

JURNAL BIOLOGI UDAYANA

P-ISSN: 1410-5292 E-ISSN: 2599-2856

Volume 28 | Nomor 2 | Desember 2024

DOI: <https://doi.org/10.24843/JBIOUNUD.2024.v28.i02.p07>

Pemberian musik klasik, musik rock, dan murottal Al-Qur'an pada induk bunting terhadap perkembangan cerebrum fetus mencit (*Mus musculus*)

The effects of classical music, rock music, and Qur'an recitation on pregnant mice (*Mus musculus*) and the development of fetal cerebrum

Dwi Yulia Eva Arsika*, Ni Made Rai Suarni, Ida Bagus Made Suaskara

Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana Jalan Raya Kampus Unud Jimbaran Kuta Selatan Badung – Bali 80361 – Indonesia

*Email: arsikaeva@gmail.com

Diterima
27 Agustus 2024

Disetujui
11 Desember 2024

INTISARI

Perkembangan otak pada fetus mencit (*Mus musculus*) saat di dalam uterus induk dipengaruhi berbagai faktor, salah satunya adalah suara (musik). Berbagai genre musik dapat memberikan efek yang berbeda terhadap perkembangan otak pada fetus mencit. Penelitian ini memiliki tujuan mengetahui efek pemberian musik klasik, musik rock, dan murottal Al-Qur'an pada induk bunting terhadap perkembangan cerebrum fetus mencit. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada empat perlakuan terdiri dari kontrol (K0), musik klasik (K1), musik rock (K2), dan murottal Al-Qur'an (K3), dengan enam ulangan. Parameter yang diamati adalah bobot cerebrum, jumlah sel piramidal, dan neuroglia. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya yang dilengkapi dengan optilab dan setiap preparat diamati lima lapang pandang. Analisis data yang terdistribusi normal dan homogen dengan uji ANOVA dan dilanjutkan Uji Duncan. Data yang terdistribusi normal namun tidak homogen dan data yang terdistribusi tidak normal tetapi homogen dianalisis dengan uji Kruskal-Wallis dan dilanjutkan uji Mann-Whitney. Hasil penelitian menunjukkan bahwa stimulasi musik yang optimum meningkatkan jumlah sel piramidal dan neuroglia terhadap perkembangan cerebrum fetus mencit adalah murottal Al-Qur'an (K3) dan musik klasik (K1).

Kata kunci: stimulasi musik, perkembangan otak, sel piramidal, neuroglia

ABSTRACT

Brain development in fetal mice (*Mus musculus*) within the mother's uterus can be influenced by various factors, including sound (music). Different genres of music may have diverse effects on the brain development of fetal mice. This study seeks to evaluate the impact of classical music, rock music, and Al-Qur'an recitation (murottal) on pregnant mice, focusing on the development of the cerebrum in fetal mice. The research design employed is a Completely Randomized Design (CRD) with four treatment groups: control (K0), classical music (K1), rock music (K2), and Al-Qur'an recitation (K3), each with six replicates. Parameters observed include cerebrum weight, the number of pyramidal cells, and neuroglia. Observations were made using a light microscope equipped with Optilab, with each preparation observed in five fields of view. Data that are normally distributed and homogeneous were analyzed using ANOVA, followed by Duncan's test. For data that are normally distributed but not homogeneous, as well as data that are not normally distributed but homogeneous, the Kruskal-Wallis test was used, followed by the Mann-Whitney test. The results showed that the optimum music stimulation to increase the number of pyramidal cells and neuroglia in the development of the cerebrum of fetal mice was Al-Qur'an recitation (K3) and classical music (K1).

Keywords: music stimulation, brain development, pyramidal cells, neuroglia

PENDAHULUAN

Otak adalah organ penting yang berperan sebagai pusat koordinasi, kontrol, dan pengelolaan fungsi kognitif. Otak memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kecerdasan individu. Kecerdasan otak dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti genetika, lingkungan, nutrisi, dan stimulasi yang diterima selama masa prenatal (Putra et al., 2023). Paparan musik selama masa prenatal memengaruhi proses pembentukan dan perkembangan sel-sel otak, seperti diferensiasi, migrasi, proliferasi, sinaptogenesis, mielinisasi, dan apoptosis (Joewono, 2020). Otak manusia, sebagai salah satu sistem organ yang paling kompleks, terdiri dari dua jenis sel utama: neuron dan neuroglia. Kedua jenis sel ini bekerja sama untuk memastikan komunikasi otak berjalan dengan baik. Menurut Octariyandra et al. (2019), pembentukan neuron dan sel glia dapat ditingkatkan melalui paparan musik selama kehamilan. Semakin banyak neuron yang terbentuk, diharapkan akan meningkatkan kecerdasan.

Penelitian sebelumnya oleh Sanyal et al. (2013) tentang efek musik dan kebisingan terhadap perubahan jumlah neuron dan neuroglia di beberapa area otak anak ayam yang baru lahir, menunjukkan bahwa stimulasi musik meningkatkan jumlah neuron di area otak yang dikaji. Stimulasi musik berdampak pada peningkatan neurogenesis dan penurunan kematian sel otak. Penelitian lainnya dilakukan oleh Kusumarini et al. (2017), hasilnya menunjukkan musik klasik Mozart menurunkan kerapatan dan jumlah neuroglia selama stres kebuntingan. Penelitian serupa dilakukan juga oleh Nadila et al. (2022), dimana murottal Surah Al-Fatihah yang dipaparkan selama kebuntingan dapat meningkatkan jumlah sel neuron pada otak dan otak kecil anak tikus yang baru lahir. Berbeda dengan musik klasik dan murottal Al-Qur'an, belum ada penelitian yang mengkaji pengaruh musik rock terhadap perkembangan otak. Pada penelitian Saftarina dan Wardani (2016), musik rock dilaporkan dapat meningkatkan nafsu makan.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh para ahli, stimulasi musik ialah faktor penting yang berperan dalam perkembangan histologis dan fungsional otak. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pengaruh pemberian musik klasik, musik rock, dan murottal Al-Qur'an pada induk bunting terhadap perkembangan cerebrum fetus mencit.

MATERI DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kandang Pemeliharaan dan Pembiakan Hewan Percobaan Bio Mice Denpasar. Pembuatan preparat dikerjakan di Laboratorium Histopatologi Balai Besar Veteriner Denpasar. Pengamatan preparat dilakukan di Laboratorium Struktur dan Perkembangan Hewan Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Udayana. Waktu penelitian dimulai dari bulan Januari hingga Februari 2023.

Bahan dan alat

Bahan terdiri dari 24 ekor mencit betina (*Mus musculus*) dengan umur 10-12 minggu dengan bobot tubuh berkisar antara 27 g – 31 g dalam kondisi sehat dan tidak terdapat gejala infeksi, delapan ekor mencit jantan, larutan NaCl 0,9%, larutan ketamin-xylazine, pewarna giemsa 1%, larutan buffer formalin 10%, alkohol 70%, 80%, 96%, 100%, xylol 1 dan 2, parafin cair, pewarna Hematoxylin – Eosin, etanol, gliserin, pelet CP 551, dan kulit sekam padi.

Alat berupa *cotton bud*, kaca benda, kaca penutup, mikroskop cahaya, optilab, *audio speaker portable T5 bluetooth*, gunting bedah, pisau bedah,

pinset, pot plastik 20 mL, spuit 1 mL, kertas saring, timbangan analitik *OneMed* ketelitian 0,01 gram, dan *software Image Raster*.

Metode

Penentuan jumlah dan aklimatisasi hewan coba

Mencit dikelompokkan berdasarkan jumlah pemberian perlakuan, yaitu terdapat empat perlakuan dengan masing-masing enam ulangan. Total mencit yang digunakan yaitu 24 ekor mencit betina. Mencit diaklimatisasi selama tujuh hari sebelum perlakuan. Mencit jantan dan mencit betina diaklimatisasi dengan kandang yang terpisah dengan jarak 2 m. Mencit ditempatkan dalam kandang plastik yang berukuran 33x25x14 cm. Kandang diberi alas sekam kulit padi yang diganti dua kali perminggu. Mencit diberikan pakan pelet konsentrat CP 551 beserta air minum dengan *ad libitum*.

Teknik pengambilan sampel

Setelah aklimatisasi, kandang mencit betina didekatkan dengan kandang mencit jantan agar masa estrus mencit betina dapat bersamaan (Norris, 2007; Hood, 2012). Masa estrus dapat diketahui dengan mengamati siklus estrus dengan membuat preparat apusan vagina. *Cotton bud* yang telah dibasahi dengan larutan fisiologis NaCl 0,9% dimasukkan sekitar ± 5 mm ke vagina mencit. *Cotton bud* diputar 2-3 kali putaran searah jarum jam. *Cotton bud* dioleskan tipis pada kaca benda, selanjutnya fiksasi pada preparat dilakukan selama 5 menit dengan larutan alkohol 70%. Selanjutnya preparat diberi pewarna giemsa 1% dan dikeringanginkan selama 5-10 menit. Preparat dicuci menggunakan air mengalir pada sisi lain yang tidak terdapat apusan, lalu dikeringkan. Selanjutnya pengamatan preparat dilakukan di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x. Apabila mencit memasuki masa estrus, akan terlihat sel epitel tidak berinti.

Mencit yang diketahui memasuki fase estrus dikawinkan dengan mencit jantan, dengan rasio setiap enam mencit betina diberikan dua mencit jantan. Mencit betina dan jantan dicampurkan pada pukul 17.00 – 06.00 WITA. Pengecekan sumbat vagina dilakukan keesokan hari pada pukul 06.00 WITA. Sumbat vagina atau *vaginal plug* berwujud gumpalan putih hasil dari sekresi jantan yang terdapat pada vagina betina setelah terjadi perkawinan. Apabila sumbat vagina terlihat, maka mencit berhasil berkopulasi dan mulai dihitung hari ke-0 kebuntingan. Mencit yang diketahui bunting mulai diperdengarkan musik sesuai perlakuan (Kurniasari et al, 2017).

Pemberian perlakuan

Setelah mencit bunting, mencit dimasukkan ke masing-masing kandang sesuai perlakuan. Mencit kelompok K0 diletakkan di tempat yang tenang, jauh dari kebisingan dan tidak terdengar suara musik. Kandang-kandang perlakuan diberikan pajanan musik dua kali perhari dengan durasi 40 menit pada pukul 06.00 WITA dan 19.00 WITA. Mencit kelompok K1 diperdengarkan musik klasik dari Mozart yang berjudul *Serenade no. 13 for Strings in G Major*, mencit kelompok K2 diberi pajanan musik rock dari The Rolling Stones yang berjudul *(I Can't Get No) Satisfaction*, dan kelompok K3 diberi lantunan surah *Al-Fatihah* dari Muhammad Thaha Al-Junayd. Masing-masing kandang diletakkan di ruangan yang berbeda agar musik antarperlakuan tidak terdengar satu sama lain. Musik diperdengarkan dengan menggunakan *audio speaker* yang diletakkan dengan jarak 20 cm dari kandang. Volume musik diatur 30% dari 100% suara yang bisa dikeluarkan dari *audio speaker*.

Pada hari ke-18 umur kebuntingan, mencit dibedah di bagian abdomen dan diambil masing-masing satu fetus mencit dari setiap ulangan pada kelompok perlakuan. Fetus dipisahkan antara kepala dan badan. Sisa darah dibersihkan dengan mencuci kepala fetus dengan larutan NaCl 0,9%. Setelah itu, organ dikeringkan dengan kertas saring dan difiksasi menggunakan larutan buffer formalin 10% untuk menjaga bentuk organ sebelum proses pengambilan otak dilakukan. Kepala fetus dibedah dan diambil bagian cerebrum. Cerebrum kemudian ditimbang dengan timbangan analitik *OneMed* dengan ketelitian 0,01 gram. Sebelum preparasi sayatan histologi dilakukan, cerebrum disimpan terlebih dahulu di dalam buffer formalin 10% (Nofantri et al, 2017).

Preparasi sayatan histologi

Pembuatan preparat histologi cerebrum mencit dilakukan menggunakan metode parafin dan diwarnai dengan Hematoksin dan Eosin dengan tahapan dehidrasi, clearing, embedding, sectioning, staining, dan mounting (Peters, 2003).

Pengamatan histologi

Pengamatan preparat histologi cerebrum fetus mencit dilakukan di Laboratorium. Struktur dan Perkembangan Hewan Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Udayana. Pengamatan preparat dilakukan di bawah mikroskop cahaya yang dilengkapi dengan optilab dengan perbesaran 400x. Jumlah sel piramidal dan neuroglia dihitung menggunakan *software Image Raster* dengan menghitung lima lapang pandang tiap preparat dan jumlahnya dirata-ratakan. Faktor yang diamati adalah perubahan jumlah sel piramidal dan neuroglia pada cerebrum fetus mencit dari masing-masing perlakuan.

Analisis data

Data yang dikumpulkan dianalisis secara statistik menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistics 20. Untuk analisis normalitas distribusi data, dilakukan uji Shapiro-Wilk. Jika data terdistribusi normal dan homogen ($P > 0,05$), analisis dilakukan menggunakan One Way ANOVA, dan jika terdapat perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$), dilanjutkan dengan uji Duncan. Sebaliknya, jika data tidak terdistribusi normal dan tidak homogen ($P < 0,05$), dilakukan uji Kruskal-Wallis untuk melihat perbedaan antara perlakuan dan kontrol, dan jika ada perbedaan signifikan ($P < 0,05$), dilanjutkan dengan uji Mann-Whitney untuk menentukan perlakuan yang berbeda secara signifikan.

HASIL

Bobot cerebrum

Hasil uji statistik Kruskal-Wallis pada bobot cerebrum menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($P < 0,05$) antara kelompok kontrol dan perlakuan. Data tersebut disajikan dalam Tabel 1.

Hasil rerata bobot cerebrum fetus mencit yang dianalisis dengan uji Kruskal-Wallis berkisar 8,67-18,75 g. Rerata kelompok perlakuan lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol (K0). Rerata tertinggi diperoleh K3 dengan angka 18,75, disusul K1 dengan 11,83, K2 dengan 10,75, dan yang terakhir K0 dengan 8,67.

Uji lanjutan menggunakan Mann-Whitney (Tabel 2) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata diantara perlakuan K0 dengan K3 serta K2 dengan K3.

Tabel 1 Hasil uji Kruskal-Wallis pada bobot cerebrum

Variabel	Perlakuan	Mean Rank	Chi Square	P
Bobot (g)	K0	8,67	7,998	0,046
	K1	11,83		
	K2	10,75		
	K3	18,75		

Tabel 2 Hasil analisis bobot cerebrum menggunakan uji Mann-Whitney

Perlakuan	Nilai P
K0 - K1	0,338
K0 - K2	0,386
K0 - K3	0,021*
K1 - K2	0,789
K1 - K3	0,073
K2 - K3	0,019*

Keterangan: K0 (kontrol), K1 (musik klasik), K2 (musik rock), K3 (murottal Al-Qur'an). Berbeda nyata ditunjukkan nilai $P < 0,05$ *).

Sel piramidal

Hasil uji statistik Kruskal-Wallis pada jumlah sel piramidal menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($P < 0,05$) antara kelompok kontrol dan perlakuan. Data tersebut disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Hasil uji Kruskal-Wallis pada jumlah sel piramidal

Variabel	Perlakuan	Mean Rank	Chi Square	P
Sel Piramidal	K0	13,17	12,981	0,005
	K1	11,50		
	K2	5,42		
	K3	19,92		

Keterangan: K0 (kontrol), K1 (musik klasik), K2 (musik rock), K3 (murottal Al-Qur'an). Berbeda nyata ditunjukkan nilai $P < 0,05$.

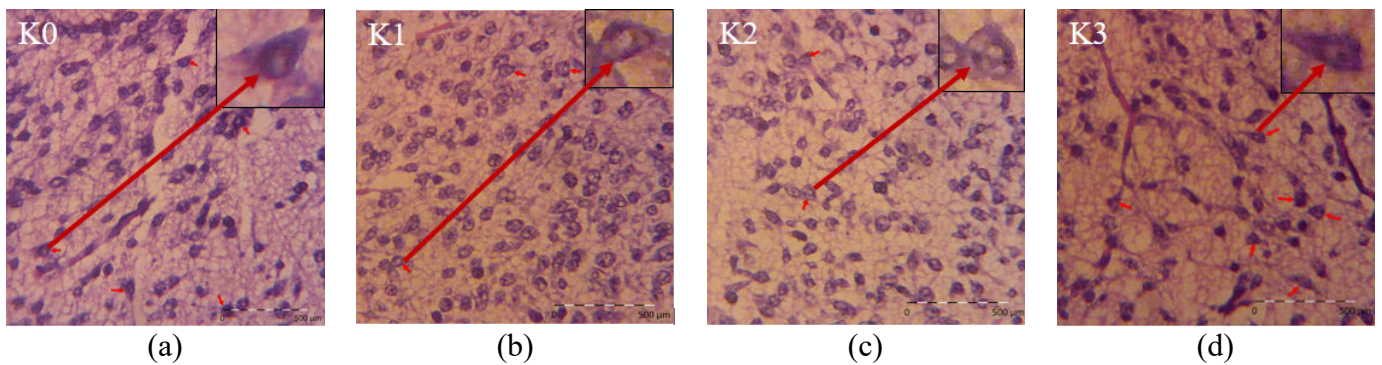
Hasil rerata jumlah sel piramidal yang dianalisis dengan uji Kruskal-Wallis berkisar 5,42-19,92. Rerata tertinggi terdapat pada K3 yaitu 19,92, sedangkan rerata terendah pada K2 yaitu 5,42. Rerata jumlah sel piramidal K2 lebih rendah dibandingkan kontrol yaitu 13,17.

Uji lanjutan menggunakan Mann-Whitney pada Tabel 4 menunjukkan bahwa jumlah sel piramidal tidak berbeda nyata pada K0 dengan K1, K0 dengan K2, dan K0 dengan K3, namun berbeda nyata pada K1 dengan K2, K1 dengan K3, dan K2 dengan K3. Pengamatan sel piramidal pada cerebrum fetus mencit menunjukkan bahwa jumlah sel piramidal terbanyak pada kelompok perlakuan yang diperdengarkan murottal Al-Qur'an (Gambar 1).

Tabel 4 Hasil analisis jumlah sel piramidal menggunakan uji Mann-Whitney

Perlakuan	Nilai P
K0 - K1	0,462
K0 - K2	0,061
K0 - K3	0,053
K1 - K2	0,026*
K1 - K3	0,015*
K2 - K3	0,005*

Keterangan: K0 (kontrol), K1 (musik klasik), K2 (musik rock), K3 (murottal Al-Qur'an). Berbeda nyata ditunjukkan nilai $P < 0,05$ *).



Gambar 1. Hasil pengamatan sel piramidal (perbesaran 400x) (a) K0 (b) K1 (c) K2 (d) K3
Keterangan: sel piramidal (panah merah)

Neuroglia

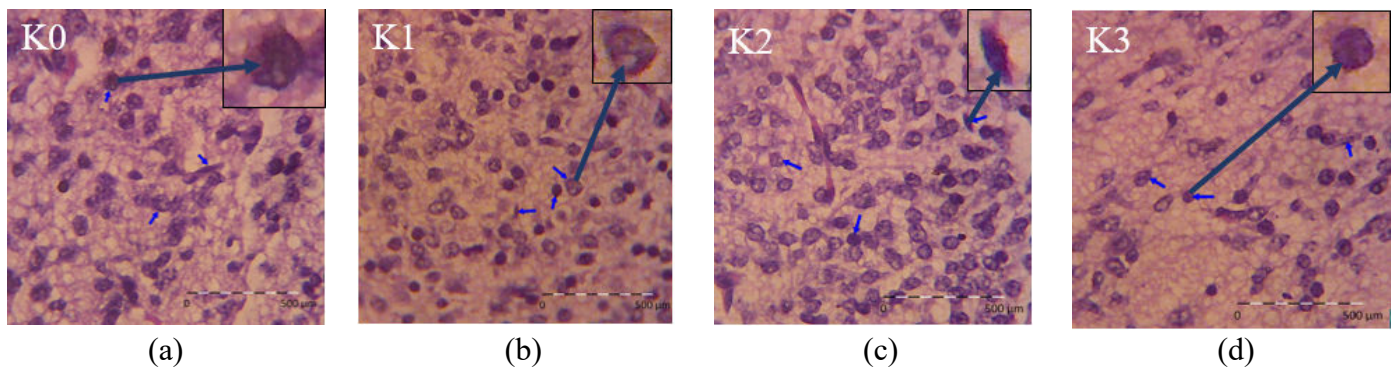
Uji Anova terhadap jumlah neuroglia memperlihatkan hasil yang berbeda signifikan ($P < 0,05$) pada kelompok kontrol dengan perlakuan. Uji lanjut dengan uji Duncan pada Tabel 5 menghasilkan perbedaan nyata antara kontrol (K0) dengan K1, K2, dan K3, antara K1, K2, dan K3 tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($P > 0,05$).

Tabel 5. Hasil uji Duncan pada jumlah neuroglia

Variabel	Perlakuan	(Mean ± Standar Deviasi)
Neuroglia	K0	198,60 ± 23,77 ^a
	K1	287,60 ± 48,86 ^b
	K2	249,63 ± 21,27 ^b
	K3	266,23 ± 39,05 ^b

Keterangan: Superskrip huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan signifikan.

Hasil rerata jumlah neuroglia yang dianalisis dengan uji Duncan yaitu berkisar 198,60-287,60. Rerata kelompok perlakuan lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol (K0). Rerata tertinggi diperoleh K1 dengan rerata 287,60. Pengamatan neuroglia pada cerebrum fetus mencit menunjukkan bahwa jumlah neuroglia terbanyak terdapat pada kelompok perlakuan yang diperdengarkan musik klasik (K1) (Gambar 2).



Gambar 2. Hasil neuroglia (perbesaran 400x) (a) K0 (b) K1 (c) K2 (d) K3
Keterangan: Neuroglia (panah biru)

PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan perbedaan jumlah sel piramidal dan neuroglia pada cerebrum fetus mencit yang dipaparkan musik klasik, rock, dan murottal Al-Qur'an selama masa prenatal. Stimulasi musik selama masa kebuntingan dilaporkan dapat meningkatkan perkembangan otak janin, kemampuan spasial, dan juga kemampuan motorik yang cepat (Rahayu et al., 2019). Penelitian oleh Chaudhury et al. (2013) menyebutkan bahwa stimulasi suara dapat merestrukturisasi konektivitas otak. Musik yang didengarkan selama periode prenatal dapat memengaruhi struktur dan fungsi otak keturunannya, seperti peningkatan jumlah neuron dan kepadatan dendrit di cerebrum. Sebaliknya, paparan kebisingan dapat mengganggu pertumbuhan, menurunkan proses neurogenesis, serta kemampuan spasial pada fetus mencit (Kim et al., 2006).

Cerebrum diketahui sebagai organ yang sangat rentan terhadap rangsangan eksternal, termasuk musik, karena perannya dalam fungsi otak seperti persepsi sensorik, kognisi, dan kontrol motorik (Toader et al., 2023). Studi dari Chatterjee et al. (2021), menunjukkan bahwa rangsangan eksternal dapat memengaruhi neuroplastisitas, yaitu kemampuan otak untuk beradaptasi dan melakukan perubahan sebagai respons terhadap rangsangan dari luar. Stimulasi musik prenatal dapat memengaruhi perkembangan otak melalui mekanisme neuroplastisitas, yang melibatkan perubahan pada struktur dan fungsi jaringan otak. Penelitian menunjukkan bahwa stimulasi musik prenatal dapat meningkatkan jumlah dan kompleksitas dendrit, serta memperkuat sinapsis antara neuron, yang semuanya berkontribusi pada peningkatan fungsi kognitif dan motorik (Partanen et al., 2013).

Parameter pertama yang diamati dalam penelitian ini adalah bobot cerebrum fetus mencit. Hasil menunjukkan adanya pengaruh yang nyata antara kontrol dan perlakuan (Tabel 1). Menurut Tizabi et al. (2024), jumlah sel piramidal dan sel glia juga dapat berpengaruh terhadap volume dan berat cerebrum. Sel piramidal adalah jenis neuron utama yang dapat ditemukan di cerebrum, yang berperan penting dalam fungsi kognitif dan motorik. Sel glia selain berfungsi mendukung dan melindungi neuron, juga berperan dalam homeostasis, pembentukan, mielin, dan respon imun di sistem saraf pusat. Peningkatan jumlah sel-sel ini sebanding dengan peningkatan aktivitas neurogenesis dan gliogenesis, yang secara keseluruhan dapat meningkatkan massa dan volume otak. Proses-proses ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk stimulasi lingkungan, seperti paparan musik selama kehamilan, yang telah terbukti dapat meningkatkan jumlah neuron dan sel glia pada anak mencit (Sugita, 1918). Rerata tertinggi bobot cerebrum diperoleh pada kelompok

yang diperdengarkan murottal Al-Qur'an dengan nilai 18,75. Bobot yang besar ini dipengaruhi bertambahnya jumlah sel piramidal pada K3 dibanding musik yang lainnya (Tabel 3). Rerata tertinggi kedua yaitu K1 dengan nilai 11,83. Hal ini dipengaruhi oleh tingginya jumlah neuroglia pada K1 dibanding kelompok lainnya (Tabel 5). Pada bobot cerebrum K2 diperoleh nilai rerata 10,75 dimana nilai ini lebih tinggi dibanding kelompok kontrol yaitu 8,67 (Tabel 1). Studi dari Psydellis et al. (2017) mengenai pengaruh musik rock terhadap bobot otak mengindikasikan bahwa rangsangan yang intens dari musik berirama cepat seperti rock dapat meningkatkan aktivitas neuroglia, terutama dalam merespons stres. Neuroglia memainkan peran penting dalam menjaga homeostasis otak dan merespons rangsangan eksternal. Aktivitas berlebih akibat stres yang disebabkan oleh musik keras dapat meningkatkan peran neuroglia dalam mendukung fungsi neuron, yang kemudian dapat memengaruhi bobot otak.

Hasil pengamatan preparat histologi cerebrum fetus mencit menunjukkan adanya pengaruh nyata pemberian musik terhadap perkembangan cerebrum fetus mencit selama masa kebuntingan. Ditandai dengan perbedaan jumlah sel piramidal perlakuan dibanding kontrol (K0). Hasil ini sejalan dengan temuan Putra et al. (2023), yang menunjukkan bahwa musik dapat berfungsi sebagai stimulus untuk proses neurogenesis.

Mekanisme neurogenesis pada sel piramidal yang terpapar stimulasi musik melibatkan beberapa jalur molekuler yang kompleks, termasuk peningkatan ekspresi faktor neurotropik seperti BDNF (*Brain-Derived Neurotrophic Factor*). Musik dapat meningkatkan ekspresi BDNF di otak yang penting untuk pembelajaran dan memori. BDNF kemudian berikatan dengan reseptor TRKB (*Tropomyosin receptor kinase B*), yang memulai proses dimerisasi reseptor dan aktivasi kinase. Setelah aktivasi TRKB, terjadi fosforilasi pada residu tirosin di dalam sitoplasma, yang menyediakan tempat *docking* untuk protein jembatan jalur sinyal seperti PLC γ 1, MAPK/ERK, dan PI3K/AKT. Jalur-jalur ini adalah efektor utama dalam promosi kelangsungan hidup dan pertumbuhan sel saraf. Stimulasi musik telah terbukti meningkatkan panjang dendrit dan jumlah *spine* dendritik pada neuron piramidal di hipokampus dan korteks prefrontal. Ini berarti bahwa neuron dapat membuat lebih banyak koneksi sinaptik yang penting untuk neuroplastisitas dan pemrosesan informasi di sistem saraf. Jalur PI3K/AKT yang diaktifkan oleh BDNF/TRKB juga memainkan peran dalam melindungi neuron dari apoptosis (kematian sel terprogram) dan meningkatkan kelangsungan hidup neuron. Dengan cara ini stimulasi musik dapat mendukung neurogenesis dan perkembangan neuron piramidal dengan meningkatkan ekspresi BDNF dan memodulasi jalur-jalur sinyal yang mendukung pertumbuhan dan pematangan neuron (Wang et al., 2023). Selain merangsang neurogenesis, musik juga terbukti efektif dalam menurunkan tingkat stres dan kecemasan selama kehamilan (Salafas et al., 2020).

Musik dapat mengurangi tingkat stres dan kecemasan melalui serangkaian mekanisme fisiologis dan neurobiologis yang saling terkait. Pada sistem saraf otonom, musik memiliki efek langsung khususnya dengan menurunkan aktivitas sistem saraf simpatis yang bertanggung jawab atas respons "*fight or flight*" yang biasa terjadi saat seseorang mengalami stres. Ini secara simultan meningkatkan aktivitas sistem saraf parasimpatis, yang membantu tubuh beralih ke keadaan yang lebih rileks. Akibatnya, terjadi penurunan detak jantung, tekanan darah, dan produksi hormon stres seperti kortisol (Knight and Rickard, 2001).

Peningkatan signifikan dalam jumlah sel piramidal ditemukan pada kelompok yang mendapatkan paparan murottal Al-Qur'an (K3) dengan rerata 19,92 (Tabel 3). Hasil ini sejalan dengan temuan Yani et al. (2021), fetus tikus

yang diperdengarkan murottal Al-Qur'an selama kebuntingan mengalami peningkatan jumlah sel neuron pada otak. Hal ini juga selaras dengan studi Hasan et al. (2023) dan Rahman et al. (2023), dimana lantunan dari murottal Al-Qur'an dapat memberikan efek ketenangan dan mengaktifkan gelombang otak.

Jumlah sel piramidal yang tinggi pada K3 disebabkan karena Al-Qur'an ketika dibaca dengan benar dan sesuai kaidah, menghasilkan frekuensi serta panjang gelombang yang dapat memengaruhi otak dan homeostasis tubuh (Wahyuni et al., 2021). Menurut Ismail et al. (2021), mendengarkan bacaan Al-Fatihah dari Al-Qur'an dapat meningkatkan gelombang otak alfa dengan frekuensi 8–13 Hz. Gelombang ini berhubungan dengan kondisi relaksasi dan fokus yang lebih baik. Frekuensi tersebut juga dapat membantu menstabilkan sistem saraf otonom, yang berperan dalam mengatur homeostasis tubuh, termasuk detak jantung, tekanan darah, dan respons stres. Mekanisme ini memungkinkan kemampuan murottal untuk menginduksi keadaan relaksasi yang berdampak pada keseimbangan fisiologis tubuh, mengurangi aktivitas sistem saraf simpatis, dan meningkatkan aktivitas parasimpatis, yang pada akhirnya membantu menurunkan tekanan darah dan tingkat kecemasan (Saleh et al., 2018).

Rerata jumlah sel piramidal terendah ada pada musik rock (K2) dengan angka 5,42 lebih rendah dari K0 yang memiliki rerata 13,17 (Tabel 3). Rendahnya rerata sel piramidal pada K2 dapat disebabkan induk mencit mengalami stres selama kebuntingan akibat dipaparkan musik rock (Kurniasari et al., 2017). Ritme musik rock berlawanan dengan denyut jantung, sehingga dapat memicu hormon stres pada tubuh (Kristyanto et al., 2010).

Pengamatan histologi juga dilakukan pada neuroglia. Hasil pengamatan menunjukkan adanya peningkatan signifikan jumlah neuroglia pada setiap kelompok perlakuan dibanding dengan kontrol. Peningkatan neuroglia dipicu stimulasi musik yang memberikan dampak positif pada otak (Hermanto, 2013). Stimulasi positif merupakan faktor yang memengaruhi potensi kecerdasan otak. Stimulasi musik yang diterima oleh janin akan merangsang sistem pendengaran dan kemudian menghantarkan kalsium oleh sistem saraf ke otak (Sanyal et al., 2013). Di otak, sinyal kalsium diproses dan menghasilkan protein yang berperan dalam perkembangan neuroglia (Chaudhury et al., 2013).

Musik klasik (K1) memiliki hasil rerata tertinggi pada perhitungan neuroglia, yakni 287,60 dibandingkan dengan musik lainnya yaitu 266,23 pada murottal Al-Qur'an (K3), dan 249,63 pada musik rock (K2) (Tabel 5). Menurut temuan Supradewi (2010), musik klasik Mozart dapat memberikan efek peningkatan kinerja dan juga perubahan dalam aktivitas neurofisiologis saat mendengarkannya. Efek ini terbukti secara konsisten dapat meningkatkan skor tes ruang IQ spasial. Studi lainnya Khasanah et al. (2021) membandingkan efek musik klasik Mozart dengan gamelan Bali, Jawa, dan Sunda pada tikus yang baru lahir. Hasilnya menunjukkan bahwa tikus yang mendengarkan musik klasik Mozart memiliki jumlah neuroglia yang lebih banyak dibandingkan dengan tikus yang mendengarkan gamelan Bali, Jawa, atau Sunda.

Perbedaan jumlah sel piramidal tertinggi di kelompok K3 (murottal Al-Qur'an) dan jumlah neuroglia tertinggi di K1 (musik klasik) dapat dipengaruhi berdasarkan fungsi kedua jenis sel tersebut. Sel piramidal, yang merupakan neuron utama di korteks cerebrum, bertanggung jawab atas proses kognitif dan sensorimotor (Bast et al., 2024). Peningkatan jumlah sel piramidal di K3 menunjukkan bahwa stimulasi murottal Al-Qur'an mendukung neurogenesis dan konektivitas sinaptik yang lebih baik, yang berkontribusi terhadap fungsi otak yang optimal (Nadila et al., 2022). Sementara itu, neuroglia di K1, yang

mendukung fungsi neuron dengan menjaga homeostasis dan memperbaiki jaringan saraf, menunjukkan bahwa musik klasik mendorong peran protektif dan regeneratif otak, termasuk peningkatan mielinisasi yang mempercepat transmisi sinyal saraf (Sharma, 2023). Kombinasi dari efek ini mendukung perkembangan struktur dan fungsi cerebrum yang lebih baik pada fetus.

Selain stimulasi musik, banyak berbagai faktor yang berperan penting terhadap perkembangan janin. Faktor-faktor ini dapat berasal dari genetik, asupan nutrisi ibu, lingkungan serta eksposur terhadap zat-zat tertentu, dan juga kondisi psikologis ibu (Hanswijk et al., 2020). Faktor genetik memainkan peran besar dalam perkembangan janin, termasuk penentuan sifat-sifat fisik, risiko penyakit, dan potensi kecerdasan. Gen yang diturunkan dari kedua orang tua memengaruhi pembentukan organ dan fungsi tubuh janin, termasuk perkembangan otak dan sistem saraf (Linderkamp & Skoruppa, 2020). Asupan nutrisi yang adekuat oleh ibu selama kehamilan sangat penting untuk perkembangan janin. Kekurangan nutrisi seperti asam folat, zat besi, dan asam lemak omega-3 dapat memengaruhi perkembangan otak dan organ lain. Asam folat, misalnya, sangat penting untuk mencegah cacat tabung saraf pada janin (Rees, 2019). Lingkungan tempat ibu tinggal dan paparan terhadap zat berbahaya seperti alkohol, rokok, dan polutan dapat memengaruhi perkembangan janin. Misalnya, paparan alkohol selama kehamilan dapat menyebabkan sindrom alkohol janin, yang berdampak negatif pada perkembangan otak dan fisik (Hanswijk et al., 2020). Kondisi emosional ibu selama masa kehamilan juga berpengaruh terhadap perkembangan janin. Stres kronis pada ibu hamil dapat meningkatkan kadar hormon kortisol, yang dapat berdampak negatif pada perkembangan otak janin. Sebaliknya, ibu yang tenang dan bahagia cenderung memberikan lingkungan yang lebih baik bagi perkembangan otak janin (Fitzgerald et al., 2020).

SIMPULAN

Gambaran histologi cerebrum fetus mencit yang dipaparkan musik klasik, musik rock, dan murottal Al-Qur'an terjadi peningkatan jumlah sel piramidal pada murottal Al-Qur'an (K3) dengan rerata 19,92. Sementara pada neuroglia, rerata terbesar ada pada musik klasik (K1) dengan angka 266,23. Stimulasi musik yang optimum meningkatkan jumlah sel piramidal dan neuroglia terhadap perkembangan cerebrum fetus mencit adalah murottal Al-Qur'an (K3) dan musik klasik (K1).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih Penulis ucapkan kepada Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana atas dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga memberikan apresiasi atas bantuan pihak-pihak lain yang telah berkontribusi dalam penelitian dan penulisan artikel ini.

KEPUSTAKAAN

- Bast A, Fruengel R, de Kock CPJ, Oberlaender M. 2024. Network-neuron interactions underlying sensory responses of layer 5 pyramidal tract neurons in barrel cortex. *PLoS Computational Biology* **20**(4): 1-23.
- Chatterjee D, Hegde S, Thaut M. 2021. Neural plasticity: The substratum of music-based interventions in neurorehabilitation. *NeuroRehabilitation* **48**(2): 155-166.
- Chaudhury D, Walsh JJ, Friedman AK, Juarez B, Ku SM, Koo JW, Ferguson D, Tsai HC, Pomeranz L, Christoffel DJ, Nectow AR, Ekstrand M, Domingos A, Robinson MSM, Mouzon E, Lobo MK, Neve RL, Friedman JM, Russo SJ, Deisseroth K, Nestler EJ, Han

- MH. 2013. Rapid regulation of depression-related behaviours by control of midbrain dopamine neurons. *Nature* **493(7433)**: 532-536.
- Fitzgerald E, Hor K, Drake AJ. 2020. Maternal Influences on Fetal Brain Development: The Role of Nutrition, Infection and Stress, and The Potential For Intergenerational Consequences. *Early Human Development* **15(105190)**: 1-6
- Hanswijk SI, Spoelder M, Shan L, Verheij MMM, Muilwijk OG, Li W, Liu C, Kolk SM, Homberg JR. 2020. Gestational factors throughout fetal neurodevelopment: the serotonin link. *International Journal of Molecular Sciences* **21(16)**: 5850.
- Hasan AZ, Alilah NH, Rahman ZBA, Fa'atin S, Kamaluddin MR. 2023. Neuroscience's principles and al-qur'an recital approaches used on covid-19 patients during the covid-19 pandemic in malaysia. *Journal of Pharmaceutocal Negative Results* **14(2)**: 2490-2497.
- Hood RD. 2012. *Developmental and Reproductive Toxicology: A Practical Approach*. CRC Press: Boca Raton.
- Ismail S, Sharifudin MA, Reza MF, Juahir H. 2021. Unveiling the neuronal mechanism during listening to quranic recitation. *International Journal of Allied Health Sciences* **5(1)**: 2134.
- Joewono HT. 2020. The evidence for the influence of musical compositions during pregnancy to the structure and functions of the offsprings' brain. *Majalah Obstetri & Ginekologi* **28(1)**: 44-51.
- Khasanah RN, Joewono HT, Widjiati. 2021. Musik mozart memiliki jumlah sel glia terbanyak pada cerebrum dan cerebellum *Rattus norvegicus* baru lahir dibandingkan dengan gamelan jawa, sunda dan bali selama kehamilan. *Jurnal Ilmiah Ilmu Kesehatan* **9(2)**: 359-364.
- Kim H, Lee MH, Chang HK, Lee TH, Lee HH, Shin MC, Shin MS, Won R, Shin HS, Kim CJ. 2006. Influence of prenatal noise and music on the spatial memory and neurogenesis in the hippocampus of developing rats. *Brain Dev.* **28(2)**: 109-114.
- Knight WEJ, Rickard NS. 2001. Relaxing music prevents stress-induced increases in subjective anxiety, systolic blood pressure, and heart rate in healthy males and females. *Journal of Music Therapy* **38(4)**: 254-272.
- Kristyanto H, Sonia S, Rapih P, Natsir A, Suraya F, Ibrahim N. 2010. Pengaruh musik klasik dan musik rock terhadap nafsu makan dan berat badan tikus. *Maj Kedokt Indon.* **60(5)**: 219-226.
- Kurniasari S, Yanti AH, Setyawati TR. 2017. Kadar *malondialdehyde* induk dan struktur morfologis fetus mencit (*Mus musculus*) yang diperdengarkan murottal dan musik rock pada periode gestasi. *Protobiont.* **6(3)**: 89-97.
- Kusumarini S, Yustinasari LR, Hestianah EP, Kuncorojati S, Juniastuti T. 2017. Mozart kv 448 menurunkan densitas dan aktivitas neuroglia hipokampus mencit (*Mus musculus*) Selama Stres Prenatal No. 416-KE. *Jurnal Sain Veteriner* **35(1)**: 1-8.
- Linderkamp O, Skoruppa DBL. 2020. *Prenatal Structural Brain Development: Genetic and Environmental Determinants*. Handbook of Prenatal and Perinatal Psychology. Springer Cham. 19-32
- Nadila S, Joewono HT, Sulistyono A. 2022. Murottal sura al-fatiha during pregnancy increased the number of neuron cells in the cerebrum and cerebellum of the newborn *Rattus norvegicus*. *International Journal of Health Sciences* **6(3)**: 1383-1390.
- Nofantri L, Berata IK, Adi AAAM. 2017. Studi histopatologi limpa dan otak ayam terinfeksi penyakit tetelo. *Indonesia Medicus Veterinus* **6(5)**: 419-429.
- Norris DO. 2007. *Vertebrate Endocrinology Fourth Edition*. Elsevier Academic Press: Burlington.
- Octariyandra SM, Joewono HT dan Basuki M. 2019. Mozart compilation during pregnancy gave higher number of neurons of *Rattus norvegicus* offspring in cerebrum compared to jazz, blues, and rock compilation. *Global Journal of Medical Research: E Gynecology and Obstetrics* **19(4)**: 1-8.
- Partanen E, Kujala T, Tervaniemi M, Huotilainen M. 2013. Prenatal music exposure induces long-term neural effects. *PLoS ONE.* **8(10)**: 1-6.
- Peters SR. 2003. The art of embedding tissue for frozen section. *Journal of Histotechnology* **26(1)**: 11-19.
- Psyrdellis M, Diaz Abraham V, Cetratelli C, Justel N. 2017. Rock influences spatial memory in adult rats, while classical music do not. *Psicologica* **38(2)**: 177-193.
- Putra AANK, Irwanto, I'tishom R, Setyoboedi B, Mustakim MRD. 2023. Mozart music stimulation effect on wistar rat's neurogenesis. *Bali Medical Journal* **12(1)**: 921-925.
- Rahayu PSE, Joewono HT, Widjiati, 2019. Mozart music increases the number of glial cells compared to indonesia pop and religious music. *Jurnal Sainitika Medika* **15(2)**: 133-138.
- Rahman F, Syah H, Cahyadi A, Sabda S. 2023. Quantum ikhlas: kajian, analisis, dan implementasinya dalam pendidikan islam. *Jurnal Alwatzikhoebillah* **9(1)**: 34-48.

- Rees WD. 2019. Interactions Between Nutrients in The Maternal Diet and The Implications for The Long-Term Health of The Offspring. *Proceedings of The Nutrition Society* 78(1): 88-96.
- Saftarina F, Wardani D. 2016. Pengaruh musik rock dalam meningkatkan nafsu makan. *Majority* 5(1): 28-32.
- Salafas E, Lestari P, Listiyaningsih MD. 2020. The effectiveness of music therapy in reducing anxiety in third trimester of pregnancy. *SIKLUS: Journal Research Midwifery Politeknik Tegal* 9(1): 39-44.
- Saleh, MCI, Agustina DM, Hakim L. 2018. Pengaruh murottal al-qur'an terhadap tingkat kecemasan pada pasien jantung. *Jurnal Keperawatan Suaka Insan* 3(2): 1-9.
- Sanyal T, Palanisamy P, Nag TC, Roy TS, Wadhwa S. 2013. Effect of prenatal loud music and noise on total number of neurons and glia, neuronal nuclear area and volume of chick brainstem auditory nuclei, field I and hippocampus: a stereological investigation. *International Journal of Developmental Neuroscience* 31(4): 234-244.
- Sharma V. 2023. The impact of classical music on neuroanatomy and brain functions. *Brain Matters* 6(2): 28-30.
- Sugita N. 1918. Comparative studies on the growth of the cerebral cortex. *The Journal of Comparative Neurology* 29(2): 61-117.
- Supradewi R. 2010. Otak, musik, dan proses belajar. *Buletin Psikologi* 18(2): 58-68.
- Tizabi Y, Getachew B, Hauser SR, Tsytsarev V, Manhaes AC, Victor. 2024. Role of glial cells in neuronal function, mood disorders, and drug addiction. *Brain Sciences* 14(6): 558.
- Toader C, Tataru CP, Florian I, Covache-Busuioc R, Bratu B, Glavan LA, Bordeianu A, Dumitrascu D. 2023. Cognitive crescendo: how music shapes the brain's structure and function. *Brain Sciences* 13(10): 1390.
- Wahyuni S, Badriah B, Cahyati Y. 2021. Effect murottal therapy on blood pressure of pregnant women with hypertension. *Journal of Nursing Care* 4(1): 277-284.
- Wang J, Wang J, Wang Y, Chai Y, Li H, Miao D, Liu H, Li J, Bao J. 2023. Music with different tones affects the development of brain nerves in mice in early life through BDNF and its downstream pathways. *International Journal of Molecular Sciences* 24(9): 8119
- Yani AP, Joewono HT, Widjiati. 2021. Effect murottal sound stimulation during pregnancy on the number of neuron cells of cerebrum and cerebellum of the newborn *Rattus norvegicus*. *Indian Journal Of Forensic Medicine & Toxicology* 15(4): 845-851.