

Artikel Penelitian

Perbedaan Wilayah Korteks Prefrontalis pada Remaja Kecanduan Pornografi dibanding dengan Remaja Tanpa Kecanduan Pornografi

Differences in Regions of the Prefrontal Cortex in Adolescents with Pornography Addiction Compared to Adolescents Without Pornography Addiction

Pukovisa Prawiroharjo¹, Rizki Edmi Edison², Hainah Ellydar³, Peter Pratama⁴, Sitti Evangeline Imelda Suaidy³, Nya' Zata Amani³, Diavitri Carissima^{3,5}, Ghina Faradisa Hatta⁴

¹Neurology Department, Division of Neurobehavior, Faculty of Medicine, Universitas Indonesia/Cipto Mangunkusumo Hospital, Jakarta, Indonesia

²Neuroscience Center, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Jakarta, Indonesia

³Yayasan Kita dan Buah Hati, Bekasi, Jawa Barat, Indonesia

⁴Independent scholar, Jakarta, Indonesia

⁵Faculty of Psychology, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, Indonesia

Korespondensi ditujukan kepada Pukovisa Prawiroharjo; pukovisa@ui.ac.id

Editor Akademik: dr. Maula Nuruddin Gaharu, Sp.S

Hak Cipta © 2022 Pukovisa Prawiroharjo dkk. Ini adalah artikel akses terbuka yang didistribusikan di bawah Creative Commons Attribution License, yang mengizinkan penggunaan, distribusi, dan reproduksi tanpa batas dalam media apa pun, asalkan karya aslinya dikutip dengan benar.

ABSTRACT

Introduction: Increasing popularity of the Internet has exposed our children's pornography addiction. As in other types of addiction, it affects a brain region known as the prefrontal cortex (PFC), which is essential in executive functions and inhibitory control. However, this region was loosely defined, and there was no consensus on that definition.

Aim: This study aimed to find the defining region of PFC to distinguish pornographic-addicted juveniles from non-addicted ones using volumetric MRI (Magnetic resonance imaging).

Methods: This cross-sectional study enrolled 30 juveniles (12-16 y.o) in the divided groups of addicted and non-addicted pornography. We proposed several models of PFC definition from mix-and-matched subregions, consisting of orbitofrontal (OFC), inferior frontal gyrus (IFG; pars orbitalis, opercularis, and triangularis), dorsolateral PFC (DLPFC), and anterior cingulate (ACC). Suitable PFC was defined as models whose volume was statistically different between groups. Brain volumetric was measured using 3D-T1 3T MRI images and analyzed using FreeSurfer® for automatic cortical reconstruction and brain segmentation (*recon-all* command).

Results: We found significant differences between groups in 6 models, which mainly included OFC, ACC, and DLPFC, with models devoid of DLPFC having the lowest mean differences.

Discussion: The most suitable definition of PFC for a pornography addiction study should consist of OFC, ACC, and DLPFC. Inferior frontal gyrus pars orbitalis was unnecessary but may increase effect size if included.

Keywords: addiction, mri, pornography, prefrontal cortex

ABSTRAK

Pendahuluan: Meningkatnya popularitas Internet memaparkan anak muda terhadap kecanduan pornografi. Mirip dengan jenis kecanduan lainnya, adiksi pronografi memengaruhi wilayah otak yang dikenal sebagai *prefrontal cortex* (PFC), penting dalam fungsi eksekutif dan kontrol impuls. Namun, ketentuan regio otak ini masih longgar, dan belum ada konsensus untuk definisi tersebut.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk menentukan definisi regio di PFC untuk membedakan remaja yang kecanduan pornografi dengan remaja yang tidak kecanduan dengan menggunakan MRI (Magnetic resonance imaging) volumetri.

Metode: Studi ini merupakan studi *cross-sectional* dengan Subjek adalah 30 remaja (12-16 tahun) yang dibagi menjadi kelompok kecanduan pornografi dan non-kecanduan pornografi. Kami mengusulkan beberapa model definisi PFC dari subregio mix-and-matched, yang terdiri dari orbitofrontal (OFC), inferior frontal gyrus (IFG; pars orbitalis, opercularis, dan triangularis), PFC dorsolateral (DLPFC), dan anterior cingulate (ACC). PFC didefinisikan sebagai model yang volumenya berbeda secara statistik antara kedua kelompok. Volumetri otak diukur menggunakan gambar MRI 3D-T1 3T dan dianalisis menggunakan FreeSurfer® untuk rekonstruksi kortikal otomatis dan segmentasi otak (*recon-all* command).

Hasil: Kami menemukan perbedaan yang signifikan antara kelompok dalam 6 model, yang terutama mencakup OFC, ACC, dan DLPFC, dengan model tanpa perbedaan DLPFC memiliki perbedaan rata-rata terendah.

Diskusi: Definisi PFC yang paling cocok untuk studi kecanduan pornografi dapat terdiri dari OFC, ACC, dan terutama DLPFC. Gyrus pars orbitalis frontal inferior tidak diperlukan untuk tujuan ini, tetapi dapat meningkatkan efek ukuran jika disertakan.

Kata Kunci: adiksi, mri, pornografi, korteks prefrontal

1. Pendahuluan

Meningkatnya popularitas Internet telah membuat anak kita terpapar berbagai konten yang tidak sesuai untuk mereka. Kecanduan pornografi telah ditemukan pada individu berusia 10 tahun dan paling tua 22 tahun, tetapi kebanyakan dari mereka adalah remaja berusia 13-18 tahun. Sebuah survei pada tahun 2016 menunjukkan bahwa ±97% siswa SD kelas 4-6 di Jakarta dan sekitarnya telah terpapar pornografi.^[1] Survey lain telah menemukan bahwa belakangan remaja menjadi target konsumen pornografi dengan konsumsi pornografi populer berasal dari media *online*.^[2] Dampak dari pornografi kepada remaja dikemukakan memiliki empat tahap: adiksi, eskalasi, desensitisasi, dan praktik. Sebuah studi pada 395 siswa SMP di Pontianak menemukan bahwa 83.3% siswa sudah terekspos dengan pornografi dengan 79,5% sudah mengalami efek dari eksposur mulai dari adiksi hingga sudah fase praktik.^[3]

Tidak hanya perubahan kimiawi, tetapi konsumsi pornografi juga dapat menyebabkan perubahan struktural serta fungsional.^[4] Kühn dan Gallinat menemukan asosiasi negatif yang signifikan antara konsumsi pornografi dengan volume substansi abu-abu korteks dan aktivitas fungsional otak. Mereka juga menemukan bahwa sirkuit saraf antara korteks prefrontal (yang memengaruhi kemampuan pengambilan keputusan) dan *reward system* pada otak berkurang pada konsumsi pornografi berkala, sehingga berkorelasi dengan pilihan impulsif yang menyalahkan norma seperti penggunaan narkoba.^[5] Kecanduan pornografi juga berkorelasi dengan menurunnya kesehatan mental, isolasi sosial, dan kejahatan seksual.^[6-9]

Demikian pula, *American Society of Addiction Medicine*, meskipun tidak secara khusus menyebutkan pornografi, memperlakukan kecanduan perilaku sama seperti kecanduan zat, karena keduanya mempengaruhi transmisi saraf, interaksi sirkuit kortikal-hipokampal, struktur penghargaan otak, dan memicu perilaku adiktif.^[10] Kecanduan zat diketahui melibatkan wilayah otak yang disebut *prefrontal cortex* (PFC), yang penting dalam fungsi eksekutif dan memberikan kontrol penghambatan pada perilaku ("sistem pengereman").^[11-13] Tidak mengherankan, temuan ini konsisten dalam kecanduan pornografi meskipun terdapat jauh lebih sedikit studi mengenai hal tersebut.^[5,14]

Banyak proses yang terjadi di PFC, berkontribusi pada fungsi neuropsikologik seperti emosi, kognitif, dan perilaku. Gangguan dalam proses ini dapat menyebabkan individu kehilangan kontrol diri dan arti-penting, seperti dalam kasus kecanduan.^[13,15,16] Proses yang sangat terintegrasi di subregio PFC, bersama dengan kawasan otak lainnya, membuat sulit untuk membedakan fungsi spesifik dari masing-masing subregio. Seperti yang diduga, studi yang membandingkan regio PFC pada pengguna kokain dan bukan pengguna menunjukkan adanya penurunan *Fractional Anisotrophy* (FA) pada beberapa regio PFC.^[17,18]

Meskipun demikian, saat ini istilah "*prefrontal cortex* (PFC)" memiliki definisi yang cukup longgar. Fuster dkk mendefinisikannya secara sederhana sebagai "korteks kutub anterior otak mamalia".^[19] Beberapa penelitian hanya menyebutkan tiga subregional PFC (dari lima sirkuit) yang terlibat dalam adiksi, yaitu *dorsolateral prefrontal cortex* (DLPFC), *orbitofrontal cortex* (OFC), dan *anterior cingulate gyrus* (ACC).^[13,20-23] Beberapa penelitian lain tidak mendefinisikannya secara rinci, yang berarti sulit untuk melakukan tinjauan sistematis

atau metaanalisis yang tepat mengenai hal ini karena kemungkinan bias dalam definisi PFC. Masalah ini dapat dikurangi dalam studi mengenai kecanduan zat karena banyaknya publikasi, tetapi dengan penelitian yang masih langka mengenai kecanduan pornografi, definisi yang tidak konsisten ini berpotensi menjadi masalah. Studi ini merupakan upaya untuk membakukan studi neurologi tentang kecanduan pornografi di masa depan.

2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan definisi regio di PFC untuk membedakan remaja yang kecanduan pornografi dengan remaja yang tidak kecanduan dengan menggunakan MRI (Magnetic Resonance Imaging) volumetri.

3. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian *cross sectional* dan menggunakan metode pemilihan sampel dengan metode *purposive sampling*. Besar sampel minimal berdasarkan ukuran efek / *cohen's d* 0,8 dan *power* 0,8 adalah 26.^[24]

Partisipan

Sebagai bagian dari penelitian kami sebelumnya, kami merekrut 30 remaja berusia 12-16 tahun selama Desember 2017-Februari 2018, dalam berbagai acara yang diselenggarakan oleh YKBH di Bekasi, Indonesia. Menggunakan Tes Kecanduan Pornografi, serangkaian tes neuropsikologi yang dirancang dan divalidasi oleh YKBH, kami mengelompokkan subjek ke dalam kelompok kecanduan dan non-kecanduan pornografi.^[25] Kriteria eksklusif adalah kidal, gangguan verbal atau bahasa, riwayat gangguan atau penyakit terkait otak, trauma kepala, trauma selama kehamilan atau kelahiran, gangguan perkembangan, psikologik atau neurologik, atau penyakit mental yang dapat menjadi *variable perancu*.

Skrining Adiksi Pornografi

Tes Kecanduan Pornografi adalah kuesioner pelaporan sendiri yang dirancang oleh psikolog YKBH untuk digunakan dalam mengevaluasi kecanduan pornografi pada remaja Indonesia. Secara singkat, kuesioner terdiri dari 99 pertanyaan yang terdiri dari berbagai studi tentang kecanduan pornografi, mengevaluasi empat dimensi: waktu, motivasi untuk menggunakan pornografi, penggunaan pornografi yang bermasalah, dan konsekuensi dari kecanduan. Kecanduan pornografi didefinisikan sebagai skor tertimbang lebih besar dari atau sama dengan 32.^[25]

Definisi Korteks Prefrontal / Prefrontal Cortex (PFC)

Batasan Operasional

Kami mengusulkan beberapa model definisi PFC yang terdiri dari berbagai subregio campuran dan pencocokan, dirinci dalam Tabel 1 yaitu PFC: motor (berasal dari regio motor tambahan), okulomotor (berasal dari bidang mata frontal), prefrontal dorsolateral (DLPFC), orbitofrontal (OFC), dan cingulate anterior (ACC). Selain itu, Kami juga menyertakan dua subregio yang saat ini dapat diperdebatkan untuk dipertimbangkan sebagai kawasan PFC atau tidak: area Broca yang secara anatomi terletak di inferior frontal gyrus (IFG), dan ACC.^[26]

Tabel 1. Model *mixed-and-matched* subregio A-J yang mendefinisikan PFC (*Prefrontal Cortex*)

Subregio	Jenis Model									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
OFC (lateral + medial)	•	•	•	•	•	•			•	•
IFG pars opercularis	•	•								
IFG pars triangularis	•	•								
IFG pars orbitalis	•	•	•	•			•	•	•	•
SFG	•	•	•	•	•	•	•	•		
MFG (rostral + caudal)	•	•	•	•	•	•	•	•		
ACC (rostral + caudal)		•		•		•		•		•

OFC=orbitofrontal; IFG=inferior frontal gyrus; SFG=superior frontal gyrus; MFG=middle frontal gyrus; ACC=anterior cingulate cortex

Definisi klasik PFC adalah nomor model C. Semua model lain dicocokkan menggunakan definisi klasik sebagai pivot: pasangan model A-B menambahkan area Broca, pasangan E-F mengecualikan IFG pars orbitalis, pasangan GH mengecualikan OFC, dan pasangan I-J mengecualikan DLPFC. Semua model genap (B, D, F, H, dan J) menyertakan ACC sedangkan model ganjil tidak.

Kami memperoleh besar volume beberapa regio otak dari penambahan matematik yang menyesuaikan dengan keterbatasan pelabelan FreeSurfer® yaitu: OFC dari bagian lateral dan medialnya, MFG dari bagian rostral dan kaudalnya, dan ACC dari bagian kaudal dan rostralnya. Selain itu, area Broca dihitung dari IFG pars opercularis dan triangularis, sedangkan DLPFC dihitung dari SFG dan MFG.^[27]

Definisi-definisi PFC yang “cocok”

Untuk menemukan definisi PFC yang cocok untuk kecanduan pornografi, kami mengukur volume masing-masing model kami di kedua kelompok, lalu menormalkannya menjadi Fraksi Parenkim Otak (BPF, volume model dibagi dengan total volume intrakranial).^[28,29] Namun, karena wilayah yang kami selidiki akan menghasilkan BPF yang terlalu kecil, kami harus menggunakan BPF versi modifikasi dengan mengalikannya dengan 1.000, menghasilkan apa yang kami sebut sebagai *Brain Parenchymal Fraction* per mill (BPF‰). Kami kemudian membandingkan hasil antara kedua kelompok. Perbedaan statistik yang signifikan menandakan bahwa model yang sesuai dapat digunakan untuk membedakan kelompok pecandu pornografi dari non-pecandu.

Akuisisi dan Proses Pencitraan Otak

Untuk menemukan volume berbagai subregional otak, kami menggunakan pemindaian MRI dengan pemindai MRI GE-DISCOVERY® MR750 3 Tesla (8-channel-coil). Kami melakukan 3D *T1-weighted sequence contiguous slice* dengan parameter berikut: waktu pengulangan=8,3 detik; waktu gema=3,2 detik; *bandwidth*=31,3 kHz; bidang pandang 24 x 24 mm; tebal irisan=1 mm; tidak ada celah (0); matriks 256 x 256 (frekuensi x fase), NEX 1; sudut lipat=12°; waktu=256 detik.

Gambar kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan paket analisis gambar FreeSurfer® ([//surfer.nmr.mgh.harvard.edu/](http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu/)) untuk rekonstruksi kortikal otomatis dan segmentasi otak. Koreksi N3 FreeSurfer® juga digunakan untuk memperbaiki ketidakhomogenan sinyal jaringan, untuk meningkatkan akurasi dan ketahanan selama segmentasi kortikal.^[30]

Kami memperoleh volume otak menggunakan mode cross-sectional dari *script recon-all flag -3T* dari FreeSurfer versi 6.0.24. Skrip ini digunakan untuk meningkatkan keterpisahan diagnostik, akurasi, dan keandalan ketebalan kortikal dengan mengubah parameter koreksi medan bias N3 internal FreeSurfer®.^[30,31]

Analisis Statistik

Kami menggunakan tes Mann-Whitney untuk perbandingan antar kelompok. Signifikansi statistik diasumsikan pada $p < 0,05$. Semua analisis statistik dilakukan menggunakan lingkungan R versi 3.4.4 pada Microsoft® Windows® 10.

Pertimbangan Etik

Penelitian ini disetujui oleh Komite Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia (Izin No. 1155/UN2.F1/ETIK/2017) dan dilakukan sesuai dengan Deklarasi Helsinki. Tidak ada subjek yang dihadapkan dengan materi pornografi dalam penelitian ini. *Informed consent* diperoleh dari semua peserta yang diwakili oleh masing-masing orang tua.

Ketersediaan Data

Data yang digunakan untuk mendukung temuan dalam penelitian ini dapat diberikan sesuai permintaan ke Departemen Neurologi, Divisi Neurobehavior, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia yang dapat dihubungi di pukovisa@ui.ac.id.

4. Hasil

Data Demografi

Didapatkan 30 subjek yaitu, 15 non-kecanduan (9 laki-laki dan 6 perempuan) dan 15 kelompok kecanduan (8 laki-laki dan 7 perempuan). Usia rata-rata adalah $13,27 \pm 1,03$ vs $13,80 \pm 1,26$ tahun. Kedua kelompok memiliki usia yang sama ($p = 0,23$). Semua peserta sedang menjalani rentang Pendidikan di tingkat SMP (Sekolah Menengah Pertama).

BPF pada Subregio

Pada DLPFC, hanya MFG yang menunjukkan BPF% lebih rendah secara signifikan pada kelompok kecanduan ($p = 0,040$, $MD = -2,51$). Dihitung dari SFG dan MFG, DLPFC standalone tidak menghasilkan perbedaan BPF% yang signifikan pada kelompok kecanduan ($p = 0,071$), meskipun juga menunjukkan BPF% yang agak rendah, ditandai dengan perbedaan rata-rata negatif terbesar ($MD = -3,59$) (Tabel 2).

Tabel 2. Definisi Wilayah dari Model PFC (*Prefrontal Cortex*) yang diselidiki

Subregio	BPF%		MD	p
	Non-Pecandu (n=15)	Pecandu (n=15)		
OFC (lateral + medial)	20.93 ± 1.54	20.54 ± 1.22	-0.39	0.468
IFG Broca	12.66 ± 1.53	12.56 ± 1.18	-0.10	0.852
IFG Total	16.80 ± 1.81	16.55 ± 1.38	-0.25	0.756
SFG	34.99 ± 1.99	33.91 ± 2.83	-1.08	0.290
MFG (rostral + caudal)	36.15 ± 2.44	33.64 ± 2.96	-2.51	0.040*
ACC (rostral + caudal)	6.24 ± 0.77	5.80 ± 0.51	-0.44	0.120
DLPFC	71.14 ± 3.73	67.55 ± 4.52	-3.59	0.071

*Signifikan secara statistik ($p < 0,05$)

OFC=orbitofrontal; IFG=inferior frontal gyrus; SFG=superior frontal gyrus; MFG=middle frontal gyrus; ACC=anterior cingulate cortex

BPF di Setiap Model

6 di antara Model yang disarankan, berpotensi digunakan dalam adiksi pornografi remaja: model B ($p = 0,044$), model C ($p = 0,029$), model D ($p = 0,024$), model E ($p = 0,040$), model F ($p = 0,033$), dan model H ($p = 0,040$) (Tabel 3). Dalam semua model, BPF‰ kelompok adiksi secara signifikan lebih rendah, ditandai dengan perbedaan rata-rata negatif. Perbedaan rata-rata terbesar

adalah model B ($MD = -4,57$), diikuti oleh model D ($MD = -4,57$). Model I dan J memiliki perbedaan rata-rata terkecil. (Gambar 1).

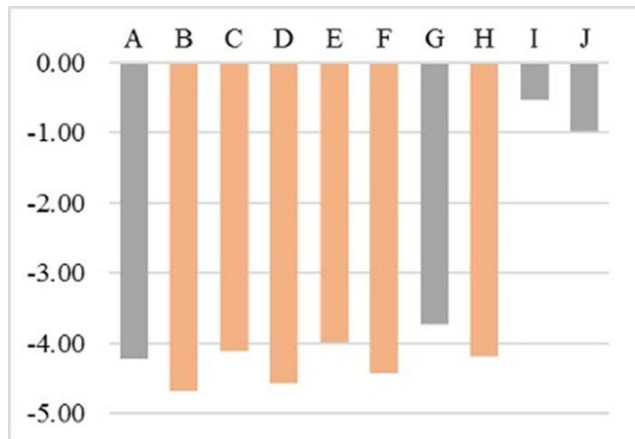
Selain itu, karena semua model signifikan mengandung DLPFC, kami melakukan sub analisis hanya menggunakan DLPFC dari kedua kelompok, dan menemukan bahwa hasilnya tidak signifikan, baik tanpa dan dengan ACC (masing-masing nilai p 0,071 dan 0,054).

Tabel 3. Perbandingan Model PFC Antara Kelompok Kecanduan Pornografi Remaja dan Non-Kecanduan

Models	BPF%		MD	p
	Non-Pecandu (n=15)	Pecandu (n=15)		
A	108.88 ± 5.31	104.65 ± 5.78	-4.23	0.065
B	115.12 ± 5.66	110.44 ± 5.85	-4.68	0.044*
C	96.21 ± 4.49	92.09 ± 5.05	-4.12	0.029*
D	102.46 ± 4.83	97.89 ± 5.15	-4.57	0.024*
E	92.07 ± 4.29	88.09 ± 4.83	-3.98	0.040*
F	98.31 ± 4.61	93.89 ± 4.92	-4.42	0.033*
G	75.28 ± 3.81	71.55 ± 4.71	-3.73	0.059
H	81.52 ± 4.13	77.34 ± 4.79	-4.18	0.040*
I	25.07 ± 1.93	24.54 ± 1.44	-0.53	0.395
J	31.32 ± 2.31	30.34 ± 1.62	-0.98	0.191

*Signifikan secara statistik (p <0,05)

Nilai rata-rata ± SD, dinyatakan dalam BPF%. MD =Perbedaan Rata-rata



Gambar 1. Bagan batang perbandingan perbedaan rata-rata antara kelompok non-kecanduan dan kecanduan.

5. Pembahasan

Model C sebagai definisi klasik PFC mampu secara signifikan membedakan kecanduan pornografi dari kelompok non-kecanduan, bersama dengan model B, D, E, F, dan H. Model B yang signifikan tetapi bukan A, dan model H tetapi bukan G, menunjukkan bahwa ACC adalah wilayah penting untuk membedakan kecanduan pornografi karena pasangan ini hanya berbeda dalam ACC. Model C, yang juga berbeda dengan model D dalam ACC tetapi memiliki signifikansi yang sama, memiliki ukuran efek yang lebih kecil (selisih rata-rata model C vs D=-4,12 vs -4,57). ACC dilaporkan penting dalam pengendalian *reward system*, pengendalian diri, kontrol inhibisi, regulasi emosi, motivasi, kesadaran diri, perhatian, belajar dan memori. Gangguan pada ACC menyebabkan kecenderungan impulsif, kompulsif, dan pergeseran motivasi/perhatian menjadi kecanduan yang sesuai.^[23,32] Mempertimbangkan peran penting ACC dalam kecanduan, kami menyarankan agar ACC dimasukkan dalam model PFC masa depan pada studi kecanduan pornografi.

Signifikansi dalam model C, dibandingkan dengan model A yang tidak signifikan, menunjukkan bahwa IFG pars opercularis dan triangularis, biasanya disebut sebagai area Broca, tidak diperlukan untuk membedakan kecanduan pornografi. Meskipun model B memiliki ukuran efek terbesar di antara semua model, model ini tidak konsisten dengan model A yang tidak signifikan (mirip di area Broca, berbeda di ACC yang telah dibahas di atas sebagai regio esensial). Selain itu, pasangan model E-F sama signifikannya dibandingkan dengan pasangan model CD-D, bahkan tanpa IFG pars orbitalis, menunjukkan bahwa wilayah ini bukanlah wilayah esensial. Temuan kami berbeda dengan penelitian lain yang mengklaim peran IFG secara keseluruhan dalam kecanduan.^[33,34] Selain itu, perbandingan antara pasangan model C-D dan pasangan EF menunjukkan bahwa penambahan IFG pars orbitalis dapat meningkatkan ukuran efek. Studi lebih lanjut yang menentukan wilayah ini diperlukan untuk mengkonfirmasi temuan kami.

Sementara itu, model G, yang kurang dari OFC dibandingkan model C, tidak signifikan secara statistik, menunjukkan pentingnya OFC dalam kecanduan pornografi. Model H (dengan ACC) sama signifikannya dibandingkan dengan model D, tetapi dengan ukuran efek yang lebih kecil (perbedaan rata-rata model H vs D=-4,18 vs -4,57). OFC diketahui terkait dengan keinginan atau ekspektasi kesenangan, serta pengaturan/penekanan emosi, motivasi, kesadaran diri, pembelajaran dan memori.^[22,35]

Wilayah PFC terpenting dalam kecanduan pornografi mungkin adalah DLPFC (gabungan SFG dan MFG). Ini diamati dari pasangan model I-J yang tidak signifikan, yang merupakan kependekan dari pasangan CD-D DLPFC. DLPFC dikenal memiliki peran penting dalam pengendalian diri, motivasi, perhatian, memori kerja, pembelajaran, dan pengambilan keputusan.^[21,36,37] DLPFC mungkin cocok dengan model kecanduan pornografi pada remaja, namun dengan sendirinya tidak dapat membedakan kecanduan dari kelompok non-kecanduan, seperti yang diamati dari sub analisis yang hanya melibatkan DLPFC.

Salah satu keterbatasan penelitian ini adalah desain cross-sectional potong lintang, yang tidak dapat menyelidiki hubungan sebab-akibat. Selain itu, otak subyek remaja masih tumbuh sehingga dapat mengkompensasi kerusakan otak yang mendasarinya.^[38] Studi neurologi lebih lanjut menggunakan model yang dijelaskan di atas, terutama pada desain longitudinal, dijamin untuk menemukan definisi PFC terbaik yang cocok untuk studi kecanduan pornografi.

6. Kesimpulan

Definisi PFC yang paling cocok untuk studi kecanduan pornografi pada remaja harus terdiri dari korteks orbitofrontal, cingulate anterior, dan terutama PFC dorsolateral. Gyrus pars orbitalis frontal inferior tidak diperlukan untuk tujuan ini, tetapi dapat meningkatkan ukuran efek jika disertakan. Studi lebih lanjut diperlukan untuk mengkonfirmasi temuan ini.

Statement Pernyataan Pendanaan dan Konflik Kepentingan

Pekerjaan ini sebagian didukung oleh Kementerian Pemberdayaan Perempuan dan Perlindungan Anak Indonesia (disponsori pemerintah) dan PuP berterima kasih atas pendanaan tambahan dari LPDP untuk beasiswa Beasiswa Untuk Dosen Indonesia Luar Negeri 2018-2021 (201711220411922). Studi ini didanai tanpa keterlibatan penyandang dana eksternal dalam desain studi, pengumpulan dan analisis data, keputusan untuk menerbitkan, atau persiapan naskah. Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

7. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Belinda Suwito, Eric Arija Artha Santawi, Fanuel Utama dan Noryanto Ikromi atas kontribusinya dalam makalah ini.

8. Daftar Pustaka

- [1] Hati Y. Data on Indonesian Children's Exposure to Pornography. Yayasan Kita Dan Buah Hati, Jakarta, Indonesia.
- [2] Andriyani M, Ardina M. Pengaruh Paparan Tayangan Pornografi melalui Media Sosial terhadap Perilaku Mahasiswa di Yogyakarta. *Jurnal Audiens*. 2021 Apr 1;2(1):143–53.
- [3] Maisya IB, Masitoh S. DERAJAT KETERPAPARAN KONTEN PORNOGRAFI PADA SISWA SMP DAN SMA DI DKI JAKARTA DAN BANTEN INDONESIA. *Jurnal Kesehatan Reproduksi*. 2019;10(2):117–26.
- [4] Febo M, Blum K, Badgaiyan RD, Baron D, Thanos PK, Colon-Perez LM, et al. Dopamine homeostasis: brain functional connectivity in reward deficiency syndrome. *Front Biosci*. 2017 Jan 1;22(4):669–91.
- [5] Kühn S, Gallinat J. Brain structure and functional connectivity associated with pornography consumption: the brain on porn. *JAMA Psychiatry*. 2014 Jul 1;71(7):827–34.
- [6] Yati M, Aini K. STUDI KASUS: DAMPAK TAYANGAN PORNOGRAFI TERHADAP PERUBAHAN PSIKOSOSIAL REMAJA. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kesehatan [Internet]*. 2018 Jul 22 [cited 2023 Jul 17];9(2). Available from: <http://journal.uwhs.ac.id/index.php/jitk/article/view/189>
- [7] Tauhid M, Rahman IK, Rofiah R. The Impact Of Pornography Addiction On Interpersonal Communication Capability (A Case Study In Students Of Islamic Education Faculty Ibn Khaldun Bogor *Komunika: Journal of [Internet]*. 2019; Available from: <https://jurnalfai-uikabogor.org/index.php/komunika/article/view/420>
- [8] Setyawati R, Hartini N, Suryanto S. The psychological impacts of internet pornography addiction on adolescents. *Humaniora [Internet]*. 2020; Available from: <https://journal.binus.ac.id/index.php/Humaniora/article/view/6682>
- [9] Kheswa JG, Notole M. The impact of pornography on adolescent males' sexual behaviour in the Eastern cape, South Africa. A qualitative study. *Mediterr J Soc Sci*. 2014 Sep 1;5(20):2831.
- [10] Miller S. *The ASAM principles of addiction medicine*. Lippincott Williams & Wilkins; 2018.
- [11] Mackey S, Allgaier N, Chaarani B, Spechler P, Orr C, Bunn J, et al. Mega-Analysis of Gray Matter Volume in Substance Dependence: General and Substance-Specific Regional Effects. *Am J Psychiatry*. 2019 Feb 1;176(2):119–28.
- [12] Tanabe J, Tregellas JR, Dalwani M, Thompson L, Owens E, Crowley T, et al. Medial orbitofrontal cortex gray matter is reduced in abstinent substance-dependent individuals. *Biol Psychiatry*. 2009 Jan 15;65(2):160–4.
- [13] Ceceli AO, Bradberry CW, Goldstein RZ. The neurobiology of drug addiction: cross-species insights into the dysfunction and recovery of the prefrontal cortex. *Neuropsychopharmacology*. 2022 Jan;47(1):276–91.
- [14] Kühn S, Gallinat J. Brains online: structural and functional correlates of habitual Internet use. *Addict Biol*. 2015 Mar;20(2):415–22.
- [15] Moeller SJ, Froböse MI, Konova AB, Misyrlis M, Parvaz MA, Goldstein RZ, et al. Common and distinct neural correlates of inhibitory dysregulation: stroop fMRI study of cocaine addiction and intermittent explosive disorder. *J Psychiatr Res*. 2014 Nov;58:55–62.
- [16] Volkow ND, Wang GJ, Fowler JS, Tomasi D, Telang F, Baler R. Addiction: decreased reward sensitivity and increased expectation sensitivity conspire to overwhelm the brain's control circuit. *Bioessays*. 2010 Sep;32(9):748–55.
- [17] He Q, Li D, Turel O, Bechara A, Hser YI. White matter integrity alternations associated with cocaine dependence and long-term abstinence: Preliminary findings. *Behav Brain Res*. 2020 Feb 3;379:112388.
- [18] van Son D, Wiers RW, Catena A, Perez-Garcia M, Verdejo-García A. White matter disruptions in male cocaine polysubstance users: Associations with severity of drug use and duration of abstinence. *Drug Alcohol Depend*. 2016 Nov 1;168:247–54.
- [19] Fuster J. *The Prefrontal Cortex*. Academic Press; 2015. 460 p.
- [20] Brand M, Young KS, Laier C. Prefrontal control and internet addiction: a theoretical model and review of neuropsychological and neuroimaging findings. *Front Hum Neurosci*. 2014 May 27;8:375.
- [21] Alizadehgoradel J, Nejati V, Sadeghi Movahed F, Imani S, Taherifard M, Mosayebi-Samani M, et al. Repeated stimulation of the dorsolateral-prefrontal cortex improves executive dysfunctions and craving in drug addiction: A randomized, double-blind, parallel-group study. *Brain Stimul*. 2020 Jan 3;13(3):582–93.
- [22] Schoenbaum G, Chang CY, Lucantonio F, Takahashi YK. Thinking Outside the Box: Orbitofrontal Cortex, Imagination, and How We Can Treat Addiction. *Neuropsychopharmacology*. 2016 Dec;41(13):2966–76.
- [23] Lee D, Namkoong K, Lee J, Jung YC. Abnormal gray matter volume and impulsivity in young adults with Internet gaming disorder. *Addict Biol*. 2018 Sep;23(5):1160–7.
- [24] Singh AS, Masuku MB. Sampling techniques & determination of sample size in applied statistics research: An overview. *International Journal of economics, commerce and management*. 2014;2(11):1–22.
- [25] Hati YKDB. Measuring tool for early detection of pornography addiction. [Alat ukur deteksi dini adiksi pornografi Yayasan Kita dan Buah Hati]. Jakarta. 2017;
- [26] Weinstein A, Lejoyeux M. New developments on the neurobiological and pharmaco-genetic mechanisms underlying internet and videogame addiction. *Am J Addict*. 2015 Mar;24(2):117–25.
- [27] Vijayakumar N, Whittle S, Yücel M, Dennison M, Simmons J, Allen NB. Thinning of the lateral prefrontal cortex during adolescence predicts emotion regulation in females. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2014 Nov;9(11):1845–54.
- [28] Vågberg M, Granåsen G, Svenningsson A. Brain Parenchymal Fraction in Healthy Adults-A Systematic Review of the Literature. *PLoS One*. 2017 Jan 17;12(1):e0170018.
- [29] Vågberg M, Lindqvist T, Ambarki K, Warntjes JBM, Sundström P, Birgander R, et al. Automated determination of brain parenchymal fraction in multiple sclerosis. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2013 Mar;34(3):498–504.
- [30] Fischl B. *FreeSurfer*. *Neuroimage*. 2012 Aug 15;62(2):774–81.
- [31] Bigler ED, Skiles M, Wade BSC, Abildskov TJ, Tustison NJ, Scheibel RS, et al. *FreeSurfer 5.3 versus 6.0: are volumes comparable? A Chronic Effects of Neurotrauma Consortium study*. *Brain Imaging Behav*. 2020 Oct;14(5):1318–27.
- [32] Jin C, Zhang T, Cai C, Bi Y, Li Y, Yu D, et al. Abnormal prefrontal cortex resting state functional connectivity and severity of internet gaming disorder. *Brain Imaging Behav*. 2016 Sep;10(3):719–29.
- [33] Schmidt A, Walter M, Gerber H, Schmid O, Smieskova R, Bendfeldt K, et al. Inferior frontal cortex modulation with an acute dose of heroin during cognitive control. *Neuropsychopharmacology*. 2013 Oct;38(11):2231–9.
- [34] Dong G, Hu Y, Lin X, Lu Q. What makes Internet addicts continue playing online even when faced by severe negative consequences? Possible explanations from an fMRI study. *Biol Psychol*. 2013 Oct;94(2):282–9.
- [35] Hong SB, Kim JW, Choi EJ, Kim HH, Suh JE, Kim CD, et al. Reduced orbitofrontal cortical thickness in male adolescents with internet addiction. *Behav Brain Funct*. 2013 Mar 12;9:11.
- [36] Bari A, Robbins TW. Inhibition and impulsivity: behavioral and neural basis of response control. *Prog Neurobiol*. 2013 Sep;108:44–79.
- [37] Yuan P, Raz N. Prefrontal cortex and executive functions in healthy adults: a meta-analysis of structural neuroimaging studies. *Neurosci Biobehav Rev*. 2014 May;42:180–92.
- [38] Ismail FY, Fatemi A, Johnston MV. Cerebral plasticity: Windows of opportunity in the developing brain. *Eur J Paediatr Neurol*. 2017 Jan;21(1):23–48.