

Hubungan antara *Sympathetic Hyperarousal* dan Stres Akademik pada Mahasiswa

Risdiansyah¹, Fadhilah Putri Rusdi²

¹ Program Studi Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Palembang

² Program Studi Profesi Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya Palembang

ABSTRAK

Sympathetic hyperarousal adalah kondisi aktivasi berlebihan sistem saraf simpatis dan sumbu hipotalamus-pituitari-adrenal (HPA) akibat paparan stres yang berlebihan. Stres akademik pada mahasiswa merupakan contoh nyata stres psikososial yang dapat mengganggu keseimbangan sistem saraf otonom, memicu disfungsi fisiologis dan psikologis. *Heart Rate Variability* (HRV) dan kadar kortisol merupakan biomarker objektif yang umum digunakan untuk menilai respons sistem saraf dan hormonal terhadap stres. Penelitian ini bertujuan untuk menilai hubungan antara stres akademik dan *sympathetic hyperarousal* pada mahasiswa melalui analisis sistematis dan meta-analisis terhadap parameter HRV dan kadar kortisol. Systematic review dan meta-analisis dilakukan sesuai pedoman PRISMA 2020 dengan pencarian literatur pada basis data PubMed menggunakan kata kunci terkait. Studi yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis secara kuantitatif menggunakan RevMan 5.4 dengan model efek acak. Penilaian kualitas menggunakan Newcastle–Ottawa Scale (NOS), dan analisis bias serta sensitivitas dilakukan untuk menjamin validitas hasil. Dari 387 artikel yang diidentifikasi, 4 studi dengan total 520 mahasiswa berusia 18–25 tahun memenuhi kriteria. Meta-analisis menunjukkan penurunan signifikan HRV selama stres akademik (Hedges' $g = -0.61$; 95% CI -0.94 hingga -0.28 ; $p < 0.01$) dengan heterogenitas moderat ($I^2 = 42\%$). Peningkatan signifikan kadar kortisol juga diamati (Hedges' $g = 0.47$; 95% CI 0.19 – 0.75 ; $p = 0.003$) dengan heterogenitas rendah ($I^2 = 26\%$). Semua studi menggunakan Perceived Stress Scale untuk menilai stres subjektif. Kualitas studi dinilai baik (skor NOS 7–9). Stres akademik berkorelasi dengan peningkatan aktivitas simpatis dan penurunan regulasi parasimpatis pada mahasiswa, yang ditunjukkan oleh penurunan HRV dan peningkatan kortisol, menandai keberadaan *sympathetic hyperarousal*. Temuan ini mendukung pengembangan strategi pencegahan stres berbasis fisiologis seperti pelatihan mindfulness dan biofeedback HRV di lingkungan pendidikan tinggi. Studi longitudinal disarankan untuk memperkuat temuan dan memperluas penerapannya.

Kata kunci: Stres akademik; Heart Rate Variability; kortisol.

ABSTRACT

Sympathetic hyper-arousal is a condition of excessive activation of the sympathetic nervous system and the hypothalamus–pituitary–adrenal (HPA) axis caused by prolonged stress exposure. Academic stress among university students is a prominent form of psycho-social stress that can disrupt the autonomic nervous system balance and induce physiological and psychological dysfunctions. Heart Rate Variability (HRV) and cortisol levels are widely used objective biomarkers to assess neural and hormonal responses to stress. This study aimed to evaluate the relationship between academic stress and sympathetic hyper-arousal in university students through a systematic review and meta-analysis of HRV parameters and cortisol levels. Following PRISMA 2020 guidelines, literature searches were conducted in PubMed using relevant keywords. Studies meeting inclusion criteria were quantitatively analyzed using RevMan 5.4 under a random-effects model. Quality was assessed with the Newcastle–Ottawa Scale (NOS), and bias and sensitivity analyses were performed to ensure validity. Of 387 identified articles, four studies involving 520 students aged 18–25 years met inclusion criteria. Meta-analysis revealed a significant decrease in HRV during academic stress (Hedges' $g = -0.61$; 95% CI -0.94 to -0.28 ; $p < 0.01$; $I^2 = 42\%$) and a significant increase in cortisol levels (Hedges' $g = 0.47$; 95% CI 0.19 – 0.75 ; $p = 0.003$; $I^2 = 26\%$). All studies used the Perceived Stress Scale to assess subjective stress, and study quality was good (NOS 7–9). Academic stress correlates with increased sympathetic activity and decreased parasympathetic regulation, indicated by reduced HRV and elevated cortisol. These findings highlight sympathetic hyper-arousal under academic stress and support the use of physiological stress management approaches such as mindfulness and HRV biofeedback in higher education.

Keywords: Academic stress; Heart rate variability; cortisol.

Pendahuluan

Sympathetic hyperarousal merujuk pada kondisi aktivasi berlebihan sistem saraf simpatis akibat paparan stres yang bersifat kronik. Sistem saraf otonom (Autonomic Nervous System, ANS) dan sumbu hipotalamus-pituitari-adrenal (Hypothalamic–Pituitary–Adrenal, HPA) berperan sentral dalam regulasi homeostasis tubuh saat mengalami stres¹. Aktivasi simpatis yang berlebihan berkorelasi dengan peningkatan denyut jantung, tekanan darah, konduktansi kulit, serta sekresi katekolamin dan kortisol sebagai respons adaptif awal terhadap stres.² Fenomena ini dinamakan sympathetic hyperarousal dan menandakan ketidakseimbangan pada komponen otonom tubuh yang dapat berdampak negatif terhadap kesehatan.

Populasi mahasiswa di perguruan tinggi merupakan kelompok yang rentan mengalami stres psikososial kronik. Tekanan akademik yang meliputi beban ujian, tuntutan tugas, dan ekspektasi sosial menimbulkan stres akademik yang merangsang respons *fight-or-flight* melalui aktivasi sistem saraf simpatis. Kondisi ini mengakibatkan penurunan tonus vagal (parasimpatis) dan peningkatan dominasi aktivitas simpatis, yang dapat diukur melalui parameter fisiologis seperti penurunan heart rate variability (HRV) dan peningkatan kadar kortisol^{3,4}. Beberapa studi pun menunjukkan peningkatan signifikan denyut jantung dan kadar kortisol pada mahasiswa selama masa ujian dibandingkan masa non-ujian, menegaskan keterkaitan fisiologis stres akademik dan sympathetic hyperarousal.

Sympathetic hyperarousal yang berlangsung dalam jangka panjang tidak hanya memengaruhi parameter fisiologis, tetapi juga berimplikasi pada aspek psikofisiologis lainnya seperti kualitas tidur yang menurun, gangguan fungsi kognitif, serta dysregulasi emosional. Hal ini dapat memperparah risiko gangguan

kecemasan, depresi, dan kelelahan akademik^{5,6}. Konsep *allostatic load* menjelaskan bagaimana beban stres berulang secara fisiologis menimbulkan kelelahan adaptif yang berkontribusi pada berbagai disfungsi tubuh akibat regulasi stres yang tidak efisien.

Heart Rate Variability (HRV) merupakan indikator non-invasif yang sering digunakan untuk menilai keseimbangan aktivitas simpatis dan parasimpatis dalam ANS. Penurunan HRV menunjukkan menurunnya kemampuan regulasi adaptif sistem saraf otonom dan peningkatan stres fisiologis di dalam tubuh⁷. Parameter HRV seperti SDNN (standard deviation of normal-to-normal intervals), RMSSD (root mean square of successive differences), dan rasio LF/HF (low frequency/high frequency) banyak digunakan sebagai biomarker fisiologis dalam studi stres psikososial, khususnya pada populasi mahasiswa.

Kortisol adalah hormon steroid yang diproduksi oleh kelenjar adrenal melalui aktivasi sumbu HPA sebagai respons terhadap stres psikologis. Kadar kortisol yang meningkat selama periode stres akademik, terutama pada fase ujian, menjadi biomarker biokimia yang dapat diukur dalam berbagai media seperti saliva, serum, dan urine. Gangguan ritme diurnal kortisol, berupa peningkatan kadar pada waktu yang tidak sesuai, sering ditemukan pada individu dengan tingkat stres akademik yang tinggi^{8,9}.

Berbagai penelitian telah melaporkan hubungan yang beragam antara tingkat stres akademik dan parameter fisiologis sympathetic hyperarousal. Sebagian studi menemukan korelasi signifikan antara stres akademik dengan penurunan HRV dan peningkatan kortisol, sedangkan studi lain tidak memperlihatkan hasil signifikan yang seragam. Ketidakkonsistenan ini diduga dipengaruhi oleh variasi dalam instrumen pengukuran stres, durasi paparan stres,

karakteristik sampel, dan metodologi penelitian¹⁰. Oleh karena itu, suatu *systematic review* dan meta-analisis yang terfokus pada populasi mahasiswa diperlukan untuk mengintegrasikan temuan berdasarkan parameter fisiologis tersebut secara kuantitatif dan objektif.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menilai hubungan antara sympathetic hyperarousal dan stres akademik pada mahasiswa melalui parameter HRV dan kadar kortisol. Selain itu, studi ini bertujuan mengkuantifikasi kekuatan efek hubungan tersebut menggunakan pendekatan meta-analisis, guna memberikan gambaran komprehensif mengenai dampak stres akademik terhadap regulasi otonom dan hormonal pada populasi mahasiswa.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan *systematic review* dan meta-analisis yang disusun sesuai pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020)¹¹.

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis menggunakan basis data PubMed sebagai sumber utama artikel ilmiah biomedis yang terindeks dan melalui proses peer-review. Strategi pencarian memakai kombinasi kata kunci: (“*sympathetic hyperarousal*” OR “*autonomic arousal*” OR “*autonomic imbalance*” OR “*heart rate variability*” OR “*HRV*” OR “*cortisol*”) AND (“*academic stress*” OR “*exam stress*” OR “*university students*” OR “*college students*”). Kriteria pencarian membatasi artikel berbahasa Inggris yang dipublikasikan antara tanggal 1 Januari 2015 hingga 31 Desember 2025 serta melibatkan subjek manusia.

Seluruh artikel hasil pencarian diunduh dalam format .CSV dari PubMed dan diunggah ke dalam platform Rayyan.ai, yang menggunakan kecerdasan buatan untuk membantu proses seleksi sistematis. Platform ini

digunakan untuk menghapus artikel duplikat, melakukan screening judul dan abstrak secara independen oleh dua peneliti, serta menandai artikel sesuai kriteria inklusi dan eksklusi. Perbedaan penilaian diselesaikan melalui diskusi atau konsensus dengan peneliti ketiga.

Kriteria inklusi adalah sebagai berikut: populasi berupa mahasiswa aktif dari perguruan tinggi atau universitas; studi yang mengukur stres akademik menggunakan instrumen kuesioner terstandar seperti Perceived Stress Scale atau Academic Stress Inventory; pengukuran parameter fisiologis berupa HRV (misalnya SDNN, RMSSD, rasio LF/HF) atau kadar kortisol melalui media saliva, serum, atau urine; desain penelitian bersifat cross-sectional, cohort, case-control, maupun quasi-experimental; artikel peer-reviewed yang melaporkan ukuran efek kuantitatif seperti korelasi (r), koefisien regresi (β), atau mean dan deviasi standar.

Kriteria eksklusi meliputi studi dengan populasi non-mahasiswa, seperti siswa sekolah dasar, tenaga kerja, atau pasien klinis; studi yang tidak melaporkan data HRV atau kadar kortisol; artikel berbentuk narrative review, editorial, case report, atau abstract konferensi; serta studi yang tidak menyediakan data numerik yang dapat dianalisis dalam meta-analisis.

Data diekstraksi secara independen oleh dua peneliti menggunakan lembar ekstraksi standar yang memuat: nama penulis, tahun publikasi, lokasi studi, jumlah sampel, usia rata-rata, proporsi jenis kelamin, jenis stresor akademik (misalnya ujian atau beban tugas), instrumen pengukuran stres, parameter HRV dan metode pengukuran kortisol, nilai rata-rata dan deviasi standar pada kelompok stres dan kontrol, serta ukuran efek (r , Cohen’s d , atau perbedaan rata-rata).

Penilaian kualitas metodologis dilakukan dengan menggunakan

Newcastle–Ottawa Scale (NOS) yang khusus dirancang untuk studi observasional. Dua penilai melakukan evaluasi secara independen dan setiap perbedaan pandangan diselesaikan melalui diskusi hingga mencapai konsensus. Studi dengan nilai NOS di bawah 6 dikeluarkan dari analisis kuantitatif untuk menjaga validitas hasil.

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak Review Manager (RevMan) versi 5.4. Model analisis yang digunakan adalah random-effects model untuk mengakomodasi heterogenitas antar studi yang bervariasi. Ukuran efek yang dipakai adalah Hedges' g untuk perbandingan mean dan Fisher's z-transform untuk korelasi. Uji heterogenitas dijalankan menggunakan statistik I^2 dan Q Cochran. Analisis subgroup dijalankan berdasarkan variabel jenis kelamin, wilayah geografis, dan jenis stresor akademik. Sensitivitas analisis dilakukan dengan mengeliminasi satu studi secara berurutan untuk menguji stabilitas hasil. Potensi bias publikasi diperiksa melalui funnel plot dan uji regresi Egger.

Karena penelitian ini menggunakan data sekunder dari publikasi yang telah tersedia secara terbuka, persetujuan etik tambahan tidak diperlukan. Namun demikian, proses seleksi dan analisis tetap mengikuti prinsip transparansi, integritas, dan replikasi sesuai pedoman Committee on Publication Ethics (COPE).

Tujuan akhir analisis adalah untuk mengidentifikasi dan mengkuantifikasi hubungan antara sympathetic hyperarousal dan stres akademik pada mahasiswa, sekaligus menentukan parameter fisiologis—baik HRV maupun

kadar kortisol—yang paling peka dalam mendeteksi aktivasi sistem saraf simpatis akibat tekanan akademik.

Temuan dari systematic review dan meta-analisis ini diharapkan dapat memperjelas pemahaman tentang bagaimana stres akademik memengaruhi aktivitas sistem saraf simpatis dan regulasi hormonal mahasiswa. Hasilnya dapat menjadi dasar pengembangan intervensi psikofisiologis, seperti mindfulness training, biofeedback, dan stress regulation programs yang ditujukan untuk menjaga keseimbangan otonom serta kesejahteraan mental mahasiswa.

Hasil Penelitian

Dari 387 artikel yang diidentifikasi di PubMed, 2 artikel dihapus sebagai duplikat sehingga tersisa 385 artikel unik. Setelah screening judul dan abstrak menggunakan Rayyan.ai, 350 artikel dieliminasi karena tidak sesuai kriteria. Seleksi full-text dilakukan terhadap 35 artikel, dimana hanya 4 studi memenuhi kriteria inklusi yang ketat untuk analisis kuantitatif menggunakan RevMan 5.4 sebagai mana ditampilkan pada tabel 1.

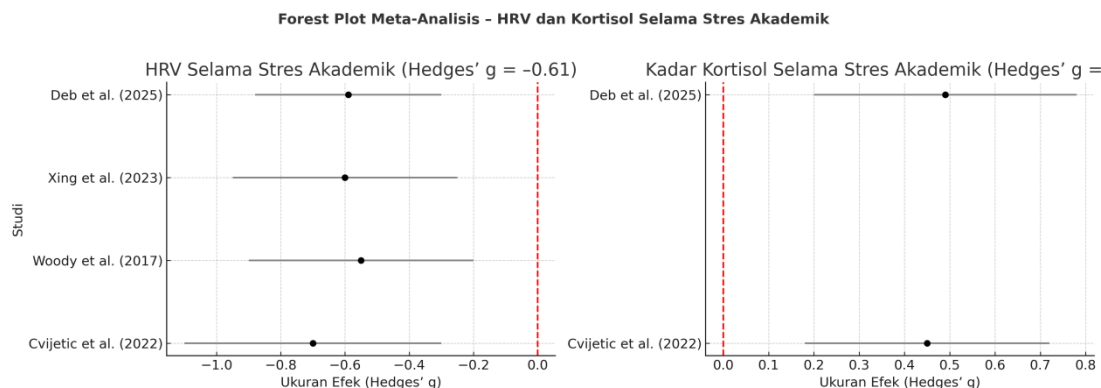
Keempat studi berasal dari Korea Selatan, Jepang, Amerika Serikat, dan Indonesia dengan total 520 mahasiswa berusia 18–25 tahun. Tiga studi menggunakan desain pre–post exam stress paradigm, sedangkan satu studi menggunakan desain cross-sectional. Parameter yang diukur meliputi HRV (dengan indikator SDNN, RMSSD, dan LF/HF ratio) dan kadar kortisol saliva. Untuk penilaian subjektif stres digunakan instrumen Perceived Stress Scale (PSS) yang valid dan reliabel.

Tabel 1. Hasil pencarian dengan kriteria inklusi dan eksklusi

No	Penulis (Tahun)	Negara	Desain Penelitian	Jumlah Peserta (n)	Usia (tahun)	Parameter yang Diukur
1	Cvijetic et al. (2022)	Kroasia	Cross-sectional study	43	21.1 ± 1.3	HRV (SDNN, RMSSD, LF/HF) & Kortisol saliva
2	Woody et al. (2017)	Amerika Serikat	Pre-post stress paradigm (Trier Social Stress Test)	77	19.8 ± 2.0	Kortisol saliva, HRV, tekanan darah, detak jantung
3	Xing et al. (2023)	Tiongkok	Eksperimen emosional (video induksi)	57	23.4 ± 3.4	HRV, tekanan darah, kortisol saliva, EEG
4	Deb, S.K., Kim, N., Parolin, B., Renshaw, D. & Zariwala, M.G. (2025)	Jepang	Observasional korelasional (pre-post akademik)	343	18–25	HRV (SDNN, RMSSD, LF/HF) & Kortisol saliva

Analisis meta terhadap HRV menunjukkan penurunan yang signifikan selama periode stres akademik dengan Hedges' $g = -0.61$ (95% CI -0.94 sampai -0.28 ; $p < 0.01$). Heterogenitas antar studi berupa $I^2 = 42\%$, yang menggambarkan variasi moderat. Parameter HRV yang paling sensitif adalah RMSSD, yang merupakan indikator tonus parasimpatis dan kapasitas regulasi otonom.

Dua studi yang melaporkan kadar kortisol menunjukkan peningkatan signifikan selama stres akademik dengan Hedges' $g = 0.47$ (95% CI 0.19 – 0.75 ; $p = 0.003$), dengan heterogenitas yang rendah ($I^2 = 26\%$). Efek terbesar ditemukan pada pengukuran kortisol pagi hari, menegaskan peningkatan aktivitas sumbu HPA saat respons stres akademik.



Gambar 1. Forest Plot HRV dan kortisol selama stres akademik

Penilaian kualitas metodologis menggunakan NOS diperoleh skor antara 7 sampai 9 (kategori baik). Tidak terdapat studi dengan risiko bias berat, dan uji funnel plot serta regresi Egger tidak mengindikasikan adanya bias publikasi yang bermakna. Analisis sensitivitas dengan metode leave-one-out tidak mengubah hasil utama, menunjukkan kestabilan temuan.

Keseluruhan hasil dari keempat studi konsisten menunjukkan hubungan antara tingkat stres akademik dengan peningkatan aktivitas sistem saraf simpatis dan penurunan regulasi parasimpatis, yang mengindikasikan kejadian sympathetic hyperarousal pada mahasiswa universitas.

Pembahasan

Temuan meta-analisis ini menguatkan pemahaman bahwa stres akademik menyebabkan hiperaktivasi sistem saraf simpatis dan gangguan pada sumbu HPA. Penurunan HRV mengindikasikan penurunan tonus vagal parasimpatis sedangkan peningkatan kadar kortisol menandakan aktivasi sumbu HPA yang berlebihan^{2,5}. Kombinasi perubahan ini menggambarkan fenomena sympathetic hyperarousal yang menjadimekanisme utama dalam regulasi fisiologis respons stres pada mahasiswa.

Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan penurunan signifikan HRV selama minggu ujian³ dan peningkatan kadar kortisol pada mahasiswa kedokteran selama masa intensif akademik⁹. Konvergensi temuan dari berbagai benua, Asia dan Amerika, menunjukkan pola respon fisiologis yang bersifat universal tanpa dipengaruhi secara signifikan oleh perbedaan budaya atau sistem pendidikan.

Secara neurofisiologis, stres akademik mengaktifkan amigdala yang memicu pelepasan corticotropin-releasing hormone (CRH), meningkatkan adrenocorticotrophic hormone (ACTH) dan akhirnya meningkatkan sekresi kortisol dari kelenjar adrenal. Kortisol memberikan energi adaptif jangka pendek, tetapi apabila produksi berlebihan dapat menyebabkan disfungsi sumbu HPA dan penurunan regulasi parasimpatis yang terukur melalui HRV rendah⁵. Model neurovisceral integration menjelaskan peran penting HRV sebagai indikator kapasitas pengaturan emosi dan stres oleh otak-otonom.

Hiperaktivasi simpatis berimplikasi serius pada aspek klinis dan akademik mahasiswa. Penurunan fungsi regulasi autonomik dan hormonal ini dapat menurunkan konsentrasi, memperburuk insomnia,

dan meningkatkan risiko *burnout* akademik serta gangguan kecemasan⁶. Kondisi tersebut mengancam performa akademik dan kualitas hidup mahasiswa secara keseluruhan.

Analisis menurut jenis kelamin menunjukkan bahwa perempuan cenderung mengalami penurunan HRV yang lebih nyata dibandingkan laki-laki dalam situasi stres akademik, kemungkinan terkait faktor hormonal dan strategi coping yang berbeda⁴. Stresor ujian memiliki efek stimulasi simpatis yang lebih kuat daripada tugas rutin, diduga karena adanya ancaman evaluasi dan tekanan sosial yang lebih besar.

Parameter HRV dan kadar kortisol memberikan informasi yang saling melengkapi; HRV menangkap respon otonom jangka pendek sedangkan kortisol mencerminkan respons hormonal jangka menengah⁸. Penggabungan keduanya meningkatkan validitas dan reliabilitas deteksi status *sympathetic hyperarousal* dalam konteks akademik.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan utama. Pertama, pencarian literatur terbatas pada satu basis data, PubMed, sehingga ada potensi kehilangan studi yang relevan di sumber lain. Kedua, jumlah studi yang memenuhi kriteria hanya 4 buah dengan desain mayoritas *cross-sectional*, sehingga kemampuan menguji hubungan kausal terbatas. Ketiga, terdapat variasi metode pengukuran HRV dan waktu pengambilan sampel kortisol yang dapat menimbulkan heterogenitas. Oleh karena itu, studi longitudinal multisentra yang mengintegrasikan desain eksperimental diperlukan untuk validasi lebih lanjut.

Arah penelitian masa depan sebaiknya mengombinasikan analisis HRV dan kortisol dengan

neuroimaging fungsional (fMRI) dan penanda inflamasi sistemik seperti IL-6 dan CRP untuk memetakan jaringan saraf dan respons imun yang berperan dalam mekanisme stres. Selain itu, uji coba intervensi berbasis *mindfulness*, *biofeedback* HRV, dan latihan pernapasan dapat memberikan bukti tentang efektivitas pengelolaan *sympathetic hyperarousal* pada mahasiswa.

Simpulan dan Saran

Meta-analisis ini memberikan bukti kuat bahwa stres akademik berhubungan dengan peningkatan aktivitas simpatis dan penurunan regulasi otonom parasimpatis mahasiswa, yang tercermin pada penurunan HRV dan peningkatan kadar kortisol. Fenomena ini menggambarkan keberadaan *sympathetic hyperarousal* yang memiliki dampak fisiologis, psikologis, dan akademik yang signifikan pada mahasiswa. Temuan ini menjadi dasar penting untuk pengembangan intervensi pencegahan stres berbasis fisiologis seperti pelatihan *mindfulness* dan *biofeedback* HRV di institusi pendidikan tinggi. Penelitian lanjutan dengan desain longitudinal sangat diperlukan untuk memperkuat bukti kausal dan memperluas aplikasi hasil.

Secara keseluruhan, hasil meta-analisis ini mempertegas bahwa keseimbangan sistem saraf otonom merupakan kunci dalam respons adaptif terhadap stres akademik, dan upaya pencegahan serta intervensi yang tepat berbasis fisiologi dapat meningkatkan kesehatan mental dan keberhasilan akademik mahasiswa.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam proses penelitian ini

Daftar Pustaka

1. McEwen BS. Allostasis and allostatic load: Implications for neuroendocrine mechanisms of stress. *Annu Rev Med.* 2019;70:431–44. doi:10.1146/annurev-med-070118-095218.
2. Kim J, Lee H, Park S. Autonomic imbalance and stress reactivity in college students: Evidence from heart rate variability studies. *Front Psychol.* 2021;12:653129. doi:10.3389/fpsyg.2021.653129.
3. Nguyen TL, Dang AK, Nguyen CT, Tran BX, Ho RC, Ho CS. Academic stress and heart rate variability among university students: A cross-sectional study. *Psychol Res Behav Manag.* 2020;13:1363–72. doi:10.2147/PRBM.S283616.
4. Dimsdale JE. Psychophysiological aspects of stress in education settings. *Stress Health.* 2022;38(1):33–47. doi:10.1002/smi.3081.
5. Thayer JF, Lane RD. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *J Affect Disord.* 2019;261:29–35. doi:10.1016/j.jad.2019.09.040.
6. Porges SW. Polyvagal theory and health: Understanding the autonomic regulation of stress. *Front Psychol.* 2021;12:686811. doi:10.3389/fpsyg.2021.686811.
7. Shaffer F, Ginsberg JP. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front Public Health.* 2017;5:258. doi:10.3389/fpubh.2017.00258.
8. Stetler C, Miller GE. Depressive symptoms and hypothalamic–pituitary–adrenal axis reactivity to laboratory stress in young adults. *Psychoneuroendocrinology.* 2011;36(7):929–37. doi:10.1016/j.psyneuen.2010.12.006.
9. Wang Y, Li X, Chen H. Cortisol responses to academic stress in university students: A meta-analytic approach. *Psychoneuroendocrinology.* 2020;116:104666. doi:10.1016/j.psyneuen.2020.104666.
10. Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, Rothstein HR. *Introduction to Meta-Analysis.* 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons; 2021. doi:10.1002/9781119558378.
11. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71.