan: 6-9 spesies tersusun sendiri dengan 50% indeks nilai penting (INP), berbeda dengan 11-15 dan 16-22 spesies yang dibutuhkan untuk mencapai 50% INP di tepi dan di plot hutan. Ditemukan bukti pemadatan tanah di jalur tiga dari empat jalan dan yang mana selain kesuburan substratnya rendah, dan pada awalnya kurang propagul di lokasi, yang dapat menjelaskan pemulihan perlahan dari kerapatan batang dan kekayaan spesies dibandingkan dengan plot tepi dan plot hutan penebangan. Untuk batang dengan DBH  $> 5$  cm dan  $\leq 20$  cm, kerapatan dan basal area di plot jalur rata-rata sekitar seperempat dari nilai plot tepi dan plot hutan penebangan. Diperkirakan pemulihan daerah basal di jalur jalan memerlukan setidaknya 80 tahun untuk mencapai status yang ditemukan di hutan bekas penebangan, dan kekayaan spesies selama suatu periode panjang. Disarankan bahwa jalan penebangan yang ditinggalkan dimungkinkan sebagai suatu koridor panjang dari yang relatif seragam dan

karakteristik struktural dan floristik yang bertahan lama kemungkinan memberikan peran ekologis tertentu di hutan tebang pilih.

Nooraimy *et al.* (2014) menunjukkan bahwa operasi penyaradan (pengelinciran) telah dilaporkan sebagai suatu faktor degradasi tanah hutan dan gangguan vegetasi. Penilaian regenerasi pohon melalui efek jalan sarad (lincir) dari operasi panen adalah penting untuk menentukan tingkat pemulihan dari suatu tegakan hutan. Suatu penelitian dilakukan untuk mencapai tujuan: (i) untuk mengukur tingkat regenerasi pohon pada jarak berbeda dari jalan sarad (lincir), dan (ii) untuk mengevaluasi dominasi dan keanekaragaman regenerasi spesies pohon. Total lima plot dengan ukuran 50 x 2 m diletakkan di dua jalan sarad dari hutan alam yang telah ditebang pada tahun 2012. Setiap plot dengan 5 sub-plot berukuran masing-masing 2 x 2 m diletakkan di lokasi berbeda yaitu (a) di jalur sarad, (b) di tepi, dan (c) di hutan. Jumlah semaian dan anakan, kekayaan dan keanekaragaman spesies, dan dominansi regenerasi dianalisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah spesies yang beregenerasi adalah secara signifikan tidak berbeda di kedua jalan sarad. Untuk jalan sarad 1, jumlah semaian dan anakan adalah tertinggi di jalur jalan sarad (keanekaragaman spesies = 0,45). Sementara di jalur sarad 2, regenerasi spesies terbesar adalah di tepi (keanekaragaman spesies = 0,65). Nilai frekuensi untuk *Elateriospermum tapos* adalah tinggi bersamaan dengan keberadaan pohon induk di area yang menyediakan sejumlah besar biji. Dominansi regenerasi di kedua jalan sarad adalah berasal dari keluarga non-dipterocarpaceae. Ada 42 semaian dan anakan non-dipterocarpaceae di jalan sarad 1, dan 182 di jalan sarad 2. Sementara hanya 2

semaian dan anakan dipterocarpaceae di jalan sarad 1, dan 8 di jalan sarad 2. Pengayaan penanaman disarankan sebagaimana spesies dipterocarp yang memiliki tingkat pertumbuhan rendah dibandingkan dengan spesies non-dipterocarpaceae.

### **2.3 Keanekaragaman Spesies**

Pielou (1975) dalam Banilodu (2002) menunjukkan bahwa dalam batas-batas intuitif, keanekaragaman akan lebih tinggi dari suatu komunitas yang spesies berbagi ke dalam genus (marga) sebagai lawan dari berbagai banyak spesies yang masuk dalam suatu marga yang sama. Demikian juga keanekaragaman spesies akan lebih tinggi di suatu komunitas dimana terdapat banyak populasi yang secara umum saling terisolasi. Pielou merumuskan konsep ini dalam sebuah versi dari sebuah indeks Shanon dengan mengawinkan keanekaragaman suku (familia) dan menunjukkan bahwa gagasan yang sama dapat di perluas ke indeks Brillouin.

Karena ukuran keanekaragaman mudah untuk ditafsirkan hanya dalam bentuk jenis, keadaan sebagaimana diperletakan di atas tidak sama dengan suatu perluasan yang meningkat ke indeks marga atau suku, ataupun sebaliknya sebagai perluasan yang menurun keanekaragaman populasi. Untuk kesederhanaan perhitungan dan penafsiran tampak lebih disukai untuk menggunakan keanekaragaman marga atau suku.

Jean *et al.* (1990) menunjukkan adanya gangguan fluvial yang diakibatkan dari tektonik sub-Andes jangka panjang sebagai suatu sumber dari keanekaragaman spesies yang tinggi di bagian barat Amazone, sebuah wilayah yang disajikan sebagai

suatu mosaik fosil dan dataran banjir terbaru yang dihasilkan oleh migrasi sungai lateral yang luas. Dalam suatu sistem seperti itu, hutan lahan basah akan menjadi suatu pusat dari keanekaragaman yang tinggi. Hipotesis ini dibahas. Di satu sisi, suatu analisis dari efek tektonik diferensial dari kesalahan dan pelipatan pada dua unit morfostruktural di bagian barat Amazon dengan jelas menunjukkan bahwa daerah yang dipengaruhi oleh dinamika fluvial terbatas pada depresi yang terdefinisi dengan baik, yang kecenderungannya adalah penurunan atau penguatan. Sebagian besar dari dataran tinggi belum terpengaruh oleh dinamika fluvial sejak Pleistosen. Di sisi lain, survei botani menunjukkan bahwa flora lahan basah dan dataran tinggi masing-masingnya sangat berbeda, dan keanekaragaman jenis hutan dataran tinggi jelas lebih besar daripada hutan lahan basah. Beberapa argumen menunjukkan bahwa gangguan hutan di wilayah yang luas dan kendala ekologis yang parah (misalnya, banjir) menyebabkan berkurangnya keanekaragaman spesies tumbuhan. Usia dan stabilitas hutan dataran tinggi yang tinggi, dan kondisi ekologis yang agak konstan pada understory (termasuk regenerasi fase celah) masih meyakinkan penjelasan tentang keanekaragaman spesiesnya yang tinggi.

Susan *et al.* (2004) di Amazon Brazil Tengah, membandingkan frekuensi pergerakan burung understory lokal (panjang  $\leq 300$  m) di dalam hutan utuh dan menyeberang suatu jalan yang lebarnya 30-40 m selama suatu periode 2 tahun. Hutan hujan telah beregenerasi di beberapa pingir jalan, yang mendekati suatu kanopi penuh yang dibentuk di beberapa daerah, sehingga juga dinilai apakah ini memfasilitasi pergerakan burung. Data pergerakan ditentukan dari 1.212 penangkapan kembali dari

3.681 burung terjaring di enam lokasi penelitian. Jalan secara signifikan menghambat total pergerakan burung melintasi jalan di lima dari enam lokasi. Kawasan burung pencari makan bervariasi dalam respon terhadap jalan dan usia pertumbuhan kembali yang beragam. Pergerakan dari spesies pemakan buah (frugivora) dan tepi (pinggir) dan kesenjangan tidak terhambat di suatu tempat manapun, sedangkan kebanyakan insektivora yang bergantung pada hutan (spesies ternak campuran, spesies darat, dan pengikut semut-tentara) ditandai memiliki gerakan jalan-simpang terhambat, kecuali di tempat-tempat yang dengan pertumbuhan kembali yang luas. Spesies soliter understory yang secara khas rentan, jarang melintasi jalan ditumbuhi dengan pertumbuhan ulang yang tinggi. Untuk spesies sensitif, gerakan jalan-simpang adalah terhambat karena individu cenderung untuk menghindari habitat yang baik tepinya dipengaruhi dekat jalan maupun di jalan yang dibersihkan sendiri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jalan sempit dengan volume lalu lintas rendah dapat mengurangi gerakan lokal dari banyak burung pemakan serangga di Amazonia.

David dan Beckman (2004) menunjukkan bahwa salah satu efek utama deforestasi adalah penciptaan berbagai zona tepi di mana hutan-hutan tersisa berhadapan dengan habitat-habitat yang tidak berhutan. Pada perhadapan seperti ini, efek tepi pada habitat berhutan dapat mencakup kondisi-kondisi abiotik yang juga berubah, perubahan pada tingkat kompetisi dan predasi, dan struktur komunitas yang berubah. Sementara efek tepi yang dihasilkan dari habitat yang ditebang habis dan terbuka lainnya dipelajari dengan baik, dan sedikit diketahui tentang efek tepi komparatif dari jalan hutan. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji efek jalan hutan

terhadap kelimpahan, aktivitas permukaan, dan kondisi tubuh dari salamander berpunggung merah (*Plethodon cinereus*) dan salamander berlendir (*P. glutinosus* dan *P. cylindraceus*) di Appalachian Selatan, Virginia. Survei dilakukan untuk salamander di 21 tempat di mana jalan berkerikil membelah hutan tua. Tempat ini dibagi ke dalam tiga set data berdasarkan pada wilayah dan tahun survei. Percobaan juga dilakukan untuk menentukan apakah tepi jalan mempengaruhi aktivitas permukaan dan pendeteksian salamander merah. Ditemukan sedikit salamander merah dekat jalan di semua tiga set data. Efek tepi diperpanjang 20 m ke dalam hutan di dua dari tiga set data tetapi meningkat secara linear untuk 80 m pada set data yang dikumpulkan selama periode kering. Sebaliknya, salamander berlendir tidak menunjukkan respon jelas untuk tepi jalan hutan dan memiliki respon berbeda secara signifikan dibandingkan dengan salamander merah. Di dalam eksperimen, pendeteksian salamander punggung merah tidak berbeda antara habitat tepi dan interior habitat, menunjukkan bahwa pola yang diamati tidak hanya karena perubahan pola aktivitas salamander. Seperti jumlah Salamander punggung merah, kelembaban tanah dan obyek penutupan area juga cenderung menurun di dekat jalan. Kecuraman gradien pada kelembaban tanah merupakan suatu prediktor signifikan dari kecuraman penurunan jumlah salamander, sementara tidak ada hubungan signifikan antara penurunan obyek penutupan area dan penurunan pada jumlah salamander. Secara kolektif, hasil ini menunjukkan bahwa efek tepi dari jalan hutan mungkin sebanding dengan efek tepi dari yang dipotong bersih atau tipe lain dari tepi silvikultur. Selain itu, disarankan bahwa untuk salamander darat, variasi pada besaran dari efek tepi

mungkin berhubungan dengan variasi pada kelembaban tanah. Pendekatan pengelolaan meminimalkan pengeringan tanah terkait dengan pembangunan dan pemeliharaan jalan yang dapat mengurangi dampak dari jalan pada populasi amfibi di hutan yang berdekatan.

Luuk *et al.* (2004) menunjukkan bahwa pengelolaan ekosistem hutan lindung bertujuan menjaga hutan mendekati suatu keadaan selama di mana perlindungan efektif dijamin. Sebagaimana evolusi dari suatu ekosistem hutan yang dinamis tidak bisa dihentikan, tindakan silvikultur yang diperlukan adalah bertujuan menjaga kedua-duanya integritas ekosistem dan fungsi pelindung hutan-hutan pegunungan. Integritas ekosistem didefinisikan sebagai kemampuan sistem untuk mempertahankan struktur dan fungsi ekosistem menggunakan proses dan unsur-unsur karakteristik untuk ekoregionnya. Di sini, fungsi ekosistem juga mencerminkan kemampuan ekosistem untuk menyediakan fungsi dari nilai bagi manusia. Integritas ekosistem dari suatu hutan lindung menyiratkan bahwa stabilitas (terutama ketahanan properti) hutan adalah tinggi, karena diperlukan untuk memberikan suatu tingkat perlindungan yang tinggi dalam jangka panjang. Kondisi utama mempromosikan proses evolusioner alami dan stabilitas ekologi pada hutan lindung adalah (1) suatu komposisi spesies yang beragam; (2) regenerasi alami yang cukup; dan (3) suatu struktur hutan yang optimal. Contoh pertama adalah untuk menjelaskan bagaimana kondisi yang mungkin dicapai melalui intervensi silvikultur di suatu hutan terutama dilindungi terhadap runtuh di Pegunungan Alpen, Austria. Contoh kedua adalah berkaitan dengan aspek integritas sosial-ekonomi ekosistem suatu hutan yang juga

dilindungi terhadap runtuh, tetapi di Pegunungan Alpen Prancis. Kedua contoh menunjukkan bahwa otoritas hutan menyadari teknik untuk meningkatkan stabilitas tegakan dari hutan lindung, tetapi permasalahannya adalah bahwa pengelolaan hutan saat ini sering merupakan suatu corak uji coba, karena konsekuensi yang tepat dari intervensi untuk dinamika ekosistem hutan tidak diketahui. Oleh karena itu, disarankan bahwa penelitian ekosistem hutan harus mengalihkan fokus dari dinamika hutan lindung terhadap fungsi geo-ekosistem dari hutan lindung, termasuk dampak dari gangguan alam dan manusia. Untuk tujuan ini, konsep panarchy mungkin menjadi cara yang menjanjikan ke depan.

Juliann dan Carey (2008) menunjukkan bahwa mengkonservasikan keanekaragaman hayati, memelihara jasa ekologis, dan memulihkan karakteristik alami pada hutan-hutan seral akhir merupakan tujuan yang semakin penting dalam mengelola pertumbuhan hutan-hutan sekunder. Penipisan kerapatan yang bervariasi (*variabel-density penipisan, VDT*) adalah suatu teknik silvikultur yang dimaksudkan untuk mendorong keanekaragaman hayati dan heterogenitas struktural (biokompleksitas) karakteristik dari hutan-hutan pertumbuhan tua (primer), dengan menginduksi variasi berskala halus pada kanopi hutan pertumbuhan sekunder yang homogen. Studi ekosistem hutan di Puget Trough of Washington, USA, adalah suatu percobaan yang didesain untuk menguji keampuhan VDT untuk mempercepat perkembangan biokompleksitas. Sembilan tahun setelah VDT, diteliti vegetasi understory rendah dalam 60 plot dari 8 tegakan (4 pasang VDT dan kontrol). Setengah dari tegakan berada dalam hutan di mana warisan dipertahankan selama



penebangan pertumbuhan tua, tetapi yang belum dimanipulasi. Sisa dari tegakan berada di suatu hutan di mana warisan telah dikeluarkan dan homogenitas ditekankan selama dua penjarangan komersial konvensional sebelum percobaan. Diperbandingkan kekayaan spesies asli, eksotis, ruderal (pelopor), dan non-hutan di antara tegakan. Menggunakan analisis kluster, ordinasi, dan spesies indikator untuk mencari patch khas dari asosiasi tumbuhan. Keanekaragaman spesies tumbuhan asli, eksotis, ruderal, dan non-hutan adalah lebih tinggi di tegakan VDT dibandingkan dengan tegakan kontrol untuk kedua hutan. Diferensiasi dari understory menjadi beberapa patch vegetasi yang berbeda adalah tidak pasti, tetapi ada kecenderungan ke arah heterogenitas yang lebih besar pada tegakan VDT. Pengelola yang mempertimbangkan VDT untuk tegakan hutan harus hati-hati mengevaluasi tujuan dari penipisan, sejarah pengelolaan masa lalu, kondisi lingkungan lokal, dan konteks lanskap dari tegakan. Banyak manfaat VDT yang dihipotesiskan diharapkan untuk berlangsung selama bertahun-tahun untuk berkembang.

Catherine *et al.* (2010) menunjukkan bahwa jalan dikenal sebagai yang memiliki peran ekologis berbeda seperti penghalang, koridor atau habitat, tetapi keluasan spasial efek jalan pada komunitas tumbuhan dalam hutan masih belum jelas. Di sini dipelajari efek jarak jalan hutan pada keanekaragaman tumbuhan understory di 20 tempat pada tegakan oak muda dan tua di suatu hutan dataran rendah Perancis dengan suatu sejarah panjang pembangunan jalan dan pengelolaan. Semua spesies tumbuhan lumut dan vaskuler (berpembuluh) dikumpulkan pada lima jarak yang berkisaran mulai dari jalan ambang ke 100 m ke dalam tegakan hutan yang

berdekatan. Dianalisis komposisi spesies, respon spesies individual, suatu sifat respon sejarah hidup utama, preferensi habitat dan modus penyebaran - dan nilai indikator lingkungan dalam hubungannya dengan jarak jalan dan usia tegakan. Komposisi tumbuhan sangat berbeda antara habitat ambang jalan dan habitat interior. Efek jalan utama diperluas kurang dari 5 m ke dalam tegakan hutan. Suatu habitat ketiga terdeteksi di tepi jalan hutan yang dihasilkan dari efek jalan pada kondisi tanah dan cahaya, dan dari topografi tepi spesifik. spesies non-hutan hampir tidak hadir dari interior hutan. Sebaliknya, banyak tumbuhan lumut dan beberapa tumbuhan vaskular menjauh dari jalan. Diidentifikasi bahwa enam kelompok posteriori yang lebih baik menjelaskan variabilitas profil respon tumbuhan daripada suatu sifat sejarah hidup priori. Respon tumbuhan terhadap jarak jalan juga tergantung pada usia tegakan: beberapa spesies berkolonisasi dari jalan ke dalam interior hutan pada tegakan muda mengikuti regenerasi pematangan, sedangkan spesies lainnya menampilkan pola terbalik pada tegakan tua sekali kanopi menutup di atas jalan hutan. Bahkan jika kedalaman dari efek jalan hutan diukur pada tegakan dataran rendah yang dikelola adalah menyempit, pembangunan jalan hutan baru memiliki efek yang non-negligible pada dinamika populasi tumbuhan. Pengelola hutan harus memperhitungkan dampak dari jalan pada keanekaragaman hayati, karena intensifikasi silvikultur yang diharapkan dalam menanggapi perubahan global adalah penyusunan untuk menonjolkan efek dari jalan hutan. Penelitian lebih lanjut direkomendasikan tentang peran dispersal oleh kendaraan (yaitu agestochory) pada efek jalan.

KC dan Gautam (2012) menyatakan bahwa degradasi dan kehilangan keanekaragaman hayati terus berlangsung meskipun telah ada upaya konservasi masa lalu di Nepal. Dari banyak penyebab potensial, penelitian ini berusaha untuk menyelidiki efek dari suatu proyek jalan terhadap keanekaragaman hayati di Middle Hills, Nepal. Informasi tentang komposisi floristik dikumpulkan dari komunitas hutan rakyat menggunakan kelompok dari 30 plot sampel melingkar, yang masing-masingnya diletakkan pada 50 m dan 20 m jauh dari tepi jalan. Hasil penelitian memberikan bukti bahwa proyek jalan pedesaan berkontribusi terhadap pengurangan keanekaragaman hayati yang mungkin bersamaan dengan penghapusan spesies pohon penghasil kayu rendah dekat tepi jalan. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa kedekatan dengan tepi jalan mengurangi vegetasi bawah yang akan mengarah pada berkurangnya kemampuan hutan untuk mempertahankan keanekaragaman hayati aslinya. Akan tetapi, operasi silvikultur memiliki potensi untuk meminimalkan kehilangan tidak langsung keanekaragaman hayati yang disebabkan oleh proyek jalan.

Fatemeh *et al.* (2015) menyatakan bahwa jalan hutan memfasilitasi berbagai kegiatan seperti pengelolaan hutan, tending hutan, penebangan kayu, dan pengendalian api dan hama, tetapi kenyataan tetap bahwa jalan dapat mengganggu fungsi alami dari ekosistem hutan. Jalan mengalihkan aliran air dan meningkatkan jumlah sedimen. Jalan juga dapat mengubah komposisi spesies tumbuhan. Lebih lanjut, struktur jaringan jalan membagi lahan menjadi patch-patch kecil, yang berakhir pada fragmentasi habitat. Dalam penelitian ini, yang dilakukan di Hutan

Hyrcanian di Utara Iran, efek dari suatu jalan hutan pada keanekaragaman spesies tumbuhan (termasuk pohon, pancang atau anakan dan herba) diselidiki di kedua kemiringan cut and fill. Pada 10 titik di sepanjang jalan, ke arah kelereng fill dan kelereng cut, 10 transek 100 m tegak lurus dengan jalan dibentuk. Di setiap transek, 10 plot berukuran  $10 \times 10$  m dicuplik (disampel) untuk merekam spesies pohon dan anakan dan 10 plot berukuran  $2 \times 2$  m dicuplik untuk merekam spesies herbal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ruas jalan tidak memiliki efek signifikan pada keanekaragaman spesies tumbuhan. Karena jalan yang dikaji dibangun menggunakan kriteria dan teknik lingkungan, operasi cut dan fill yang tidak perlu dihindari. Faktor lain adalah lebar jalan, yang mana sesempit mungkin, sehingga fragmentasi habitat tidak begitu besar. Lalu lintas di jalan ini juga terbatas; oleh karena itu, polusi tanah tidak mempengaruhi komposisi tumbuhan. Hal-hal ini bersama-sama dengan kemampuan dari ekosistem Hyrcanian untuk memperbaiki dirinya sendiri dapat mengurangi (memitigasi) efek negatif dari jalan ini.

Andrew *et al.* (2016) menyatakan bahwa struktur dan fungsi mendasari dari mayoritas hutan tropis dunia telah terganggu oleh dampak manusia, tetapi potensi keanekaragaman hayati dan nilai konservasi dari hutan yang beregenerasi masih diperdebatkan. Satu telaahan menunjukkan bahwa berdasarkan rata-rata, hutan tropis yang beregenerasi terus adalah 57% ( $\pm 2,6\%$ ) dari kekayaan spesies hutan primer, meningkatkan keraguan tentang suatu kesempatan kedua yang layak untuk melestarikan keanekaragaman hayati melalui regenerasi hutan hujan. Nilai rata-rata, bagaimanapun, kemungkinan meremehkan manfaat potensi terhadap keanekaragaman

hayati dan konservasi karena mereka diambil dari banyak penelitian regenerasi jangka pendek dan studi-studi yang dikacaukan oleh tetap berlangsungnya gangguan manusia. Disarankan bahwa potensi keanekaragaman hayati sesungguhnya dan nilai konservasi dari hutan hujan yang beregenerasi dapat lebih baik dinilai dalam ketiadaan faktor-faktor tersebut dan menghadirkan suatu studi kasus n keanekaragaman hayati fauna multi-takson pada hutan tropis yang beregenerasi di dataran rendah Amazonia. Ditemukan bahwa keanekaragaman hayati dari tempat-tempat yang beregenerasi ini adalah lebih tinggi daripada yang diharapkan, mencapai 87% ( $\pm 3,5\%$ ) dari keanekaragaman alpha hutan primer dan rata-rata 83% ( $\pm 6,7$ ) dari spesies yang diperkirakan telah terjadi di wilayah tersebut sebelum gangguan . Selanjutnya, hutan yang beregenerasi mendukung 37 spesies dengan perhatian konservasi khusus, mewakili 88% spesies yang memiliki kepentingan konservasi tertinggi yang diperkirakan ada di hutan primer dari daerah. Disimpulkan bahwa hutan hujan yang beregenerasi spesifik ini memiliki keanekaragaman hayati dan nilai konservasi tinggi, dan bahwa sementara melestarikan hutan primer adalah sangat penting, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa di bawah suatu skenario kasus terbaik dari pengelolaan konservasi yang efektif, tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi dapat kembali ke ekosistem hutan tropis yang sangat terganggu.

Attila *et al.* (2016) menunjukkan bahwa vegetasi berkayu non-hutan mewakili suatu komponen penting dari infrastruktur hijau pada lanskap pertanian, di mana penutupan hutan alami dan semi-alami hanya memiliki suatu proporsi penggunaan lahan rendah. Makalah ini difokuskan pada struktur vegetasi berkayu linear di

sepanjang jalan pada lanskap pertanian dan menganalisisnya pada tiga area studi di Wilayah Nitra, Slovakia. Penelitian ini mengevaluasi komposisi dan keanekaragaman spesies, frekuensi keterjadian spesies atau distribusi spasial, struktur spasialnya sesuai dengan usia relatif yang dicapai dan asal usul. Untuk mengevaluasi frekuensi keterjadian, suatu Faktor Frekuensi diusulkan dan diterapkan. Faktor ini memungkinkan suatu perbandingan yang lebih baik dari area studi berbeda dan menghasilkan temuan yang lebih representatif. Area studi dibagi ke dalam sektor berdasarkan pada sifat lanskap visual, yang mudah diidentifikasi di lapangan, seperti persimpangan dan cekungan di jalan, dan persimpangan jalan dengan sifat lainnya, seperti kadaster atau batas lahan (tanah), aliran air, dan lain-lain. Berdasarkan pada kelimpahan spesies, tumbuhan berkayu yang hadir di dalam sektor dikelompokkan menjadi (1) dominan, (2) saling melengkapi, dan (3) spesies dalam campuran; dan dalam kaitan dengan asal-usul dikelompokkan ke dalam (1) asli dan (2) allochthonous. Selanjutnya, pohon dikelompokkan menjadi (1) spesies pohon berumur panjang, (2) berusia sedang, dan (3) berumur pendek. Temuan utama adalah bahwa di antara pepohonan, spesies terutama didominasi allochthonous. *Robinia pseudoacacia* L. adalah suatu spesies pohon dominan di semua tiga wilayah studi. Hal itu mencapai 4 kali lebih sering daripada spesies pohon dominan lainnya. Spesies pohon introduksi juga menang di antara spesies yang saling melengkapi dan dalam campuran. Di antara semak, spesies asli adalah yang paling dominan, sedangkan spesies non-asli memiliki proporsi signifikan lebih rendah dan distribusi spasial. Berdasarkan temuan ini, beberapa langkah diusulkan untuk meningkatkan stabilitas

ekologi secara keseluruhan, proporsi dan distribusi spasial spesies tumbuhan berkayu asli. Tindakan dan rekomendasi dimaksudkan untuk peningkatan keanekaragaman hayati spesies asli, karakter dan identitas lanskap, dalam rangka memenuhi tantangan lanskap dan keanekaragaman hayati utama yang diidentifikasi dalam kebijakan lanskap dan keanekaragaman hayati kunci dari Eropa.

Da Silva *et al.* (2017) menunjukkan bahwa meskipun dampak yang dihasilkan oleh gap (kesenjangan) dapat mempengaruhi vegetasi, masih sedikit studi yang membahas dampak ini di Hutan Atlantik. Tujuan di sini adalah untuk menyelidiki efek jalur dari berbagai lebar pada komposisi dan struktur, mempertimbangkan sindrom dispersal, keanekaragaman, bentuk kehidupan, kategori suksesi dan ancaman dan keterjadian spesies eksotis di Hutan Atlantik. Dikaji tiga jalur dengan lebar 2 m, 10 m dan 20 m, memotong suatu kawasan dilindungi di Tenggara Brazil. Untuk menilai efek tepi, plot dibentuk berdekatan dengan path (tepi) dan 35 m dari tepi (bertetangga), dan di suatu area kontrol tanpa path (jalur). Jalur yang lebih luas (10 dan 20 m) ditampilkan mengurangi tinggi dan diameter pohon, kepadatan liana tinggi, spesies eksotik, dan suatu proporsi yang tinggi dari spesies pelopor dan anemochorous. Disimpulkan bahwa struktur vegetasi berjalur sempit (2 m) adalah sama dengan area kontrol, dan bahwa lebar kesenjangan linear menciptakan efek permanen terhadap vegetasi dan meluas ke jarak minimal 35 m ke dalam interior hutan. Mempertimbangkan bahwa kesenjangan linear menghasilkan efek permanen terhadap vegetasi dan dapat mempengaruhi organisme lain, disarankan bahwa efek ini

harus dipertimbangkan untuk keberhasilan pengelolaan kawasan dilindungi, termasuk perencanaan dan mitigasi dampak.

Simone dan Cleary (2007), menunjukkan bahwa invasi biologis, yang dihasilkan dari spesies yang disengaja dan tidak disengaja mentransferkan serangga, jamur dan organisme Oomycetes, merupakan suatu konsekuensi utama dari globalisasi dan menimbulkan suatu ancaman signifikan terhadap keanekaragaman hayati. Membatasi kerusakan oleh patogen hutan yang non-asli membutuhkan suatu pemahaman mengenai distribusi terkini dan potensinya, faktor yang mempengaruhi penyebaran penyakit, dan pengembangan langkah-langkah pengelolaan yang tepat. Dalam ulasan ini, disintesis karakteristik bawaan dari organisme yang menyerang (terutama sistem kawin, tipe reproduksi, dan mekanisme dispersal) dan faktor kunci dari populasi inang (yaitu keanekaragaman inang, konektivitas inang, dan kerentanan inang) yang menentukan sebaran dan dampak dari patogen hutan invasif pada berbagai skala pasca introduksi dan pembentukan. Diperiksa dinamika sebaran untuk patogen hutan invasif yang dikenal dengan baik, *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya, yang menyebabkan kematian ash di Eropa, dan *Cryphonectria parasitica*, (Murr.) Barr, yang menyebabkan blight berwarna coklat di Amerika Utara dan Eropa, menggambarkan pentingnya variabilitas inang (keanekaragaman, konektivitas, kerentanan) dalam keberhasilan invasinya. Sementara masuknya patogen asing telah terbukti sulit untuk mengontrol, dan introduksi biologis baru memang tak terelakkan, mengelusidasi proses kunci yang mendasari variabilitas inang adalah sangat penting bagi ilmuwan dan pengelola untuk tujuan



mengembangkan strategi efektif untuk mencegah gerakan organisme di masa depan dan melestarikan ekosistem yang utuh.

## **2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Regenerasi dan Keanekaragaman Spesies**

### **2.4.1 Tanah**

Tanah merupakan komponen hidup lingkungan yang paling penting, yang dapat memanipulasi untuk mempengaruhi penampilan tanaman untuk tujuan produksi tanaman. Tanah dipandang sebagai suatu kesinambungan dari sistem yang paling mengalami interaksi. Faktor-faktor tanah yang mempengaruhi antara lain: (1) mineral tanah, (2) bahan organik tanah, (3) organisme tanah, (4) atmosfer tanah (5) air tanah. PH tanah sangat cocok (6-7) untuk pertumbuhan tanaman sangatlah. Grigal dan Vance (2000) menunjukkan bahwa bahan organik tanah (BOT) pada umumnya diasumsikan penting terhadap produktivitas hutan, namun pengaruh langsungnya sulit ditunjukkan dengan jelas. BOT memiliki segudang interaksi dengan sifat tanah lainnya, dan tingkat BOT bergantung pada faktor tumbuhan seperti produktivitas dan kimia serasah, dan pada faktor lingkungan seperti suhu dan air. Dengan demikian, BOT menyebabkan dan mempengaruhi produktivitas. Selain itu, BOT berbanding terbalik dengan produktivitas di mana kondisi seperti suhu rendah atau aerasi yang berkurang merugikan pertumbuhan tumbuhan dan aktivitas mikroba, dan BOT terakumulasi. Metode eksperimental konvensional tidak mungkin memberikan demonstrasi umum secara menyeluruh mengenai efek BOT terhadap produktivitas

hutan karena hubungannya rumit dan lokasi spesifik. Terlepas dari peringatan tersebut, bukti tidak langsung menunjukkan bahwa BOT secara positif mempengaruhi produktivitas hutan jangka panjang, dengan peran dan kontribusi spesifiknya bergantung pada faktor lokasi yang membatasi. Pada tanah yang bertekstur kasar, BOT adalah penting untuk mempertahankan air dan untuk memasok dan mempertahankan nutrisi. Oleh karena tanah menjadi lebih baik, peran tersebut menjadi kurang penting namun perannya dalam mempromosikan sifat fisik tanah yang menguntungkan adalah meningkat. Praktik pengelolaan hutan dapat mengubah jumlah dan tipe BOT, namun oleh karena karakteristik tanah atau lokasi yang melekat terkadang mengkompensasi atau mengurangi dampak perubahan SOM, dampak langsung terhadap produktivitas mungkin tidak jelas. Meskipun demikian, karena ikatan BOT yang kuat dengan berbagai sifat dan fungsi tanah pada tekstur tanah, maka rezim pengelolaan kehutanan yang paling prudent harus mempertahankan atau meningkatkan tingkat BOT.

#### **2.4.2 Suhu**

Sejumlah proses pertumbuhan mempunyai hubungan kuantitatif dengan suhu, antaranya respirasi, sebagian dari reaksi fotosintesis dan berbagai gejala pendewasaan dan pematangan. Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman tergantung pada spesies dan varietasnya. Pada tahap fisiologi khusus dari proses suhu maksimum yang menyokong pertumbuhan tanaman biasanya berkisar  $5^{\circ}$ - $30^{\circ}$

### **2.4.3 Intensitas Cahaya**

Cahaya mempengaruhi banyak respon lain dari tumbuhan, termasuk perkecambahan umbi dan buld, pembungaan dan perbandingan kelamin pada bunga. Pancaraan energi yang dibutuhkan oleh tanaman hampir seluruh kisaran spektrum cahaya yang diberikan (Logan (1965)).

Logan (1965) menunjukkan bahwa birch putih, birch kuning, sugar maple dan maple perak ditanam selama 5 tahun di bawah intensitas cahaya penuh pada 13%, 25%, 45%, dan 100%. Tinggi, dimensi daun, dan bobot kering akar, tunas dan dedaunan disajikan, dan perbedaan perilaku spesies yang berkaitan dengan intensitas cahaya dibahas dan hasilnya menunjukkan bahwa intensitas cahaya berpengaruh terhadap perumbuhan tumbuhan.

### **2.4.4 Hipotesis Penelitian**

Sebagai penuntun dalam penelitian ini, hipotesis penelitian ( $H_0$ ) dirumuskan sebagai berikut:

$H_{01}$ : Tidak ada perbedaan data kekayaan dan kelimpahan individu spesies tumbuhan berakayu pada transek tegak lurus dan transek sejajar gradien jalan di Blok 3-4 TWA Bipolo.

$H_{02}$ : Tidak ada pengaruh faktor abiotik terhadap regenerasi dan keanekaragaman spesies tumbuhan berakayu pada transek tegak lurus dan transek sejajar gradien jalan di Blok 3-4 TWA Bipolo.

