

Kualitas Tidur Berhubungan dengan Tekanan Darah pada Remaja

Laili Nuriya Istiani^{1*}, Ni Luh Nopi Andayani², Putu Ayu Sita Saraswati³,
Anak Ayu Nyoman Trisna Narta Dewi⁴

¹Program Studi Sarjana Fisioterapi dan Profesi Fisioterapi, Fakultas Kedokteran Universitas Udayana, Denpasar, Bali

^{2,3,4}Departemen Fisioterapi, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana, Denpasar, Bali

*Koresponden: lailinuriyaistiani@gmail.com

Diajukan: 29 Mei 2023 | Diterima: 15 Juni 2023 | Diterbitkan: 25 Mei 2024

DOI: <https://doi.org/10.24843/mifi.2024.v12.i02.p14>

ABSTRAK

Pendahuluan: Remaja merupakan seseorang dengan masa perpindahan menuju dewasa dari periode anak-anak. Masa remaja ditandai dengan kegiatan yang semakin padat dan kompleks sehingga mengakibatkan kelompok usia ini rentan mengalami penurunan kualitas tidur. Remaja dengan gangguan tidur menyebabkan mengantuk di pagi hari atau siang hari, kelelahan, dan berkurangnya konsentrasi. Dampak buruk lainnya adalah menurunnya prestasi akademis sekolah meningkatkan angka ketidakhadiran, serta gangguan tidur dapat mengubah respon tekanan darah.

Metode: Metodologi penelitian ini menggunakan *analytical observational* pada bulan Oktober-November 2022 dengan pendekatan *cross sectional analytic* di Aula SMP AI-Banna Denpasar dengan jumlah sampel 97 orang menggunakan teknik *purposive sampling*. Kualitas tidur diukur menggunakan kuesioner *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI) dan *sphygmomanometer* atau tensimeter untuk mengetahui tekanan darah. Analisis bivariat pada data penelitian menggunakan *non parametric spearman's rho correlation coefficient*.

Hasil: Analisis bivariat menggunakan *spearman's rho correlation* dengan hasil $p=0,000$ serta nilai koefisien korelasi $r=0,490$.

Simpulan: Terdapat korelasi yang bermakna terkait kualitas tidur terhadap tekanan darah pada remaja SMP AI-Banna Denpasar dengan nilai koefisien korelasi cukup.

Kata Kunci: remaja, kualitas tidur, tekanan darah

PENDAHULUAN

Remaja adalah seseorang dengan masa perpindahan menuju dewasa dari periode anak-anak.¹ Periode di usia remaja ditandai perubahan fisik, psikologis, sosial, dan aktivitas. Aktivitas yang dilakukan remaja semakin padat dan kompleks sehingga mengakibatkan kualitas tidur kelompok usia ini rentan buruk.^{2,3} Prevalensi gangguan kualitas tidur pada usia remaja di pulau Jawa dan Bali kurang lebih 44% dari jumlah total remaja.⁴ Durasi tidur pada remaja sebanyak 7-8 jam tidur di malam hari untuk mencegah kelelahan dan kerentanan terhadap infeksi.^{4,5} Remaja dengan kualitas tidur buruk akan menyebabkan mengantuk di pagi atau siang hari, kelelahan, berkurangnya konsentrasi, dan masalah kesehatan seperti berisiko mengalami gangguan tekanan darah.⁶

Gangguan tekanan darah pada remaja kurang diperhatikan,⁷ hal tersebut disebabkan karena sering terjadi tanpa keluhan sehingga diketahui setelah mengalami komplikasi.⁸ Prevalensi gangguan tekanan darah hipertensi secara global sekitar 15-20% populasi pada remaja.⁹ Berdasarkan Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) tahun 2018 tekanan darah tinggi pada remaja di Indonesia sebesar 34,1%.¹⁰

Penelitian terkait korelasi kualitas tidur terhadap tekanan darah pada remaja di SMA Muhammadiyah 3 Palembang, terdapat 34 sampel (89,5%) mengalami kualitas tidur buruk dan *abnormal blood pressure*.¹¹ Penelitian lain menemukan remaja dengan kualitas tidur buruk mengalami peningkatan *systolic blood pressure* sebesar 13,72% dan peningkatan *diastolic blood pressure* sebesar 2,61%.¹²

Remaja awal dimulai ketika usia 12-15 tahun yaitu merupakan remaja SMP. Remaja berisiko terjadi peningkatan tekanan darah. Pada usia tersebut sering terjadi hipertensi tanpa gejala.¹³ Hipertensi yang bersifat asimtomatik apabila tidak disadari dan dibiarkan akan meningkatkan risiko gangguan kesehatan lain dan komplikasi yang lebih serius dengan bertambahnya usia. Didukung penelitian Lumantow et al, penyebab hipertensi paling banyak terjadi pada remaja usia 13-18 tahun.¹³

Indeks Massa Tubuh (IMT) mempengaruhi perubahan tekanan darah pada remaja. Remaja yang mempunyai IMT *overweight* atau obesitas berisiko 2-6 kali mengalami hipertensi dibandingkan dengan IMT normal. Obesitas menandakan adanya penimbunan lemak tidak aktif dalam tubuh akan menyebabkan beban kerja jantung meningkat, dinding arteri menerima tekanan yang lebih besar sehingga terjadi kenaikan tekanan darah dan frekuensi denyut jantung.¹⁴ Sehingga pada penelitian kriteria responden dengan IMT normal untuk mengurangi bias penelitian.

Remaja masa kini cenderung suka mengonsumsi kafein sehingga hormon adrenalin meningkat yang mengakibatkan peningkatan tekanan darah. Kenaikan darah tinggi pada remaja sering terjadi tanpa keluhan, adanya

penelitian ini memberikan informasi dan meningkatkan *awareness* sehingga mengurangi risiko morbiditas dan mortalitas yang lebih tinggi pada remaja.^{6,8}

Literatur mengenai korelasi kualitas tidur terhadap tekanan darah pada remaja di Indonesia pada umumnya sudah banyak dilakukan tetapi pada remaja SMA, sehingga peneliti tertarik melakukan penelitian pada remaja SMP dikarenakan masih sedikit ditemukan pada penelitian sebelumnya. Remaja dengan kualitas tidur yang buruk ditakutkan mempengaruhi keberhasilan prestasi akademik. Serta dengan adanya penelitian ini digunakan sebagai diagnosis awal untuk menghindari gangguan tekanan darah dan komplikasi lain seiring bertambahnya usia remaja.

METODE

Jenis penelitian ini menggunakan metodologi *cross sectional analytic* pada bulan Oktober-November 2022 di Aula SMP Al-Banna Denpasar dengan jumlah sampel 97 orang menggunakan teknik *purposive sampling*. Responden dalam penelitian ini merupakan remaja usia 12-15 tahun yang merupakan siswa SMP AL-Banna Denpasar, memiliki Indeks Massa Tubuh (IMT) normal, dan menandatangani *informed consent*. Kriteria eksklusi yaitu memiliki riwayat keluarga hipertensi, mengkonsumsi kafein, rokok, dan obat-obatan seperti obat tidur, anti hipertensi, dan anti depresi. Riwayat tersebut diketahui dari pengisian g-form oleh responden.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah kualitas tidur yang diukur menggunakan kuesioner *Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)* yang terdapat 19 pertanyaan dari 7 komponen dengan skor ≤ 5 menggambarkan kualitas tidur baik dan kualitas tidur buruk dengan jumlah skor 6-21. Tekanan darah merupakan variabel terikat yang diukur menggunakan *sphygmomanometer* atau tensimeter. Penelitian ini diawali dengan mengajukan perizinan dan koordinasi kepada pihak sekolah untuk melaksanakan penelitian, mengambil data, memberikan informasi terkait tujuan dan prosedur penelitian. Pengambilan data dilanjutkan dengan pengisian *informed consent*, penerapan protokol kesehatan, dan pengukuran kualitas tidur serta tekanan darah. Penelitian ini mencakup analisis univariat serta bivariat. Tujuan *univariate analysis* untuk menggambarkan karakteristik tiap variabel penelitian. *Bivariate analysis* menggunakan *non parametric spearman's rho correlation coefficient*. *Single blinding* dilakukan oleh peneliti untuk upaya mengurangi bias yaitu data-data penelitian diambil oleh rekan-rekan tim peneliti. Penelitian ini sudah lulus uji kelayakan kode etik dan disetujui oleh Komisi Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Udayana dengan nomor 1791/UN14.2.2.VII.14/LT/2022.

HASIL

Responden pada penelitian ini merupakan siswa SMP Al-Banna Denpasar berusia 12-15 tahun yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Populasi target di SMP Al-Banna Denpasar berjumlah 336 remaja dan jumlah sampel penelitian sebanyak 97 remaja dengan teknik pengambilan sampel *purposive sampling*. Selanjutnya dilakukan analisis data secara univariat dan bivariat untuk menganalisis korelasi antar variabel menggunakan *non parametric spearman's rho correlation coefficient* didapatkan data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Karakteristik Sampel Penelitian

	Jumlah (n)	Persentase (%)
Jenis Kelamin		
Laki-Laki	48	49,5 %
Perempuan	49	50,5%
Usia		
12	25	25,8%
13	29	29,9%
14	34	35,1%
15	9	9,3%
Kualitas Tidur		
Baik	31	32%
Buruk	66	68%
Tekanan Darah Sistolik		
90 mmHg	17	17,5%
100-120 mmHg	71	73,2%
>120 mmHg	9	9,3%
Tekanan Darah Diastolik		
60 mmHg	26	26,8%
70-80 mmHg	68	70,1%
>80 mmHg	3	3,1%

Berdasarkan Tabel 1. mayoritas sampel penelitian merupakan sampel yang berjenis kelamin perempuan sebesar 49 orang (50,5%). Berdasarkan distribusi frekuensi usia dapat dilihat dari 97 subjek penelitian, mayoritas subjek adalah usia 14 tahun yaitu berjumlah 34 orang (35,1%), usia 12 tahun sebanyak 25 orang (25,8%), usia 13 tahun diperoleh sebesar 29 orang (29,9%), dan usia 15 tahun berjumlah 9 orang (9,3%). Karakteristik subjek penelitian berdasarkan kualitas tidur mayoritasnya yaitu kualitas tidur yang buruk berjumlah 66 orang (68%), dan kualitas tidur baik sebesar 31 orang (32%). Karakteristik subjek penelitian berdasarkan tekanan darah sistolik mayoritasnya yaitu 100-120 mmHg sebanyak 71 orang (73,2%), 90 mmHg sebanyak 17 orang (7,5%), >120 mmHg sebanyak 9 orang (9,3%), dan mayoritas tekanan darah diastolik yaitu 70-80 mmHg sebanyak 68 orang (70,1%), 60 mmHg sebanyak 26 orang (26,8%), serta >80 mmHg sebanyak 3 orang (3,1%). Pengelompokkan tekanan darah pada penelitian ini

berdasarkan usia remaja. Hasil Uji Korelasi *Spearman's Rho* Hubungan Kualitas Tidur Terhadap Tekanan Darah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Korelasi *Spearman's Rho* Hubungan Kualitas Tidur Terhadap Tekanan Darah

Korelasi Variabel	Korelasi	Nilai p
Kualitas Tidur dengan Tekanan Darah	0,490	0,000

Berdasarkan Tabel 2. menunjukkan bahwa terdapat korelasi kualitas tidur dengan tekanan darah pada remaja. Hasil uji korelasi *spearman rho* nilai $p=0,000$ ($p<0,05$). Artinya bertambah baik kualitas tidur maka tekanan darah normal pada remaja, begitu sebaliknya. Selain nilai koefisien korelasi (r) berjumlah 0,490 artinya kualitas tidur memiliki korelasi yang cukup dengan tekanan darah.

DISKUSI

Karakteristik Sampel

Sampel pada penelitian ini yang sesuai *inclusion and exclusion criteria* berjumlah 97 orang. Karakteristik sampel penelitian ini memiliki jangkauan usia 12-15 tahun dengan mayoritas berusia 14 tahun yaitu sejumlah 34 orang (35,1%). Dari 97 orang, sampel perempuan berjumlah 49 orang (50,5%), sedangkan sampel laki-laki sebanyak 48 orang (49,5%).

Berdasarkan data penelitian yang sudah dilakukan subjek penelitian mayoritas mendapatkan kualitas tidur buruk berjumlah 66 orang (68%) dan sebanyak 31 orang (32%) dengan kualitas tidur yang baik. Adanya pandemi Covid-19 kualitas tidur remaja menurun sebesar 9,6%. Hal tersebut terjadi karena remaja dituntut untuk menyesuaikan diri terhadap kondisi pandemi, akibatnya remaja merasa jenuh, menimbulkan stres, dan menunda waktu tidur pada malam hari.¹⁵ Selain itu penurunan kualitas tidur pada remaja disebabkan tersedianya akses internet, peningkatan konsumsi kafein, jadwal serta tugas sekolah yang padat, sehingga mempengaruhi durasi tidur remaja.^{2,13,16}

Berdasarkan hasil penelitian pengukuran tekanan darah, remaja yang memiliki tekanan darah normal yaitu sebesar 29 orang (29,9%). Remaja dengan tekanan darah tidak normal berjumlah 68 orang yang terdiri dari 30 orang (30,9%) dengan hipertensi dan sebanyak 38 orang (39,2%) dengan hipotensi. Mayoritas tekanan darah sistolik 100-120 mmHg sebanyak 71 orang (73,2%), dan mayoritas tekanan darah diastolik yaitu 70-80 mmHg sebanyak 68 orang (70,1%). Pengelompokkan tekanan darah pada penelitian ini berdasarkan usia remaja menurut *American Academy of Pediatrics*. Remaja dengan usia 10-13 tahun dikategorikan hipotensi jika memiliki tekanan darah sebesar 90/60 mmHg dan dikategorikan hipertensi apabila mempunyai tekanan darah sebesar 115/80 mmHg. Remaja dengan usia 14-17 tahun dikategorikan hipotensi jika memiliki tekanan darah sebesar 105/73 mmHg dan dikategorikan hipertensi apabila mempunyai tekanan darah >120/80 mmHg.¹⁷

Hubungan Kualitas Tidur terhadap Tekanan Darah

Tabel 2. menggambarkan hasil analisis *non-parametric spearman's rho* didapatkan nilai p sejumlah 0,000 ($p<0,05$) artinya terdapat hubungan yang bermakna antara kualitas tidur dan tekanan darah pada remaja di SMP Al-dengan nilai (r) 0,490 atau korelasi cukup dan berbanding lurus. Sehingga semakin baik kualitas tidur maka tekanan darah pada remaja normal, begitu juga sebaliknya.

Kualitas tidur adalah peristiwa yang berhubungan dengan penilaian lama waktu tidur, efisiensi tidur, gangguan tidur, masa latensi tidur, dan konsumsi obat tidur. Sehingga Ketika domain tersebut terganggu maka menyebabkan penurunan kualitas tidur.¹⁸ Remaja dengan kualitas tidur buruk berisiko memiliki tekanan darah tidak normal dengan kategori hipotensi dan hipertensi.¹⁴

Berdasarkan hasil observasi oleh Luthfi et al. pada tahun 2017 ditemukan selisih tekanan darah sistolik sebesar 8,32 mmHg lebih tinggi pada remaja yang kualitas tidur buruk. Selisih tekanan darah diastolik 6,06 mmHg cenderung lebih tinggi pada remaja yang kualitas tidur buruk.¹² Didukung oleh penelitian yang dilaksanakan oleh Maghfirah pada tahun 2016 menunjukkan dengan jumlah responden sebanyak 71 orang diperoleh selisih *systolic blood pressure* dengan hasil $p=0,002$ antara kualitas tidur buruk dan baik pada remaja. Selanjutnya diperoleh selisih *diastolic blood pressure* antara kualitas tidur baik dan kualitas tidur buruk sebesar $p=0,001$.¹⁹

Gangguan tidur yang berlangsung secara berulang dan konsisten memicu gangguan fisiologis yaitu permasalahan sistem saraf yaitu parasimpatis dan simpatis.¹² Saraf simpatis memicu peningkatan *blood pressure* selain itu gangguan tidur menyebabkan adanya stresor akibatnya hormon epinefrin dan norepinefrin disekresikan oleh kelenjar medula adrenal sehingga terjadi vasokonstriksi pembuluh darah yaitu terjadi proses penyempitan pembuluh darah yang akhirnya dapat meningkatkan tekanan darah.^{12,20}

Pada penelitian ini ditemukan lebih banyak remaja dengan kondisi hipotensi sebanyak 38 orang (39,2%) dibandingkan kondisi hipertensi. Hipotensi terjadi ketika tekanan darah terlalu rendah akibat berkurangnya volume darah sehingga aliran darah ke organ vital menjadi berkurang. Darah yang dipompa dari jantung mengandung kaya oksigen dan nutrisi. Remaja dengan hipotensi ditandai dengan nyeri kepala ringan dan pusing.²¹

Pada penelitian ini subjek penelitian yang mengalami hipotensi didominasi oleh perempuan. Hipotensi lebih sering terjadi pada remaja perempuan akibat beberapa faktor salah satu diantaranya yaitu faktor hormonal. Hormon estrogen dan progesteron pada remaja perempuan memiliki peran yang penting untuk membantu pertumbuhan fisik dan perkembangan pada organ reproduksi. Laki-laki memiliki hormon estrogen dan progesteron dalam tubuh dengan jumlah lebih sedikit dibandingkan perempuan. Kadar estrogen yang tinggi pada remaja perempuan dapat menyebabkan proses vasodilatasi atau pelebaran pembuluh darah sehingga ketika aliran darah meningkat maka tekanan darah pada dinding pembuluh darah berkurang. Selain itu, ketika tingkat produksi hormon progesteron meningkat, tingkat aldosteron turun. Hal ini menyebabkan lebih banyak ekskresi cairan dan natrium melalui ginjal. Sehingga terjadi penurunan cairan dan natrium yang berpengaruh terhadap tekanan darah menjadi lebih rendah.²¹

Penelitian ini memiliki beberapa kekurangan yaitu belum menambahkan variabel kontrol lainnya seperti tingkat stres dan konsumsi garam.

Tingkat stres pada remaja yang berkelanjutan dapat mempengaruhi sistem adrenergik sehingga terjadi pelepasan katekolamin dan adrenalin. Hal tersebut mengakibatkan pembuluh darah mengalami penyempitan, denyut jantung meningkat, sehingga terjadi peningkatan *blood pressure*.⁴ Remaja saat ini cenderung mengkonsumsi makanan dengan kadar garam berlebih sehingga risiko hipertensi lebih tinggi karena konsentrasi natrium dalam sel meningkat.² Sehingga apabila faktor tersebut dikontrol akan mengurangi terjadinya bias pada penelitian.

SIMPULAN

Kesimpulan yang didapat pada hasil penelitian skripsi ini yaitu terdapat korelasi signifikan terkait kualitas tidur terhadap tekanan darah pada remaja SMP Al-Banna Denpasar dengan nilai koefisien korelasi cukup. Sehingga remaja disarankan untuk menerapkan pola tidur yang baik, memperbaiki manajemen waktu tidur, mengurangi tingkat stres dan kecemasan dengan aktivitas fisik atau olahraga secara rutin, serta menerapkan pola hidup sehat. Dapat dikembangkan penelitian ini dengan menambahkan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas tidur dan tekanan darah seperti aktivitas fisik dan tingkat stres.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sabiq, A, Fitriany, J. Tekanan Darah pada Remaja di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 2 Lhokseumawe. Published Online 2016.
2. Sapuat. Hubungan Kualitas Tidur dengan Perubahan Tekanan Darah pada Remaja. *Journal of Chemical Information and Modeling*. 2017;53(9):1689–1699.
3. Rifai, Achmad, GS. Hubungan Kualitas Tidur dengan Tekanan Darah pada Mahasiswa Tingkat Akhir Fisioterapi Universitas Muhammadiyah Malang. 2020;21(2):1–10.
4. Susilo, RD. Hubungan Antara Kualitas Tidur dengan Tekanan Darah pada Mahasiswa Semester VIII Program Studi Keperawatan Stikes Bhakti Husada Muliamadiun. Published Online 2017.
5. Astria, NKR. Gambaran Kualitas Tidur pada Lansia di Desa Adat Pecatu, Kecamatan Kuta Selatan, Kabupaten Badung Tahun 2016. Published Online 2016.
6. Rinda, Hariyanto, T, Ardiyani, VM, et al. Hubungan Kualitas Tidur dengan Tekanan Darah pada Remaja Putera di Asrama Sanggau Landungsari Malang. WHO, 2013. 2017;2:607–618.
7. Kurnianingtyas, B, Suyatno, S, Kartasurya, M, et al. Faktor Risiko Kejadian Hipertensi Pada Siswa Sma Di Kota Semarang Tahun 2016. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro*. 2017;5(2):70–77.
8. Rahmadani, O. Hubungan antara Pola Tidur terhadap Tekanan Darah pada Remaja SMA di Pondok Pesantren Al-Munawwir Krapyak Yogyakarta. Naskah Publikasi. Published Online 2017.
9. Siswanto, Y, Ambar, WS, Asyura, WA, et al. Hipertensi pada Remaja di Kabupaten Semarang. *JPPKMI*. 2020;1(1):11–16.
10. Kemenkes RI. Hasil Riset Kesehatan Dasar Tahun 2018. Kementerian Kesehatan RI. 2018;53(9):1689–1699.
11. Marda, N. Hubungan Kualitas Tidur dengan Tekanan Darah pada Remaja. *Jurnal Ilmiah Multi Science*. 2018;9(1).
12. Luthfi, BM, Azmi, S, Erkadius, E, et al. Hubungan Kualitas Tidur dengan Tekanan Darah pada Pelajar Kelas 2 SMA Negeri 10 Padang. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 2017;6(2):318.
13. Lumantow, I, Rompas, S, Onibala, F, et al. Hubungan Kualitas Tidur dengan Tekanan Darah pada Remaja di Desa Tombasian Atas Kecamatan Kawangkoan Barat. *Jurnal Keperawatan UNSRAT*. 2016;4(1):111237.
14. Kusumaningrum, W, Rosalina, R, Setyoningrum, U, et al. Hubungan Kualitas Tidur dengan Tekanan Darah. *Indonesian Journal of Nursing Research*. 2021;3(2):57.
15. Gupta. Changes in Sleep Pattern and Sleep Quality during Covid-19 Lockdown. *Indian Journal of Psychiatry*. 2020;6(2):370–378.
16. Pitaloka, RD, Utami, GT, Novayelinda, R, et al. Hubungan Kualitas Tidur dengan Tekanan Darah dan Kemampuan Konsentrasi Belajar Mahasiswa Program Studi Ilmu Keperawatan Universitas Riau. *Jurnal Online Mahasiswa*. 2015;2(2):1435–1443.
17. Flynn, JT, Kaelber, DC, Baker-Smith, CM, et al. Clinical Practice Guideline for Screening and Management of High Blood Pressure in Children and Adolescents. *Pediatrics*. 2017;140(3).
18. Indarwati. Hubungan Antara Kualitas Tidur Mahasiswa yang Mengikuti UKM dan Tidak Mengikuti UKM pada Mahasiswa Reguler Fakultas Ilmu Keperawatan. *Jurnal Kesehatan Universitas Indonesia*. Published 2012.
19. Magrifah, I. Hubungan Kualitas Tidur dengan Tekanan Darah pada Mahasiswi Program Studi S1. Published online 2016:103.
20. Gunawan, DH, Permana, TB, Naldi, Y, Primanagara, R, et al. Hubungan Antara Tingkat Stres dan Kualitas Tidur Terhadap Tekanan Darah pada Mahasiswa Tingkat Akhir Fakultas Kedokteran Unswagati Tahun Akademik 2015/2016. *Tunas Medika Jurnal Kedokteran & Kesehatan*. 2020;5(1).
21. Winarto. Asuhan Keperawatan pada Pasien Penyakit Hipotensi dengan Masalah Keperawatan Risiko Jatuh di Desa Wirogunan Kota Pasuruan. *Politeknik Kesehatan Kerta Cendekia*. Published 2017.



Karya ini dilisensikan dibawah [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).