

SUPLEMENTASI KREATIN DAN PERFORMA KOGNITIF PADA KONDISI DEPRIVASI TIDUR: TINJAUAN SISTEMATIS

Oleh

Muhammad Abdul Lathif Kariim

Universitas Pertahanan RI

E-mail: lathifkariim@gmail.com

Article History:

Received: 27-11-2025

Revised: 22-11-2025

Accepted: 30-12-2025

Keywords:

Creatine; Sleep

Deprivation;

Cognitive Function;

Nutritional

Supplementation;

Systematic Review

Abstract: Background: Sleep deprivation is an increasingly common condition in modern society, particularly among populations with high work demands such as healthcare workers and shift workers. This condition is known to adversely affect cognitive function, especially attention, working memory, and processing speed. Creatine, which plays a role in brain bioenergetics through the creatine-phosphocreatine system, has been proposed as a nutritional intervention to help maintain cognitive function during metabolic stress conditions such as sleep deprivation.

Objective: This systematic review aimed to evaluate the effects of creatine supplementation on cognitive performance in healthy adults experiencing sleep deprivation. **Methods:** A systematic literature search was conducted in PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar in accordance with the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines. Included studies were randomized controlled trials that investigated creatine supplementation under conditions of sleep deprivation and reported cognitive outcomes. Data were extracted and synthesized narratively due to the limited number of studies and heterogeneity in study designs. **Results:** Three randomized controlled trials met the inclusion criteria. Overall, creatine supplementation demonstrated a protective effect against sleep deprivation-induced cognitive decline, particularly in energy-sensitive cognitive domains such as reaction time, attention, working memory, and processing speed. However, not all cognitive outcomes showed statistically significant differences, indicating that the effects of creatine are selective. Additional evidence suggested that improvements in cognitive performance were associated with increased levels of high-energy phosphate compounds in the brain. **Conclusion:** Creatine supplementation shows potential as a supportive nutritional strategy to preserve cognitive function during sleep deprivation, although the available evidence remains limited and heterogeneous. Further well-designed studies with larger sample sizes, standardized protocols, and real-world populations are needed to strengthen the clinical implications of these findings.

PENDAHULUAN

Deprivasi tidur merupakan masalah kesehatan masyarakat yang semakin meningkat pada masyarakat modern, terutama dipicu oleh tuntutan pekerjaan seperti kerja malam, sistem kerja shift, dan jam kerja yang panjang. Kerja shift menyebabkan gangguan ritme sirkadian dan penurunan kualitas tidur yang persisten, yang pada akhirnya meningkatkan risiko kelelahan serta gangguan fungsi kognitif pada pekerja dewasa. Gangguan sistem sirkadian ini telah diidentifikasi sebagai mekanisme utama yang menghubungkan kerja shift dengan penurunan performa kognitif (Boivin et al., 2022; Moosavi et al., 2025).

Bukti epidemiologis dari studi populasi dan meta-analisis observasional menunjukkan bahwa pekerja shift dan pekerja malam secara konsisten memiliki performa kognitif yang lebih rendah dibandingkan pekerja non-shift. Meta-analisis besar melaporkan penurunan bermakna pada berbagai domain kognitif, termasuk perhatian, kecepatan pemrosesan, memori kerja, dan fungsi eksekutif. Temuan ini diperkuat oleh meta-analisis terbaru yang menunjukkan bahwa deprivasi tidur, baik total maupun parsial, secara konsisten memperlambat *reaction time* dan menurunkan akurasi pada fungsi eksekutif inti, terutama *working memory* dan *inhibitory control*, dengan besar efek sedang hingga besar. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa dampak kognitif deprivasi tidur bukan sekadar fenomena sementara di lingkungan laboratorium, melainkan masalah nyata dan signifikan pada populasi kerja (Cao et al., 2025; Vlasak et al., 2022).

Relevansi klinis temuan tersebut diperkuat oleh studi dunia nyata pada tenaga kesehatan dan pekerja sektor lain. Penelitian pada perawat unit perawatan intensif menunjukkan bahwa kerja shift malam berhubungan dengan penurunan atensi dan memori kerja, serta perubahan fisiologis otak berupa penurunan oksigenasi serebral selama jam kerja. Bukti serupa juga ditemukan pada pekerja non-kesehatan, seperti pekerja tambang, serta pada tenaga kesehatan di Indonesia, di mana pola kerja shift yang tidak teratur dan kualitas tidur yang buruk berhubungan dengan peningkatan risiko gangguan fungsi kognitif. Temuan-temuan ini menegaskan bahwa deprivasi tidur merupakan kondisi stres kognitif yang relevan secara klinis dan operasional (Malau et al., 2024; Xie et al., 2025; Zhao et al., 2021).

Secara biologis, otak merupakan organ dengan kebutuhan energi yang sangat tinggi dan sangat bergantung pada ketersediaan adenosine triphosphate (ATP) untuk mempertahankan fungsi kognitif. Salah satu mekanisme utama yang berperan dalam menjaga homeostasis energi otak adalah sistem creatine-phosphocreatine (PCr)-creatine kinase, yang berfungsi sebagai energy buffer cepat untuk meregenerasi ATP ketika kebutuhan energi meningkat secara mendadak. Sistem ini memungkinkan otak mempertahankan fungsi neuronal selama kondisi stres metabolik, termasuk gangguan tidur dan deprivasi tidur (Candow et al., 2025; Roschel et al., 2021).

Deprivasi tidur diketahui meningkatkan beban metabolik otak dan mengganggu keseimbangan energi neuronal, yang berkontribusi langsung terhadap penurunan performa kognitif. Dalam konteks ini, sistem creatine-PCr menjadi relevan karena berperan dalam mempertahankan rasio ATP/ADP dan mendukung proses kognitif yang sensitif terhadap stres energi, seperti atensi, memori kerja, dan fungsi eksekutif. Oleh karena itu, creatine dipandang sebagai kandidat intervensi yang secara biologis masuk akal untuk memitigasi penurunan fungsi kognitif akibat deprivasi tidur (Candow et al., 2023, 2025).

Bukti eksperimental terbaru mendukung kerangka teoritis tersebut. Studi intervensi pada manusia menunjukkan bahwa suplementasi kreatin dosis akut dapat meningkatkan senyawa fosfat berenergi tinggi di otak serta memperbaiki performa kognitif selama kondisi deprivasi tidur, memberikan dasar biologis yang kuat untuk evaluasi lebih lanjut (Nejad et al., 2024).

Kebutuhan otak terhadap kreatin didukung kuat oleh keberadaan human creatine transporter (hCRT) yang dikodekan oleh gen SLC6A8, yang berperan sebagai mekanisme utama pemasukan kreatin ke dalam jaringan otak melalui sawar darah-otak. Transporter ini bersifat esensial karena neuron dan astrosit tidak sepenuhnya bergantung pada sintesis kreatin lokal, melainkan memerlukan pasokan kreatin dari sirkulasi untuk mempertahankan homeostasis energi. Bukti klinis menunjukkan bahwa gangguan fungsi hCRT, seperti pada X-linked creatine transporter deficiency, menyebabkan penurunan kadar kreatin otak yang nyata disertai gangguan neurologis berat, termasuk keterlambatan perkembangan kognitif, gangguan bicara, dan kejang, meskipun sintesis kreatin perifer tetap berlangsung normal. Temuan struktural dan klinis ini menegaskan bahwa ketersediaan kreatin di otak bukan sekadar faktor pendukung, melainkan merupakan prasyarat biologis fundamental bagi fungsi energi neuronal dan integritas fungsi kognitif (J. Li & Xu, 2023; Yuan et al., 2025).

Selain mekanisme energi intraseluler neuron, deprivasi tidur juga memengaruhi sistem pendukung metabolik otak yang dimediasi oleh astrosit. Astrosit berperan dalam penyimpanan glikogen dan penyediaan substrat energi bagi neuron melalui mekanisme astrocyte-neuron lactate shuttle. Gangguan fungsi astrosit dan metabolisme glikogen selama deprivasi tidur berkontribusi terhadap ketidakstabilan homeostasis energi otak, yang semakin memperberat disfungsi kognitif (Bellier et al., 2025; Y. Li et al., 2023).

METODE PENELITIAN

1. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan tinjauan sistematis (systematic literature review) yang bertujuan untuk mengevaluasi efek suplementasi kreatin terhadap fungsi kognitif pada kondisi deprivasi tidur pada populasi dewasa. Tinjauan ini disusun dan dilaporkan sesuai dengan pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA).

2. Strategi Pencarian Data (Search Strategy)

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis menggunakan basis data PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar untuk mengidentifikasi studi yang relevan. Strategi pencarian disusun berdasarkan kerangka PICO dan dikombinasikan menggunakan operator Boolean. Kata kunci yang digunakan pada PubMed adalah (*creatine OR "creatine monohydrate"*) AND (*"sleep deprivation" OR "sleep loss" OR "sleep restriction"*) AND (*cognition OR "cognitive performance" OR "executive function" OR "working memory" OR "reaction time"*). Pada ScienceDirect, strategi pencarian disederhanakan menjadi (*creatine OR "creatine monohydrate"*) AND *"sleep deprivation"* AND (*cognitive OR cognition OR "cognitive performance"*) karena adanya keterbatasan jumlah maksimum operator Boolean yang diperbolehkan oleh database tersebut. Sementara itu, pencarian pada Google Scholar dilakukan menggunakan frasa *creatine "sleep deprivation" cognition* dengan penekanan pada judul artikel (*intitle:creatine "sleep deprivation"*) serta pengecualian istilah yang tidak relevan

(-review, -rats, -mice, -depression) untuk meningkatkan presisi hasil pencarian. Selain itu, penelusuran manual pada daftar referensi artikel terpilih juga dilakukan untuk mengidentifikasi studi tambahan yang relevan.

3. Kriteria eligibilitas

Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah: 1) Artikel berupa studi primer dengan desain randomized controlled trial (RCT), 2) Penelitian dilakukan pada subjek manusia dewasa, 3) Intervensi berupa suplementasi kreatin, baik creatine monohydrate maupun bentuk lain, 4) Penelitian melibatkan kondisi deprivasi tidur, baik total maupun parsial, 5) Artikel melaporkan outcome fungsi kognitif, meliputi atensi/vigilance, memori kerja, fungsi eksekutif, *reaction time*, atau *processing speed*, 6) Literatur tersedia dalam bentuk full text dan dapat diakses, 7) Artikel ditulis dalam bahasa Inggris, dan 8) Tahun publikasi berada pada rentang 2000–2025 untuk memperoleh bukti yang relevan dan terkini.

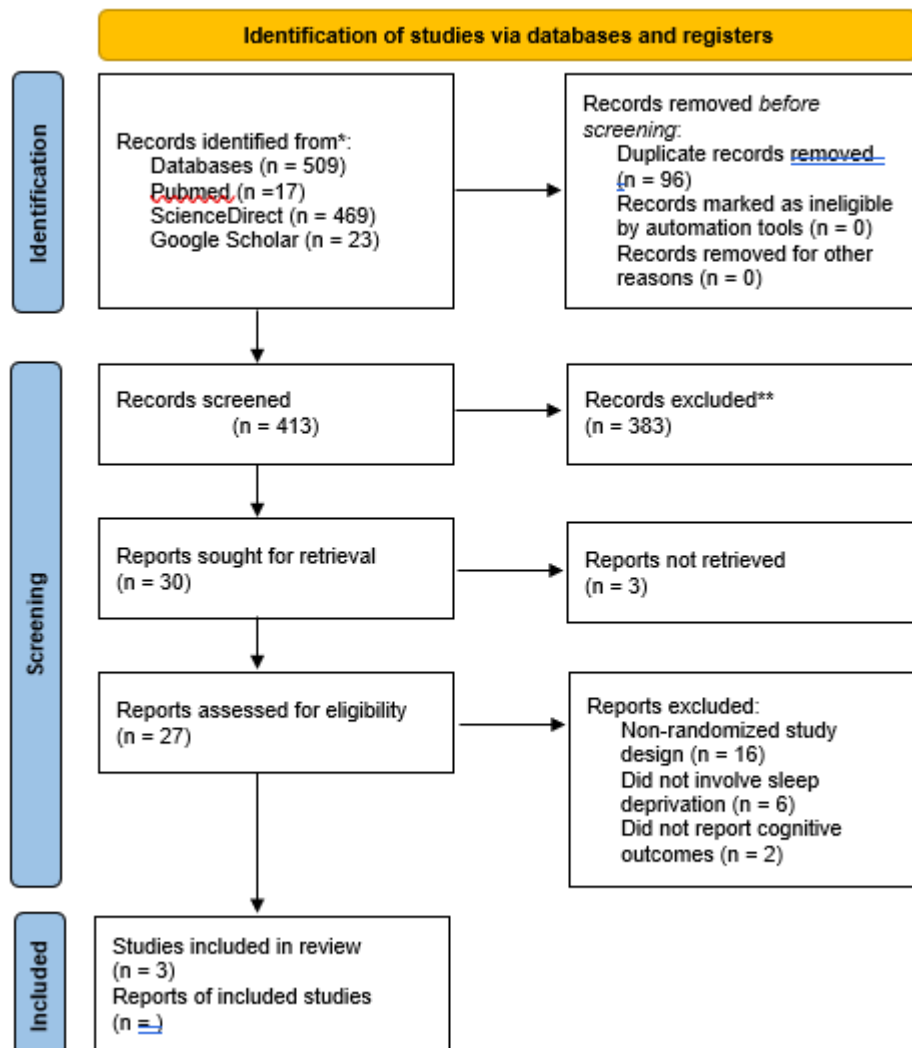
Sedangkan kriteria eksklusi dalam penelitian ini adalah: 1) Artikel berbentuk review, systematic review, meta-analisis, editorial, letter to editor, atau case report, 2) Studi yang dilakukan pada hewan atau in vitro, 3) Penelitian yang tidak melibatkan kondisi deprivasi tidur, 4) Studi yang menggunakan intervensi kombinasi tanpa memungkinkan isolasi efek kreatin, dan 5) Artikel yang tidak melaporkan outcome fungsi kognitif secara kuantitatif.

Tabel 1. PICO

Komponen	Uraian
Population (P)	Subjek manusia dewasa (≥ 18 tahun) yang mengalami deprivasi tidur, baik total maupun parsial, termasuk kondisi yang merepresentasikan stres kognitif akibat kurang tidur (misalnya kerja shift atau pembatasan tidur eksperimental).
Intervention (I)	Suplementasi kreatin (misalnya creatine monohydrate), diberikan secara oral dengan dosis dan durasi sesuai protokol masing-masing studi.
Comparison (C)	Plasebo atau kondisi kontrol tanpa suplementasi kreatin pada situasi deprivasi tidur yang sebanding.
Outcome (O)	Fungsi kognitif selama deprivasi tidur, meliputi atensi/vigilance, memori kerja (<i>working memory</i>), fungsi eksekutif, <i>reaction time</i> , dan <i>processing speed</i> , yang dinilai menggunakan tes kognitif terstandar.

4. Penilaian Kualitas

Proses seleksi literatur pada penelitian ini mengikuti pedoman PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), yang mencakup tahapan identifikasi artikel, skrining judul dan abstrak, penilaian kelayakan berdasarkan teks lengkap, hingga penentuan studi yang memenuhi kriteria inklusi.



Gambar 1

5. Sintesis Data

Sintesis data dilakukan dengan membandingkan hasil dari setiap studi yang memenuhi kriteria inklusi dan telah lolos penilaian kualitas metodologis. Sintesis diarahkan untuk menjawab pertanyaan penelitian, yaitu:

“Apakah suplementasi kreatin dapat memengaruhi fungsi kognitif pada individu dewasa yang mengalami deprivasi tidur dibandingkan dengan plasebo atau tanpa suplementasi?”

Data yang dianalisis meliputi karakteristik subjek, desain penelitian, dosis dan durasi suplementasi kreatin, metode induksi deprivasi tidur, serta outcome kognitif yang dilaporkan, seperti perhatian, memori kerja, fungsi eksekutif, kecepatan pemrosesan, dan waktu reaksi.

Mengingat keterbatasan jumlah studi serta adanya heterogenitas pada desain intervensi dan instrumen penilaian kognitif, sintesis data dilakukan secara naratif tanpa meta-analisis kuantitatif.

6. Ekstraksi Data

Data dari studi yang memenuhi kriteria inklusi diekstraksi secara sistematis dan disajikan

dalam bentuk tabel. Informasi yang diekstraksi meliputi: (1) nama penulis dan tahun publikasi, (2) desain penelitian, (3) jumlah sampel dan karakteristik populasi, (4) dosis dan bentuk suplementasi kreatin, (5) kondisi deprivasi tidur, (6) outcome kognitif yang dinilai, serta (7) hasil utama terkait efek suplementasi kreatin terhadap fungsi kognitif selama kondisi deprivasi tidur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2

Penulis (Tahun)	Desain Penelitian	Sampel & Populasi	Intervensi Kreatin	Kondisi Sleep Deprivation	Outcome Kognitif	Hasil Utama
McMorris et al. (2006)	Double-blind RCT	n = 21 dewasa sehat	Creatine monohydrate 20 g/hari (5 hari)	24 jam total sleep deprivation + latihan ringan	Reaction time, working memory (random movement generation), dan mood	• Penurunan reaction time lebih kecil pada kreatin • Working memory lebih terjaga • Mood: tidak berbeda signifikan • Perbedaan antar-kelompok signifikan ($p < 0.05$).
McMorris et al. (2007)	Double-blind RCT	n = 24 dewasa sehat	Creatine monohydrate 20 g/hari (5 hari)	24 jam total sleep deprivation	Attention, working memory, dan psychomotor performance	• Penurunan atensi & working memory lebih kecil pada kreatin • Perbedaan signifikan ($p < 0.05$) • Beberapa tugas psikomotor: tidak signifikan
Gordji-Nejad et al. (2024)	Randomized double-blind crossover RCT	n = 15 dewasa sehat	Single dose creatine 0.35 g/kg	21 jam sub-total sleep deprivation	Processing speed, vigilance, memori, serta parameter energetika otak ($^1\text{H-MRS}$)	• Processing speed meningkat signifikan • Vigilance lebih terjaga ($p < 0.05$) • PCr & ATP otak meningkat signifikan

Dari ketiga penelitian klinis yang dianalisis, seluruh studi mengevaluasi efek suplementasi kreatin terhadap fungsi kognitif pada individu dewasa sehat yang mengalami sleep deprivation dalam kondisi eksperimental terkontrol. Secara umum, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa suplementasi kreatin cenderung memberikan efek protektif terhadap penurunan fungsi kognitif yang diinduksi oleh sleep deprivation, terutama pada domain yang sensitif terhadap stres energi, seperti reaction time, atensi, working memory, dan processing speed. Namun demikian, tidak seluruh outcome kognitif menunjukkan perbedaan yang bermakna secara statistik, yang mengindikasikan bahwa efek kreatin bersifat selektif dan bergantung pada jenis fungsi kognitif yang dinilai.

Efek protektif tersebut paling konsisten ditemukan pada tugas kognitif yang melibatkan fungsi korteks prefrontal, suatu area otak dengan kebutuhan energi tinggi dan kerentanan besar terhadap gangguan homeostasis energi selama sleep deprivation. Sebaliknya, pada beberapa domain seperti mood dan sebagian tugas psikomotor, nilai rerata dan variasi performa antar-kelompok relatif sebanding, sehingga tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antara kelompok kreatin dan plasebo.

Temuan klinis ini sejalan dengan kerangka biologis sistem creatine-phosphocreatine (PCr)-creatine kinase, yang berperan sebagai penyangga energi cepat di otak. Otak memiliki kebutuhan energi yang tinggi dan sangat rentan terhadap gangguan homeostasis energi, khususnya pada kondisi stres metabolik seperti sleep deprivation. Sistem creatine-PCr mempertahankan ketersediaan adenosine triphosphate (ATP) melalui regenerasi cepat dari adenosine diphosphate (ADP), sehingga mendukung keberlangsungan fungsi sinaptik dan transmisi saraf saat kebutuhan energi meningkat secara akut (Candow et al., 2023; Roschel et al., 2021).

Pada kondisi sleep deprivation, peningkatan beban metabolik neuronal dan percepatan pemecahan ATP berkontribusi terhadap penurunan performa kognitif. Dalam konteks ini, suplementasi kreatin berpotensi memperkuat kapasitas penyangga energi otak, sehingga mengurangi derajat penurunan fungsi kognitif. Hal ini tercermin pada studi McMorris et al. (2006, 2007), di mana kelompok kreatin menunjukkan penurunan performa kognitif yang lebih kecil dibandingkan plasebo, terutama pada domain yang sangat bergantung pada energi tinggi seperti reaction time, atensi, dan memori kerja (McMorris et al., 2007; McMorris et al., 2006; Roschel et al., 2021).

Bukti biologis yang lebih langsung diperoleh dari studi crossover oleh Gordji-Nejad et al. (2024), yang menunjukkan bahwa perbaikan performa kognitif selama sleep deprivation disertai peningkatan senyawa fosfat berenergi tinggi di otak, termasuk phosphocreatine dan ATP. Temuan ini menegaskan bahwa efek kognitif kreatin kemungkinan berakar pada peningkatan bioenergetik otak, sehingga mendukung rasional penggunaan kreatin sebagai intervensi metabolik untuk mempertahankan fungsi kognitif pada kondisi sleep deprivation (Candow et al., 2023; Nejad et al., 2024).

Secara klinis dan operasional, temuan dalam tinjauan ini relevan dengan kondisi kerja nyata pada populasi yang secara kronis terpapar deprivasi tidur, seperti tenaga kesehatan, pekerja shift, dan personel militer. Studi dunia nyata menunjukkan bahwa kerja shift malam berhubungan dengan penurunan atensi dan memori kerja, disertai perubahan fisiologis otak seperti penurunan oksigenasi serebral selama jam kerja. Pola serupa juga ditemukan pada pekerja sektor non-kesehatan, termasuk pekerja tambang, serta pada tenaga kesehatan di

Indonesia, di mana kerja shift tidak teratur dan kualitas tidur yang buruk berhubungan dengan peningkatan risiko gangguan fungsi kognitif. Dalam konteks tersebut, suplementasi kreatin dapat dipertimbangkan sebagai strategi nutrisi pendukung untuk membantu mempertahankan fungsi kognitif selama periode keterbatasan tidur, tanpa menggantikan kebutuhan akan tidur yang adekuat (Malau et al., 2024; Xie et al., 2025; Zhao et al., 2021).

Tinjauan sistematis ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan. Pertama, jumlah studi klinis acak terkontrol yang memenuhi kriteria inklusi relatif terbatas, sehingga kekuatan bukti secara keseluruhan masih moderat dan mencerminkan masih minimnya penelitian intervensi yang secara spesifik mengevaluasi efek suplementasi kreatin pada kondisi sleep deprivation.

Kedua, terdapat heterogenitas antar studi terkait dosis dan durasi suplementasi kreatin, metode induksi sleep deprivation, serta instrumen penilaian fungsi kognitif, yang membatasi kemungkinan dilakukannya meta-analisis kuantitatif dan mengharuskan sintesis data dilakukan secara naratif.

Ketiga, sebagian besar studi melibatkan subjek dewasa sehat dalam kondisi eksperimental terkontrol dengan durasi tindak lanjut yang relatif singkat. Oleh karena itu, generalisasi hasil ke populasi dunia nyata dan pemahaman mengenai efek jangka panjang suplementasi kreatin selama paparan privasi tidur berulang masih memerlukan kehati-hatian.

Meskipun demikian, konsistensi arah efek pada domain kognitif yang sensitif terhadap stres metabolik memberikan dasar rasional yang kuat bagi penelitian lanjutan dengan desain yang lebih besar, durasi lebih panjang, dan konteks klinis yang lebih representatif.

KESIMPULAN

Berdasarkan tiga uji klinis acak terkontrol yang dianalisis, suplementasi kreatin menunjukkan potensi dalam mempertahankan fungsi kognitif selama kondisi sleep deprivation, khususnya pada domain yang sensitif terhadap stres energi seperti atensi, working memory, reaction time, dan processing speed. Efek protektif kreatin tidak bersifat universal pada seluruh aspek kognisi, namun cenderung selektif dan paling konsisten pada tugas yang melibatkan kebutuhan energi tinggi.

Temuan ini sejalan dengan mekanisme biologis sistem creatine–phosphocreatine sebagai penyangga energi cepat di otak dan didukung oleh bukti peningkatan bioenergetik otak pada studi eksperimental. Meskipun bukti yang tersedia masih terbatas dan heterogen, hasil tinjauan ini memberikan dasar rasional bagi penggunaan kreatin sebagai strategi nutrisi pendukung untuk membantu mempertahankan fungsi kognitif pada kondisi keterbatasan tidur. Penelitian lanjutan dengan desain yang lebih terstandar, ukuran sampel lebih besar, dan populasi dunia nyata masih diperlukan untuk memperkuat implikasi klinis temuan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bellier, F., Walter, A., Lecoine, L., Chauveau, F., Rouach, N., & Rancillac, A. (2025). Astrocytes at the heart of sleep : from genes to network dynamics. *Cellular and Molecular Life Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s00018-025-05671-3>
- [2] Boivin, D. B., Boudreau, P., & Kosmadopoulos, A. (2022). *Disturbance of the Circadian System in Shift Work and Its Health Impact*. 3–28.

- <https://doi.org/10.1177/07487304211064218>
- [3] Candow, D. G., Forbes, S. C., Ostojic, S. M., Prokopidis, K., Stock, M. S., Harmon, K. K., & Faulkner, P. (2023). "Heads Up" for Creatine Supplementation and its Potential Applications for Brain Health and Function. *Sports Medicine*, 53(S1), 49–65. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01870-9>
 - [4] Candow, D. G., Ostojic, S. M., Chilibeck, P. D., Longobardi, I., Gualano, B., Tarnopolsky, M. A., Wallimann, T., Moriarty, T., Kreider, R. B., Forbes, S. C., Schlattner, U., & Antonio, J. (2025). Creatine monohydrate supplementation for older adults and clinical populations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 22(sup1), 1–32. <https://doi.org/10.1080/15502783.2025.2534130>
 - [5] Cao, Y., Xie, T., & Ma, N. (2025). The impairments of sleep loss on core executive functions: General and task-specific effects. *Sleep Medicine Reviews*, 84(January), 102163. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2025.102163>
 - [6] Li, J., & Xu, S. (2023). *brain sciences Diagnosis and Treatment of X-Linked Creatine Transporter Deficiency: Case Report and Literature Review*.
 - [7] Li, Y., Que, M., Wang, X., Zhan, G., Zhou, Z., Luo, X., & Li, S. (2023). *Exploring Astrocyte-Mediated Mechanisms in Sleep Disorders and Comorbidity*. 1–23.
 - [8] Malau, B. L., Amilya Agustina, Pukovisa Prawiroharjo, Winnugroho Wiratman, & Retno Asti Werdhani. (2024). The Relationship Between Shift Work Patterns and Cognitive Function Disorders in Health Workers at Hospital X, West Java, Indonesia. *Sriwijaya Journal of Neurology*, 2(1), 56–61. <https://doi.org/10.59345/sjn.v2i1.105>
 - [9] McMorris, T., Harris, R. C., Howard, A. N., Langridge, G., Hall, B., Corbett, J., Dicks, M., & Hodgson, C. (2007). *Creatine supplementation, sleep deprivation, cortisol, melatonin and behavior*. 90, 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.08.024>
 - [10] McMorris, T., Harris, R. C., Swain, J., Corbett, J., Collard, K., Dyson, R. J., Dye, L., Hodgson, C., & Draper, N. (2006). Effect of creatine supplementation and sleep deprivation, with mild exercise, on cognitive and psychomotor performance, mood state, and plasma concentrations of catecholamines and cortisol. *Psychopharmacology*, 185(1), 93–103. <https://doi.org/10.1007/s00213-005-0269-z>
 - [11] Moosavi, S., Ghalenoei, M., Amerzadeh, M., & Variani, A. S. (2025). *The relationship between shift work, circadian rhythms, and cognitive function in ICU nursing*.
 - [12] Nejad, A. G., Matusch, A., Kleedörfer, S., Patel, H. J., Drzezga, A., Elmenhorst, D., Binkofski, F., & Bauer, A. (2024). Single dose creatine improves cognitive performance and induces changes in cerebral high energy phosphates during sleep deprivation. *Scientific Reports*, 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54249-9>
 - [13] Roschel, H., Gualano, B., Ostojic, S. M., & Rawson, E. S. (2021). Creatine Supplementation and Brain Health. *Nutrients*, 13(2), 586. <https://doi.org/10.3390/nu13020586>
 - [14] Vlasak, T., Dujlovic, T., & Barth, A. (2022). *Neurocognitive impairment in night and shift workers: a meta-analysis of observational studies*. 365–372. <https://doi.org/10.1136/oemed-2021-107847>
 - [15] Xie, J., Ma, R., Guo, C., Li, Y., Liu, K., & Cheng, L. (2025). *The effects of the night shift on cognitive function and cerebral oxygenation / hemodynamics in sub-plateau-area PICU nurses*. 1–10.
 - [16] Yuan, X., Yin, J., Liu, C., Chen, X., Chen, M., Wang, Y., Yang, Z., Wang, Y., Jiang, L., Zhou, N.,

- Wang, X., Liu, B., Ma, Z., Wang, K., Li, H., Zhang, S., Shang, Y., & Yang, M. (2025). Structural insights into the substrate uptake and inhibition of the human creatine transporter (hCRT). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 122(36), e2426135122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2426135122>
- [17] Zhao, X., Han, K., Gao, Y., Li, N., Wang, L., Yu, L., Song, M., & Wang, X. (2021). *Effects of shift work on sleep and cognitive function among male miners*. 297(May 2020). <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2021.113716>