

Laporan Penelitian

**IMPLIKASI PERUBAHAN INTENSITAS PENEBAANGAN
TERHADAP KELESTARIAN TEGAKAN MERBAU
DI IUPHHK-HA PT. WIJAYA SENTOSA,
PROVINSI PAPUA BARAT**

Tatang Tiryana
Teddy Rusolono
Muhdin



**FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN IPB
PT. WIJAYA SENTOSA**

April 2022

Laporan Penelitian

**IMPLIKASI PERUBAHAN INTENSITAS PENEBAANGAN
TERHADAP KELESTARIAN TEGAKAN MERBAU
DI IUPHHK-HA PT. WIJAYA SENTOSA,
PROVINSI PAPUA BARAT**

Disusun oleh:

Tatang Tiryana, Teddy Rusolono, Muhdin

Divisi Perencanaan Kehutanan

Departemen Manajemen Hutan

Fakultas Kehutanan dan Lingkungan IPB

Kerjasama

FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN IPB

dan

PT. WIJAYA SENTOSA

April 2022

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	ii
DAFTAR LAMPIRAN	ii
RINGKASAN EKSEKUTIF	iii
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
2 METODE KAJIAN	3
2.1 Kerangka Pemikiran	3
2.2 Data Kajian.....	4
2.3 Analisis Data.....	4
2.3.1 Analisis struktur tegakan	4
2.3.2 Analisis permudaan merbau.....	5
2.3.3 Pemodelan dinamika tegakan	5
2.3.4 Perumusan strategi kelestarian tegakan merbau	6
3 KONDISI TEGAKAN MERBAU	7
3.1 Struktur Tegakan	7
3.2 Potensi Permudaan	8
4 DINAMIKA STOK TEGAKAN DAN HASIL PENEBAHAN	11
4.1 Dinamika Stok Tegakan	11
4.2 Proyeksi Hasil Penebangan	12
5 STRATEGI KELESTARIAN TEGAKAN MERBAU	15
5.1 Pembinaan teknik ITSP	15
5.2 Pembuatan dan Pengukuran PUP	15
5.3 Pengayaan dan Penerapan Silvikultur Intensif	16
6 KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	18
6.1 Kesimpulan.....	18
6.2 Rekomendasi	18
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN	20

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Komponen-komponen model matrik transisi dinamika tegakan merbau.....	6
Tabel 2.	Potensi permudaan alami jenis merbau dan seluruh jenis sebelum dan setelah penebangan.....	9
Tabel 3.	Tanaman pengayaan jenis merbau di tempat terbuka bekas lokasi penebangan	16
Tabel 4.	Pertumbuhan tanaman pengayaan jenis merbau.....	17

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Kerangka pemikiran dalam kajian ini.....	4
Gambar 2.	Kerapatan tegakan merbau (a) berdiameter 20-up cm pada blok RKT 2021 dan RKT 2022 dari hasil ITSP dan (b) berdiameter 10–19 cm pada PUP RKT 2023 dan hasil analisis vegetasi pada blok RKT 2019 dan 2021.....	7
Gambar 3.	Struktur tegakan merbau pada blok RKT 2021–2022 dan perbandingannya dengan PUP Petak AV35	8
Gambar 4.	Struktur permudaan jenis merbau dan seluruh jenis pada berbagai kondisi tegakan sebelum dan sesudah penebangan.....	9
Gambar 5.	Dinamika stok tegakan layak tebang (50-up cm) pada IP 64% dan 70% dari (a) skenario I1 dan (b) skenario I2.....	12
Gambar 6.	Dinamika stok tegakan regenerasi (10–49 cm) pada IP 64% dan 70% dari (a) skenario I1 dan (b) skenario I2.....	13
Gambar 7.	Jumlah pohon ditebang dan volume penebangan pada IP 60% dan 70% dari (a) skenario I1 dan (b) skenario I2.....	14

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Rekapitulasi output model dinamika tegakan merbau dengan skenario I1 (laju <i>ingrowth</i> 0.33 pohon/ha/3 tahun).....	21
Lampiran 2.	Rekapitulasi output model dinamika tegakan merbau dengan skenario I2 (laju <i>ingrowth</i> 1 pohon/ha/3 tahun)	23

RINGKASAN EKSEKUTIF

Tercapainya kelestarian produksi kayu merbau (*Instia bijuga*) merupakan salah satu tujuan pengelolaan hutan produksi di IUPHHK-HA PT. Wijaya Sentosa (PTWS), Provinsi Papua Barat. Kelestarian produksi kayu dapat dicapai apabila tingkat penebangan tegakan tidak melebihi kemampuan pertumbuhan dan regenerasi tegakannya. Oleh karena itu, Intensitas Penebangan (IP) yang optimal perlu ditetapkan sebelum melakukan penebangan pada suatu blok Rencana Kerja Tahunan (RKT). Sampai saat ini, PTWS menerapkan IP 64% untuk penebangan tegakan merbau pada suatu blok RKT. Namun untuk blok RKT 2021–2022, PTWS berencana untuk meningkatkan IP menjadi 70%. Penerapan IP 70% tersebut perlu dikaji lebih lanjut implikasinya terhadap kelestarian hasil kayu dan stok tegakan setelah penebangan. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis implikasi peningkatan IP terhadap kelestarian tegakan merbau dan merekomendasikan strategi-strategi pengelolaan tegakan merbau yang perlu dilakukan oleh PTWS.

Kajian ini mensimulasikan dinamika tegakan pada blok RKT 2021–2022 dengan menggunakan model dinamika berbasis matriks transisi dari hasil kajian sebelumnya (*Rusolono et al., 2019*). Data hasil Inventarisasi Tegakan Sebelum Penebangan (ITSP), data Petak Ukur Permanen (PUP), dan data hasil analisis vegetasi (Anveg) dianalisis untuk menyusun struktur tegakan merbau sebagai *input* utama model dinamika tegakan. Adapun proporsi komponen-komponen dinamika tegakan (*ingrowth, upgrowth, mortality*) dalam model dinamika tersebut diasumsikan sama dengan kondisi areal bekas tebangan pada PUP Petak AV35. Simulasi dilakukan dengan menggunakan IP 64% dan 70%, limit diameter penebangan 50 cm, rotasi 30 tahun, dan dua skenario laju *ingrowth*: 0.33 pohon/ha/3 tahun (skenario I1) dan 1 pohon/ha/3 tahun (skenario I2). Hasil simulasi dianalisis lebih lanjut untuk menilai kelestarian tegakan merbau dalam hal ketersediaan tegakan layak tebang (50-up cm), ketersediaan tegakan regenerasi (diameter 10–49 cm), dan hasil penebangan (jumlah pohon dan volume kayu) dalam jangka waktu 120 tahun (4 rotasi).

Data ITSP menunjukkan bahwa kerapatan tegakan merbau pada blok RKT 2021–2022 rata-rata sebesar 0.2 pohon/ha (diameter 20–29 cm), 1.1 pohon/ha (diameter 30–39 cm), 1.8 pohon/ha (40–49 cm), dan 5.2 pohon/ha (diameter 50-up cm). Adapun kerapatan tiang (diameter 10–19 cm) rata-rata sebesar 4.3 tiang/ha, yang diketahui dari data PUP RKT 2023 serta Anveg RKT 2019 dan 2021. Dengan demikian, struktur tegakan merbau tidak mengikuti pola umum berbentuk kurva “J terbalik”, melainkan lebih menyerupai kurva “U”, dimana kerapatan tegakan menurun dari tingkat tiang ke pohon kecil (diameter 20–29 cm) dan kemudian meningkat pada kelas diameter berikutnya. Kerapatan relatif jenis merbau sangat rendah daripada seluruh jenis pada berbagai tingkat pertumbuhannya, dimana pada tingkat semai 1.3% (0.9-1.6%), tingkat pancang

0.3%, tingkat tiang 1.1%, dan tingkat pohon 3.9% terhadap kerapatan seluruh jenis. Hal ini menunjukkan bahwa kehadiran jenis merbau pada tegakan alami sangat rendah, sehingga pengayaan tegakan pada areal bekas penebangan sangat perlu dilakukan.

Simulasi dinamika tegakan merbau menunjukkan bahwa pada skenario I1 (laju *ingrowth* 0.33 pohon/ha/3 tahun (seperti kondisi areal bekas tebangan pada Petak AV35) diprediksi terjadi penurunan stok tegakan layak tebang (50-up cm) selama 4 rotasi jika penebangan dilakukan dengan IP 64% dan 70%. Adapun tegakan regenerasi (diameter 10–49 cm) menurun sampai awal rotasi ke-2 (36 tahun) dan setelah itu konstan. Hal ini disebabkan karena penebangan dengan IP 60% atau 70% menyebabkan berkurangnya stok tegakan layak tebang dari satu rotasi ke rotasi berikutnya, sementara laju pertumbuhan tegakan regenerasi (terutama penambahan *ingrowth*) masih relatif lambat sehingga belum dapat menggantikan stok tegakan yang ditebang tersebut. Penurunan stok tegakan layak tebang tersebut berimplikasi terhadap penurunan hasil penebangan yang rata-rata mencapai 10% jika IP 64% atau 8% jika IP 70%. Namun demikian, pada skenario I2 (laju *ingrowth* 1 pohon/ha/3 tahun) terjadi peningkatan stok tegakan layak tebang, stok tegakan regenerasi, dan hasil penebangan dari satu rotasi ke rotasi berikutnya. Kenaikan hasil penebangan dari rotasi ke-1 hingga rotasi ke-4 mencapai 10% baik untuk IP 64% maupun IP 70%. Penebangan dengan IP 70% dapat meningkatkan produksi kayu rata-rata 4.8% per rotasi jika dibandingkan penebangan dengan IP 64%. Hal ini dimungkinkan karena pertumbuhan tegakan regenerasi, terutama kenaikan laju *ingrowth* (1 pohon/ha/3 tahun), mampu mengimbangi kehilangan stok tegakan akibat pemanenan.

Kajian ini menegaskan bahwa implikasi dari pemanenan tegakan dengan IP 64% atau 70% terhadap kelestarian tegakan merbau sangat tergantung pada kemampuan regenerasi tegakan pada areal-areal bekas tebangan. Hasil kajian ini menunjukkan bahwa laju *ingrowth* minimal sebesar 1 pohon/ha/3 tahun akan mampu meningkatkan hasil penebangan dalam jangka panjang karena adanya keberlangsungan stok tegakan layak tebang dan tegakan regenerasinya. Oleh karena itu, PTWS perlu melakukan upaya-upaya strategis untuk mencapai kelestarian tegakan merbau, meliputi: pembenahan teknik ITSP, pembuatan dan pengukuran PUP, serta pengayaan dan penerapan silvikultur intensif. Pembenahan teknik ITSP diperlukan untuk memperoleh data struktur tegakan yang lengkap pada suatu blok RKT untuk memastikan ketersediaan stok tegakan mulai dari tingkat tiang (diameter 10–19 cm) hingga tingkat pohon (diameter ≥ 20 cm). Pembuatan dan pengukuran PUP perlu terus dilakukan pada areal-areal bekas tebangan dan juga hutan primer untuk memperoleh data dinamika tegakan yang lebih mewakili berbagai kondisi tegakan di areal PTWS. Adapun pengayaan dan penerapan silvikultur intensif mutlak diperlukan untuk mengatasi kurangnya populasi jenis merbau di alam, sehingga kelestarian produksi kayu merbau dapat tercapai karena ketersediaan stok tegakan regenerasi yang melimpah akan mampu menggantikan kehilangan stok tegakan yang dipanen.

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu pilar pengelolaan hutan lestari adalah kelestarian produksi yang dicerminkan oleh hasil kayu yang stabil atau bahkan meningkat dari waktu ke waktu. Dalam pengelolaan hutan produksi, kelestarian produksi seringkali menjadi tujuan utama yang ingin dicapai oleh para pengelola hutan agar mampu melaksanakan kegiatan-kegiatan pengelolaan hutan dengan baik, sehingga kelestarian ekologi dan sosial juga dapat tercapai. Hal ini berlaku juga bagi PT. Wijaya Sentosa (selanjutnya disebut PTWS), yang mengelola hutan alam produksi seluas 130755 ha di Provinsi Papua Barat sejak tahun 2012. Bagi PTWS, tercapainya kelestarian produksi, ekologi, dan sosial merupakan suatu keniscayaan karena telah memperoleh sertifikat pengelolaan hutan lestari dari *Forest Stewardship Council* (FSC) pada tahun 2016.

Untuk menjamin tercapainya kelestarian produksi kayu, pengelola hutan harus menerapkan metode pengaturan hasil (*yield regulation*) yang sesuai dengan karakteristik tegakan yang dikelolanya. Pada prinsipnya, kelestarian produksi kayu dapat tercapai apabila tingkat penebangan tidak melebihi kemampuan pertumbuhan dan regenerasi tegakan. Untuk hutan alam produksi, kemampuan pertumbuhan dan regenerasi tegakan umumnya bervariasi akibat perbedaan jenis tegakan, tempat tumbuh, dan perlakuan silvikultur. Oleh karena itu, pengaturan hasil tegakan dapat dilakukan secara spesifik untuk suatu jenis tegakan tertentu untuk memastikan tercapainya kelestarian hasil jenis tegakan tersebut. Pengaturan hasil seperti ini dilakukan oleh PTWS untuk jenis tegakan merbau (*Instia bijuga*), yang merupakan jenis pohon komersial tetapi riap tegakannya relatif rendah dan populasinya jarang dibanding jenis tegakan lainnya (Rusolono, Tiryana, & Muhdin, 2019).

Upaya PTWS dalam merumuskan metode pengaturan hasil tegakan merbau telah dilakukan sejak tahun 2019 dengan menggunakan model dinamika struktur tegakan berbasis matriks transisi (Rusolono *et al.*, 2019). Model tersebut dapat mensimulasikan dinamika tegakan merbau dari waktu ke waktu berdasarkan hasil pengamatan petak ukur permanen (PUP) selama 3 tahun (2014–2017) di areal bekas tebangan (Petak AV35). Hasil simulasi menunjukkan bahwa kelestarian hasil kayu merbau dapat dicapai apabila PTWS melakukan penebangan tegakan merbau dengan limit diameter 50 cm, rotasi 30 tahun, dan Intensitas Penebangan (IP) 64% agar dapat menjadi stok tegakan layak tebang dan hasil penebangannya. PTWS dapat menaikkan IP menjadi 70% asalkan dapat mentolerir penurunan hasil penebangan antar rotasi hingga 5%, karena peningkatan IP tersebut cenderung menyebabkan penurunan stok tegakan layak tebang dari satu rotasi ke rotasi berikutnya (Rusolono *et al.*, 2019). Tentunya, temuan tersebut berlaku untuk kondisi tegakan merbau yang memiliki dinamika struktur tegakan seperti di Petak AV35, yang merupakan areal bekas tebangan dengan kerapatan tegakan merbau yang relatif

jarang. Adapun untuk lokasi lain yang kondisi struktur tegakannya berbeda, temuan tersebut masih perlu diklarifikasi lebih lanjut.

Sampai saat ini, PTWS masih menerapkan IP 64% dengan limit diameter 50 cm dalam penebangan tegakan merbau. Namun PTWS menghendaki adanya peningkatan produksi kayu merbau melalui penerapan IP 70% untuk penebangan di blok RKT 2021–2022 yang potensi tegakan merbaunya masih relatif bagus. Rencana perubahan IP tersebut perlu dikaji lebih lanjut untuk memastikan tercapainya kelestarian hasil kayu dan stok tegakan merbau pada blok RKT 2021–2022.

1.2 Tujuan

Kajian ini bertujuan untuk 1) menganalisis implikasi peningkatan IP dari 64% ke 70% terhadap kelestarian hasil kayu dan stok tegakan pada blok RKT 2021–2022 di areal kerja PTWS dan 2) merekomendasikan strategi-strategi yang perlu dilakukan oleh PTWS untuk mencapai kelestarian tegakan merbau dalam rangka mendukung rencana peningkatan IP tersebut.

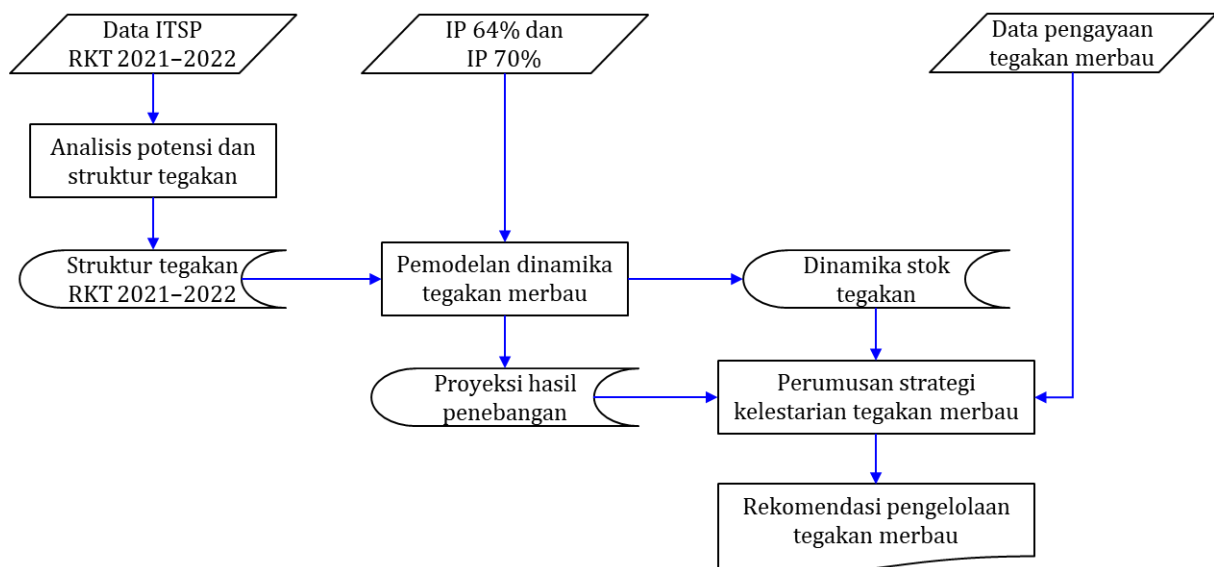
2 METODE KAJIAN

2.1 Kerangka Pemikiran

Penebangan tegakan tidak seumur (*uneven-aged stand*), seperti tegakan merbau di areal PTWS, dapat mengubah struktur tegakan horizontal dimana stok tegakan di atas limit diameter penebangan (misalnya 50 cm) menjadi berkurang. Secara teoritis, peningkatan Intensitas Penebangan (IP) dari 64% ke 70% akan meningkatkan produksi kayu, tetapi dapat menyebabkan menurunnya stok tegakan apabila tidak diimbangi oleh kemampuan regenerasi tegakan. Namun hal ini perlu dibuktikan secara empiris, karena sangat tergantung juga pada struktur tegakan sebelum dan setelah penebangan.

Untuk memprediksi dinamika struktur tegakan akibat penebangan dari satu rotasi ke rotasi berikutnya, pendekatan yang lazim digunakan adalah pemodelan dinamika tegakan menggunakan matriks transisi seperti yang dikembangkan oleh Rusolono *et al.* (2019) untuk tegakan merbau di PTWS. Model dinamika tegakan tersebut dapat memprediksi dinamika struktur tegakan merbau pada areal bekas tebangan dengan asumsi kondisinya seperti tegakan Petak AV35. Oleh karena itu, dalam kajian ini model dinamika tegakan (Rusolono *et al.*, 2019) tersebut digunakan untuk memprediksi dinamika struktur tegakan merbau pada blok RKT 2021–2022 jika dilakukan penebangan dengan IP 64% dan 70% (**Gambar 1**). Karena tidak ada data pengamatan pertumbuhan tegakan melalui Petak Ukur Permanen (PUP) pada blok RKT 2021–2022, maka dalam kajian ini pola pertumbuhan tegakan setelah ditebang diasumsikan sama dengan pola pertumbuhan tegakan pada areal bekas tebangan Petak AV35. Dengan kata lain, kajian ini menggunakan komponen-komponen dinamika tegakan (*ingrowth*, *upgrowth*, dan *mortality*) seperti yang digunakan dalam kajian sebelumnya (Rusolono *et al.*, 2019).

Selain IP, kelestarian tegakan merbau juga tergantung pada kemampuan regenerasi tegakan. Dalam model dinamika tegakan berbasis matriks transisi, hal ini dicerminkan oleh komponen *ingrowth* (jumlah pohon yang beralih tumbuh ke kelas diameter 10–19 cm). Oleh karena itu, dalam kajian ini dianalisis juga potensi regenerasi tegakan yang berasal dari kegiatan pengayaan (*enrichment planting*) pada areal-areal bekas tebangan. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan rekomendasi tentang kegiatan-kegiatan yang perlu dilakukan PTWS untuk mempertahankan kelestarian tegakan merbau. Secara skematis, kerangka pemikiran dalam kajian ini disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Kerangka pemikiran dalam kajian ini

2.2 Data Kajian

Kajian ini menggunakan data yang disediakan oleh PTWS. Data utama yang digunakan adalah hasil Inventarisasi Tegakan Sebelum Penebangan (ITSP) dari 10 petak pada blok RKT 2021–2022, yaitu Petak AQ10, AR7, AS10, AS8, AU6, A08, AP11, AQ13, AR11, dan AS14. Masing-masing petak berukuran 100 ha, kecuali petak AU6 berukuran 75 ha. Data ITSP ini memiliki kekurangan dimana pohon-pohon merbau yang disurvei hanya mulai diameter 20 cm. Padahal, untuk pemodelan dinamika struktur tegakan merbau diperlukan data tingkat tiang (*pole*) berukuran 10–19 cm. Untuk mengatasi kekurangan data tersebut, kajian ini menggunakan sumber data lainnya, yaitu data PUP pada RKT 2023 dan data hasil analisis vegetasi pada RKT 2019 dan 2021.

Selain data untuk penyusunan struktur tegakan, kajian ini juga menggunakan data hasil pemantauan pertumbuhan pohon merbau dengan perlakuan SILIN (Silvikultur Intensif) serta data hasil pengkayaan (*enrichment planting*) pada areal-areal bekas tebangan. Data tersebut digunakan untuk menganalisis potensi permudaan tegakan merbau, agar dapat merumuskan strategi-strategi yang relevan untuk mempertahankan kelestarian tegakan merbau di areal kerja PTWS.

2.3 Analisis Data

Analisis data meliputi empat tahapan: analisis struktur tegakan, analisis permudaan, pemodelan dinamika tegakan, dan perumusan strategi kelestarian tegakan merbau. Secara rinci, masing-masing tahapan tersebut diuraikan di bawah ini.

2.3.1 Analisis struktur tegakan

Data ITSP dari 10 petak, yang merupakan sampel dari populasi tegakan di blok RKT 2021–2022, dianalisis untuk menyusun struktur tegakan merbau sebelum

penebangan. Dalam kajian ini, struktur tegakan dibuat untuk mengetahui sebaran jumlah pohon merbau per hektar berdasarkan kelas diameternya dengan interval 10 cm sebanyak 5 kelas, yaitu: 10–19 cm, 20–29 cm, 30–39 cm, 40–49 cm, dan 50-up cm. Pembagian diameter pohon kedalam interval 10 cm seperti itu lazim digunakan dalam pemodelan dinamika tegakan berdasarkan matriks transisi seperti yang dilakukan oleh Sist, Picard, dan Gourlet-Fleury (2003) dan Rusolono *et al.* (2019). Khusus untuk kelas diameter 10–19 cm, data jumlah pohon per hektarnya diperoleh dari rerata jumlah tiang dari tiga sumber data lainnya, yaitu PUP RKT 2023, hasil analisis vegetasi RKT 2019, dan hasil analisis vegetasi RKT 2021.

2.3.2 Analisis permudaan merbau

Kondisi permudaan alami jenis merbau dianalisis dari data Inventarisasi Tegakan Tinggal (ITT) pada blok RKT 2019 dan data analisis vegetasi (Anveg) pada blok RKT 2019, 2020, dan 2021 yang dilakukan PTWS untuk keperluan penilaian ekologi. Analisis dilakukan untuk memperoleh informasi kerapatan jenis merbau pada tingkat semai, pancang, tiang, dan pohon sebelum dan setelah penebangan.

Selain permudaan alami, dianalisis juga potensi tanaman pengayaan yang ditanam oleh PTWS pada tempat-tempat terbuka di areal bekas tebangan (yaitu TPn, jalan sarad, kanan-kiri jalan, dan *quarry*). Analisis dilakukan untuk memperoleh informasi kerapatan tanaman jenis merbau dan riap pertumbuhannya yang diperlukan untuk merumuskan upaya-upaya strategis pengelolaan tegakan merbau.

2.3.3 Pemodelan dinamika tegakan

Dinamika tegakan merbau pada blok RKT 2021–2022 setelah penebangan diprediksi menggunakan model dinamika tegakan merbau yang dikembangkan oleh Rusolono *et al.* (2019). Model tersebut menggunakan pendekatan matriks transisi (Buongiorno & Michie, 1980) yang terdiri dari empat komponen dinamika tegakan, yaitu tetap (*a*), *upgrowth* (*b*), mati (*m*), dan *ingrowth* (*R*), dengan proporsi seperti tertera pada **Tabel 1**. Keempat komponen matriks transisi tersebut mencerminkan proporsi jumlah pohon yang tetap pada kelas diameter tertentu, *upgrowth* (naik ke kelas diameter berikutnya), mati pada suatu kelas diameter, dan *ingrowth* (beralih ke kelas diameter 10–19 cm) dalam kurun waktu 3 tahun pada suatu areal bekas tebangan. Misalnya, pada kelas diameter 10–19 cm, sebesar 80.5% tegakan merbau di areal bekas tebangan akan tetap pada kelas diameter tersebut selama 3 tahun dan hanya 17% diantaranya yang mampu tumbuh ke kelas diameter 20–29 cm, sedangkan 2.5% diantaranya mengalami kematian dan terjadi penambahan sebesar 0.33 pohon/ha/3 tahun pada kelas diameter 10–19 cm tersebut.

Tabel 1. Komponen-komponen model matrik transisi dinamika tegakan merbau

Kelas diameter	Tetap (a_j)	Upgrowth (b_j)	Mati (m_j)	Ingrowth (R)
10 – 19 cm	0.805	0.17	0.025	0.33
20 – 29 cm	0.751	0.21	0.039	-
30 – 39 cm	0.784	0.18	0.036	-
40 – 49 cm	0.817	0.15	0.033	-
50-up cm	0.978	-	0.022	-

Sumber: Rusolono *et al.* (2019)

Berdasarkan model dinamika tegakan berbasis matriks transisi tersebut, struktur tegakan pada tahun tertentu ($y_{j,t+1}$) dapat diduga dari struktur tegakan pada tahun sebelumnya ($y_{j,t}$) dengan memperhitungkan intensitas penebangan tegakan ($h_{j-1,t}$) melalui persamaan iteratif berikut ini:

$$y_{1,t+1} = a_1 y_{1,t} + R_t$$

$$y_{2,t+1} = b_1 y_{1,t} + a_2 y_{2,t}$$

$$y_{3,t+1} = b_2 y_{2,t} + a_3 y_{3,t}$$

...

$$y_{j,t+1} = b_{j-1} y_{j-1,t} + a_{j-1} (y_{j-1,t} - h_{j-1,t})$$

Dalam kajian ini, intensitas penebangan yang dianalisis adalah 64% dan 70% dengan limit diameter penebangan 50 cm sesuai dengan aturan penebangan di PTWS. Selain perubahan intensitas penebangan, kajian ini juga menganalisis perubahan laju *ingrowth* dari 0.33 pohon/ha/3 tahun (skenario I1) menjadi 1 pohon/ha/3 tahun (skenario I2). Untuk menilai kelestarian stok tegakan dan hasil penebangan dalam jangka panjang, proyeksi dinamika struktur tegakan merbau dilakukan dengan interval waktu 3 tahun hingga 120 tahun (4 rotasi penebangan).

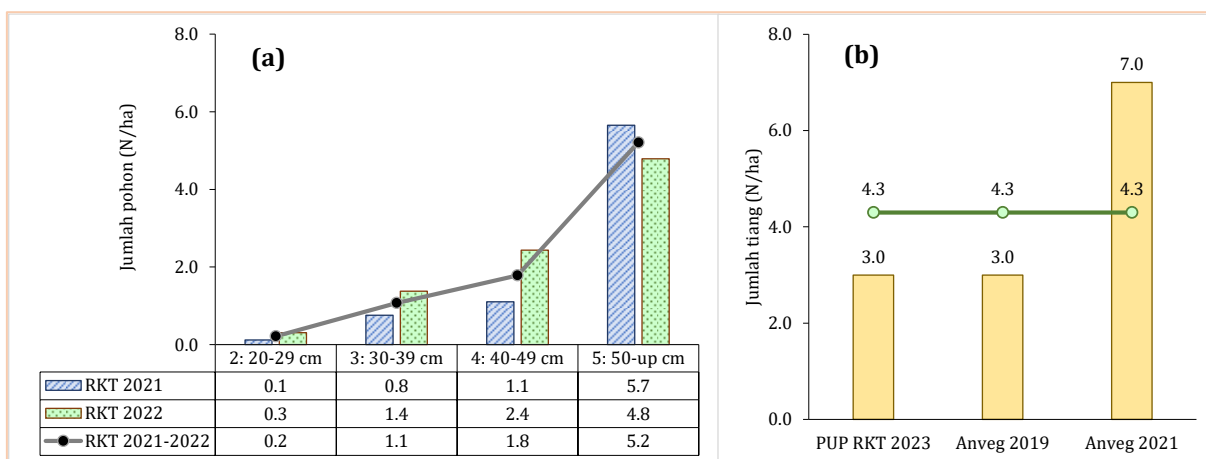
2.3.4 Perumusan strategi kelestarian tegakan merbau

Upaya-upaya yang perlu dilakukan oleh PTWS untuk mencapai kelestarian tegakan merbau dirumuskan berdasarkan hasil analisis terhadap kondisi tegakan merbau di blok RKT 2021–2022 dan hasil pemodelan dinamika tegakan merbau. Rekomendasi kegiatan pengelolaan tegakan merbau difokuskan untuk perbaikan teknik pengumpulan data dan perlakuan-perlakuan silvikultur yang diperlukan untuk mencapai kelestarian tegakan merbau.

3 KONDISI TEGAKAN MERBAU

3.1 Struktur Tegakan

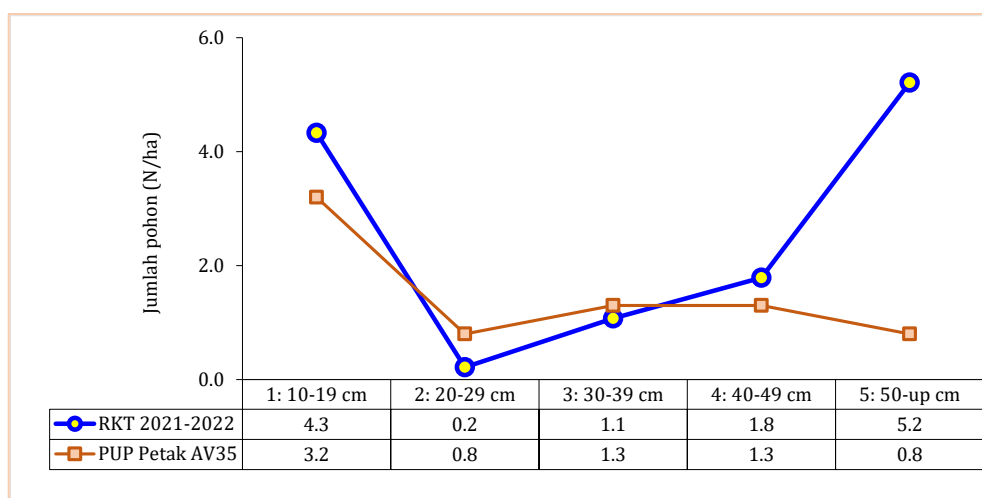
Berdasarkan data hasil ITSP (**Gambar 2a**), kerapatan tegakan merbau berdiameter 20–49 cm pada blok RKT 2022 (0.3–2.4 pohon/ha) lebih tinggi daripada blok RKT 2021 (0.1–1.1 pohon/ha). Namun sebaliknya, untuk pohon-pohon berdiameter 50-up cm blok RKT 2021 memiliki kerapatan tegakan merbau yang lebih tinggi (5.7 pohon/ha) dibanding blok RKT 2022 (4.8 pohon/ha). Hal ini berarti bahwa blok RKT 2022 memiliki stok tegakan regenerasi (20–49 cm) sekitar 2–3 kali lebih banyak daripada blok RKT 2021, tetapi memiliki stok tegakan layak terbang (50-up cm) yang lebih sedikit (80%) daripada blok RKT 2021. Secara umum, kerapatan tegakan merbau pada kedua blok RKT tersebut berkisar antara 0.2 hingga 5.2 pohon/ha. Kerapatan tegakan merbau layak terbang tersebut relatif lebih tinggi dari rata-rata kerapatan tegakan merbau sebesar 4.42 pohon/ha yang dilaporkan oleh Tokede, Mambai, Pangkali, dan Mardiyadi (2013) berdasarkan data ITSP dari 13 IUPHHK-HA di Papua.



Gambar 2. Kerapatan tegakan merbau (a) berdiameter 20-up cm pada blok RKT 2021 dan RKT 2022 dari hasil ITSP dan (b) berdiameter 10–19 cm pada PUP RKT 2023 dan hasil analisis vegetasi pada blok RKT 2019 dan 2021

Data ITSP tidak memberikan informasi kerapatan tiang (diameter 10–19 cm) karena surveyor hanya mengukur pohon-pohon berdiameter ≥ 20 cm. Namun dari hasil analisis data PUP RKT 2023 dan analisis vegetasi pada blok RKT 2019 (Anveg 2019) dan blok RKT 2021 (Anveg 2021) diketahui kerapatan tiang merbau sebanyak 3–7 tiang/ha atau dengan rerata 4.3 tiang/ha (**Gambar 2b**). Kerapatan tiang merbau di areal PTWS tersebut relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan kerapatan tiang merbau pada areal bekas tebangan di Kabupaten Sarmi, Provinsi Papua, yang mencapai 7 tiang/ha (Pamoengkas, Siregar, & Dwisutono, 2018). Namun demikian, data tiang dari ketiga lokasi ini dapat dianggap sebagai sampel dari populasi tiang merbau di PTWS, sehingga datanya dapat digunakan untuk melengkapi kekurangan data ITSP untuk memperoleh struktur tegakan merbau yang lengkap.

Struktur tegakan merbau pada blok RKT 2021–2022 tidak mengikuti pola umum struktur tegakan hutan tidak seumur yang berbentuk kurva “J terbalik”, melainkan lebih menyerupai kurva “U” (**Gambar 3**). Kerapatan tegakan merbau menurun dari kelas diameter 10–19 cm (rerata 4.3 pohon/ha) ke kelas diameter 20–29 cm (rerata 0.2 pohon/ha), tetapi kemudian meningkat pada kelas diameter berikutnya (rerata 1.1–5.2 pohon/ha). Dibandingkan dengan struktur tegakan merbau pada PUP Petak AV35, yang digunakan oleh Rusolono *et al.* (2019), struktur tegakan merbau pada blok RKT 2021–2022 tersebut relatif lebih baik karena kerapatan tegakan pada hampir semua kelas diameter (kecuali pada kelas diameter 20–29 cm) umumnya lebih tinggi. Hal ini dimungkinkan karena blok RKT 2021–2022 merupakan hutan primer, sedangkan PUP Petak AV35 merupakan areal bekas tebangan. Pamoengkas *et al.* (2018) juga melaporkan bahwa kerapatan tegakan merbau pada areal-areal bekas tebangan umumnya lebih rendah dibanding hutan primer.



Gambar 3. Struktur tegakan merbau pada blok RKT 2021–2022 dan perbandingannya dengan PUP Petak AV35

3.2 Potensi Permudaan

Berdasarkan hasil analisis vegetasi (Anveg) dan Inventarisasi Tegakan Tinggal (ITT) diketahui bahwa potensi permudaan jenis merbau dan seluruh jenis menurun setelah penebangan (Et+1) dibandingkan sebelum penebangan (Et-1) (**Tabel 2**). Kerapatan relatif jenis merbau sangat rendah daripada seluruh jenis pada berbagai tingkat pertumbuhannya. Pada tingkat semai, kerapatan merbau rata-rata hanya mencapai 1.3% (0.9-1.6%) terhadap kerapatan seluruh jenis. Persentase kerapatan jenis merbau bahkan menurun pada tingkat pancang (rata-rata hanya 0.3% terhadap kerapatan total seluruh jenis) dan meningkat kembali pada tingkat tiang (rata-rata 1.1% terhadap kerapatan total) dan pada tingkat pohon (rata-rata 3.9% terhadap kerapatan total). Struktur permudaan jenis merbau tersebut relatif berbeda jika dibandingkan dengan permudaan seluruh jenis yang menunjukkan pola kerapatan jenis yang tinggi pada tingkat semai, kemudian kerapatannya jauh berkurang pada tingkat pancang dan pohon sehingga berbentuk kurva “J terbalik”.

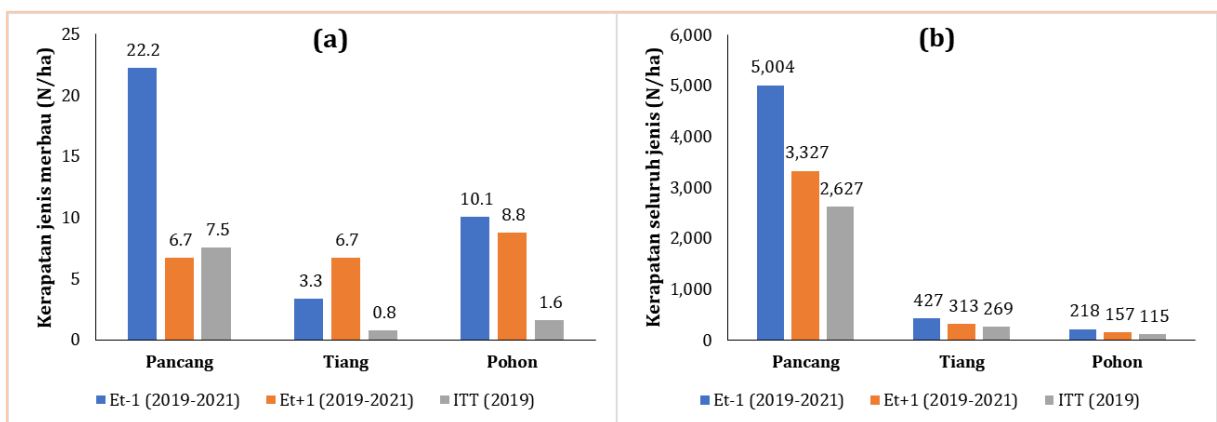
Tabel 2. Potensi permudaan alami jenis merbau dan seluruh jenis sebelum dan setelah penebangan

Kondisi	Blok RKT	Petak	Luas plot	Merbau (N/ha)				Semua jenis (N/ha)			
				Semai	Pancang	Tiang	Pohon	Semai	Pancang	Tiang	Pohon
Et-1	2019	-	1.2	250	13.3	3.3	10.8	35,000	5,520	427	231
Et-1	2020	-	1.2	83	40.0	-	3.3	17,250	5,213	383	175
Et-1	2021	-	1.2	417	13.3	6.7	16.0	28,667	4,280	470	247
Et+1	2019	-	1.2	83	-	10.0	10.0	23,667	4,267	350	194
Et+1	2021	-	1.2	417	13.3	3.3	7.5	11,667	2,387	277	120
ITT	2019	AV9	3.52	199	13.6	1.1	0.9	7,131	3,409	261	127
ITT	2019	AV13	3.4	206	4.7	1.2	2.4	22,265	1,779	249	107
ITT	2019	AV14	3.72	269	4.3	-	1.6	12,419	2,692	296	111
Rerata Et-1				250	22.2	3.3	10.1	26,972	5,004	427	218
Rerata Et+1				250	6.7	6.7	8.8	17,667	3,327	313	157
Rerata ITT				225	7.5	0.8	1.6	13,938	2,627	269	115

Keterangan: Et-1 = sebelum penebangan dari hasil anveg, Et+1 = setelah penebangan dari hasil anveg, ITT = Inventarisasi Tegakan Tinggal

Kerapatan pohon jenis merbau sangat bervariasi pada tingkat pancang dan tiang (**Gambar 4**) memberikan indikasi bahwa kehadiran jenis merbau sangat spesifik yang mungkin dipengaruhi oleh faktor tempat tumbuhnya (Nugroho & Mansur, 2020). Kemungkinan lain karena identifikasi terhadap jenis merbau sulit dilakukan atau tidak cermat pada saat pohon masih berukuran pancang dan tiang, dan baru dapat teridentifikasi kembali setelah jenis merbau mencapai ukuran pohon. Untuk membuktikan indikasi tersebut, pengamatan dan penandaan permanen terhadap jenis merbau pada berbagai tingkat pertumbuhannya sangat diperlukan untuk mengetahui secara tepat struktur permudaan jenis merbau. Penandaan permanen pada jenis merbau diperlukan terutama pada saat mulai lepas tingkat semai dan mulai mencapai tingkat pancang (diameter ≥ 5 cm).

Kehadiran (jumlah pohon) jenis merbau pada tingkat pancang sangat menentukan untuk keberlanjutan ketersediaan pohon pada tingkatan berikutnya (tingkat tiang dan pohon). Rata-rata kerapatan pohon merbau tingkat pancang adalah 12.1 pohon/ha, tetapi dengan variasi yang tinggi (6.7–22.2 pohon/ha, **Gambar 4**). Pohon merbau tingkat pancang, yang masih berukuran kecil dan frekuensi kehadirannya rendah, mungkin relatif sedikit terpengaruh kerusakan tegakan akibat penebangan.



Gambar 4. Struktur permudaan jenis merbau dan seluruh jenis pada berbagai kondisi tegakan sebelum dan sesudah penebangan

Apabila dihubungkan dengan perlunya ada pohon tingkat pancang (diameter 5–9 cm) yang bisa mencapai tingkat tiang (diameter 10–19 cm) setiap periode waktu tertentu (diistilahkan dengan *ingrowth*), maka besarnya jumlah pancang secara alami memberikan indikasi tentang potensi pohon *ingrowth* yang akan menentukan struktur dinamika tegakan merbau pada beberapa periode mendatang. Berdasarkan kajian Rusolono *et al.* (2019) pada PUP di areal bekas tebangan Petak AV35 diketahui besarnya *ingrowth* hanya sebesar 0.33 pohon/ha/3 tahun. Jumlah *ingrowth* yang rendah ini menunjukkan rendahnya jumlah pohon yang berukuran pancang dan juga riap diameternya yang kecil, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai ukuran tiang dan pohon. Untuk mencapai struktur tegakan yang dapat dilestarikan (seimbang antara pertumbuhan dan pemanenan), maka setidaknya besarnya *ingrowth* harus naik hingga 2–3 kali dari kondisi pada PUP Petak AV35 tersebut, yaitu menjadi 0.6–1 pohon/ha/3 tahun.

4 DINAMIKA STOK TEGAKAN DAN HASIL PENEBAANGAN

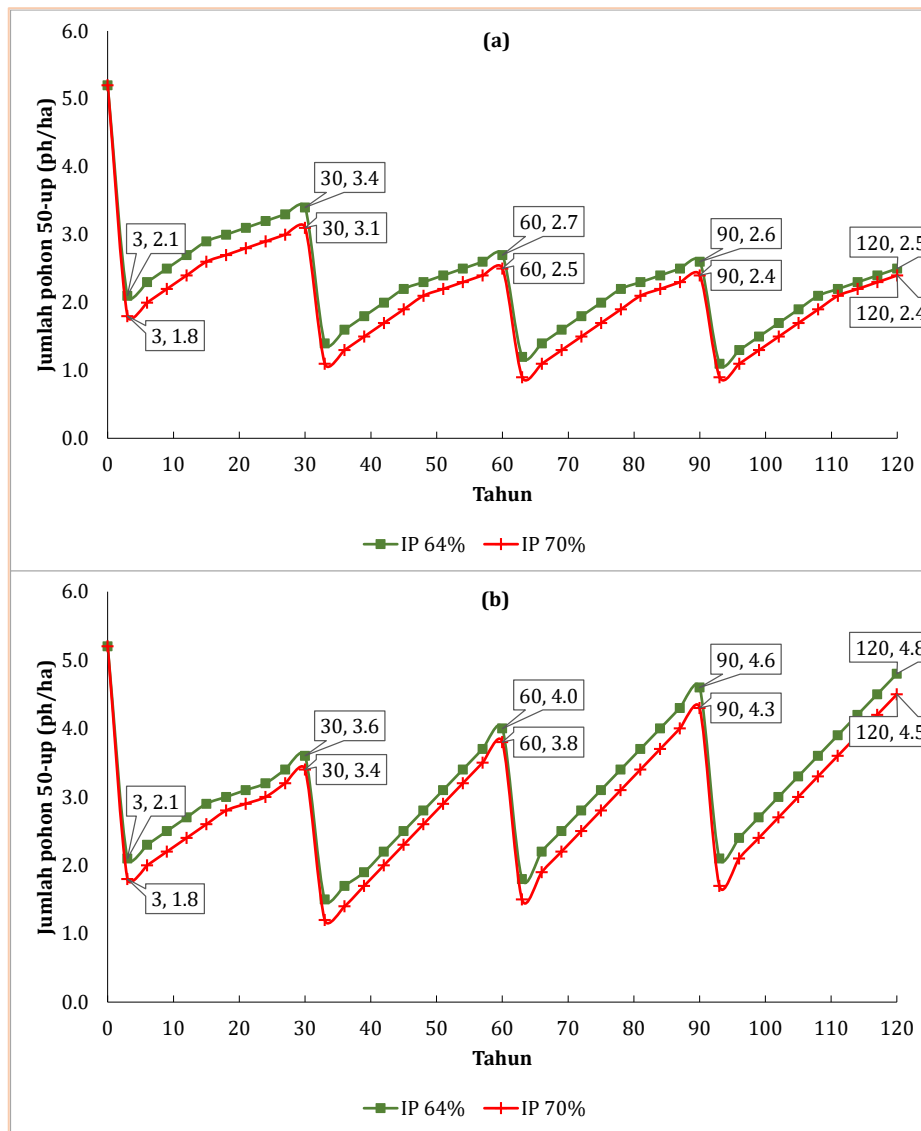
4.1 Dinamika Stok Tegakan

Model dinamika tegakan merbau (Rusolono *et al.*, 2019) mensimulasikan dinamika stok tegakan layak tebang (diameter 50-up cm) pada blok RKT 2021–2022 jika ditebang dengan Intensitas Penebangan (IP) 64% dan 70% dengan dua skenario laju *ingrowth* (alih tumbuh), yaitu: skenario I1 sebesar 0.33 pohon/ha/3 tahun (**Gambar 5a** dan **Lampiran 1**) dan skenario I2 sebesar 1 pohon/ha/3 tahun (**Gambar 5b** dan **Lampiran 2**). Pada skenario I1, stok tegakan layak tebang yang awalnya 5.2 pohon/ha menurun menjadi 2.1 pohon/ha pada IP 64% dan 1.8 pohon/ha pada IP 70% setelah 3 tahun waktu penebangan. Tegakan merbau pada areal bekas tebangan blok RKT 2021–2022 tersebut kemudian mengalami perkembangan karena adanya proses *ingrowth*, *upgrowth*, dan kematian tegakan dari waktu ke waktu hingga 4 rotasi (120 tahun). Namun ketersediaan stok tegakan layak tebang pada skenario I1 tersebut semakin menurun dari akhir rotasi ke-1 (yakni 3.4 pohon/ha pada IP 64% dan 3.1 pohon/ha pada IP 70%) hingga akhir rotasi ke-4 (yakni 2.5 pohon/ha pada IP 64% dan 2.4 pohon/ha pada IP 70%). Hal ini terjadi karena penebangan dengan IP 64% atau 70% menyebabkan berkurangnya stok tegakan layak tebang, sementara laju pertumbuhan tegakan tinggalnya relatif lambat sehingga tegakan regenerasi (diameter 10–49 cm) belum dapat menggantikan kehilangan stok tegakan yang ditebang. Pada IP 70% penurunan stok tegakan layak tebang lebih besar daripada IP 64%, karena semakin tinggi IP maka tegakan tinggal memerlukan waktu lebih lama untuk pulih kembali (Shao, Wang, Dai, Bai, & Li, 2006).

Berbeda dengan skenario I1, pada skenario I2 penebangan dengan IP 64% atau IP 70% hanya menyebabkan penurunan stok tegakan layak tebang pada awal rotasi ke-1 saja, karena pada akhir rotasi ke-1 hingga ke-4 stok tegakan layak tebangnya cenderung meningkat, yaitu 3.6–4.8 pohon/ha pada IP 64% atau 3.4–4.5 pohon/ha pada IP 70% (**Gambar 5b**). Hal ini dimungkinkan karena kehilangan stok tegakan layak tebang dapat diimbangi oleh peningkatan stok tegakan regenerasi akibat laju *ingrowth* yang lebih besar (1 pohon/ha/3 tahun) daripada skenario I1 (0.33 pohon/ha/3 tahun). Temuan ini menegaskan pentingnya vegetasi tingkat tiang (*pole*) dalam suatu komunitas tumbuhan, karena keberadaannya akan dapat mempertahankan kelangsungan tegakan pada masa mendatang.

Penebangan dengan IP 60% atau 70% tidak memberikan perbedaan stok tegakan regenerasi (diameter 10–49 cm), baik pada skenario I1 (**Gambar 6a**) maupun skenario I2 (**Gambar 6b**). Hal ini dimungkinkan karena adanya limit diameter penebangan (50-up cm), sehingga tegakan regenerasi (10–49 cm) relatif tidak terganggu. Pada skenario I1, stok tegakan regenerasi mengalami penurunan dari kondisi sebelum penebangan (7.4 pohon/ha) hingga awal rotasi ke-2 (36 tahun) dan kemudian konstan (6.1 pohon/ha). Sebaliknya, pada skenario I2 stok tegakan regenerasi mengalami peningkatan dari 7.4 pohon/ha (sebelum ditebang) menjadi 13.6 pohon/ha (setelah 57 tahun) dan kemudian konstan. Perbedaan pola pertumbuhan stok tegakan regenerasi tersebut karena laju *ingrowth* pada skenario I2 yang lebih besar daripada skenario I1, sehingga tegakan

mengalami pertumbuhan. Dengan demikian, laju *ingrowth* minimal sebesar 1 pohon/ha/3 tahun tidak hanya mampu mempertahankan ketersediaan tegakan layak tebang (**Gambar 5b**), melainkan juga mampu meningkatkan ketersediaan tegakan regenerasi (**Gambar 6b**).



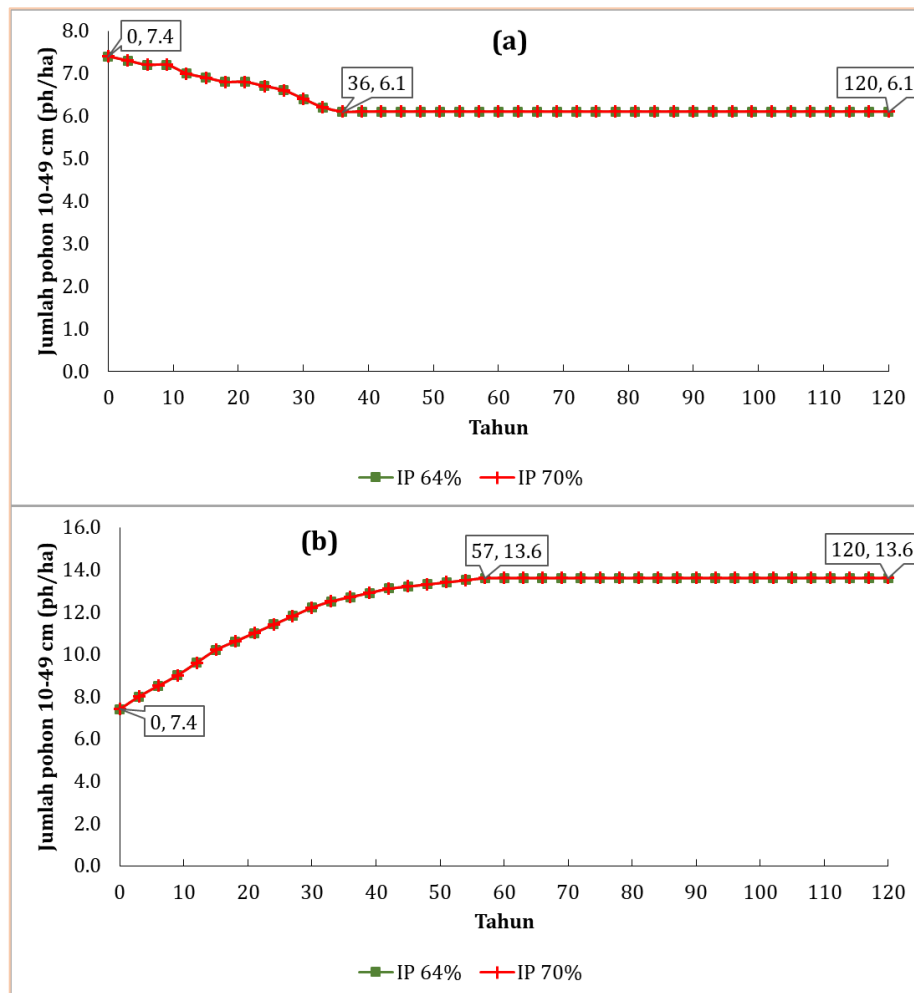
Gambar 5. Dinamika stok tegakan layak tebang (50-up cm) pada IP 64% dan 70% dari (a) skenario I1 dan (b) skenario I2

4.2 Proyeksi Hasil Penebangan

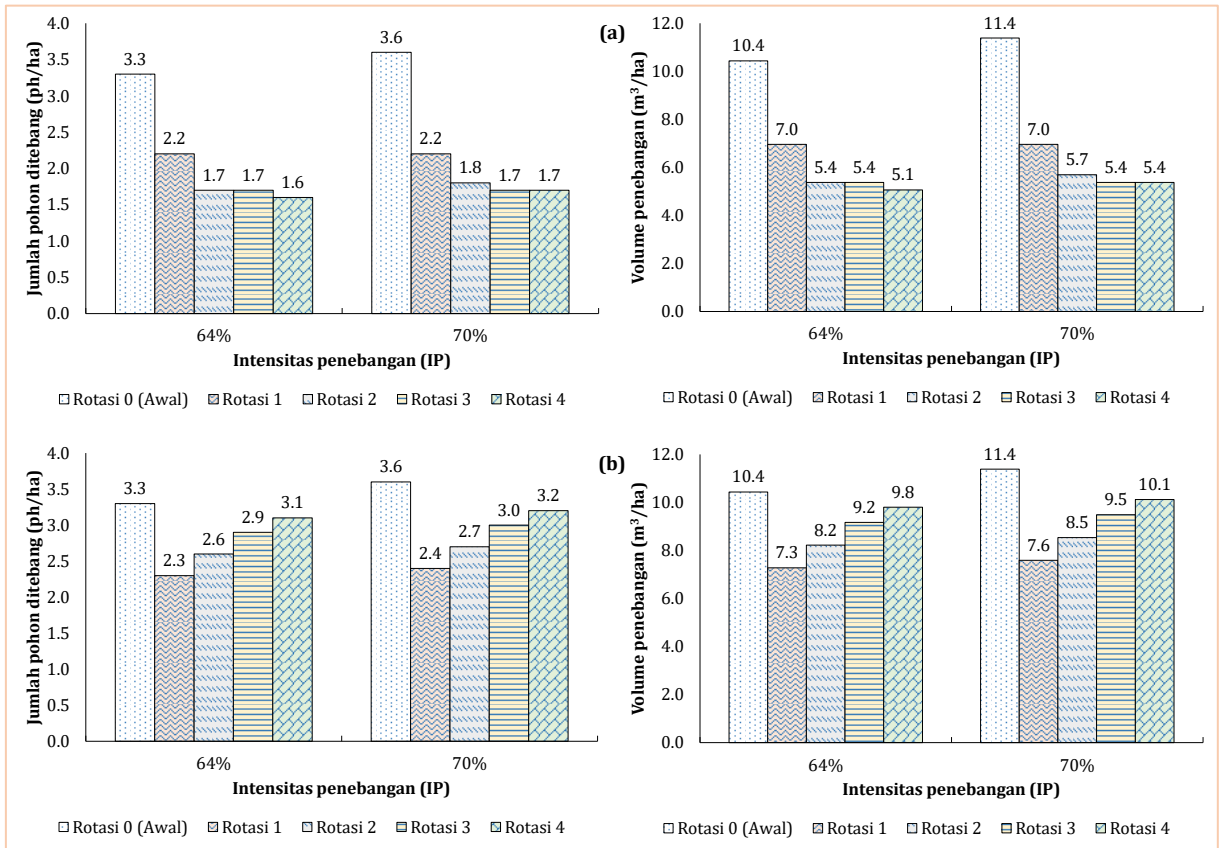
Hasil penebangan dipengaruhi oleh IP, dimana semakin tinggi IP maka hasil penebangannya semakin besar, baik dalam bentuk jumlah pohon/batang maupun volume penebangannya (**Gambar 7**). Pada skenario I1, penebangan dengan IP 70% dapat meningkatkan rerata produksi kayu sebesar 4.2% per rotasi dibandingkan penebangan dengan IP 64% (**Gambar 7a**). Hal ini logis, karena penebangan dengan IP 70% lebih banyak memanen stok tegakan layak tebang dibanding penebangan dengan IP 64%. Namun karena stok tegakan layak tebang pada skenario I1 cenderung menurun antar

rotasi (**Gambar 7a**), maka hasil penebangannya pun cenderung menurun dari 3.3 pohon/ha (setara 10.4 m³/ha) menjadi 1.6 pohon/ha (5.1 m³/ha) jika menerapkan IP 64%, atau menurun dari 3.6 pohon/ha (11.4 m³/ha) menjadi 1.7 pohon/ha (5.4 m³/ha) jika menerapkan IP 70% (**Gambar 7a**). Rerata penurunan hasil penebangan dari rotasi ke-1 hingga rotasi ke-4 mencapai 10% untuk IP 64% dan 8% untuk IP 70%.

Pada skenario I2, hasil penebangan dengan IP 70% dapat meningkatkan rerata produksi kayu sebesar 4.8% per rotasi dibandingkan penebangan dengan IP 64% (**Gambar 7b**). Penurunan produksi kayu terjadi pada rotasi ke-1 dari awalnya 3.3 pohon/ha (setara 10.4 m³/ha) menjadi 2.3 pohon/ha (7.3 m³/ha) pada IP 64%, atau dari awalnya 3.6 pohon/ha (11.4 m³/ha) menjadi 2.4 pohon/ha (7.6 m³/ha) pada IP 70%. Akan tetapi, setelah rotasi ke-1 terjadi kenaikan produksi kayu hingga akhir rotasi ke-4, karena ketersediaan stok tegakan layak tebang yang semakin meningkat dari satu rotasi ke rotasi berikutnya (**Gambar 7b**). Rerata kenaikan hasil penebangan dari rotasi ke-1 hingga rotasi ke-4 mencapai 10% baik untuk IP 64% maupun IP 70%. Dari skenario I2 ini dapat disimpulkan bahwa laju *ingrowth* yang lebih besar (1 pohon/ha/3 tahun) mampu meningkatkan hasil penebangan dalam jangka panjang karena adanya keberlangsungan stok tegakan layak tebang dan tegakan regenerasi.



Gambar 6. Dinamika stok tegakan regenerasi (10–49 cm) pada IP 64% dan 70% dari (a) skenario I1 dan (b) skenario I2



Gambar 7. Jumlah pohon ditebang dan volume penebangan pada IP 60% dan 70% dari (a) skenario I1 dan (b) skenario I2

5 STRATEGI KELESTARIAN TEGAKAN MERBAU

Hasil kajian ini (Bab 4) menunjukkan bahwa pemanenan tegakan merbau pada blok RKT 2021–2022 dengan menerapkan IP 64% atau 70% dapat menurunkan stok tegakan layak tebang, stok tegakan regenerasi, dan produksi kayu pada akhir rotasi ke-1 (30 tahun) dibanding kondisi hutan primer saat ini. Akan tetapi, setelah rotasi ke-1 kelestarian tegakan merbau dapat dipertahankan apabila ada peningkatan laju *ingrowth* minimal sebesar 1 pohon/ha/3 tahun. Untuk itu, PTWS perlu melakukan upaya-upaya strategis untuk mencapai kelestarian tegakan merbau sebagaimana diuraikan di bawah ini.

5.1 Pembenahan teknik ITSP

Data ITSP merupakan data dasar untuk pengaturan hasil tegakan pada suatu blok RKT. Dalam kajian ini, data ITSP digunakan untuk menentukan struktur tegakan merbau sebagai *input* utama model dinamika tegakan berbasis matriks transisi. Akan tetapi, kegiatan ITSP saat ini tidak dapat memberikan data tiang (diameter 10–19 cm) karena perusahaan hanya mensurvei pohon-pohon berdiameter ≥ 20 cm. Bahkan ada kemungkinan data pohon berdiameter 20–49 cm juga *underestimate* karena penyurvei (*surveyor*) ITSP lebih fokus pada pohon-pohon layak tebang (50-up cm). Padahal, data pohon berdiameter 20–49 cm tersebut sangat penting untuk membuktikan tingkat kecukupan tegakan regenerasi apabila suatu blok RKT ditebang.

Sehubungan dengan hal tersebut, pembenahan teknik ITSP sangat diperlukan. PTWS perlu memperbaiki *Standard Operating Procedure* (SOP) kegiatan ITSP agar penyurvei juga mengukur dan mencatat data tiang, khususnya untuk tegakan merbau. Apabila cara sensus kurang mungkin dilakukan pada suatu blok RKT, maka dapat digunakan cara *sampling* (penarikan contoh) dimana hanya beberapa jalur ITSP (dengan memperhatikan keterwakilan kondisi tegakan) saja yang disensus secara detil tegakannya mulai dari tingkat tiang (10–19 cm) hingga pohon layak tebang (50-up cm).

5.2 Pembuatan dan Pengukuran PUP

Untuk menilai kelestarian tegakan diperlukan data dinamika tegakan dari waktu ke waktu, yang hanya dapat diperoleh melalui pembuatan dan pengukuran Petak Ukur Permanen (PUP). Dalam kajian ini, PTWS hanya memiliki data dinamika tegakan merbau dari PUP Petak AV35 yang kondisi areal bekas tebangannya kemungkinan berbeda dengan blok RKT 2021–2022 setelah ditebang nantinya. Oleh karena itu, PTWS perlu membuat PUP pada areal bekas tebang blok RKT 2021–2022 dan mengukurnya secara periodik (misalnya setiap 2 tahun) untuk memperoleh data dinamika tegakan (yaitu *ingrowth*, *upgrowth*, dan *mortality*) yang lebih mewakili keragaman kondisi areal bekas

tebangan di PTWS. Data seperti itu sangat diperlukan untuk penyempurnaan model dinamika tegakan merbau, sehingga hasil proyeksinya lebih terandalkan (*reliable*).

5.3 Pengayaan dan Penerapan Silvikultur Intensif

Pengayaan tanaman (terutama dengan jenis merbau) yang diikuti dengan perbaikan teknik silvikulturnya adalah upaya untuk mengatasi kurangnya populasi jenis merbau di alam. Pengayaan yang berimplikasi langsung terhadap peningkatan populasi jenis merbau untuk keperluan produksi harus dilakukan pada areal-areal bekas penebangan yang relatif terbuka, yaitu di bekas jalan sarad dan rumpang (celah terbuka dengan luas tertentu karena pohon-pohon besarnya ditebang).

Sejak tahun 2017, PTWS telah melakukan kegiatan pengayaan di bekas jalan sarad dan TPn seperti tercantum pada **Tabel 3**. Jika dibandingkan dengan luas penebangan tahunannya, kegiatan pengayaan tersebut telah menambahkan jenis tanaman merbau sekitar 15–21 pohon/ha. Jumlah ini masih relatif sedikit dan belum termasuk pengayaan di lokasi-lokasi rumpang. Pengayaan jenis merbau lebih prioritas dilakukan pada lokasi-lokasi rumpang dan tempat terbuka lainnya yang letaknya lebih tersebar, sehingga nantinya dapat membentuk satu kesatuan tegakan pada suatu blok RKT.

Tabel 3. Tanaman pengayaan jenis merbau di tempat terbuka bekas lokasi penebangan

Tahun	Lokasi	Jenis merbau (bibit)	Jenis lain (bibit)	Total tanaman (bibit)	Luas total (ha)	Luas jenis merbau (ha)	Luas blok RKT (ha)	Kerapatan merbau (bibit/ha)
2017	TPn dan jalan sarad	51,500	114,961	166,461	146.0	45.2	2500	20.6
	Quarry	1,000	2,633	3,633	1.0	0.3		
2018	TPn dan jalan sarad	38,768	93,163	131,931	127.3	37.4	2500	15.5
	Kanan-kiri jalan	-	1,000	1,000	8.0	-	-	-
2019	TPn dan jalan sarad	38,470	59,045	97,515	109.9	43.4	2500	15.4
	Kanan-kiri jalan	-	1,200	1,200	12.0	-	-	-
	Quarry	-	877	877	1,754.0	-	-	-
Jumlah total		129,738	272,879	402,617	2,158.2	126.2	-	-

Pengayaan jenis merbau memberikan respon pertumbuhan tinggi yang lebih baik jika dilakukan di rumpang dibandingkan dengan yang ditanam di bekas jalan sarad, walaupun belum menunjukkan perbedaan dalam pertumbuhan diameternya (**Tabel 4**). Hal ini dimungkinkan karena merbau merupakan jenis semitoleran, yang memerlukan intensitas cahaya sedang (70–75%) untuk dapat tumbuh dengan baik (Nugroho & Mansur, 2020). Tingkat kematian tanaman (*mortality*) di rumpang juga lebih rendah (15%) jika dibandingkan dengan tanaman di bekas jalan sarad (37%). Riap diameter rata-rata tahunan (*Mean Annual Increment*, MAI) relatif masih rendah (0.4–0.5 cm/tahun) jika dibandingkan dengan riap pohon merbau pada tegakan alami di PUP Petak AV35 yang mencapai 0.50–0.68 cm/tahun (Rusolono *et al.*, 2019). Rendahnya riap diameter tanaman pengayaan tersebut mungkin disebabkan oleh pertumbuhan tanaman yang lebih didominasi oleh pertumbuhan tinggi daripada diameternya.

Sehubungan dengan hal tersebut, upaya peningkatan populasi jenis merbau melalui pengayaan dan penerapan silvikultur intensif merupakan kegiatan prioritas yang harus dilakukan PTWS untuk keberlanjutan produksi tegakan merbau. Peningkatan populasi merbau dan pertumbuhannya akan dapat meningkatkan peluang tingkat pancang untuk mencapai ukuran tiang dan pohon, atau meningkatkan *ingrowth*, sehingga pada akhirnya dapat menggantikan pohon-pohon merbau yang ditebang.

Tabel 4. Pertumbuhan tanaman pengayaan jenis merbau

Komponen pertumbuhan	Tanaman 2017		Tanaman 2018		Tanaman 2021	
	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Diameter (cm)
Pertumbuhan total:						
- Jalan sarad	58.1	0.5	96.6	1.0	188.2	1.7
- Rumpang	76.8	0.7	167.2	1.3	237.1	2.0
Riap (MAI, cm/th):						
- Jalan sarad	-	0.5	-	0.5	-	0.4
- Rumpang	-	0.7	-	0.6	-	0.5
Mortalitas (%):						
- Jalan sarad	-	8.2	-	37.2	-	37.2
- Rumpang	-	5.7	-	14.0	-	14.8

6 KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis potensi tegakan merbau pada blok RKT 2021–2022 dan hasil pemodelan dinamika tegakan merbau dapat disimpulkan hal-hal berikut ini:

- 1) Struktur tegakan merbau didominasi oleh pohon-pohon berdiameter 10–19 cm dengan kerapatan rata-rata 4.3 pohon/ha dan pohon-pohon berdiameter 50-up cm dengan kerapatan rata-rata 5.2 pohon/ha. Adapun pohon-pohon berdiameter 20–49 cm kerapatannya berkisar antara 0.2 pohon/ha hingga 1.8 pohon/ha.
- 2) Penebangan blok RKT 2021–2022 dengan Intensitas Penebangan (IP) 64% atau 70% dapat menurunkan ketersediaan stok tegakan layak tebang (diameter 50-up cm) dari satu rotasi ke rotasi berikutnya apabila laju *ingrowth* hanya sebesar 0.33 pohon/ha/3 tahun. Akan tetapi, penurunan stok tegakan layak tebang tersebut dapat dihindari apabila PTWS mampu meningkatkan laju *ingrowth* minimal sebesar 1 pohon/ha/3 tahun.
- 3) Penebangan dengan IP 64% atau 70% tidak memberikan perbedaan stok tegakan regenerasi (diameter 10–49 cm) jika penebangan dilakukan dengan limit diameter minimal 50 cm.
- 4) Dibandingkan penebangan dengan IP 64%, penebangan dengan IP 70% dapat meningkatkan produksi kayu (jumlah pohon dan volume kayu) merbau rata-rata sebesar 4.2% per rotasi (jika laju *ingrowth* sebesar 0.33 pohon/ha/3 tahun) atau rata-rata sebesar 4.8% per rotasi (jika laju *ingrowth* sebesar 1 pohon/ha/3 tahun).
- 5) Pada kondisi laju *ingrowth* hanya 0.33 pohon/ha/3 tahun, diprediksi terjadi penurunan hasil penebangan dari rotasi ke-1 hingga rotasi ke-4 rata-rata sebesar 10% untuk IP 64% atau sebesar 8% untuk IP 70%.
- 6) Apabila laju *ingrowth* dapat ditingkatkan minimal sebesar 1 pohon/ha/3 tahun, maka hasil penebangan pada blok RKT 2021–2022 diprediksi mengalami kenaikan dari rotasi ke-1 hingga rotasi ke-4 rata-rata sebesar 10% baik untuk IP 64% maupun IP 70%.

6.2 Rekomendasi

Untuk penebangan tegakan merbau pada blok RKT 2021–2022, PTWS dapat menerapkan IP 70% dengan syarat:

- 1) Penebangan dilakukan dengan menggunakan limit diameter minimal 50 cm dan rotasi 30 tahun.
- 2) Mampu meningkatkan laju *ingrowth* minimal sebesar 1 pohon/ha/3 tahun pada areal-areal bekas tebangan.
- 3) Mampu melakukan upaya-upaya pengelolaan tegakan pada areal-areal bekas tebangan agar tegakan tinggal dapat menggantikan keberlanjutan tegakan yang ditebang.

DAFTAR PUSTAKA

- Buongiorno, J., & Michie, B. R. (1980). A matrix model of uneven-aged forest management. *Forest Science*, 26(4), 609–625.
- Nugroho, J. D., & Mansur, I. (2020). *Taksonomi, Ekologi dan Silvikultur Merbau*. Manokwari: Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Papua Barat.
- Pamoengkas, P., Siregar, I. Z., & Dwisutono, A. N. (2018). Stand structure and species composition of merbau in logged-over forest in Papua, Indonesia. *Biodiversitas*, 19(1), 163–171. <https://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d190123>
- Rusolono, T., Tiryana, T., & Muhdin. (2019). *Pengaturan Hasil Tegakan Merbau di IUPHHK-HA PT. Wijaya Sentosa, Provinsi Papua Barat*. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB & PT. Wijaya Sentosa.
- Shao, G., Wang, F., Dai, L., Bai, J., & Li, Y. (2006). A density-dependent matrix model and its applications in optimizing harvest schemes. *Science in China Series E: Technological Sciences*, 49(1), 108-117. 10.1007/s11431-006-8112-2
- Sist, P., Picard, N., & Gourlet-Fleury, S. (2003). Sustainable cutting cycle and yields in a lowland mixed dipterocarp forest of Borneo. *Annal of Forest Science*, 60(8), 803–814. <https://doi.org/10.1051/forest:2003075>
- Tokede, M. J., Mambai, B. V., Pangkali, L. B., & Mardiyadi, Z. (2013). *Antara Opini dan Fakta Kayu Merbau: Jenis Niagawi Hutan Tropika Papua Primadona yang Dikhawatirkan Punah*. Manokwari: WWF-Indonesia.

LAMPIRAN

