

## Analisis Potensi Energi Listrik Ditinjau dari Energi Hidro di Minahasa Selatan

Calvin Mamahit<sup>1</sup> dan Hantje Ponto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado

<sup>2</sup> Pendidikan Teknologi Kejuruan, Program Pascasarjana, Universitas Negeri Manado

\*calvinmamahit@gmail.com<sup>1</sup>

Received: January 18<sup>th</sup>, 2021. Revised: March 22<sup>th</sup>, 2021. Accepted: April 6<sup>th</sup>, 2021

Available online: April 12<sup>th</sup>. Published: April 12<sup>th</sup>, 2021.

**Abstrak**— Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menghitung penurunan daya listrik yang dapat dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro yang ada di Sungai Ongkaw. Penurunan daya listrik pada PLTMH sungai Ongkaw ini diakibatkan oleh adanya sedimen yang menumpuk pada bendung PLTMH, sehingga berkurangnya debit air yang dapat dialirkan ke pipa penstock untuk membangkitkan daya listrik. Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan debit andalan Sungai Ongkaw yang didapat dari pengolahan data debit Sungai Ongkaw selama 3 bulan dengan menggunakan metode FDC (Flow Duration Curve), perhitungan daya listrik terbangkit dari debit rencana pada PLTMH Ongkaw, perhitungan penurunan daya listrik pada PLTMH Ongkaw. Dari hasil penelitian, didapat nilai debit rencana PLTMH Ongkaw adalah sebesar 0,2565 m<sup>3</sup>/s dengan daya terbangkit sebesar 2,3742 kW. Penurunan daya dihitung berdasarkan pengukuran yang dilakukan sebanyak 2 kali. Pada debit terukur sungai sebesar 1,1923 m<sup>3</sup>/s, air yang dapat dialirkan ke pipa setinggi 7 cm menghasilkan debit sebesar 0,0592 m<sup>3</sup>/s. Daya yang dapat dihasilkan sebesar 1,2326 kW atau sebesar 56,12% dari rencana daya terbangkit. Pada debit terukur sungai sebesar 0,5788 m<sup>3</sup>/s, air yang dapat dialirkan ke pipa setinggi 4 cm menghasilkan debit sebesar 0,0189 m<sup>3</sup>/s. Daya tidak dapat lagi dihasilkan karena debit tersebut tidak dapat lagi memutar turbin.

**Kata kunci:** mikro hidro, aliran daya listrik

Copyright © 2021 Calvin Mamahit & Hantje Ponto. All rights reserved

### I. PENDAHULUAN

Mikro hidro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan jumlah debit air (Mohibullah et al., 2004). Pada sungai Ongkaw terdapat potensi ketersediaan air yang cukup sepanjang tahun, debit yang dapat diandalkan, memiliki kontur yang sesuai dan telah dimanfaatkan untuk PLTMH. Namun PLTMH sungai Ongkaw ini mengalami penurunan daya listrik yang dihasilkan. Oleh karena itu, pada PLTMH sungai Ongkaw ini perlu dilakukan analisis dan menghitung kembali daya listrik yang dihasilkan PLTMH sungai Ongkaw ini.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bahwa Kabupaten Minahasa Selatan mempunyai banyak potensi tenaga air, dengan demikian bagaimana pemanfaatan potensi sumber daya air sungai dengan sebaik-baiknya untuk PLTMH di Kabupaten Minahasa Selatan khususnya Kecamatan Sinonsayang.

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data debit air dan head secara langsung pada PLTMH Ongkaw.
2. Menganalisis bangunan PLTMH sungai Ongkaw.
3. Menghitung daya listrik yang dapat dihasilkan PLTMH sungai Ongkaw.

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan antara lain:

1. Mengetahui daya listrik yang dapat dihasilkan berdasarkan debit rencana dan head pada PLTMH Ongkaw.
2. Melakukan analisis terhadap PLTMH Ongkaw

Besarnya daya yang dihasilkan merupakan fungsi dari besarnya debit sungai dan tinggi terjun air. Besarnya debit yang dipakai sebagai debit rencana, bisa merupakan debit minimum dari sungai tersebut sepanjang tahunnya atau diambil antara debit minimum dan maksimum, tergantung fungsi yang direncanakan PLTMH tersebut (Dwiyanto et al., 2016).

Besarnya tinggi terjun air terikat pada kondisi geografis di mana PLTMH tersebut berada.

Panjangnya lintasan yang harus dilalui air dari bendungan ke turbin menyebabkan hilangnya sebagian energi air, energi air yang tersisa (tinggi terjun efektif) inilah yang menggerakkan turbin air dan kemudian turbin air ini yang menggerakkan generator. Besarnya daya yang dihasilkan juga tergantung dari efisiensi keseluruhan (overall efficiency) PLTMH tersebut yang terdiri dari efisiensi hidrolis, yaitu perbandingan antara energi efektif dan energi kotor (bruto), efisiensi turbin dan efisiensi generator (Kriswanto & Djufri, 2020).

Dengan demikian besarnya daya dapat dirumuskan seperti pada Rumus 1.

$$P = \rho \times Q \times g \times H \times \eta \quad (1)$$

dimana:

$\rho$  = densitas air ( kg/m<sup>3</sup>)

$Q$  = debit air (m<sup>3</sup>/detik)

$h$  = tinggi terjun air efektif (m)

$\eta$  = efisiensi keseluruhan PLTA

(Kriswanto & Djufri, 2020).

Efisiensi keseluruhan PLTA menurut Chang didapatkan dari Rumus 2.

$$\eta = \eta_h \times \eta_t \times \eta_g \quad (2)$$

dimana:

$\eta_h$  = efisiensi hidrolis

$\eta_t$  = efisiensi turbin

$\eta_g$  = efisiensi generator

(Chang et al., 2017)

Kehilangan energi pada terowongan tekan disebabkan oleh dua hal, yaitu kehilangan energi akibat gesekan (primer) dan kehilangan energi akibat turbulensi (sekunder) pada pemasukan, pengeluaran dan belokan-belokan dan katub atau pintu serta perubahan penampang saluran (Klar & Klein, 2014).

## II. METODE

Penelitian ini dilakukan pada Sungai Ongkaw, Desa Ongkaw, Kecamatan Sinonsayang, Kabupaten Minahasa Selatan.

Diawali dengan pengumpulan data yang diperlukan selengkap mungkin baik data primer maupun sekunder, kemudian data-data tersebut dianalisa sehingga didapat daya yang dihasilkan dari debit sungai. Data Primer digunakan untuk menghitung debit terukur sungai dan debit rencana PLTMH sungai Ongkaw, sedangkan data sekunder digunakan untuk menghitung debit andalan dengan menggunakan metode FDC (Flow Duration Curve) (Liucci et al., 2014).

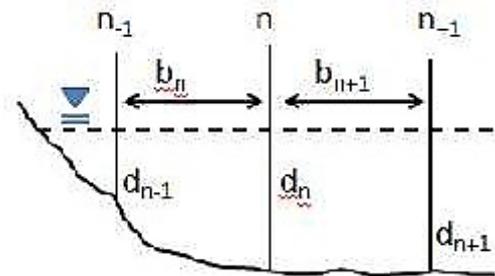
Untuk mendapatkan data debit, dilakukan pengukuran langsung di lokasi PLTMH sungai

Ongkaw. Metode yang digunakan untuk mengukur debit yaitu dengan membuat patok di kedua sisi tepi sungai. Kemudian mengikat tali di kedua sisi patok tersebut sehingga tali membentang dari tepi sungai yang satu ke tepi sungai yang lain, dengan demikian bisa diukur lebar sungai tersebut. Setelah didapat lebar sungai kemudian dibuat titik setiap jarak 25 cm dan di setiap titik dicari kecepatan alirannya dengan menggunakan alat current meter dan diukur kedalaman (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Current meter

Hitungan debit aliran untuk seluruh luas tampang aliran adalah penjumlahan dari debit setiap pias tampang aliran. Dalam hitungan ini dilakukan dengan anggapan kecepatan rata-rata satu vertikal mewakili kecepatan rata-rata satu pias yang dibatasi oleh garis pertengahan antara dua garis vertikal yang diukur. Cara hitungan ini disebut dengan mean area method (Gambar 2) (Genç et al., 2015).



Gambar 2 Cara hitungan debit aliran dengan mean area method

Setelah didapat data-data tersebut maka bisa dihitung pula debitnya dengan Rumus 3, 4, dan 5.

$$A_n = \left( \frac{d_n + d_{n+1}}{2} \right) \times b_{n+1} \quad (3)$$

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n \quad (4)$$

$$q_n = A_n \times \left( \frac{v_n + v_{n+1}}{2} \right) \quad (5)$$

dimana:

$Q$  = debit (m<sup>3</sup>/dtk)

$v$  = kecepatan air (m/dt)

$A$  = luas penampang aliran (m<sup>2</sup>)

(Vogel & Fennessey, 1995)

Kumpulan data debit jam-jaman digunakan untuk membuat FDC. Kemudian data debit tersebut ditabulasikan berdasarkan besaran debit pada masing-masing probabilitas. Selanjutnya diplotkan ke dalam bentuk grafik perbandingan antara besaran debit terhadap probabilitas kejadian/ ketersediaan yang selanjutnya disebut dengan grafik durasi aliran (Flow Duration Curve/ FDC). FDC dilakukan untuk setiap masing-masing tahun data. Selanjutnya FDC dilakukan untuk keseluruhan tahun data. Probabilitas dilakukan pada 0%, 10%, hingga 100% (Vogel & Fennessey, 1995).

Perhitungan daya listrik dilakukan setelah mendapat nilai debit andalan dari analisis hidrologi di sungai Ongkaw dan tinggi terjun air efektif serta efisiensi keseluruhan PLTMH. Dengan demikian besarnya daya listrik dapat dirumuskan seperti pada Rumus 6.

$$P = \rho \times Q \times g \times H \times \eta_t \times \eta_g \tag{6}$$

dimana :

$\rho$  = densitas air ( kg/m<sup>3</sup> )

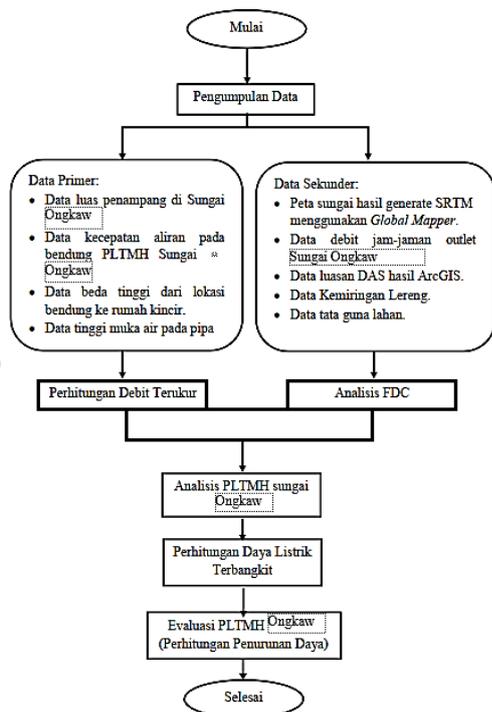
$Q$  = debit air (m<sup>3</sup>/detik)

$h$  = tinggi terjun air efektif (m)

$\eta_t$  = efisiensi turbin

$\eta_g$  = efisiensi turbin

Evaluasi PLTMH Ongkaw ini dilakukan dengan menghitung adanya penurunan daya terbangkit. Kemudian daya terbangkit yang mengalami penurunan dibandingkan dengan daya terbangkit rencana (Dwiyanto et al., 2016).



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi potensial rencana pengembangan PLTMH Ongkaw terletak di areal Sungai Ongkaw di wilayah Kecamatan Minahasa Selatan, Propinsi Sulawesi Utara. Sungai Ongkaw yang direncanakan akan digunakan airnya merupakan salah sumber air yang berada wilayah tersebut dan mengalir sepanjang tahun (lihat Gambar 4 dan 5).



Gambar 4. Peta Lokasi Survey



Gambar 5. Peta Lokasi Rencana Pengembangan PLTMH

Rencana penggunaan energi yang dihasilkan dari PLTMH Ongkaw direncanakan untuk menjadi sumber listrik alternatif di Desa Ongkaw. Serta untuk menerangi beberapa fasilitas umum.

Untuk rencana PLTMH Ongkaw, pengadaan material bahan-bahan bangunan jaraknya relatif dekat sehingga diprediksikan tidak akan mengalami hambatan dalam mobilisasi material.

Syarat-syarat yang harus diperhatikan dalam pengukuran debit air sungai agar diperoleh debit yang akurat adalah sebagai berikut (Ratnata et al., 2013):

- a. Pilih bagian sungai yang memiliki aliran tenang;
- b. Pilih aliran sungai dengan kedalaman dan lebar rata tidak melebar atau menyempit;
- c. Hindari pengukuran pada bagian sungai yang dasarnya miring;
- d. Untuk sungai-sungai di pegunungan pada umumnya sulit diperoleh kondisi tersebut, maka pengukuran dapat dilakukan dengan membagi lebar sungai menjadi beberapa segmen;

## Analisis Potensi Energi Listrik Ditinjau dari Energi Hidro di Minahasa Selatan

e. Lakukan pengukuran berulang untuk mendapatkan kecepatan rata-rata aliran sungai yang representatif.

Potensi PLTMH Ongkaw berada di Sungai Ongkaw yang mengalir melintasi wilayah Desa Ongkaw. Potensi diperoleh dengan memanfaatkan debit dan kemiringan.

Berdasar informasi dari masyarakat setempat, air sungai Ongkaw mengalir sepanjang tahun sehingga ketersediaan air tetap terjaga, meskipun terjadi penurunan debit di waktu musim kering.

Setelah ditentukan lokasi pengukuran, selanjutnya dilakukan pengukuran debit sungai menggunakan alat ukur jenis digital water current meter. Hasil perhitungan diperoleh debit Sungai Ongkaw adalah sebesar  $0,2565 \text{ m}^3/\text{s}$ . Kondisi pada saat pengukuran debit sesaat adalah pada musim hujan sehingga dikhawatirkan akan mengalami penurunan yang drastis pada saat musim kemarau. Oleh karena itu, debit desain untuk PLTMH Ongkaw hanya diambil dengan faktor koreksi 50% dari pengukuran debit sesaat (Ratnata et al., 2013).

Beda tinggi/ head diukur dengan menggunakan alat ukur jenis Theodolit Total Station Topcon GT105. Alat ini dapat memberikan akurasi pengukuran hingga 1 mm sehingga akan diperoleh data beda tinggi/head yang akurat. Pengukuran head dilakukan bersamaan dengan pemetaan topografi lokal di sekitar lokasi pembangkit. Hasil pengukuran diketahui head PLTMH Ongkaw adalah sebesar 15 meter.

Potensi hidrolik adalah potensi energi yang ditimbulkan oleh tekanan air akibat gaya gravitasibumi. Potensi energi mikrohidro yang tersedia di alam adalah merupakan energi dalam bentuk energi potensial. Besarnya potensi hidrolik ditentukan oleh besarnya debit air  $Q$  dan ketinggian kemiringan sungai atau head ( $h$ ) (Ratnata et al., 2013).

Setelah diketahui harga dari masing-masing parameter di atas dari hasil pengukuran lapangan, maka dengan menggunakan persamaan tersebut potensi hidrolik PLTMH Ongkaw dapat dihitung. Harga dari masing-masing parameter dan hasil perhitungan potensi hidrolik PLTMH Ongkaw dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Potensi Hidrolik

No	Parameter	Simbol	Satuan	Nilai
1	Debit	$Q$	liter/detik	500
2	Head	$h$	Meter	15
3	Gravitasi	$g$	meter/detik <sup>2</sup>	9,81
4	Potensi Hidrolik	$P_h$	kW	73,5

Tidak seluruh energi yang dimiliki air dalam bentuk potensi hidrolik dapat diubah menjadi tenaga listrik. Pada saat konversi dari energi potensial menjadi energi listrik sebagian energi akan hilang atau dikenal sebagai losses. Besarnya energi listrik yang dapat diperoleh sangat bergantung pada besarnya efisiensi turbin dan generator yang digunakan (Ratnata et al., 2013).

Hasil perhitungan kapasitas daya dari PLTMH Ongkaw dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kapasitas Daya Terbangkit

No	Uraian	Simbol	Nilai
1	Gross head	$H_g$	15 m
2	Debit terukur	$Q_m$	500 liter/detik
3	Debit desain	$Q_a$	350 liter/detik
4	Potensi daya hidrolik	$P_h$	73,5 kW
5	Estimasi net head	$H_{net}$	15 m
6	Estimasi efisiensi turbin	$\eta_T$	0,74
7	Estimasi efisiensi generator	$\eta_G$	0,85
8	Estimasi transmisi mekanik	$\eta_M$	0,98
9	Estimasi daya terbangkit di Rumah Pembangkit	$P_{eli}$	32 kW

Net head ( $H_{net}$ ) ditentukan dari pengurangan rugi-rugi gesekan dan turbulensi dalam pipa pesat ( $H_{loss}$ ) terhadap gross head ( $H_g$ ). Estimasi efisiensi turbin, estimasi efisiensi generator dan estimasi efisiensi transmisi mekanik di atas masing-masing merupakan efisiensi untuk turbin Crossflow yang diproduksi lokal, generator sinkron dan flat-belt pada umumnya. Sedangkan rugi-rugi pada jalur transmisi diperkirakan sekitar 5% dari daya listrik yang dibangkitkan pada rumah pembangkit ( $P_{eli}$ ) (Ratnata et al., 2013).

Besar debit rencana PLTMH Ongkaw adalah sebesar  $0,2565 \text{ m}^3/\text{s}$  dengan daya terbangkit rencana sebesar 2,3742 kW. Yang seharusnya akan selalu terpenuhi hingga debit sungai pada probabilitas 100% yang bernilai  $0,4234 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Hasil perhitungan daya listrik pada PLTMH Ongkaw, didapat penurunan daya terbangkit. Pada debit terukur sungai pada 20 Mei 2019 sebesar  $1,1923 \text{ m}^3/\text{s}$ , air yang dapat dialirkan ke pipa berdiameter 21,6 cm adalah setinggi 7 cm menghasilkan debit sebesar  $0,0592 \text{ m}^3/\text{s}$ . Daya yang dapat dihasilkan sebesar 1,2326 kW atau sebesar 56,12% dari daya terbangkit rencana.

Pada debit terukur sungai pada 9 Agustus 2019 sebesar  $0,5788 \text{ m}^3/\text{s}$ , air yang dapat dialirkan ke pipa berdiameter 21,6 cm adalah setinggi 4 cm menghasilkan debit sebesar  $0,0189 \text{ m}^3/\text{s}$ . Daya tidak dapat lagi dihasilkan karena debit tersebut tidak dapat lagi memutar turbin.

Menurunnya daya listrik yang dihasilkan PLTMH Ongkaw disebabkan oleh penumpukkan

sedimen pada bendung, sehingga tampungan air pada bendung menjadi tidak optimal dan air yang dapat dialirkan ke pipa pesat melalui intake tidak dapat terpenuhi karena lebih banyak melimpas melalui spillway.

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan uraian dan pembahasan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan yaitu: Besar debit rencana PLTMH Ongkaw adalah sebesar 0,2565 m<sup>3</sup>/s dengan daya terbangkit rencana sebesar 2,3742 kW. Yang seharusnya akan selalu terpenuhi hingga debit sungai pada probabilitas 100% yang bernilai 0,4234 m<sup>3</sup>/s.

Hasil perhitungan daya listrik pada PLTMH Ongkaw, didapat penurunan daya terbangkit sebagai berikut: Pada debit terukur sungai pada 20 Mei 2019 sebesar 1,1923 m<sup>3</sup>/s, air yang dapat dialirkan ke pipa berdiameter 21,6 cm adalah setinggi 7 cm menghasilkan debit sebesar 0,0592 m<sup>3</sup>/s. Daya yang dapat dihasilkan sebesar 1,2326 kW atau sebesar 56,12% dari daya terbangkit rencana.

Pada debit terukur sungai pada 9 Agustus 2019 sebesar 0,5788 m<sup>3</sup>/s, air yang dapat dialirkan ke pipa berdiameter 21,6 cm adalah setinggi 4 cm menghasilkan debit sebesar 0,0189 m<sup>3</sup>/s. Daya tidak dapat lagi dihasilkan karena debit tersebut tidak dapat lagi memutar turbin.

Menurunnya daya listrik yang dihasilkan PLTMH Ongkaw disebabkan oleh penumpukkan sedimen pada bendung, sehingga tampungan air pada bendung menjadi tidak optimal dan air yang dapat dialirkan ke pipa pesat melalui intake tidak dapat terpenuhi karena lebih banyak melimpas melalui spillway.

Perlu dilakukannya evaluasi terhadap alternatif optimalisasi PLTMH Ongkaw agar dapat diketahui efisiensi dari alternatif optimalisasi tersebut. Dalam suatu perencanaan PLTMH, segala aspek yang berhubungan dalam perencanaan harus diperhitungkan agar tidak menjadi kendala pada saat pengoperasiannya. Perlu adanya perhatian dari pihak-pihak terkait untuk dapat meningkatkan pembangunan PLTMH, karena adanya potensi sungai yang sangat baik untuk pembangunan PLTMH.

#### REFERENSI

- Chang, J., Li, Y., Yuan, M., & Wang, Y. (2017). Efficiency evaluation of hydropower station operation: A case study of Longyangxia station in the Yellow River, China. *Energy*, 135, 23–31.
- Dwiyanto, V., Kusumastuti, D. I., & Tugiono, S. (2016). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 4(3), 407–422. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.06.049>
- Genç, O., Ardiçlıoğlu, M., & Ağralıoğlu, N. (2015). Calculation of mean velocity and discharge using water surface velocity in small streams. *Flow Measurement and Instrumentation*, 41, 115–120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2014.10.013>
- Klar, A., & Klein, B. (2014). Energy-based volume loss prediction for tunnel face advancement in clays. *Géotechnique*, 64(10), 776–786
- Kriswanto, K., & Djufri, S. U. (2020). Perhitungan Daya Output PLTMH di Jalan Bintara Sungai Duren Jambi. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 2(1), 11. <https://doi.org/10.33087/jepca.v2i1.24>
- Liucci, L., Valigi, D., & Casadei, S. (2014). A New Application of Flow Duration Curve (FDC) in Designing Run-of-River Power Plants. *Water Resources Management*, 28(3), 881–895. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0523-4>
- Mohibullah, M., Radzi, A. M., & Hakim, M. I. A. (2004). Basic design aspects of micro hydro power plant and its potential development in Malaysia. *PECon 2004. Proceedings. National Power and Energy Conference, 2004.*, 220–223. <https://doi.org/10.1109/PECON.2004.1461647>
- Ratnata, I. W., Surya S, W., & Somantri, M. (2013). Analisis Potensi Pembangkit Energi Listrik Tenaga Air Di Saluran Air Sekitar Universitas Pendidikan Indonesia. *FPTK Expo - UPI, November 2002*, 254–261
- Vogel, R. M., & Fennessey, N. M. (1995). FLOW DURATION CURVES II: A REVIEW OF APPLICATIONS IN WATER RESOURCES PLANNING1. *JAWRA Journal of the American Water Resources*

*Association*, 31(6), 1029–1039.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1995.tb03419.x>