

Featured Research

Towards a proactive mental health ecosystem: a conceptual model of integrated digital layers

Alzet Rama^{*)}, Wiki Lofandri, Siti Fadillah Sallamah, Syahda Humayra

Universitas negeri Padang

*) Correspondence regarding this article should be addressed to: Author address e-mail: alzetrana@unp.ac.id

Abstract: Sementara dunia terus dilanda krisis kesehatan mental global, sistem layanan yang ada saat ini sebagian besar bersifat reaktif, hanya membantu orang setelah mereka mencapai tahap krisis. Makalah konseptual ini mengusulkan Ekosistem Berlapis untuk Pengelolaan Kesehatan Mental Proaktif sebagai solusi yang dapat memperbaiki struktur layanan, membuka jalan untuk fokus pada pencegahan dini dan pemeliharaan kesejahteraan daripada sekadar penyembuhan. Model yang diusulkan di sini terdiri dari empat lapisan yang saling terkait secara fungsional: pertama, pengumpulan data sensorik yang menggunakan sumber pasif dan aktif; kedua, mesin analitik prediktif yang mengeluarkan sinyal peringatan dini; ketiga, pengiriman intervensi mikro; dan terakhir, keterlibatan manusia sebagai pemeriksaan klinis akhir. Selain mengusulkan tipologi intervensi yang mencakup aspek kognitif, perilaku, sosial, dan digital, makalah ini juga mengkritik “Paradoks Privasi-Personalisasi” dengan mengusulkan solusi etis seperti minimalisme data dan kontrol pengguna yang transparan. Dengan menetapkan ukuran kinerja baru seperti tingkat keterlibatan dan penurunan peristiwa eskalasi, struktur ini diharapkan menjadi panduan untuk mengembangkan teknologi kesehatan mental yang tidak hanya cerdas tetapi juga mampu membangun kepercayaan dan otonomi pengguna.

Keywords: Kesehatan mental digital, ekosistem proaktif, arsitektur berlapis, intervensi mikro, paradox privasi-personalisasi, kesejahteraan psikologis.

Article History: Received on 30/10/2025; Revised on 26/11/2025; Accepted on 30/12/2025; Published Online: 31/12/2025.



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2025 by author.

INTRODUCTION

Pada pergantian abad ke-21 ini, kesehatan mental telah menempati posisi sentral sebagai salah satu krisis kesehatan masyarakat yang paling mendesak (Patel et al., 2018). Data global dari organisasi kesehatan dunia seperti WHO secara konsisten menunjukkan tren peningkatan yang mengkhawatirkan dalam prevalensi berbagai gangguan mental (WHO, 2022). Di balik angka-angka ini tersimpan narasi kolektif mengenai beban ekonomi dan sosial yang masif, yang secara sistematis melemahkan produktivitas dan kualitas hidup miliaran individu (Insel, 2022). Ironisnya, di tengah lonjakan kebutuhan intervensi ini, sistem layanan kesehatan mental masih terikat pada paradigma lama yang tidak memadai (Shinfuku et al., 2020). Sistem tersebut bersifat fundamentally reaktif—sebuah model pertahanan pasif yang berprinsip pada penantian (Firth & Torous, 2018).

Intervensi medis dan psikologis baru diasumsikan perlu diberikan setelah individu mencapai ambang krisis, yaitu ketika gejala klinis telah termanifestasi secara nyata (Razzouk & Wang, 2021). Pendekatan reaktif ini secara inheren gagal mengatasi akar permasalahan (Mental Health America, 2020). Fokus yang semata-mata tertuju pada penyembuhan (*cure*) mengabaikan fase krusial sebelum timbulnya penyakit (Torous et al., 2018b). Padahal, kesehatan mental yang optimal—layaknya kesehatan fisik—memerlukan strategi pencegahan (*prevention*) yang berkelanjutan dan pemeliharaan (*maintenance*) harian (Beucke et al., 2023). Ini menandai kebutuhan transisi filosofis mendasar: dari merawat penyakit menjadi proaktif menumbuhkan kesejahteraan (O'Donoghue et al., 2022). Kegagalan dalam beradaptasi ini menghasilkan kesenjangan pengobatan (*treatment gap*) yang menganga (Patel et al., 2018).

Sistem berbasis reaktif tidak akan memiliki skalabilitas yang cukup untuk menjangkau setiap individu yang berada dalam risiko (Wang et al., 2022). Kesenjangan ini telah diisi oleh teknologi digital, yang menjanjikan desentralisasi dan aksesibilitas layanan kesehatan mental (Karyotaki et al., 2021). Berbagai solusi telah muncul sebagai pionir: mulai dari aplikasi *mindfulness* yang meredakan stres (Inkster et al., 2018), pelacak mood yang memfasilitasi pemantauan diri (Baumel et al., 2019), hingga chatbot yang memberikan dukungan kognitif dan intervensi berbasis percakapan (Almasoud et al., 2021; Sucala et al., 2020).

Potensi transformatif alat-alat ini terletak pada kemampuannya menyentuh kehidupan pengguna secara *in-the-moment* dan intim (Scherer et al., 2020). Namun demikian, inovasi digital ini menghadapi tantangan struktural yang serius (Firth & Torous, 2018). Pada intinya, solusi teknologi kesehatan mental saat ini beroperasi secara terfragmentasi (Mohr et al., 2018). Setiap aplikasi—baik *wearable* pelacak tidur, aplikasi meditasi, atau chatbot—cenderung beroperasi secara independen dalam "silo" datanya sendiri (Bin Sawad et al., 2023). Fragmentasi ini menciptakan dua masalah kritis (Abdullah et al., 2020). Pertama, pengalaman pengguna yang tidak hanya merepotkan (memaksa individu mengelola berbagai platform yang tidak saling terhubung) tetapi juga merugikan secara klinis (Torous & Roberts, 2018).

Kerugian terbesarnya adalah hilangnya kesempatan untuk intervensi yang cerdas dan tepat waktu yang memerlukan pandangan holistik terhadap kondisi pengguna (D'Alfonso et al., 2020). Ketika data sensorik pasif dari *wearable* (misalnya, variabilitas detak jantung atau pola tidur) tidak dihubungkan dengan data kualitatif aktif dari jurnal harian atau interaksi chatbot, sistem menjadi buta (Servick et al., 2021). Tanpa integrasi ini, ia tidak mampu membangun gambaran komprehensif mengenai pemicu stres dan mekanisme coping seseorang (Cimo et al., 2020). Akibatnya, sistem kehilangan kemampuan untuk mendeteksi secara proaktif pola-pola halus yang mengindikasikan penurunan kondisi mental pola seperti kombinasi peningkatan *screen time* signifikan dengan penurunan mobilitas, yang merupakan sinyal peringatan dini sebelum penurunan memburuk menjadi episode klinis parah (Faurholt-Jepsen et al., 2019; Onnela, 2019). Dengan kata lain, kita kehilangan peluang emas intervensi dini yang didorong oleh analitik prediktif (Scherer et al., 2020). Keterputusan antara teknologi dan kebutuhan integrasi tercermin langsung dalam lanskap penelitian akademis (Riper et al., 2022). Sebagian besar penelitian berfokus pada evaluasi efektivitas teknologi individual (Karyotaki et al., 2021).

Para akademisi membatasi pertanyaan mereka pada validasi komponen tunggal, misalnya: "Apakah chatbot berbasis Cognitive Behavioral Therapy (CBT) efektif dalam situasi tertentu?" (Almasoud et al., 2021). Meskipun studi validasi komponen tunggal penting untuk membangun fondasi ilmiah, fokus yang sempit ini meninggalkan celah signifikan dalam literatur yang lebih luas (Scimeca et al., 2019). Terdapat kekurangan mendasar dalam menyediakan kerangka teoritis terintegrasi yang menjelaskan bagaimana beragam alat digital—dari sensor data pasif hingga intervensi aktif seperti chatbot dan digital nudges—dapat berkolaborasi secara sinergis dalam ekosistem yang terkoordinasi (Wang et al., 2022).

Secara eksplisit, literatur masih minim dalam menyediakan model konseptual yang memandu transisi filosofis ini: model yang menggerakkan paradigma baru di mana kesehatan mental dikelola melalui pencegahan dan pemeliharaan yang didorong oleh data, alih-alih sekadar menunggu untuk memberikan penyembuhan reaktif (Torous et al., 2018a). Oleh karena itu, artikel konseptual ini bertujuan untuk mengisi celah teoretis yang penting dengan mengusulkan sebuah model inovatif: Multi-Layered Ecosystem for Proactive Mental Health Management through Digital Nudges (Mitchell et al., 2022). Kontribusi utama kami meliputi: Pertama, kami mengusulkan arsitektur empat lapisan yang dirancang untuk mengintegrasikan secara mulus berbagai sumber data pasif dan aktif dengan digital nudges yang ditargetkan, memastikan sistem dapat bergerak otomatis dari sensing data, analitik prediktif, hingga aksi intervensi (Mohr et al., 2018; Abdullah et al., 2020). Kedua, kami mengembangkan Tipologi Digital Nudges yang diperkaya secara teoretis (Hagger et al., 2020).

Berdasarkan teori perilaku klasik seperti Nudge Theory dan Behavioral Activation, kami mengklasifikasikan digital nudges menjadi kategori fungsional (kognitif, perilaku, sosial, dan lingkungan/digital) untuk memandu pemilihan intervensi yang paling sesuai dan berakar pada ilmu perilaku (Stiglbauer et al., 2022; Montagni et al., 2020). Ketiga, karena sistem proaktif ini bergantung pada pengumpulan data yang luas dari kehidupan sehari-hari pengguna, kami menganalisis secara kritis Privacy-Personalization Paradox mengakui bahwa efektivitas nudges memerlukan data yang sangat spesifik, menimbulkan tantangan etika, privasi, dan otonomi yang harus diatasi dengan solusi seperti minimalisme data dan kontrol pengguna yang transparan (Nebeker et al., 2019; Price & Al-Daffaie, 2020; Vayena et al., 2018; Rivas et al., 2021). Keempat, kami mengusulkan Metrik Konseptual spesifik untuk mengevaluasi efikasi ekosistem proaktif ini (Sorkin et al., 2017). Mengingat fokusnya pada pencegahan, metrik tradisional (seperti pengurangan gejala klinis) tidak memadai (Mohr et al., 2014). Kami mengajukan metrik baru seperti Engagement dengan Nudges (Perski et al., 2017), Reduction in Escalation Events (Wesson et al., 2023), dan Psychological Well-being Metrics Jangka Pendek (De La Torre et al., 2020) untuk mengukur keberhasilan pemeliharaan kesejahteraan (Baumel & Muench, 2020).

Dengan mendiagnosis keterbatasan model reaktif dan menyoroti fragmentasi teknologi saat ini, artikel ini menyediakan cetak biru teoretis yang kuat bagi masa depan kesehatan mental digital (Topol, 2019; Insel, 2022). Tujuan akhir kami adalah menyediakan kerangka kerja solid bagi peneliti, pengembang, dan praktisi untuk bersama-sama mewujudkan visi kesehatan mental yang benar-benar proaktif, cerdas, dan yang terpenting, etis serta terpercaya (Hirshberg et al., 2020; Krebs et al., 2023).

METHOD

Penelitian ini diklasifikasikan sebagai inkuiri konseptual dan teoretis murni (*theoretical and conceptual inquiry*), yang secara fundamental bertujuan untuk mengonstruksi sebuah model arsitektural dan tipologi intervensi yang baru dalam domain kesehatan mental digital (Torous et al., 2018a). Berbeda dengan studi empiris yang berfokus pada pengujian hipotesis melalui pengumpulan data primer, tujuan metodologis utama dari artikel ini adalah melakukan elusidasi terhadap landasan epistemologis dan proses sintesis yang diperlukan untuk membangun kerangka kerja *Multi-Layered Ecosystem for Proactive Mental Health* (Wang et al., 2022). Oleh karena itu, validitas studi ini tidak diukur melalui signifikansi statistik, melainkan melalui koherensi logis (D'Alfonso et al., 2020), kekuatan integrasi teoretis (Mohr et al., 2018), dan relevansi praktis dari model yang diusulkan dalam mengatasi fragmentasi teknologi yang ada saat ini (Bin Sawad et al., 2023). Studi ini bermaksud meletakkan dasar bagi paradigma preventif dengan menyediakan peta jalan struktural bagi pengembangan sistem di masa depan (Beucke et al., 2023).

Pengembangan kerangka konseptual ini didasarkan pada pendekatan metodologis ganda yang terintegrasi secara sistematis, yakni kombinasi antara Sintesis Literatur Interdisipliner yang kritis dan Analisis Sistem (*Systems Analysis*) (Abdullah et al., 2020). Pendekatan hibrida ini diadopsi mengingat kompleksitas inheren dari ekosistem kesehatan mental yang berada di persimpangan antara psikologi klinis, ilmu perilaku, etika data, dan rekayasa perangkat lunak (Torous & Roberts, 2018). Melalui pendekatan ini, studi tidak hanya meninjau teori yang ada, tetapi secara aktif merekonstruksi konsep-konsep tersebut ke dalam sebuah struktur operasional yang baru (Hagger et al., 2020). Langkah ini memastikan bahwa model yang dihasilkan memiliki landasan teoretis yang kokoh sekaligus viabilitas teknis yang memadai (Scherer et al., 2020). Fase pertama metodologi melibatkan dekonstruksi dan sintesis terhadap korpus literatur yang ekstensif dan lintas disiplin (Riper et al., 2022).

Analisis kritis dilakukan terhadap empat domain utama: (1) Kesehatan Mental Digital, untuk mengevaluasi efikasi intervensi digital yang ada dan mengidentifikasi limitasi strukturalnya (Karyotaki et al., 2021; Sucala et al., 2020); (2) Teori Perilaku, dengan penekanan khusus pada *Nudge Theory* dan *Theory of Planned Behavior*, yang berfungsi sebagai postulat teoretis dalam merancang mekanisme intervensi yang persuasif namun non-koersif (Mitchell et al., 2022; Montagni et al., 2020); (3) Interaksi Manusia-Komputer (HCI) dan Etika Data, yang dieksplorasi untuk memitigasi risiko privasi dan memastikan otonomi pengguna dalam sistem pemantauan yang persisten (Nebeker et al., 2019; Vayena et al., 2018); serta (4) Ilmu Komputer dan IoT, yang menyediakan kerangka teknis terkait arsitektur data, penginderaan pasif (*passive sensing*), dan kapabilitas analitik prediktif (Cimo et al., 2020; Onnela, 2019).

Integrasi dari keempat domain ini krusial untuk mencegah reduksionisme dalam perancangan model (Topol, 2019). Melengkapi landasan teoretis tersebut, penelitian ini menerapkan metodologi Analisis Sistem dan Pemodelan sebagai mekanisme konstruktif utama (Mandl et al., 2021). Pendekatan ini digunakan untuk memetakan secara visual dan logis aliran data serta titik-titik intervensi dalam sebuah ekosistem kesehatan mental yang ideal (Servick et al., 2021). Dalam proses ini, fungsi-fungsi teknologi yang saat ini

terfragmentasi (seperti pelacakan biometrik terisolasi atau chatbot mandiri) diabstraksikan dari konteks "silo"-nya (Firth & Torous, 2018).

Melalui proses abstraksi tersebut, komponen-komponen terpisah direstrukturisasi dan diorkestrasikan ke dalam lapisan-lapisan fungsional yang kohesif (cohesive functional layers), yang kemudian membentuk struktur Multi-Layered Ecosystem (Mohr et al., 2018). Lebih jauh lagi, pendekatan pemodelan ini memungkinkan klasifikasi intervensi mikro menjadi kategori teoretis yang bermakna, menghasilkan sebuah Tipologi Digital Nudges (Stiglbauer et al., 2022). Dengan demikian, metodologi ini mentransformasi kumpulan teknologi yang disparat menjadi sebuah sistem terpadu yang mampu melakukan fungsi sensing, analisis, dan intervensi secara sinergis, memberikan kontribusi metodologis berupa kerangka kerja yang siap untuk divalidasi secara empiris pada penelitian selanjutnya (Krebs et al., 2023; Wang et al., 2022).

RESULTS AND DISCUSSION

Hasil dan Pembahasan Konseptual

Konsep Utama: Ekosistem Kesehatan Mental Proaktif Berlapis

Penelitian ini menghasilkan sebuah kerangka kerja komprehensif yang dirancang untuk mengubah pendekatan konvensional dalam penanganan kesehatan mental (Insel, 2022). Kerangka kerja ini berfungsi sebagai sistem terintegrasi yang menggabungkan teknologi modern dengan prinsip-prinsip kesejahteraan manusia (Torous et al., 2018a). Struktur ekosistem ini dibangun atas dasar empat lapisan yang saling terhubung dan saling mendukung, masing-masing memiliki peran spesifik dalam menciptakan pengalaman pengguna yang holistik dan responsif (Abdullah et al., 2020). Lapisan pertama, yang disebut Akuisisi Data dan Sensor, berfungsi sebagai jantung pengumpulan informasi dalam sistem (Cimo et al., 2020). Pada tahap ini, data dikumpulkan melalui dua saluran utama yang bekerja secara komplementer (Servick et al., 2021).

Sumber pasif menggunakan perangkat yang dapat dikenakan seperti smartwatch atau fitness tracker untuk mengumpulkan metrik fisiologis yang berharga, termasuk pola detak jantung (Steinhubl et al., 2015), variabilitas detak jantung yang mencerminkan keadaan stres, pola tidur yang teratur, serta tingkat aktivitas fisik (Althoff et al., 2017; Sieverdes et al., 2019). Selain itu, smartphone pengguna juga menjadi sumber data yang kaya, melacak pola mobilitas, pola penggunaan layar, dan kebiasaan digital lainnya yang dapat memberikan wawasan tentang rutinitas harian (Onnela, 2019; Faurholt-Jepsen et al., 2019). Seiring dengan pengumpulan pasif ini, sistem juga mengintegrasikan sumber data aktif yang mengandalkan kontribusi sadar dari pengguna (Torous & Roberts, 2018). Pengguna dapat melengkapi catatan suasana hati harian mereka, menulis jurnal personal yang mendalam, atau berinteraksi dengan chatbot yang dirancang untuk memahami keadaan emosional mereka (Scimeca et al., 2019; Almasoud et al., 2021). Kombinasi kedua sumber data ini menciptakan gambaran holistik tentang kondisi mental pengguna yang tidak dapat diperoleh dari salah satu sumber saja (D'Alfonso et al., 2020). Lapisan kedua, yang dikenal sebagai Mesin Analitik dan Peringatan, memiliki tanggung jawab untuk mengubah data mentah menjadi wawasan yang bermakna (Scherer et al., 2020).

Sistem ini menggunakan algoritma pembelajaran mesin yang canggih untuk memproses volume data yang besar dan mengidentifikasi pola-pola tersembunyi yang

mungkin tidak terlihat pada pandangan pertama (Ghassemi et al., 2021). Khususnya, sistem dirancang untuk mengenali pemicu dan indikator yang terkait dengan penurunan kesejahteraan mental (Ben-Zeev et al., 2015; Wang et al., 2022). Sebagai contoh, kombinasi tertentu dari peningkatan variabilitas detak jantung, penurunan mobilitas, dan peningkatan signifikan dalam waktu layar dapat berfungsi sebagai penanda potensial dari krisis mental yang sedang berkembang (Faurholt-Jepsen et al., 2019).

Ketika pola-pola ini dideteksi, sistem menghasilkan sinyal atau "peluang intervensi" yang memicu respons dari lapisan berikutnya (Hekler et al., 2016). Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk bergerak dari reaktif, di mana tindakan hanya diambil setelah masalah menjadi nyata, menuju proaktif, di mana intervensi dapat dilakukan pada tahap awal sebelum kondisi memburuk (Beucke et al., 2023). Lapisan ketiga, Intervensi Mikro dan Pengiriman Nudge, adalah di mana teori bertemu dengan praktik dalam memberikan dukungan kepada pengguna (Mitchell et al., 2022). Lapisan ini memanfaatkan berbagai saluran komunikasi untuk menjangkau pengguna, mulai dari chatbot interaktif yang dapat memberikan percakapan personal (Fitzpatrick et al., 2017), notifikasi push yang diskrit namun efektif (Stiglbauer et al., 2022), hingga peringatan yang ditampilkan langsung pada perangkat yang dapat dikenakan (Shokrpour et al., 2021).

Konten dari setiap intervensi dirancang sebagai "nudge digital" yang dipersonalisasi berdasarkan profil individu dan pola perilaku pengguna (Stiglbauer et al., 2022; Fogg, 2009). Nudge ini bukan hanya informasi umum, tetapi pesan yang dirancang dengan cermat untuk beresonansi dengan kebutuhan spesifik dan preferensi pengguna pada saat yang tepat (Yardley et al., 2016). Lapisan keempat dan terakhir adalah elemen Manusia dalam Sistem, yang memastikan bahwa teknologi tidak pernah sepenuhnya menggantikan pertimbangan klinis manusia (Topol, 2019). Lapisan ini berfungsi sebagai mekanisme pengawasan dan eskalasi kritis (Wesson et al., 2023). Ketika sistem mendeteksi pola risiko yang sangat tinggi atau ketika pengguna secara konsisten tidak merespons nudge, sistem secara otomatis mengingatkan dan melibatkan profesional kesehatan mental seperti konselor, terapis, atau pelatih kesehatan (Ben-Zeev et al., 2014). Fungsi penting ini memastikan bahwa batasan etika dipertahankan (Luxton, 2014; Nebeker et al., 2019) dan bahwa dukungan klinis yang serius tersedia bagi mereka yang membutuhkannya, menciptakan keseimbangan yang harmonis antara otomasi teknologi dan sentuhan manusia yang tak tergantikan (Krebs et al., 2023; Hirshberg et al., 2020).

Tipologi Digital Nudges untuk Kesehatan Mental

Penelitian ini mengidentifikasi dan mengkategorisasi empat jenis nudge digital yang berbeda, masing-masing didasarkan pada teori perilaku yang mapan dan dirancang untuk mencapai tujuan intervensi yang spesifik (Mitchell et al., 2022). Pengklasifikasian ini muncul dari sintesis mendalam antara teori-teori psikologis yang telah terbukti dan prinsip-prinsip ilmu desain intervensi modern, menciptakan taksonomi yang praktis dan empiris (Michie et al., 2013; Hagger et al., 2020). Jenis nudge pertama adalah Nudge Kognitif, yang berdiri di atas fondasi teori Cognitive Restructuring (Torous et al., 2018a). Nudge jenis ini dirancang untuk melatih ulang pola pikir negatif dan membantu pengguna mengatasi bias kognitif yang merugikan (Rivas et al., 2021).

Dalam praktiknya, sistem mungkin mengirimkan pesan yang mengatakan "Coba identifikasi satu hal positif hari ini. Ingatlah bahwa pola pikir dapat dilatih dan berubah." Pesan seperti ini tidak hanya memberikan saran praktis, tetapi juga menanamkan harapan bahwa perubahan adalah mungkin melalui usaha yang konsisten (Wesson et al., 2023).

Nudge Perilaku merupakan kategori kedua yang berfokus pada Aktivasi Perilaku (Hayes et al., 1996). Nudge ini mendorong pengguna untuk terlibat dalam aktivitas yang secara terbukti bermanfaat bagi kesejahteraan mental dan fisik mereka (Hollis et al., 2020). Sebagai contoh, ketika wearable mendeteksi tanda-tanda stres berdasarkan data detak jantung, sistem dapat mengirim pemberitahuan yang mengatakan "Berdasarkan data detak jantung Anda, tampaknya Anda sedang mengalami stres. Apakah Anda ingin mencoba latihan pernapasan yang singkat selama satu menit?" (Steinhubl et al., 2015; Stiglbauer et al., 2022). Nudge ini menggabungkan data objektif dengan saran yang dapat dilakukan dalam waktu singkat, membuat tindakan menjadi accessible dan menarik (Fogg, 2009). Kategori ketiga adalah Nudge Sosial, yang didasarkan pada penelitian mendalam tentang pentingnya koneksi sosial dalam kesejahteraan manusia (Montagni et al., 2020).

Nudge ini dirancang untuk mendorong pengguna membangun dan memelihara hubungan sosial yang berkualitas, yang merupakan faktor perlindungan utama terhadap gangguan kesehatan mental (Fiske et al., 2020). Sistem dapat menyarankan kepada pengguna, "Anda belum berbicara dengan teman lama selama seminggu ini. Mungkin ini waktu yang baik untuk mengirimkan pesan singkat dan melihat bagaimana kabar mereka?" (Montagni et al., 2020). Melalui intervensi yang lembut namun personal ini, sistem mendorong pengguna untuk memelihara hubungan yang penting bagi mereka (Wesson et al., 2023).

Nudge Lingkungan atau Digital, jenis keempat, beroperasi berdasarkan prinsip Choice Architecture yang mempostulatkan bahwa cara pilihan disajikan dapat secara signifikan mempengaruhi keputusan yang dibuat orang (Hollands et al., 2013). Nudge ini memodifikasi lingkungan digital pengguna untuk mendukung pilihan yang lebih sehat dan lebih produktif (Mitchell et al., 2022). Ketika sistem mengamati peningkatan penggunaan media sosial, ia mungkin mengirim peringatan seperti "Waktu layar Anda di media sosial telah meningkat sebesar 50 persen dalam minggu ini. Apakah Anda ingin mengaktifkan mode 'Fokus' untuk membantu diri sendiri tetap terpusat selama satu jam ke depan?" (Shokrpour et al., 2021).

Intervensi semacam ini memberikan kontrol kepada pengguna sambil menyediakan alat praktis untuk mengatur lingkungan digital mereka sendiri (Rivas et al., 2021). Pengembangan tipologi komprehensif ini memiliki implikasi penting untuk implementasi praktis dari kerangka kerja ekosistem (Mohr et al., 2018). Dengan mengklasifikasikan nudge berdasarkan landasan teori yang kuat, Lapisan Ketiga dari ekosistem dapat memilih dengan cerdas intervensi mana yang paling relevan dan efektif untuk setiap situasi spesifik (Yardley et al., 2016). Pendekatan ini memastikan bahwa intervensi tidak hanya didorong oleh intuisi atau data semata, melainkan oleh pemahaman yang mendalam tentang mekanisme perubahan perilaku manusia (Perski et al., 2017). Dengan cara ini, setiap nudge yang disampaikan kepada pengguna memiliki dasar teoritis yang kokoh dan kemungkinan lebih besar untuk mencapai hasil yang diinginkan (Kroll et al., 2018).

Menavigasi Paradoks Privasi-Personalisasi

Salah satu tantangan paling mendesak dalam pengembangan sistem kesehatan mental berbasis teknologi adalah resolusi dari apa yang dapat disebut sebagai Paradoks Privasi-Personalisasi (Price & Al-Daffaie, 2020; Vayena et al., 2019). Dalam inti paradoks ini terletak dilema fundamental: untuk memberikan intervensi yang benar-benar dipersonalisasi dan efektif, sistem memerlukan akses ke jumlah data yang luas dan sering kali sangat sensitif tentang kehidupan pribadi pengguna. Namun, pengumpulan data yang ekstensif ini pada dasarnya membawa risiko signifikan terhadap privasi individu, menciptakan ketegangan yang tidak mudah untuk diselesaikan (Nebeker et al., 2019; Choudhury et al., 2020). Pengguna dihadapkan pada pilihan yang tidak menyenangkan antara menerima personalisasi yang lebih baik dengan mengorbankan privasi mereka, atau mempertahankan privasi sambil menerima intervensi yang kurang disesuaikan dengan kebutuhan mereka.

Untuk mengatasi paradoks ini, penelitian ini mengusulkan serangkaian solusi konseptual yang berusaha untuk menyeimbangkan kedua kekhawatiran ini. Pendekatan pertama berfokus pada prinsip Minimalisme Data dan Pemrosesan di Perangkat (Price & Al-Daffaie, 2022; Mandl et al., 2021). Konsep di balik pendekatan ini adalah bahwa tidak semua data perlu ditransmisikan ke server cloud terpusat untuk dianalisis. Sebaliknya, banyak pemrosesan data dapat dilakukan secara lokal di perangkat pengguna itu sendiri, menjaga informasi sensitif lebih dekat kepada pemiliknya dan mengurangi risiko paparan yang tidak disengaja. Dengan cara ini, sistem dapat tetap pintar dan responsif sambil meminimalkan jejak data yang ditransmisikan melalui jaringan.

Solusi kedua berpusat pada Transparansi dan Kontrol Pengguna (Nebeker et al., 2020; Steinsbekk et al., 2020). Penelitian ini mengajukan bahwa pengguna harus diberdayakan dengan pemahaman penuh tentang data apa yang sedang dikumpulkan, bagaimana data tersebut digunakan, dan siapa yang memiliki akses ke data tersebut. Sistem harus menyediakan dasbor intuitif dan transparan yang memungkinkan pengguna untuk melihat jejak data mereka sendiri (Nebeker & D. R. E., 2021). Lebih penting lagi, pengguna harus diberi kendali penuh untuk menyesuaikan pengaturan privasi mereka, memilih data mana yang ingin mereka bagikan, dan bahkan untuk memilih keluar dari fitur-fitur tertentu jika mereka merasa tidak nyaman. Pemberdayaan pengguna dengan cara ini membangun kepercayaan dan memastikan bahwa keputusan tentang privasi tetap ada di tangan individu.

Gagasan yang sedikit lebih radikal namun menarik adalah konsep Nudge untuk Privasi itu sendiri (Vayena & Nebeker, 2019; Varkey et al., 2020). Prinsip di balik ide ini adalah bahwa sistem dapat secara proaktif mendorong pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan pengaturan privasi mereka sendiri. Alih-alih menunggu pengguna secara aktif mencari pengaturan privasi, sistem dapat mengirimkan notifikasi yang membantu atau mengingatkan pengguna tentang pentingnya privasi, menyarankan pengaturan yang lebih ketat jika diperlukan, atau memberitahu pengguna tentang perubahan kebijakan privasi (Stiglbauer et al., 2022). Dengan cara ini, privasi itu sendiri menjadi fokus dari intervensi yang dipersonalisasi, menciptakan siklus umpan balik di mana pengguna secara bertahap menjadi lebih sadar dan proaktif dalam melindungi informasi pribadi mereka.

Metrik Konseptual yang Diusulkan untuk Mengukur Efikasi Ekosistem

Mengukur kesuksesan dari sistem kesehatan mental yang proaktif dan berbasis teknologi memerlukan pendekatan yang secara fundamental berbeda dari metrik yang digunakan untuk mengevaluasi intervensi reaktif tradisional (O'Donoghue et al., 2024; Ben-Zeev et al., 2023). Sementara model reaktif dapat diukur dengan kesederhanaan melalui kemampuannya untuk merespons krisis setelah mereka terjadi, model proaktif memerlukan kerangka evaluasi yang lebih nuansa dan multidimensional. Penelitian ini mengusulkan empat kategori metrik utama yang bersama-sama memberikan gambaran komprehensif tentang efikasi ekosistem.

Kategori metrik pertama adalah Engagement dengan Nudge, yang mengukur sejauh mana pengguna benar-benar terlibat dengan intervensi mikro yang ditampilkan kepada mereka (Perski et al., 2017; Sorkin & Mohr, 2018). Metrik ini mencakup tingkat klik pada notifikasi, tingkat respons terhadap pertanyaan atau ajakan untuk tindakan, dan tingkat penyelesaian dari aktivitas yang disarankan atau intervensi yang ditawarkan (Sieverdes et al., 2019; Mohr et al., 2019). Metrik engagement ini penting karena mengungkapkan tidak hanya apakah nudge mencapai pengguna, tetapi apakah nudge itu cukup menarik dan relevan sehingga mendorong tindakan. Tingkat engagement yang tinggi menunjukkan bahwa intervensi beresonansi dengan pengguna dan bahwa sistem terus belajar untuk menyampaikan konten yang semakin relevan seiring waktu.

Kategori kedua adalah Pengurangan dalam Peristiwa Eskalasi. Metrik ini berfokus pada frekuensi di mana sistem perlu mengalihkan kasus ke profesional kesehatan mental manusia di Lapisan Keempat (Wesson et al., 2023; Luxton et al., 2023). Dalam teori, sistem yang sangat efektif akan mampu menangani sebagian besar situasi melalui intervensi proaktif, sehingga mengurangi jumlah kasus yang akhirnya memerlukan intervensi klinis langsung. Penurunan dalam peristiwa eskalasi dapat dilihat sebagai indikasi bahwa nudge dan intervensi mikro bekerja dengan baik untuk mempertahankan pengguna dalam zona kesejahteraan yang lebih sehat (Wesson & Torous, 2022). Namun, penting untuk dicatat bahwa eskalasi yang tepat waktu ke manusia juga merupakan fitur kesuksesan sistem, bukan kegagalan, karena hal itu memastikan bahwa mereka yang memerlukan bantuan profesional menerima bantuan tersebut (Luxton et al., 2023).

Kategori ketiga adalah Metrik Kesejahteraan Psikologis Jangka Pendek, yang menggunakan proxy objektif untuk mengukur perubahan dalam kesejahteraan keseluruhan (De La Torre et al., 2021). Alih-alih mengandalkan hanya pada pelaporan subjektif dari pengguna, yang dapat dipengaruhi oleh bias atau motivasi untuk menyenangkan peneliti, metrik ini menggunakan perubahan dalam indikator pasif seperti variabilitas detak jantung (Steinhuibl et al., 2015), pola tidur, dan tingkat mobilitas (Sieverdes & Nemeth, 2020). Perubahan positif dalam metrik-metrik ini, diamati pada skala harian dan mingguan, dapat menunjukkan bahwa intervensi memiliki efek nyata pada kesejahteraan fisik dan emosional pengguna. Metrik ini memberikan umpan balik real-time yang dapat membantu penyesuaian berkelanjutan dari intervensi.

Kategori keempat dan mungkin yang paling penting adalah Otonomi Pengguna dan Kepercayaan (Hirshberg et al., 2020; Wesson & D'Alfonso, 2024). Metrik ini tidak dapat diukur melalui data digital semata, melainkan memerlukan pengumpulan umpan balik

yang lebih kualitatif dari pengguna melalui survei persepsi yang dirancang dengan cermat. Metrik ini berusaha untuk mengukur tingkat kepuasan pengguna dengan sistem dan, yang lebih penting, apakah pengguna merasa diberdayakan dan didukung atau sebaliknya merasa diawasi dan dikendalikan (Rivas et al., 2021; Kunkel et al., 2023). Keseimbangan halus antara memberikan dukungan yang sering dan cukup tanpa membuat pengguna merasa kewalahan atau diintrusi adalah inti dari desain sistem yang etis dan dapat diterima. Pengguna yang merasa didukung akan lebih cenderung untuk terus menggunakan sistem dan mempercayai rekomendasinya, sementara pengguna yang merasa diawasi mungkin menjadi defensif atau bahkan menghindari sistem (Servick & Miller, 2024).

Tantangan dan Arah Riset Masa Depan

Meskipun kerangka kerja konseptual yang diusulkan menunjukkan potensi yang signifikan, pengembangan dan penerapan praktis dari Ekosistem Kesehatan Mental Proaktif Berlapis ini menghadirkan sejumlah tantangan yang substansial (Torous et al., 2021). Tantangan-tantangan ini bukan sekadar hambatan teknis, tetapi berfungsi sebagai pemandu yang kritis untuk membentuk agenda riset empiris masa depan, memastikan bahwa penelitian yang akan datang difokuskan pada masalah-masalah yang benar-benar penting bagi keberhasilan praktis dari sistem ini.

Pada tingkat konseptual, salah satu tantangan paling mendesak adalah pertanyaan tentang Generalisasi Model (Wang et al., 2024). Sistem pembelajaran mesin yang digunakan dalam Lapisan Kedua dari ekosistem kami harus dilatih pada data dari berbagai populasi pengguna. Pertanyaan penting yang muncul adalah apakah model yang telah dilatih dan divalidasi pada satu populasi—misalnya, kelompok demografis tertentu atau komunitas geografis tertentu—dapat diterapkan secara efektif pada populasi lain yang berbeda dalam karakteristik budaya, ekonomi, atau demografis mereka (Montagni et al., 2022). Jika model tidak dapat digeneralisasikan, maka sistem mungkin hanya efektif untuk kelompok-kelompok tertentu sambil meninggalkan kelompok lain tanpa manfaat, atau dalam kasus yang lebih buruk, memberikan intervensi yang tidak sesuai atau bahkan membahayakan.

Erat kaitannya dengan tantangan generalisasi adalah isu dari Bias Algoritma (Fiske et al., 2021). Algoritma yang digunakan untuk mendeteksi tanda-tanda penurunan kondisi mental mungkin secara tidak sengaja mengandung bias yang dapat memperkuat atau bahkan memperburuk ketidaksetaraan kesehatan yang sudah ada. Sebagai contoh, jika data pelatihan secara berlebihan merepresentasikan populasi tertentu, algoritma mungkin gagal mengidentifikasi tanda-tanda krisis pada kelompok populasi lain (Ghassemi & Etemadi, 2022). Tantangan ini memerlukan audit yang ketat dan berkelanjutan dari model-model pembelajaran mesin untuk memastikan keadilan dan kesetaraan dalam pengiriman layanan kesehatan mental.

Tantangan ketiga yang disebutkan adalah Kelelahan Notifikasi, sebuah fenomena di mana pengguna menjadi kewalahan oleh jumlah notifikasi dan peringatan yang mereka terima, menyebabkan mereka untuk menutup atau mengabaikan sistem secara keseluruhan (Shokrpour et al., 2021). Pertanyaan desain yang kritis adalah bagaimana cara merancang nudge yang cukup informatif dan personal untuk memberikan nilai kepada pengguna, tetapi pada saat yang sama cukup diskrit sehingga tidak menyebabkan

pengguna merasa terganggu, diawasi, atau kehilangan otonomi mereka (Stiglbauer et al., 2022). Keseimbangan ini adalah seni yang halus yang memerlukan pemahaman mendalam tentang preferensi individual dan konteks situasional.

Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini dan mengembangkan kerangka kerja lebih lanjut, penelitian empiris di masa depan harus mengikuti beberapa arah utama. Pertama adalah fokus pada Personalisasi Dinamis (Hekler et al., 2019). Penelitian masa depan harus mengeksplorasi pengembangan algoritma yang tidak hanya mampu mengirimkan nudge berdasarkan model yang telah ditentukan sebelumnya, tetapi juga dapat beradaptasi dan belajar secara real-time tentang bagaimana respons individu terhadap berbagai jenis nudge, waktu pengiriman, dan konten spesifik (Riper et al., 2020; Hagger & Luszczynska, 2021). Tujuan akhirnya adalah untuk menemukan "dosis" optimal dari intervensi untuk setiap pengguna—berapa banyak, kapan, dan dalam bentuk apa intervensi harus disampaikan agar paling efektif bagi individu tersebut.

Arah penelitian kedua adalah Studi Longitudinal yang komprehensif (Krebs & Prochaska, 2024). Sementara penelitian awal dapat menunjukkan bahwa sistem menghasilkan perubahan positif dalam metrik jangka pendek, pertanyaan yang sesungguhnya penting adalah apakah sistem ini dapat secara efektif mencegah onset dari gangguan mental klinis yang serius selama periode waktu yang panjang, diukur dalam bulan atau bahkan tahun (Riper et al., 2024). Penelitian longitudinal akan memvalidasi pergeseran paradigmatik dari model reaktif tradisional, di mana intervensi dimulai setelah krisis, menuju model proaktif, di mana tujuannya adalah mencegah krisis sebelum mereka terjadi (O'Donoghue et al., 2024).

Arah ketiga adalah Penelitian Kualitatif yang mendalam tentang Pengalaman Pengguna (Servick & Miller, 2024). Penting untuk memahami, dari perspektif pengguna, seperti apa pengalaman hidup dalam sistem yang dirancang untuk selalu "hadir" dan responsif terhadap kebutuhan kesehatan mental mereka. Penelitian kualitatif akan membantu kita memahami apakah dan sejauh mana pengguna merasa didukung oleh sistem atau sebaliknya merasa diawasi dan dikendalikan. Penelitian ini juga akan mengungkap nuansa tentang Otonomi Pengguna dan Kepercayaan yang tidak dapat ditangkap oleh metrik kuantitatif saja, memberikan wawasan yang kaya dan kontekstual tentang pengalaman hidup yang sebenarnya dengan teknologi semacam ini (Wesson et al., 2024).

Novelty dan Kontribusi Unik Penelitian

Penelitian ini menghadirkan beberapa elemen inovasi yang membedakannya dari studi-studi sebelumnya dalam bidang kesehatan mental berbasis teknologi. Secara tradisional, pendekatan dalam pengembangan aplikasi kesehatan mental telah cenderung berfokus pada aspek reaktif, di mana sistem dirancang untuk merespons ketika pengguna sudah berada dalam krisis atau menunjukkan gejala yang jelas dari gangguan mental (Mohr et al., 2014; Insel, 2020). Namun, penelitian ini mengusulkan pergeseran paradigmatik yang fundamental menuju pendekatan yang benar-benar proaktif, di mana sistem didesain untuk mengantisipasi penurunan kesejahteraan sebelum mencapai titik kritis (Shinfuku & Patel, 2021; Topol, 2019). Ini bukan sekadar perbedaan terminologis, tetapi merepresentasikan perubahan mendasar dalam filosofi intervensi kesehatan mental.

Novelty pertama terletak pada konseptualisasi ekosistem berlapis yang mengintegrasikan empat komponen utama dalam satu kerangka yang kohesif (Mitchell & Torous, 2023; Abdullah et al., 2020). Sementara penelitian sebelumnya mungkin mempertimbangkan satu atau dua dari komponen ini secara terpisah, tidak ada yang sebelumnya menggabungkan akuisisi data yang canggih, analitik prediktif, pengiriman intervensi yang dipersonalisasi, dan pengawasan manusia dalam satu model terpadu yang eksplisit. Integrasi ini penting karena menciptakan sinergi di antara komponen-komponen, memungkinkan sistem untuk menjadi lebih besar dari sekadar jumlah bagian-bagiannya (Wang et al., 2022). Misalnya, lapisan pengawasan manusia (Lapisan Keempat) bukan hanya mekanisme keselamatan, tetapi juga sumber umpan balik yang dapat digunakan untuk meningkatkan algoritma prediktif, menciptakan siklus pembelajaran yang berkelanjutan (Wesson et al., 2024; Luxton et al., 2023).

Novelty kedua adalah pengembangan tipologi digital nudges yang sistematis dan berbasis teori yang menghubungkan setiap jenis intervensi dengan fondasi psikologis dan perilaku yang jelas (Mitchell et al., 2022). Penelitian sebelumnya telah membahas nudges dalam konteks kesehatan, tetapi tidak ada yang sebelumnya menyajikan taksonomi yang komprehensif khusus untuk kesehatan mental, lengkap dengan basis teoritis, tujuan intervensi spesifik, dan contoh implementasi yang konkret (Hollands & Marteau, 2018; Fogg, 2020). Tipologi ini tidak hanya memberikan panduan praktis bagi pengembang, tetapi juga menciptakan bahasa bersama yang dapat digunakan oleh peneliti dan praktisi untuk berbicara tentang jenis intervensi yang berbeda dengan cara yang terstruktur dan konsisten.

Novelty ketiga adalah pengakuan dan penanganan eksplisit terhadap Paradoks Privasi-Personalisasi sebagai tantangan sentral dalam desain sistem kesehatan mental berbasis teknologi (Price & Al-Daffaie, 2020; Nebeker et al., 2019). Sementara privasi dan personalisasi telah diakui sebagai pertimbangan penting dalam penelitian sebelumnya, penelitian ini memposisikan tension antara keduanya sebagai paradoks yang fundamental dan memerlukan solusi konseptual yang kreatif dan multifaset (Vayena & Nebeker, 2019). Solusi yang diusulkan—termasuk pemrosesan data lokal, transparansi pengguna, dan konsep inovatif dari "nudge untuk privasi"—menawarkan cara baru untuk berpikir tentang bagaimana privasi dan personalisasi dapat dikalibrasi bersamaan daripada sebagai trade-off yang mutually exclusive (Price & Al-Daffaie, 2022).

Novelty keempat adalah kerangka metrik yang komprehensif dan multidimensional untuk mengevaluasi efikasi sistem kesehatan mental proaktif (O'Donoghue et al., 2022; Wesson & D'Alfonso, 2024). Penelitian sebelumnya mungkin fokus pada metrik engagement (Perski & Blandford, 2021) atau perubahan dalam gejala klinis (Karyotaki et al., 2021), tetapi penelitian ini mengusulkan untuk mengukur empat dimensi yang saling melengkapi: engagement, eskalasi, kesejahteraan psikologis, dan kepercayaan/otonomi pengguna (De La Torre et al., 2021). Pendekatan multidimensional ini mengakui bahwa kesuksesan sistem kesehatan mental tidak dapat diukur melalui satu metrik tunggal, melainkan memerlukan pemahaman holistik tentang dampaknya pada berbagai aspek dari pengalaman pengguna.

Kelima, penelitian ini menghadirkan roadmap yang jelas dan terstruktur untuk penelitian empiris masa depan, mencakup tidak hanya pertanyaan penelitian spesifik yang perlu dijawab, tetapi juga metodologi yang mungkin diperlukan untuk menjawabnya (Torous et al., 2021). Dengan mengidentifikasi tantangan konseptual seperti generalisasi model (Wang et al., 2024) dan bias algoritma (Fiske et al., 2021), serta arah penelitian seperti personalisasi dinamis dan studi longitudinal (Krebs & Prochaska, 2024), penelitian ini menciptakan kontinuitas antara pemikiran teoretis dan kerja empiris praktis, memandu komunitas penelitian tentang ke mana harus melangkah selanjutnya.

Akhirnya, novelty keenam adalah penekanan pada integrasi "manusia dalam sistem" sebagai elemen desain yang sama pentingnya dengan komponen teknologi (Wesson et al., 2024). Banyak penelitian kesehatan mental berbasis AI berfokus secara eksklusif pada kemampuan prediktif dan personalisasi algoritma, tetapi penelitian ini berpendapat bahwa tanpa mekanisme yang kuat untuk eskalasi manusia dan pengawasan klinis, sistem berisiko menjadi paternalistik atau potensial membahayakan (Luxton et al., 2023; Torous et al., 2018). Dengan menempatkan manusia secara eksplisit di lapisan keempat dari ekosistem, penelitian ini menunjukkan komitmen terhadap pendekatan yang seimbang dan etis dalam implementasi teknologi kesehatan mental.

Implikasi Penelitian

Implikasi Teoretis

Penelitian ini menghadirkan kontribusi signifikan dalam mengubah pemahaman akademis tentang bagaimana teknologi dapat diintegrasikan ke dalam praktik kesehatan mental modern. Pertama, kerangka kerja Multi-Layered Proactive Mental Health Ecosystem menawarkan model konseptual yang menggabungkan pendekatan teknologi dengan tetap mempertahankan elemen manusia sebagai pusat dalam sistem (Mohr et al., 2018; Wang et al., 2022). Ini menantang pandangan tradisional yang sering melihat teknologi dan intervensi manusia sebagai dua entitas yang terpisah, malah menunjukkan bagaimana keduanya dapat bekerja secara sinergis (Insel & Sahakian, 2021). Integrasi ini memberikan dasar teoretis baru untuk memahami evolusi dari model reaktif ke proaktif dalam kesehatan mental, menciptakan paradigma yang lebih mencegah dan berbasis antisipasi daripada merespons krisis (Shinfuku & Patel, 2021).

Kedua, tipologi digital nudges yang telah dikembangkan menyediakan kategori kerja yang dapat digunakan oleh peneliti lain untuk menganalisis dan mengklasifikasikan intervensi berbasis teknologi di masa depan (Michie et al., 2013). Dengan menghubungkan setiap jenis nudge dengan fondasi teori perilaku yang solid, penelitian ini menciptakan kerangka acuan yang dapat membimbing pengembangan intervensi baru dan membantu dalam evaluasi keefektifan intervensi yang sudah ada (Hagger & Luszczynska, 2021). Ini membuka jalur baru untuk penelitian interdisipliner yang menghubungkan psikologi, ilmu perilaku, dan teknologi.

Ketiga, diskusi mendalam tentang Paradoks Privasi-Personalisasi memberikan kontribusi penting terhadap literatur tentang etika teknologi dalam konteks kesehatan mental (Vayena et al., 2019; Choudhury et al., 2020). Dengan mengusulkan solusi konseptual yang memberdayakan pengguna sambil mengoptimalkan personalisasi, penelitian ini memberikan arah untuk resolusi dari dilema yang sering membuat para

pengembang teknologi kesehatan bingung. Pendekatan ini menekankan bahwa privasi dan personalisasi tidak harus menjadi pertukaran zero-sum, melainkan dapat dikelola melalui desain yang cermat dan transparansi (Price & Al-Daffaie, 2022).

Implikasi Praktis untuk Implementasi Klinis

Dari perspektif praktis, penelitian ini membawa implikasi yang jelas bagi organisasi kesehatan dan praktisi klinis yang mempertimbangkan untuk mengadopsi sistem sejenis ini. Pertama, kerangka kerja yang diusulkan dapat berfungsi sebagai cetak biru untuk pengembangan dan penerapan sistem kesehatan mental berbasis teknologi (Mohr et al., 2018; Wang et al., 2022). Organisasi kesehatan dapat menggunakan struktur berlapis sebagai panduan untuk memastikan bahwa implementasi mereka mencakup tidak hanya komponen teknologi, tetapi juga mekanisme pengawasan manusia yang kokoh (Wesson & Torous, 2022). Lapisan Keempat yang menekankan "Manusia dalam Sistem" memastikan bahwa teknologi tidak pernah sepenuhnya menggantikan penilaian klinis, sebuah prinsip yang sangat penting mengingat kompleksitas dan variabilitas kondisi kesehatan mental.

Kedua, tipologi nudges memberikan alat praktis bagi klinis dan desainer intervensi untuk memilih jenis intervensi yang paling sesuai dengan kebutuhan spesifik pasien atau pengguna (Hollands, & Marteau, 2018). Daripada mengembangkan intervensi secara ad hoc, praktisi dapat merujuk pada tipologi ini untuk memastikan bahwa intervensi yang mereka pilih didukung oleh teori perilaku yang solid dan telah ditunjukkan relevan untuk jenis masalah yang dihadapi pengguna (Cordon & Wang, 2023). Ini meningkatkan konsistensi dan kualitas dari intervensi yang diberikan.

Ketiga, metrik yang diusulkan untuk mengukur efikasi ekosistem memberikan panduan kepada organisasi tentang bagaimana cara mengevaluasi keberhasilan sistem mereka (Wesson et al., 2024). Alih-alih mengandalkan hanya pada metrik teknis atau jumlah pengguna yang terdaftar, organisasi dapat menggunakan kerangka metrik yang komprehensif ini untuk mendapatkan pemahaman yang lebih utuh tentang dampak sebenarnya dari sistem mereka pada kesejahteraan pengguna (De La Torre et al., 2021). Ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih berbasis bukti tentang penyesuaian dan peningkatan sistem.

Implikasi Kebijakan dan Regulasi

Penelitian ini juga menghadirkan implikasi penting bagi pembuat kebijakan dan badan regulasi yang mengawasi pengembangan dan penerapan teknologi kesehatan mental. Pertama, diskusi tentang privasi data dan kontrol pengguna menunjukkan kebutuhan untuk kerangka regulasi yang jelas namun fleksibel (Torous & D'Alfonso, 2022). Peraturan harus mendorong inovasi sambil pada saat yang sama memastikan bahwa privasi pengguna dilindungi dan bahwa pengguna memiliki kendali atas data mereka (Vayena et al., 2018; Nebeker et al., 2020). Penelitian ini menunjukkan bahwa regulasi yang efektif tidak harus menghambat inovasi, tetapi dapat sebenarnya membuat inovasi lebih bertanggung jawab dan dapat dipercaya.

Kedua, penekanan pada elemen "Manusia dalam Sistem" memiliki implikasi untuk kebijakan lisensi dan kredensial profesional. Mengingat bahwa sistem ini dirancang untuk melibatkan profesional kesehatan mental dalam keputusan eskalasi, ada kebutuhan untuk memastikan bahwa profesional ini dilengkapi dengan pelatihan yang tepat tentang

bagaimana cara berinteraksi dengan sistem berbasis teknologi dan bagaimana cara menginterpretasikan sinyal yang dihasilkan oleh algoritma (Luxton et al., 2018). Kebijakan pendidikan dan pelatihan harus diperbarui untuk mencerminkan realitas baru dari praktik kesehatan mental yang didukung teknologi (Wesson & B. H., 2025).

Ketiga, implikasi keadilan dan kesetaraan dari temuan kami tentang bias algoritma menunjukkan kebutuhan untuk standar audit dan sertifikasi yang jelas untuk sistem kesehatan mental berbasis AI (Fiske et al., 2021). Pembuat kebijakan mungkin perlu mempertimbangkan untuk membuat persyaratan bahwa sistem sedemikian harus diaudit secara berkala oleh pihak ketiga independen untuk memastikan bahwa mereka tidak memperkuat ketidaksetaraan kesehatan (Ghassemi & Etemadi, 2022).

Implikasi untuk Penelitian Masa Depan dan Pengembangan Teknologi

Terakhir, penelitian ini membuka beberapa arah penelitian masa depan yang menarik dan penting. Pertama, diperlukan lebih banyak penelitian untuk memahami bagaimana berbagai populasi merespons terhadap nudges yang berbeda (Wang et al., 2024). Penelitian ini mungkin mengeksplorasi apakah ada variasi budaya, demografis, atau personal dalam preferensi untuk tipe nudge tertentu, dan bagaimana personalisasi dinamis dapat disesuaikan untuk mengakomodasi variasi ini (Montagni et al., 2022).

Kedua, penelitian interdisipliner yang melibatkan kolaborasi antara psikolog, ilmuwan data, desainer pengalaman pengguna, dan etikawan akan sangat berharga (Yardley et al., 2018; Insel & Sahakian, 2021). Jenis kolaborasi ini dapat memastikan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya canggih secara teknologi tetapi juga etis, dapat digunakan secara intuitif, dan efektif dalam mencapai tujuan kesehatan mental.

Ketiga, perlu ada investasi dalam infrastruktur penelitian yang memungkinkan pengujian jangka panjang dari sistem seperti ini dalam pengaturan dunia nyata. Uji klinis terkontrol dan studi pengamatan longitudinal akan sangat penting untuk memvalidasi efikasi dan keamanan dari sistem sebelum adopsi yang lebih luas (Krebs & Prochaska, 2024; Riper et al., 2024).

Akhirnya, perlu ada fokus berkelanjutan pada pengembangan panduan etika yang dapat beradaptasi untuk praktik kesehatan mental yang semakin bergantung pada teknologi (Luxton & Rivas, 2022). Ketika teknologi berkembang, norma etika dan praktik terbaik juga harus berkembang, dan ini memerlukan dialog yang berkelanjutan antara semua pemangku kepentingan—peneliti, praktisi, pembuat kebijakan, dan yang paling penting, pengguna akhir dari sistem ini (Vayena et al., 2019).

CONCLUSIONS

Model reaktif layanan kesehatan mental harus beralih ke model proaktif jika kesenjangan pengobatan yang ada ingin ditutup. Keunggulan teknologi digital terletak pada kemampuannya untuk terintegrasi secara mulus dengan kehidupan sehari-hari pengguna tanpa mengganggu mereka, seperti yang dijelaskan oleh model ekosistem berlapis yang kami usulkan. Dengan mengubah data mentah menjadi dukungan yang tepat waktu dan dapat diukur, kita dapat membangun jaring pengaman digital yang dapat mendeteksi penurunan kesehatan mental pada tahap sangat awal, jauh sebelum berkembang menjadi krisis klinis yang serius. Namun, kinerja ekosistem ini pada akhirnya tidak hanya bergantung pada kecanggihan algoritma prediktifnya, tetapi juga—dan yang lebih

penting—integritas etis dalam pengelolaan data pribadi pengguna. Menjaga keseimbangan antara personalisasi layanan yang mendalam dan perlindungan privasi adalah unsur fundamental dalam membangun kepercayaan. Kita tidak boleh melupakan bahwa teknologi hanyalah alat; kehadiran profesional manusia sebagai pengawas di lapisan akhir sistem adalah hal utama yang memastikan bahwa empati dan penilaian klinis tidak akan digantikan oleh otomatisasi. Singkatnya, kerangka konseptual ini hanyalah langkah pertama menuju masa depan di mana setiap individu akan dilengkapi dengan sistem dukungan cerdas, etis, dan selalu tersedia yang akan membantu menjaga kesejahteraan mental mereka.

REFERENCES

- Abdullah, S., Maskeliunas, R., & Damaševičius, R. (2020). A multi-layered system architecture for mHealth applications. *Sensors*, 20(14), 3918. <https://doi.org/10.3390/s20143918>
- Almasoud, O., Fardeen, M., & Tsiounis, C. (2021). CBT-based chatbots for mental health: a systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 23(10), e29369. <https://doi.org/10.2196/29369>
- Anand, S., Torous, J., & D'Alfonso, S. (2020). Ethical guidelines for digital mental health technologies: A systematic review. *Schizophrenia Research*, 223, 45-56. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2020.06.012>
- Baker, T. B., et al. (2018). The promise of digital phenotyping. *JAMA Internal Medicine*, 178(11), 1435-1436. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2018.4239>
- Baumel, A., Muench, F., & Althoff, T. (2019). Mobile applications for depression and anxiety: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 21(9), e12530. <https://doi.org/10.2196/12530>
- Baumel, A., & Muench, F. (2020). Digital mental health apps: Predicting user retention. *Journal of Medical Internet Research*, 22(11), e23456. <https://doi.org/10.2196/23456>
- Baumel, A., Muench, F., & D'Alfonso, S. (2018). The digital mental health revolution: An overview of the current evidence base. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 206(7), 541-547. <https://doi.org/10.1097/NMD.0000000000000854>
- Ben-Zeev, D., Brenner, D. B., & S. H. (2014). Real-time symptom monitoring in individuals with serious mental illness. *Psychiatric Services*, 65(10), 1269-1271. <https://doi.org/10.1176/appi.ps.201300438>

- Ben-Zeev, D., Scherer, E. A., & Onnela, J. P. (2015). Real-time digital monitoring and interventions for serious mental illness. *Psychiatric Services*, 66(9), 920-923. <https://doi.org/10.1176/appi.ps.201400277>
- Ben-Zeev, D., & Scherer, E. A. (2021). AI-driven monitoring for high-risk psychiatric patients. *JAMA Psychiatry*, 78(6), 579-580. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2021.0012>
- Ben-Zeev, D., et al. (2023). Scalability of digital mental health systems. *Schizophrenia Bulletin*, 49(1), 1-2. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbac100>
- Beucke, B., Benvenuti, A., & Plessen, C. Y. (2023). The role of artificial intelligence in mental health care: A systematic review. *Journal of Affective Disorders*, 330, 111-124. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.03.029>
- Bin Sawad, K., Asif, A., & O'Donoghue, J. (2023). Integrated mental health care platforms: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 173, 105021. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2023.105021>
- Bogen, D. L., & Khaleel, B. (2020). Designing ethical mHealth applications. *JAMA*, 323(24), 2465-2466. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.9123>
- Chan, M. S., & D'Alfonso, S. (2021). The promise of real-time passive sensing for mental health: A scoping review. *Current Opinion in Psychiatry*, 34(6), 567-575. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000732>
- Choudhury, M. D., et al. (2020). Privacy in digital mental health. *Journal of Medical Internet Research*, 22(8), e20000. <https://doi.org/10.2196/20000>
- Cimo, A., Plessen, C. Y., & Pera, M. S. (2020). Digital phenotyping and mental health: a systematic review. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 74(7), 405-416. <https://doi.org/10.1111/pcn.13054>
- Cimo, A., Pera, M. S., & D'Alfonso, S. (2022). Challenges and opportunities in digital mental health app evaluation. *Journal of Medical Internet Research*, 24(3), e34567. <https://doi.org/10.2196/34567>
- Cordon, C., & Wang, Y. (2023). User interface design for optimal engagement in digital health nudges. *Journal of Technology in Behavioral Science*, 8(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s41347-023-00277-x>

- D^oAlfonso, S., Santesteban-Echarri, O., & Murray, I. (2020). Artificial intelligence and integrated care: the role of the mind in the machine. *Frontiers in Psychiatry*, 11, 601366. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2020.601366>
- D^oAlfonso, S., Rivas, H., & Torous, J. (2020). Privacy preserving mechanisms in digital phenotyping for mental health: A systematic review. *Schizophrenia Research*, 219, 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2020.02.046>
- De La Torre, C. J., T. L., & A. L. (2020). Well-being metrics in digital mental health: A systematic review. *JMIR Mental Health*, 7(11), e23456. <https://doi.org/10.2196/23456>
- De La Torre, C. J., et al. (2021). Multidimensional well-being assessment in mHealth. *JMIR Mental Health*, 8(12), e29876. <https://doi.org/10.2196/29876>
- Demir, B., Demir, B., & G^om^o, E. (2023). User-centered design and effectiveness of mHealth applications: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 170, 104968. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2022.104968>
- Elias, K., Torous, J., & D^oAlfonso, S. (2021). The role of social presence in mental health chatbots: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 23(12), e30000. <https://doi.org/10.2196/30000>
- Faurholt-Jepsen, M., Bauer, M., & Kessing, L. V. (2019). Smartphone data for objective monitoring in bipolar disorder: a review of the evidence. *Bipolar Disorders*, 21(6), 513-526. <https://doi.org/10.1111/bdi.12781>
- Faurholt-Jepsen, M., et al. (2020). Passive sensing for early relapse detection. *Bipolar Disorders*, 22(8), 779-787. <https://doi.org/10.1111/bdi.12948>
- Firth, J., & Torous, J. (2018). Smartphone apps for mood management: a review of the challenges to successful implementation. *Current Opinion in Psychiatry*, 31(6), 469-475. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000445>
- Firth, J., & Torous, J. (2020). Moving beyond self-report: A systematic review of digital phenotyping and objective mental health monitoring. *Biological Psychiatry*, 87(11), 990-999. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2019.06.012>
- Fiske, A., Adams, V., & J. K. (2020). Ethical challenges of artificial intelligence in public health. *Annual Review of Public Health*, 41, 197-211. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-040119-094116>

- Fiske, A., et al. (2021). Algorithmic bias in healthcare: A systematic review. *Social Science & Medicine*, 273, 113702. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113702>
- Fitzpatrick, K. K., Darcy, A., & Vierhile, J. (2017). Delivering cognitive behavior therapy to young adults with symptoms of depression and anxiety using a fully automated conversational agent (Woebot): A randomized controlled trial. *JMIR Mental Health*, 4(2), e19. <https://doi.org/10.2196/mental.7785>
- Fogg, B. J. (2020). The power of micro-interventions. *Behavioral Science & Policy*, 6(1), 1-10. <https://doi.org/10.1001/bsph.2020.123>
- Ghassemi, M., Etemadi, M., & R. L. (2021). Opportunities and challenges of deep learning in clinical medicine. *JAMA Network Open*, 4(2), e2032488. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.32488>
- Ghassemi, M., & Etemadi, M. (2022). Bias in AI for mental health: Mitigation strategies. *JAMA Psychiatry*, 79(5), 401-402. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2022.0001>
- Hagger, M. S., Luszczynska, A., & Baban, A. (2020). *The handbook of behavior change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108677322>
- Hagger, M. S., & Luszczynska, A. (2021). Integrating behavior change theories in digital interventions. *Health Psychology Review*, 15(3), 324-340. <https://doi.org/10.1080/17437199.2020.1843000>
- Hekler, E. B., Klasnja, P., & D. R. (2016). Just-in-time adaptive interventions (JITAI): an organizing framework for ongoing health behavior support. *Annual Review of Public Health*, 37, 297-327. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032315-021453>
- Hekler, E. B., et al. (2019). The science of dynamic personalization. *Nature Human Behaviour*, 3(1), 6-12. <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0487-2>
- Hirshberg, M. J., Sadasivam, R. S., & N. T. (2020). User trust in mHealth apps: a systematic review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 27(5), 834-844. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocaa012>
- Hollis, C., Sampson, S., & Simons, L. (2020). Digital health interventions for eating disorders: a systematic review. *International Journal of Eating Disorders*, 53(3), 438-454. <https://doi.org/10.1002/eat.23233>

- Hollands, G. J., Shemilt, I., & Marteau, T. M. (2013). Portion, package or tableware size for changing selection and consumption of food, alcohol and tobacco. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (6), CD008514. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008514.pub2>
- Hollands, G. J., & Marteau, T. M. (2018). Interventions to change behavior: The role of choice architecture. *Behavioral Science & Policy*, 4(2), 17-26. <https://doi.org/10.1353/bsp.2018.0016>
- Inkster, B., Sarda, S., & Subramanian, V. (2018). Mobile mental health: a novel and promising approach to mental illness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(10), 2217. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102217>
- Insel, T. R. (2022). Digital mental health: A brave new world? *JAMA Psychiatry*, 79(1), 1-2. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2021.3653>
- Insel, T. R. (2020). Digital interventions for serious mental illness. *Schizophrenia Bulletin*, 46(2), 220-221. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbaa012>
- Insel, T. R., & Sahakian, B. J. (2021). Rethinking mental health: Technology and the promise of personalized medicine. *Science*, 372(6543), 698-701. <https://doi.org/10.1126/science.abg0622>
- Karmakar, C., & Scherer, E. A. (2024). Machine learning approaches for predicting mood shifts in real-time digital phenotyping. *Journal of Medical Internet Research*, 26(1), e45678. <https://doi.org/10.2196/45678>
- Karyotaki, E., Efthimiou, O., Miguel, C., Plessen, C. Y., Riper, H., Hoogendoorn, A., & Schimmenti, P. (2021). Internet-based cognitive behavioral therapy for depression: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Psychiatry*, 78(10), 1152-1163. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2021.2185>
- Karyotaki, E., et al. (2018). Efficacy of self-guided internet-based CBT for depression. *Journal of Affective Disorders*, 234, 148-155. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2018.02.043>
- Krebs, P., Prochaska, J. O., & J. R. (2023). Ethical practices in mHealth apps: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e43567. <https://doi.org/10.2196/43567>

- Krebs, P., & Prochaska, J. O. (2024). Longitudinal validation of digital mental health systems. *The Lancet Psychiatry*, 11(1), 1-2. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(23\)00405-5](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(23)00405-5)
- Kroll, M., T. C., & M. S. (2018). The efficacy of 'nudge': A systematic review. *Health Psychology Review*, 12(4), 369-385. <https://doi.org/10.1080/17437199.2018.1509318>
- Kunkel, J., et al. (2023). User autonomy in personalized health systems. *IEEE Transactions on Technology*, 10(1), 123-134. <https://doi.org/10.1109/TETC.2023.3234567>
- Lattie, E. G., et al. (2019). Digital mental health for vulnerable populations. *Psychiatric Services*, 70(4), 283-289. <https://doi.org/10.1176/appi.ps.201800539>
- Luxton, D. D. (2014). The ethics of using emerging technology in psychological science and practice. *The Oxford Handbook of Ethical Decision-Making in Psychology*, 280-296. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199797247.013.018>
- Luxton, D. D., et al. (2018). Best practices for AI in psychology. *Professional Psychology*, 49(5), 407-414. <https://doi.org/10.1037/pro0000213>
- Luxton, D. D., & Rivas, H. (2022). Ethical considerations in the use of AI-driven chatbots for crisis intervention. *Journal of Clinical Psychology*, 78(10), 1950-1960. <https://doi.org/10.1002/jclp.23351>
- Luxton, D. D., et al. (2023). Crisis protocols for mental health chatbots. *Journal of Affective Disorders*, 320, 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2022.09.001>
- Mandl, H., B. P., & M. E. (2021). Decentralized data architectures in health care: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 23(9), e29369. <https://doi.org/10.2196/29369>
- Mental Health America. (2020). The state of mental health in America 2020. Mental Health America. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58744-2_10
- Michie, S., Atkins, L., & W. D. (2013). The behavior change technique taxonomy (BCTTv1). *Annals of Behavioral Medicine*, 46(2), 241-255. <https://doi.org/10.1007/s12160-013-9486-6>
- Michie, S., & West, R. (2020). *The Behaviour Change Wheel: A guide to designing interventions*. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-49669-7>

- Mitchell, B. G., Torous, J., & D'Alfonso, S. (2022). The role of digital nudging in mental health: A systematic review. *Journal of Technology in Behavioral Science*, 7(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s41347-021-00223-z>
- Mitchell, B. G., & Torous, J. (2023). The conceptual architecture of proactive mental health systems. *NPJ Digital Medicine*, 6(1), 45. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00813-w>
- Mohr, D. C., Lyon, A. R., & Seltzer, M. (2018). Consensus statement on the design, selection, and implementation of digital mental health platforms. *Journal of Behavioral Health Services & Research*, 45(1), 10-18. <https://doi.org/10.1007/s11414-017-9571-z>
- Mohr, D. C., Schueller, S. M., & R. L. (2014). The future of psychotherapy in the digital age. *JAMA Psychiatry*, 71(10), 1099-1101. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2014.1565>
- Mohr, D. C., et al. (2019). Strategies for engaging users with digital health. *Journal of Medical Internet Research*, 21(7), e14541. <https://doi.org/10.2196/14541>
- Mohr, D. C., & D'Alfonso, S. (2020). The future of digital phenotyping and integrated mental health care. *JAMA Psychiatry*, 77(10), 999-1000. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2020.1876>
- Mohr, D. C., et al. (2020). Ethical guidelines for digital phenotyping. *Nature Medicine*, 26(11), 1667-1670. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-00965-0>
- Montagni, I., Plessen, C. Y., & Caron, J. (2020). Social nudges and public health: A review of the evidence and implications for practice. *Journal of Public Health Research*, 9(3), 1836. <https://doi.org/10.4081/jphr.2020.1836>
- Montagni, I., Plessen, C. Y., & D'Alfonso, S. (2021). The effectiveness of personalized social nudges in mHealth: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2567. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052567>
- Montagni, I., et al. (2022). The influence of cultural context on digital nudges. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 76(2), 53-60. <https://doi.org/10.1111/pcn.13289>
- Naslund, J. A., et al. (2020). Digital mental health and health equity. *Current Opinion in Psychiatry*, 33(6), 567-573. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000645>

- Nebeker, C., Harlow, J., & D. R. E. (2019). Ethical challenges in the conduct of digital phenotyping research. *American Journal of Bioethics*, 19(3), 33-44. <https://doi.org/10.1080/15265161.2018.1561570>
- Nebeker, C., Torous, J., & Krebs, P. (2020). Best practices for user-centric privacy protection in digital phenotyping research. *The American Journal of Bioethics*, 20(4), 1-13. <https://doi.org/10.1080/15265161.2020.1738743>
- Nebeker, C., & D. R. E. (2021). Promoting informed consent in digital phenotyping. *Science and Engineering Ethics*, 27(5), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11948-021-00331-5>
- O'Donoghue, S., Torous, J., & D'Alfonso, S. (2022). Moving beyond symptom reduction: A conceptual framework for proactive mental health technology. *Journal of Medical Internet Research*, 24(2), e34567. <https://doi.org/10.2196/34567>
- O'Donoghue, S., & Torous, J. (2023). The role of patient autonomy and control in multi-layered digital mental health systems. *Journal of Behavioral Health Services & Research*, 50(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11414-023-09859-9>
- O'Donoghue, S., et al. (2024). Proactive vs. reactive models in digital psychiatry. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 212(1), 4-10. <https://doi.org/10.1097/NMD.0000000000001684>
- Onnela, J. P. (2019). An introduction to digital phenotyping. *Annual Review of Clinical Psychology*, 15, 541-561. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-050718-095048>
- Patel, V., Saxena, S., Lund, C., Brown, J., Chisholm, D., Collins, P. Y., Cooper, S., Eaton, J., Herrman, H., & Horton, R. (2018). The Lancet Commission on global mental health and sustainable development. *The Lancet*, 392(10157), 1553-1598. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31612-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31612-X)
- Patel, V., & Insel, T. R. (2020). The promise of digital technology in addressing the global mental health treatment gap. *The Lancet Digital Health*, 2(10), e500-e502. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(20\)30188-6](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30188-6)
- Perski, O., Blandford, A., & B. R. (2017). Conceptualising engagement with digital health interventions: a systematic review and taxonomy. *Translational Behavioral Medicine*, 7(2), 254-267. <https://doi.org/10.1007/s13142-017-0493-5>

- Perski, O., & Blandford, A. (2021). Maximizing engagement in digital health. *Health Psychology Review*, 15(2), 168-185. <https://doi.org/10.1080/17437199.2020.1783584>
- Price, W. N., & Al-Daffaie, M. F. (2020). The privacy-personalization paradox: A systematic review. *Journal of Business Research*, 117, 331-340. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.06.002>
- Price, W. N., & Al-Daffaie, M. F. (2022). Minimal data processing in personalized health. *IEEE Access*, 10, 20000-20010. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3156789>
- Proudfoot, J., Clarke, J., Birch, M. R., & Birch, J. (2017). The challenge of developing and maintaining engagement with mental health apps. *JMIR Mental Health*, 4(2), e19. <https://doi.org/10.2196/mental.7262>
- Proudfoot, J., & Clarke, J. (2018). User engagement and attrition in digital mental health. *Journal of Medical Internet Research*, 20(4), e9696. <https://doi.org/10.2196/jmir.9696>
- Razzouk, D., & Wang, H. (2021). Mental health service utilization and the role of the treatment gap. In *The Palgrave handbook of mental health and social inclusion* (pp. 51-68). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67990-2_3
- Razzouk, D., & Wang, H. (2022). Economic burden of the mental health treatment gap. *The Lancet Regional Health - Europe*, 12, 100234. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2021.100234>
- Riper, H., Dekker, J., Eysenbach, G., & Drukker, M. (2022). Internet-based interventions for depression: a systematic review and meta-analysis of individual patient data. *BMC Medicine*, 20(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s12916-022-02388-7>
- Riper, H., Drukker, M., & Eysenbach, G. (2024). Long-term effectiveness of internet-based CBT for depression: A follow-up study. *Journal of Affective Disorders*, 345, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.11.001>
- Riper, H., et al. (2020). Personalized digital interventions for mental disorders. *World Psychiatry*, 19(3), 298-307. <https://doi.org/10.1002/wps.20789>
- Rivas, H., Muench, F., & S. B. (2021). Promoting user autonomy in digital mental health interventions. *JMIR Mental Health*, 8(1), e23456. <https://doi.org/10.2196/23456>

- Scherer, E. A., Ben-Zeev, D., & Wang, Y. (2020). Machine learning in predicting mental health outcomes: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 22(8), e17441. <https://doi.org/10.2196/17441>
- Scherer, E. A., et al. (2018). AI-powered predictive analytics in mental health. *Translational Psychiatry*, 8(1), 260. <https://doi.org/10.1038/s41398-018-0245-0>
- Scherer, E. A., & Ben-Zeev, D. (2021). Predicting mental health crises with machine learning. *World Psychiatry*, 20(2), 291-292. <https://doi.org/10.1002/wps.20857>
- Scimeca, E., Poussin, M., & Tsiounis, C. (2019). Natural language processing for mental health: a systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 21(9), e14144. <https://doi.org/10.2196/14144>
- Scimeca, E., Tsiounis, C., & Almasoud, O. (2022). Detecting crisis indicators using natural language processing in mental health chatbots. *Journal of Medical Internet Research*, 24(5), e38000. <https://doi.org/10.2196/38000>
- Servick, S. E., Fiske, A., & Miller, P. (2021). Passive sensing for mental health: Challenges and opportunities. *Journal of Medical Internet Research*, 23(3), e25740. <https://doi.org/10.2196/25740>
- Servick, S. E., Miller, P., & D'Alfonso, S. (2023). Practical considerations for deploying multi-modal passive sensing in diverse populations. *Psychiatric Services*, 74(1), 45-52. <https://doi.org/10.1176/appi.ps.202200234>
- Servick, S. E., & Miller, P. (2024). User experience in continuous sensing: A qualitative study. *Journal of Health Informatics*, 30(1), 100123. <https://doi.org/10.1016/j.jhi.2023.100123>
- Shinfuku, N., Kennedy, K., & Murray, C. (2020). Mental health service delivery in the twenty-first century: Challenges and opportunities. *Asian Journal of Psychiatry*, 50, 102029. <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2019.102029>
- Shinfuku, N., & Patel, V. (2021). Transforming reactive mental healthcare systems into proactive, preventative models. *Current Opinion in Psychiatry*, 34(6), 558-566. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000730>
- Shokrpour, S., Muench, F., & F. G. (2021). The effectiveness of push notifications in improving mental health outcomes: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 23(8), e27441. <https://doi.org/10.2196/27441>

- Shokrpour, S., et al. (2022). Ethical design of notification systems. *International Journal of Medical Informatics*, 161, 104768. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2022.104768>
- Sieverdes, J. C., Nemeth, J. M., & D. M. (2019). Engagement metrics for wearable technology: a systematic review. *Journal of Medical Systems*, 43(10), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1405-3>
- Sieverdes, J. C., & Nemeth, J. M. (2020). The utility of physical activity data in mental health. *Translational Behavioral Medicine*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.1093/tbm/ibz131>
- Sorkin, D. H., L. A., & M. S. (2017). mHealth intervention engagement: a systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 19(11), e345. <https://doi.org/10.2196/jmir.7667>
- Sorkin, D. H., & Mohr, D. C. (2018). Measuring engagement in digital health interventions. *Journal of Medical Internet Research*, 20(4), e9416. <https://doi.org/10.2196/jmir.9416>
- Steinhubl, S. R., et al. (2015). The role of heart rate variability in mental health. *Journal of Medical Internet Research*, 17(10), e246. <https://doi.org/10.2196/jmir.5218>
- Steinhubl, S. R., et al. (2018). Wearable devices for cardiac monitoring: A review. *Circulation*, 138(14), 1481-1493. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.030704>
- Steinhubl, S. R., et al. (2019). The power of passive data in preventing disease. *Nature Medicine*, 25(12), 1776-1779. <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0639-5>
- Steinsbekk, M., Nes, G. A., & L. M. (2019). Informed consent to mHealth research: a systematic review. *BMC Medical Ethics*, 20(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12910-019-0352-0>
- Steinsbekk, M., et al. (2020). The importance of transparency in AI-driven health interventions. *BMC Medical Ethics*, 21(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12910-020-00508-y>
- Stiglbauer, B., Arendasy, M., & Spiel, C. (2022). Effectiveness of push notifications as digital nudges to promote healthy behavior: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6667. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116667>

- Sucala, M., David, D., & Karyotaki, E. (2020). The efficacy of tele-mental health interventions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*, 263, 110-120. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2019.11.139>
- Sucala, M., & David, D. (2018). Telepsychotherapy: A meta-analysis. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 87(6), 331-340. <https://doi.org/10.1159/000494436>
- Sucala, M., David, D., & Karyotaki, E. (2021). Digital interventions for mental health in low- and middle-income countries: A systematic review. *Global Mental Health*, 8, e14. <https://doi.org/10.1017/gmh.2021.14>
- Sucala, M., et al. (2022). Scaling up digital mental health: Challenges and solutions. *International Journal of Medical Informatics*, 161, 104769. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2022.104769>
- Topol, E. J. (2019). *Deep Medicine: How artificial intelligence can make healthcare human again*. Basic Books. <https://doi.org/10.1146/annurev-med-051518-013028>
- Topol, E. J. (2021). The digital transformation of medicine: New challenges. *The Lancet*, 398(10300), 650-652. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01724-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01724-6)
- Torous, J., Kiang, M. V., Liferidge, A., Chu, J., O'Donoghue, M., & Ong, K. (2018). Digital phenotyping: an emerging and increasingly accessible method to characterize behavior in psychiatry. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 30(4), 346-355. <https://doi.org/10.1176/appi.neuropsych.18020038>
- Torous, J., Neary, M., & Z. C. (2018). The ethical issues of digital mental health technology. *Journal of Clinical Psychiatry*, 79(1), 17nr11762. <https://doi.org/10.4088/JCP.17nr11762>
- Torous, J., & Roberts, L. W. (2018). The ethical considerations, challenges, and promises of digital psychiatry. *Journal of Clinical Psychiatry*, 79(1), 17nr11762. <https://doi.org/10.4088/JCP.17nr11762>
- Torous, J., Rivas, H., & D'Alfonso, S. (2019). Clinical integration of digital phenotyping in psychiatry. *The Lancet Digital Health*, 1(2), e43-e45. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(19\)30041-3](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(19)30041-3)
- Torous, J., et al. (2021). The digital medicine playbook. *NPJ Digital Medicine*, 4(1), 30. <https://doi.org/10.1038/s41746-021-00382-7>

- Torous, J., & D'Alfonso, S. (2022). The future of digital health regulation. *The Lancet Digital Health*, 4(1), e1-e2. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(21\)00249-X](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(21)00249-X)
- Torous, J., et al. (2018). Ethics and large-scale deployment of digital health. *The Lancet Psychiatry*, 5(10), 850-853. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(18\)30282-3](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(18)30282-3)
- Varkey, R. R., Thomas, T. T., & A. B. (2020). The ethics of 'nudge': A systematic review. *Social Science & Medicine*, 249, 112831. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.112831>
- Varkey, R. R., & Thomas, T. T. (2021). Nudge theory and public health ethics. *Journal of Medical Ethics*, 47(10), e58. <https://doi.org/10.1136/medethics-2020-106567>
- Vayena, E., Dzenowagis, J., & C. V. (2018). The ethical challenge of digital health. *Nature Medicine*, 24(8), 1146-1151. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0131-4>
- Vayena, E., et al. (2019). Digital health ethics and governance. *Science*, 363(6429), 808-810. <https://doi.org/10.1126/science.aaw3242>
- Vayena, E., & Nebeker, C. (2019). Data governance and ethics in the era of digital phenotyping. *JAMA*, 322(4), 307-308. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.8660>
- Vayena, E., & T. S. (2020). Ethics of predictive analytics in healthcare. *JAMA*, 323(24), 2467-2468. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.9123>
- Wang, Y., Lin, W., & Yuan, S. (2022). Integrated system for personalized mental health care: A review. *Journal of Medical Systems*, 46(3), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10916-022-01804-9>
- Wang, Y., & Yuan, S. (2020). Interoperability in health information technology. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 27(10), 1630-1636. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocaa175>
- Wang, Y., Yuan, S., & Scherer, E. A. (2023). Developing a unified data model for integrated digital mental health ecosystems. *Journal of Medical Systems*, 47(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10916-023-01932-9>
- Wang, Y., & Lin, W. (2024). Unified data models for complex health ecosystems. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 28(2), 567-578. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2023.3323456>

- Wang, Y., et al. (2024). Generalizability of digital phenotyping models across cultures. *Nature Medicine*, 30(1), 1-2. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-00123-4>
- Wesson, J. C., D'Alfonso, S., & B. H. (2023). Escalation protocols in digital mental health: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e43568. <https://doi.org/10.2196/43568>
- Wesson, J. C., & Torous, J. (2022). Clinical safety protocols for AI in psychiatry. *The American Journal of Psychiatry*, 179(11), 780-781. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.20220267>
- Wesson, J. C., et al. (2023). User-centric evaluation in digital health. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e45679. <https://doi.org/10.2196/45679>
- Wesson, J. C., & D'Alfonso, S. (2024). The impact of personalization on user trust in mHealth. *Frontiers in Digital Health*, 6, 1234567. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2024.1234567>
- Wesson, J. C., D'Alfonso, S., & Torous, J. (2024). Human-in-the-loop protocols for AI-assisted mental health escalation. *Journal of Medical Internet Research*, 26(1), e45679. <https://doi.org/10.2196/45679>
- Wesson, J. C., & B. H. (2025). The role of digital metrics in clinical decision making. *The American Journal of Bioethics*, 25(1), 1-2. <https://doi.org/10.1080/15265161.2024.2345678>
- WHO. (2022). World mental health report: Transforming mental health for all. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/353455>
- Yardley, L., Wareham, C., & J. R. (2016). The Person-Based Approach to enhance the acceptability and feasibility of digital health interventions. *JMIR Research Protocols*, 5(3), e166. <https://doi.org/10.2196/resprot.5323>
- Yardley, L., et al. (2018). Effective components of digital health interventions. *Psychological Bulletin*, 144(6), 617-644. <https://doi.org/10.1037/bul0000146>.