

NILAI HUTAN SEBAGAI PENAPIS DAN PEMBERSIH AIR SEMULAJADI: KAJIAN KES DI HUTAN SIMPAN BELUM, PERAK

Zahari I.¹, M. Basri A.M.², M. Sofiyana S.³, T. Marina T.I.¹, Azni Rahman A.W.², Norliyana A.⁴
Zulnaidah M¹, M. Fekri T.¹,

¹Ibu Pejabat Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia, ²Jabatan Perhutanan Negeri Perak,

³Universiti Malaysia Terengganu, ⁴Institut Penyelidikan Perhutanan Malaysia

Emel: marina@forestry.gov.my

ABSTRAK

Millenium Ecosystem Assessment (MEA) menerangkan peranan dan fungsi ekosistem ini kepada kehidupan. Perkhidmatan ini mempunyai kaitan yang kuat terhadap keseimbangan kesejahteraan manusia terutama kepada isu keselamatan (keselamatan air bersih), bencana, sumber yang mencukupi, keperluan hidup dan kesihatan. Salah satu manfaat hutan di kawasan tadahan air untuk kualiti air adalah mengurangkan kos rawatan air. Konsep perkhidmatan adalah mudah di mana air yang mengalir atau menyerap masuk melalui hutan dan ekosistem semula jadi yang lain cenderung untuk menjadi kurang tercemar daripada air dilepaskan oleh pertanian, landskap bandar atau perindustrian. Oleh itu, ia memerlukan rawatan lebih sebelum ia selamat untuk menjadi bekalan. Proses yang dipanggil *water purification* tetapi secara semula jadi ini adalah aspek ekosistem paling berharga daripada perkhidmatan ekosistem, di mana air yang melalui ekosistem yang baik dan kurang tercemar akan mempunyai kos dirawat air yang kurang. Penilaian ekonomi boleh membantu dalam memahami kos ekonomi kehilangan atau kekurangan (*economic costs of losing or degrading*) perkhidmatan pengawal seliaan air di hutan melalui Pendekatan Pendekatan Kos (*cost-based approach*). Kajian yang dijalankan di Hutan Simpan Belum mendapati nilai marginal perkhidmatan penapisan air yang dibekalkan oleh kawasan tadahan air adalah RM1,873,377.77/tahun. Nilai marginal didefinisikan sebagai nilai tahunan khidmat Hutan Simpan Kekal (HSK) terhadap pengurangan kos rawatan air. Daripada jumlah bayaran tahunan tersebut, nilai marginal satu hektar bagi perkhidmatan penapisan air oleh Hutan Simpan Belum adalah RM1.93/hektar/tahun. Bagi bayaran satu meter air terawat, nilai bayaran adalah bersamaan RM1.08/m³.

Kata kunci: penilaian ekonomi; fungsi hutan sebagai penapis air

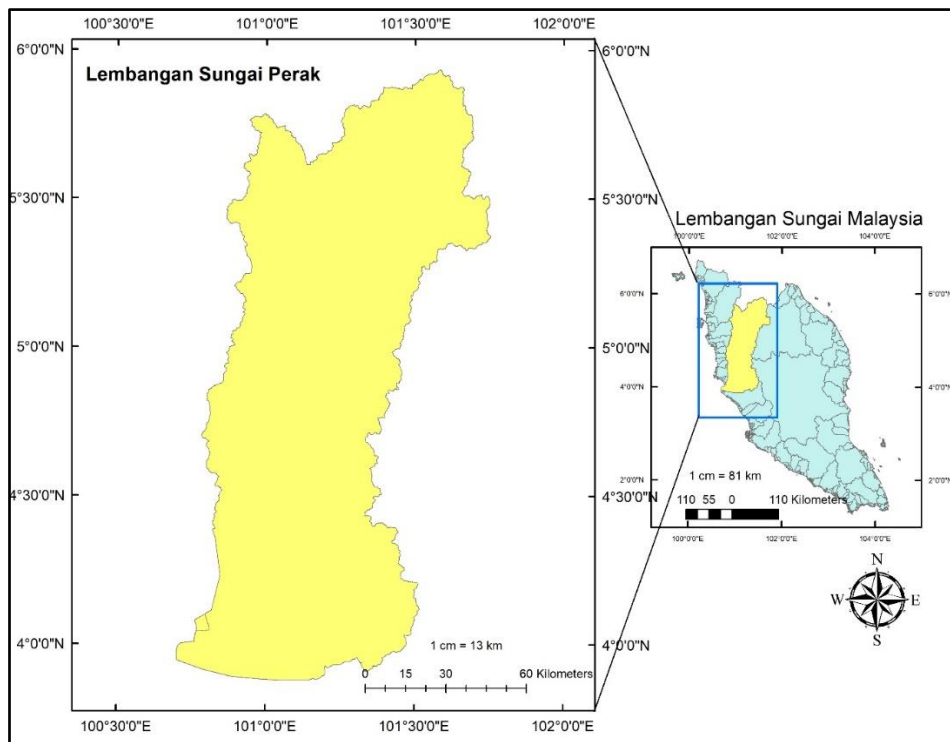
PENGENALAN

Hutan menyediakan pelbagai perkhidmatan ekosistem penting yang merangkumi barang atau perkhidmatan pasaran termasuk balak, makanan, sehingga ke manfaat bukan pasaran seperti penyerapan karbon, rekreasi, pemeliharaan habitat, pemeliharaan tanah, dan perlindungan kawasan tadahan air. Hutan juga menyediakan perkhidmatan pengawal seliaan air yang penting untuk mengekalkan kuantiti, kualiti dan kestabilan hidrologi secara keseluruhan. Perkhidmatan ini mempunyai pengaruh yang penting kepada seluruh ekosistem, masyarakat dan industri. Hutan bertindak sebagai penapis semula jadi, menyingkirkan pencemaran, sedimen, dan lebih nutrien daripada air hujan dan air permukaan semasa ia mengalir melalui ekosistem. Proses ini membantu mengekalkan sumber air minuman yang bersih dan selamat (Piaggio & Siikamäki 2021).

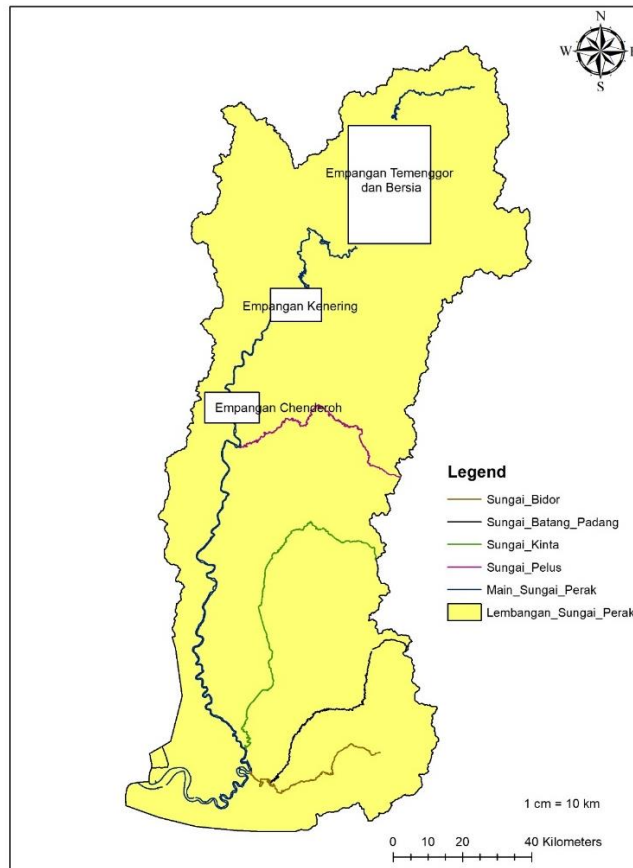
Di Malaysia, kawasan hutan diiktiraf sebagai sumber tadahan bagi bekalan air yang penting bagi industri, pertanian, isi rumah dan tujuan rekreasi. Kebanyakan bekalan air bersih berasal daripada hujan yang ditapis melalui hutan dan berakhir di sungai. Hutan membantu mencegah kekotoran daripada memasuki sungai, tasik dan air bawah tanah dalam beberapa cara. Proses ini dipanggil *water purification* tetapi secara semula jadi. Ini adalah aspek ekosistem paling berharga daripada perkhidmatan ekosistem, di mana air yang melalui ekosistem yang baik dan kurang tercemar akan mempunyai kos dirawat air yang kurang.

Millenium Ecosystem Assessment (MEA) turut menerangkan peranan dan fungsi ekosistem ini kepada kehidupan. Perkhidmatan ini mempunyai kaitan yang kuat terhadap keseimbangan kesejahteraan manusia terutama kepada isu keselamatan (keterjaminan bekalan air bersih), bencana, sumber yang mencukupi, keperluan hidup dan kesihatan. Salah satu manfaat hutan di kawasan tadahan air untuk kualiti air adalah mengurangkan kos rawatan air. Konsep perkhidmatan adalah mudah di mana air yang mengalir atau menyerap masuk melalui hutan dan ekosistem semula jadi yang lain cenderung untuk menjadi kurang tercemar daripada air dilepaskan oleh pertanian, landskap bandar atau perindustrian. Oleh itu, ia memerlukan rawatan lebih baik sebelum ia selamat untuk menjadi bekalan kepada pengguna.

Kajian yang dijalankan di Lembangan Sungai Perak adalah merupakan lembangan kedua terbesar di Semenanjung Malaysia selepas lembangan Sungai Pahang. Lembangan ini memiliki keluasan sebanyak 14,908 km² iaitu bersamaan dengan 70% Negeri Perak (lihat **Rajah 1.0**). Sungai Perak berasal dari kawasan pergunungan di sempadan Perak-Kelantan-Thailand yang terletak di Hutan Simpan Belum di bahagian utara. Sungai ini mengalir ke dalam beberapa empangan hidro sebelum tiba di muara sungai sebelah barat di bahagian Bagan Datuk. Terdapat beberapa anak sungai utama yang mengalir ke dalam Sungai Perak seperti Sungai Pelus, Sungai Kinta, Sungai Batang Padang dan Sungai Bidor (lihat **Rajah 2.0**). Terdapat empat buah empangan di sepanjang Sungai Perak antaranya Empangan Chenderoh, Empangan Temenggor, Empangan Bersia dan Empangan Kenering.



Rajah 1.0: Lembangan Sungai Perak

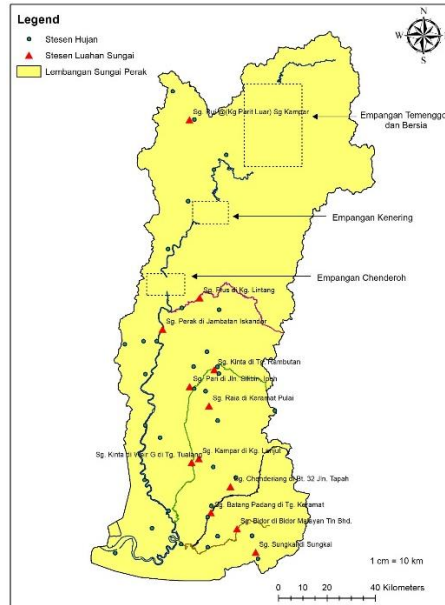


Rajah 2.0: Jaringan Sungai Utama dan Anak Sungai di Lembangan Sungai Perak

Terdapat dua belas (12) stesen sukat luah sungai di Sepanjang Sungai Perak seperti di tunjukkan di dalam **Jadual 1.0** dan **Rajah 3.0**. Data sukat luahan ini akan digunakan bagi tujuan kalibrasi dan akan ditransposisi ke bahagian kawasan kajian yang terletak di bahagian hulu lembangan.

Jadual 1.0: Stesen Sukat Luahan Sungai Perak

No	Nama Stesen
1.	Sungai Sungkai di Sungkai
2.	Sungai Bidor di Bidor Malayan Tin Bhd.
3.	Sungai Batang Padang di Tg. Keramat
4.	Sungai Chenderiang di Bt. 32 Jln. Tapah
5.	Sungai Kinta di Weir G di Tg. Tualang
6.	Sungai Kampar di Kg. Lanjut
7.	Sungai Raia di Keramat Pulai
8.	Sungai Pari di Jln. Silibin, Ipoh
9.	Sungai Kinta di Tg. Rambutan
10.	Sungai Perak di Jambatan Iskandar
11.	Sungai Plus di Kg. Lintang
12.	Sungai Rui @(Kg Parit Luar) Sungai Kampar



Rajah 3.0: Jaringan Rangkaian Hidrologi Nasional Lembangan Sungai Perak

KAEDAH KAJIAN

Nilai penapisan air (*water purification*) boleh dianggarkan menggunakan pelbagai rangka kerja termasuk penggunaan fungsi pengeluaran atau melalui kos penggantian (Bishop, 1999). Sejak kebelakangan ini, banyak kajian tertumpu pada anggaran fungsi kos seperti Abildtrup et al. (2013), Singh & Mishra (2014), Vincent et al. (2015), Lopes et al. (2019), Vincent et al. (2020), Piaggio & Siikamäki (2021), dan Norliyana Adnan et al. (2022).

Kaedah kajian dan analisis terbahagi kepada beberapa peringkat termasuklah pengumpulan data, persempadanan lembangan dan analisis anggaran fungsi kos menggunakan kaedah benefit transfer. Data-data yang digunakan dalam kajian ini merangkumi data-data sekunder dan primer yang diperolehi daripada beberapa agensi yang terlibat seperti Data Loji Rawatan Air (LRA) oleh Lembaga Air Perak (LAP) dan Data Inventori Hutan Nasional 5 (JPSM) serta Digital Elevation Model (DEM).

Bagi kajian ini, beberapa data asas spatial seperti sempadan hutan simpan, DEM, sempadan lembangan telah disediakan. Sempadan Hutan Simpan Kekal (HSK) negeri-negeri dalam format *shapefile* diperolehi daripada Jabatan Perhutanan Negeri yang terlibat. Maklumat sempadan ini penting untuk mengetahui kedudukan sebenar lokasi kajian. Data DEM merupakan model yang mewakili ketinggian muka bumi. Di dalam kajian ini, data DEM diperolehi dengan memuat turun dari laman sesawang <https://earthexplorer.usgs.gov>. Selain data DEM, data Data Inventori Hutan Nasional 5 (IHN-5) turut digunakan sebagai data asas jenis guna tanah hutan di kawasan kajian. Data IHN-5 diterbitkan oleh Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia dan merupakan siri ke-lima. Data ini terdiri daripada beberapa kategori hutan iaitu;

- i. Hutan Dara/Hutan Bukit Tinggi
- ii. Hutan Dara Tanah Pamah
- iii. Hutan Perlindungan Bukit Tinggi
- iv. Hutan Gunung dan Tanah Pamah
- v. Hutan Dibalak Bukit Tinggi (1-10 tahun)
- vi. Hutan Dibalak Bukit Tinggi (11-20 tahun)
- vii. Hutan Dibalak Bukit Tinggi (21-30 tahun)
- viii. Hutan Dibalak Bukit Tinggi (>30 tahun)
- ix. Hutan Dibalak Tanah Pamah (1-10 tahun)
- x. Hutan Dibalak Tanah Pamah (11-20 tahun)
- xi. Hutan Dibalak Tanah Pamah (21-30 tahun)
- xii. Hutan Dibalak Tanah Pamah (>30 tahun).

Untuk aplikasi kajian ini, jenis strata hutan ini diringkaskan kepada dua jenis utama iaitu Hutan Darat Dara dan Hutan Darat dibalok bagi mewakili jenis guna tanah hutan di kawasan yang dikaji.

Sempadan lembangan bagi muka sauk LRA dihasilkan menggunakan input data DEM dan koordinat muka sauk LRA yang diproses menggunakan modul ArcSWAT yang dipasang kepada perisian ArcGIS. Modul ArcSWAT menggunakan model *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) khusus disambungkan kepada ArcGIS. Modul SWAT ini telah digunakan secara meluas di seluruh dunia dan masih terus diperkembangkan supaya dapat memenuhi kehendak analisa pengguna. *Extension* ArcSWAT dan modul-modul SWAT lain boleh dimuat turun secara percuma dari laman sesawang <https://swat.tamu.edu/>. SWAT adalah model skala lembangan yang dibangunkan untuk mengukur impak amalan pengurusan tanah bagi kawasan tadahan air yang besar dan kompleks. Salah satu sub-model yang terdapat dalam SWAT adalah Model *Watershed Delineator*, iaitu model bagi menghasilkan sempadan lembangan di mana model ini digunakan bagi menghasilkan sempadan lembangan bagi kawasan kajian ini.

Analisis GIS dijalankan ke atas data-data spatial bagi menentukan lembangan bagi kawasan tadahan air setiap muka sauk LRA yang dikaji. Seterusnya, data spatial IHN-5 turut dianalisis bagi menentukan peratus jenis guna tanah hutan (hutan dara atau hutan dibalok) di kawasan lembangan tadahan air ini.

Kaedah pemodelan bagi kajian penilaian faedah ekonomi kawasan Hutan Simpanan Kekal (HSK) adalah berdasarkan kajian pendekatan pemindahan faedah model ekonometrik yang telah dijalankan dan dibangunkan di Perak pada tahun 2015 (Vincent et. al, 2015). Analisis ekonomi yang telah dibangunkan itu merupakan analisis ekonomi pertama berkaitan kesan kawasan hutan terhadap kos rawatan air di negara membangun. Kebanyakan kajian yang sedemikian merujuk kepada negara-negara maju seperti Amerika Syarikat. Analisis ekonometrik kos rawatan air di Perak adalah berdasarkan data panel yang banyak dengan analisis perubahan hutan. Analisis ini dibimbing oleh teori menggunakan fungsi kos untuk nilai input alam sekitar (McConnell & Bockstael 2005, ms 647; Vincent 2011, ms 46-54; Freeman et al., 2014, ms 240-244), sebagai berikut;

$$\ln(C_{it}) = \mathbf{L}_{iy}\boldsymbol{\beta} + \alpha \ln(q_{it}) + c_i + \theta_y + \theta_m + u_{it} \quad (\text{Persamaan 2.10})$$

Di mana;

- i Loji rawatan Air
- t Masa (tahun-bulan)
- y Tahun
- m Bulan
- C Kos operasi (RM)
- L Guna tanah (% dari lembangan LRA)
- q Isipadu air terawat (m3)
- c, θ *Fixed effects*
- u *Error term. Issues: heteroskedasticity, spatial and serial correlation, Moulton problem, endogeneity of q*

Model ini bertujuan untuk mengira bayaran tahunan yang LRA harus bayar untuk khidmat penapisan air oleh kawasan hutan.

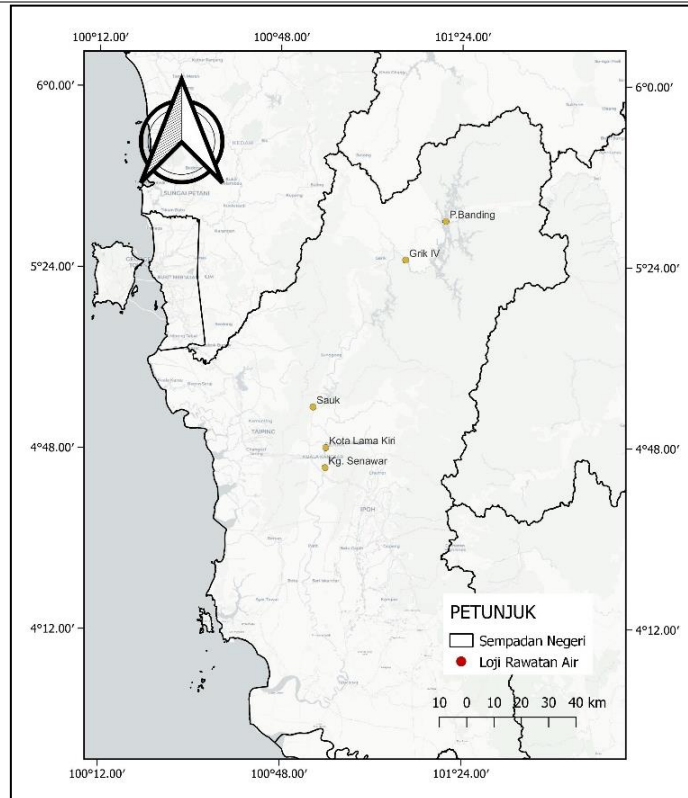
HASIL KAJIAN

Menganggarkan nilai ekonomi bagi fungsi hutan sebagai pengawal selia air

Hutan Simpan Belum merupakan kawasan tadahan air di kawasan hulu Negeri Perak, dan merupakan kawasan tadahan utama bagi Sungai Perak. Sungai Perak mengalir sepanjang lebih kurang 400 km dari Hulu Perak hingga Beting Beras Basah, Bagan Datoh. Sungai yang mengalir dari kawasan Hutan Simpanan Kekal (HSK) ini merupakan sumber air kepada penggunaan domestik dan industri. Terdapat lima LRA yang menggunakan air dari sumber ini iaitu, LRA Kota Lama Kiri, LRA Gerik VI, LRA Pulau Banding, LRA Kg. Senawar dan LRA Sauk. Senarai dan peta lokasi LRA seperti di **Jadual 2.0** dan **Rajah 4.0**.

Jadual 2.0: Senarai LRA di dari sumber tadahan Hutan Simpan Belum

Bil	Nama Loji	Koordinat LRA	
1	Kota Lama Kiri	100.9496804	4.803135
2	Gerik VI	101.213233	5.426598
3	Pulau Banding	101.3454297	5.554112
4	Kg. Senawar	100.936575	4.745219
5	Sauk	100.9159577	4.938411



Rajah 4.0: Lokasi LRA dari sumber tadahan Hutan Simpan Belum

Data yang diperolehi dari pihak LAP, termasuklah data koordinat loji, koordinat muka sauk, sumber sungai dan jumlah pengeluaran air terawat dari Oktober 2022 sehingga September 2023. Senarai seperti di Jadual 3.0.

Jadual 3.0: Maklumat muka sauk, sungai dan jumlah pengeluaran air terawat

Bil	Nama Loji	Nama Sungai	Koordinat Muka sauk		Jumlah Pengeluaran Air Terawat (m ³ /bulan)
1	Kota Lama Kiri	Sungai Perak	100.95147	4.82357	489,667.08
2	Gerik VI	Sungai Perak	101.21364	5.42527	435,785.17
3	Pulau Banding	Sungai Perak	101.34639	5.55393	13,306.58
4	Kg. Senawar	Sungai Perak	100.94941	4.73557	503,371.50
5	Sauk	Sungai Perak	100.92083	4.94028	299,432.83

Pasukan kajian telah melawat salah satu LRA di Negeri Perak iaitu LRA Gerik VI pada 30 April 2024 untuk membuat semakan data dan rawatan yang dijalankan. LRA Gerik VI merupakan antara LRA yang baharu menggantikan LRA Gerik yang telah tutup. Ia mula beroperasi pada 2022. LRA ini membekalkan air bersih kepada kawasan sekitar dan bandar Gerik. LRA ini menggunakan sistem baharu yang dinamakan sistem Pengapungan Udara Terlarut (DAF). Sistem DAF ialah proses rawatan air yang melibatkan penyingkiran pepejal terampai, minyak dan bahan tercemar lain. Ia adalah proses rawatan air mesra alam yang menghasilkan air bersih yang boleh diguna semula dan lebih menjimatkan kos kerana memerlukan bahan kimia yang minimum untuk beroperasi. **Rajah 5.0** menunjukkan kawasan sekitar LRA Gerik VI.



LRA Gerik VI



Muka sauk LRA Gerik VI



Sistem rawatan air DAF di LRA Gerik VI

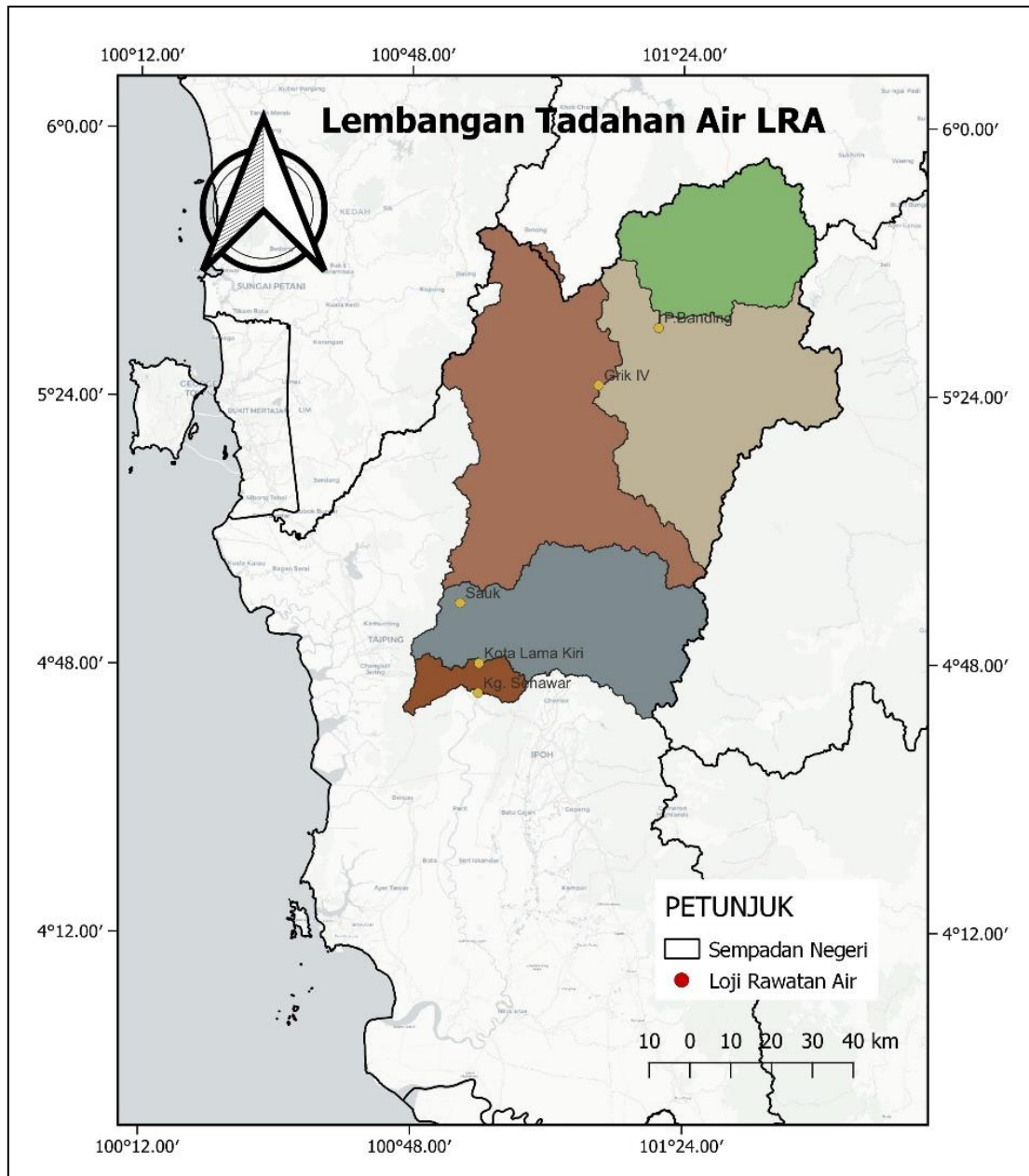
Rajah 5.0: LRA Gerik VI

Sempadan Lembangan Tadahan Air

Maklumat koordinat muka sauk LRA yang diperolehi dipetakan untuk membina sempadan lembangan tadahan air bagi LRA yang menggunakan sumber dari kawasan Hutan Simpan Belum. Hasil dari proses persempadanan lembangan tadahan air adalah keluasan seperti di **Jadual 4.0**. Peta lembangan tadahan air di **Rajah 6.0**

Jadual 4.0: Keluasan lembangan tadahan air LRA

Bil	Nama Loji	Keluasan (hektar)
1	Kota Lama Kiri	839,586.11
2	Gerik VI	367,387.78
3	Pulau Banding	131,141.85
4	Kg. Senawar	863,282.78
5	Sauk	657,454.70



Rajah 6.0: Lembangan Tadahan Air LRA dari sumber tadahan Hutan Simpan Belum

Keluasan tadahan air tertinggi adalah bagi LRA Kota Lama Kiri iaitu kira-kira 839,586 hektar, kerana LRA ini terletak di kawasan hilir Sungai Perak. Manakala tadahan bagi LRA Pulau Banding mempunyai keluasan tadahan yang paling kecil kerana ia terletak berhampiran dengan Hutan Simpan Belum.

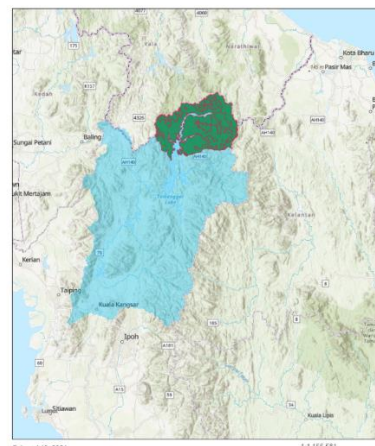
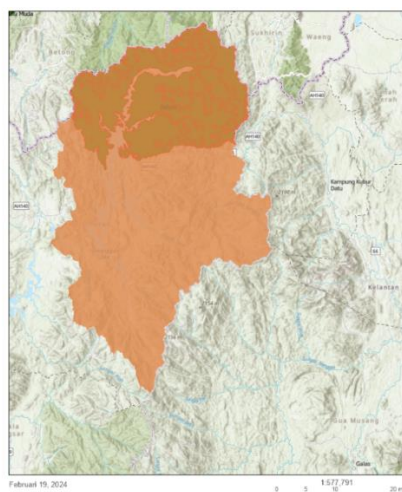
Analisis Strata Hutan

Melalui pautan bagi Strata hutan IHN-5 dari pihak Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia (JPSM), <https://gisportal.forestry.gov.my/portal/home/webmap/>, data GIS lembangan tadahan air ditindihkan bagi mendapatkan jumlah keluasan strata terlibat. **Jadual 5.0** menunjukkan keluasan lembangan strata hutan berdasarkan IHN-5.

Jadual 5.0: Keluasan jenis strata hutan di kawasan lembangan tadahan air LRA di Hutan Simpan Belum

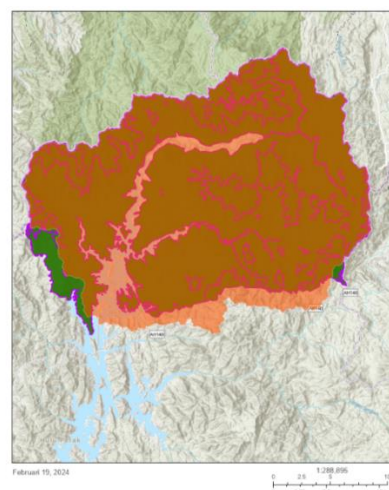
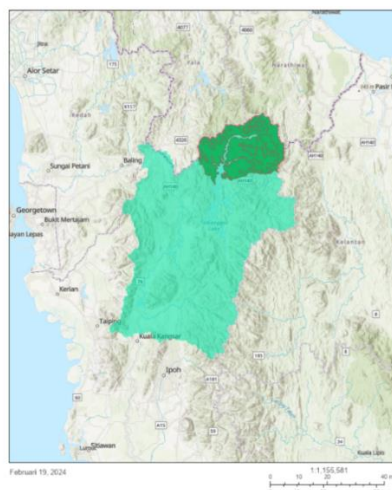
Bil	Loji Rawatan Air	Keluasan (hektar)	Hutan Darat Dara (hektar)	(%)	Hutan Darat Dibalak (hektar)	(%)
1	Kota Lama Kiri	839,586.11	140977.58	16.79	495.69	0.06
2	Gerik VI	367,387.78	140977.58	38.37	495.69	0.13
3	Pulau Banding	131,141.85	115857.18	88.34	495.69	0.38
4	Kg. Senawar	863,282.78	140977.58	16.33	495.69	0.06
5	Sauk	657,454.70	140977.58	21.44	495.69	0.08

Berdasarkan keluasan tadahan yang dibina dari muka sauk LRA, empat tadahan LRA iaitu LRA Kota Lama Kiri, LRA Gerik VI, LRA Kg. Senawar dan LRA Sauk mempunyai tadahan air yang merangkumi keseluruhan kawasan Hutan Simpan Belum. Manakala LRA Pulau Banding merangkumi kira-kira 88.6% daripada keseluruhan Hutan Simpan Belum (**Rajah 7.0**).



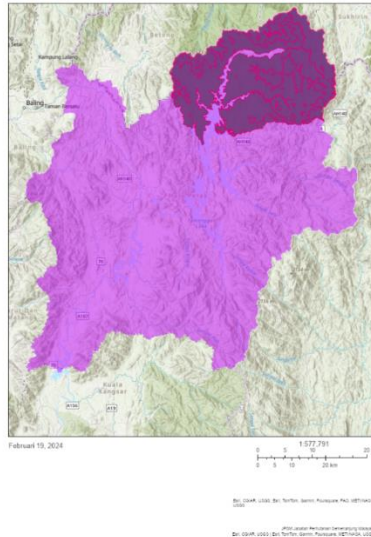
a) Lembangan tadahan LRA Kota Lama Kiri

b) Lembangan tadahan LRA Kg. Senawar



b) Lembangan tadahan LRA Sauk

d) Lembangan tadahan LRA Belum



e) Lembangan tadahan LRA Gerik VI

Rajah 7.0: Jenis hutan lembangan tadahan air LRA di tadahan Hutan Simpan Belum

Analisis bagi menganggarkan nilai ekonomi perkhidmatan hutan dalam penapisan air

Hasil analisis menunjukkan nilai marginal perkhidmatan penapisan air yang dibekalkan oleh kawasan tadahan air di kawasan Hutan Simpan Belum adalah RM1,873,377.77/tahun. Nilai marginal didefinisikan sebagai nilai tahunan khidmat Hutan Simpanan Kekal (HSK) terhadap pengurangan kos rawatan air. **Jadual 6.0** menunjukkan nilai marginal bayaran tahunan bagi perkhidmatan penapisan air oleh hutan bagi setiap LRA.

Jadual 6.0: Nilai bayaran tahunan bagi perkhidmatan penapisan air oleh hutan (tadahan air) di Hutan Simpan Belum

LRA	Keluasan (hektar)	Jumlah (RM/tahun)
LRA Kota Lama Kiri	839,586.11	592,776.77
LRA Gerik VI	367,387.78	189,416.95
LRA Pulau Banding	131,141.85	50,979.24
LRA Kg. Senawar	863,282.78	594,981.35
LRA Sauk	657,454.70	445,223.46
JUMLAH		1,873,377.77

Daripada jumlah bayaran tahunan tersebut, nilai marginal satu hektar bagi perkhidmatan penapisan air oleh Hutan Simpan Belum adalah RM1.93/hektar/tahun. Bagi bayaran satu meter air terawat, nilai bayaran adalah bersamaan RM1.08/m³.

KESIMPULAN

Hutan Simpan Belum berperanan sebagai kawasan tadahan air yang penting bagi bekalan air bersih di Negeri Perak. Hasil analisis menunjukkan nilai marginal bagi kawasan Hutan Simpan Belum adalah RM1,873,377.77/tahun. Nilai marginal dipengaruhi oleh jumlah keluasan jenis guna tanah hutan iaitu hutan dara di lembangan. Peratusan hutan dara yang tinggi memberikan implikasi marginal yang lebih rendah. Bagi

memastikan kos rawatan air lebih rendah dan mengurangkan beban pengguna akibat caj yang lebih tinggi untuk mendapatkan air bersih daripada rawatan air, kawasan hutan tadahan untuk bekalan air ke LRA perlu dilindungi dan diselenggara dengan baik. Penstrukturan zon hutan perlu dititikberatkan kerana ia akan memberi kesan bukan sahaja kepada sumber bekalan air tetapi juga kepada perkhidmatan penting lain seperti mengurangkan risiko banjir, pemandapan dan eksport nutrien

RUJUKAN

Abildtrup, J, Garcia, S & Stenger, A (2013). The effect of forest land use on the cost of drinking water supply: a spatial econometric analysis. *Ecological Economics* 92, 126–136.

Abildtrup, J, Garcia, S and Kere, E (2015). *Land use and drinking water supply: a spatial switching regression model with spatial endogenous switching*. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine* Mai, 321–342.

Bishop, J.T (1999). *Valuing Forests: A Review of Methods and Applications in Developing Countries*. International Institute for Environment and Development, London.

Department of Irrigation and Drainage DID. (2017). *Kompendium - Data dan Maklumat Asas*. Kuala Lumpur: JPS Malaysia

Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia (2024). *Jenis Hutan*. Diakses daripada <https://www.forestry.gov.my/my/perkhidmatan/info-perhutanan/jenis-hutan>

Jabatan Perhutanan Semenanjung Malaysia (2024). *Dasar Perhutanan Semenanjung Malaysia*. Diakses daripada <https://www.forestry.gov.my/my/mengenai-kami/dpsm>

Lopes, AF, Macdonald, JL, Quinteiro, P, Arroja, L, Carvalho-Santos, C, Cunha-e-Sá, MA and Dias, AC (2019). *Surface vs. Groundwater: the effect of forest cover on the costs of drinking water*. *Water Resources and Economics* 28, 100123

Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.

Pagiola, S. & Platais, G. (2002). *Payments for Environmental Services*. *Environment Strategy Notes*. Washington, DC. The World Bank. Parsons, G. R. (2017). Travel cost models. A primer on nonmarket valuation, 187-233.

Piaggio, M., & Siikamäki, J. (2021). *The value of forest water purification ecosystem services in Costa Rica*. *The Science of the total environment*, 789, 147952. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147952>

Vincent, Jeffrey & Ahmad, Ismariah & Adnan, Norliyana & Burwell, Walter & Pattanayak, Subhrendu & Tan-Soo, Jie-Sheng & Thomas, Kyle. (2015). *Valuing Water Purification by Forests: An Analysis of Malaysian Panel Data*. *Environmental and Resource Economics*. 64. 1-22. 10.1007/s10640-015-9934-9.

Vincent, JR, Nabangchang, O and Shi, C (2020). *Is the distribution of ecosystem service benefits pro-poor? Evidence from water purification by forests in Thailand*. *Water Economics and Policy* 6, 2050005