

Tinjauan Pustaka

SMARTPHONE PULSE OXIMETER: SOLUSI DETEKSI DINI HAPPY HYPOXIA

Fachri Naufal,¹ Alfiani Zukhruful Fitri Rifa'i,²

¹Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung, Bandar Lampung

²Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga, Surabaya

ABSTRAK

Pendahuluan: *Coronavirus disease 2019 (COVID-19)* merupakan krisis dunia sepanjang tahun 2020. Tidak hanya itu, COVID-19 juga menjadi tantangan karena dapat menimbulkan fenomena *happy hypoxia*, dimana pasien dengan saturasi oksigen di bawah normal datang tanpa disertai gejala pernapasan atau dispnea.

Pembahasan : Kondisi *happy hypoxia* yang tidak sesuai dengan teori patogenesis COVID-19 memunculkan berbagai hipotesis terkait mekanisme terjadinya *happy hypoxia*. Oleh karena pasien tidak merasakan gejala infeksi, dibutuhkan deteksi dini agar pasien mendapatkan pertolongan sesegera mungkin. Kini *smartphone* telah disematkan oximeter dan dapat digunakan untuk deteksi dini kondisi *happy hypoxia*.

Simpulan: *Pulse oximeter smartphone* merupakan solusi efektif karena mudah digunakan di mana pun dan kapan pun sehingga dapat mendeteksi secara dini adanya penurunan saturasi oksigen untuk mendapatkan terapi lebih awal dan dapat berkorelasi untuk menurunkan angka mortalitas COVID-19.

Kata Kunci: COVID-19, *happy hypoxia*, oximeter, *smartphone*.

SMARTPHONE PULSE OXYMETER: EARLY DETECTION FOR HAPPY HYPOXIA

ABSTRACT

Background: *Coronavirus disease 2019 (COVID-19)* is a global crisis throughout 2020. Furthermore, COVID-19 is also a challenge due to the phenomenon it can cause: *happy hypoxia*, where patients came with low oxygen saturation but shows no respiration symptoms and no dyspnea.

Discussion: Hypotheses about what causes *happy hypoxia* emerges, trying to explain how *happy hypoxia* happened, which defies the pathogenesis theory of COVID-19. Because patients does not experience any infection symptoms, early detection is required to get medical attention as soon as possible. Now, *smartphones* has oxymeter built in and capable to detect *happy hypoxia*.

Conclusion: *Smartphone pulse oxymeter* is an effective solution because of it's portability and easy usage so it can be used for early detection of decreasing oxygen saturation. Patients may get help promptly, and COVID-19 mortality rate will decline.

Keywords: COVID-19, *happy hypoxia*, oxymeter, *smartphone*.



PENDAHULUAN

Pandemi *coronavirus disease 2019* (COVID-19) yang muncul di akhir Desember tahun lalu menjadi sebuah krisis global sepanjang tahun 2020 di 188 negara di seluruh dunia. COVID-19 merupakan penyakit dengan spektrum yang luas, mulai dari gejala ringan, sedang, maupun berat. Berdasarkan penelitian dengan 25.849 pasien COVID-19 saat masuk rumah sakit, lima gejala umum yang dikeluhkan antara lain riwayat demam, sesak napas, batuk, kelelahan (*malaise*), dan kebingungan.^[1]

Akan tetapi, belakangan dilaporkan bahwa beberapa pasien COVID-19 tidak mempunyai gejala pernapasan atau mendapati fenomena '*happy hypoxia*': suatu kondisi dimana tubuh dengan kadar oksigen darah yang sangat rendah, akan tetapi tidak ada gejala dispnea dan pasien masih bisa melakukan aktivitas normal, seperti mengobrol dan berjalan. Padahal dalam teorinya pasien dengan kadar oksigen dalam darah yang rendah seharusnya tidak sadar bahkan dapat mengalami gagal organ. Akan tetapi, dilaporkan kasus pasien positif Covid-19 datang dengan presentasi klinis tidak ada gejala gangguan pernapasan ataupun kesulitan bernapas.^[2]

Saturasi oksigen darah orang normal setidaknya 95%. Pada kebanyakan penyakit paru-paru, seperti pneumonia, penurunan saturasi oksigen diikuti oleh perubahan lain, termasuk paru-paru kaku atau berisi cairan, atau peningkatan kadar karbon dioksida karena paru-paru tidak dapat mengeluarkannya secara efisien. Mekanisme inilah yang membuat kita merasa sesak atau kesulitan bernapas.^[3] Akan tetapi kondisi *happy hypoxia* bertentangan dengan patogenesis pneumonia yang merupakan bentuk gejala COVID-19.

Oleh karena itu, kemampuan untuk mendeteksi *happy hypoxia* pada pasien COVID-19 sebelum mereka mulai mengalami sesak napas sangat penting untuk mencegah pneumonia berkembang ke tingkat yang berbahaya. Kuncinya adalah dapat mendeteksi penurunan awal tingkat saturasi oksigen, sehingga pasien yang terinfeksi COVID-19 yang mulai menderita

pneumonia dengan penurunan saturasi oksigen dapat dideteksi sejak dini dan menyusun rencana pengobatan untuk mencegah kerusakan paru-paru lebih lanjut.^[4] Akibatnya, deteksi dini pneumonia COVID-19 dapat mencegah pasien untuk dirawat intensif dengan prosedur invasif seperti intubasi dan ventilasi mekanis, yang sampai saat ini prognosnya buruk dengan angka kematian sampai 73%.^[3,5,6]

Pulse oximeter adalah alat yang dapat digunakan untuk mengukur saturasi oksigen dalam darah, sehingga dapat mendeteksi dini kondisi hipoksia sebelum terjadi keadaan fatal dan dapat dengan segera mendapat pertolongan. Seiring dengan perkembangan waktu, oximeter terus dikembangkan agar meminimalisir faktor-faktor yang dapat menyebabkan bacaan hasil tidak akurat, dan bahkan kini *smartphone* telah disematkan sensor oximeter yang dapat mendeteksi saturasi oksigen dalam darah, sama halnya seperti oximeter pada umumnya, sehingga kini untuk memastikan kondisi hipoksia dapat menggunakan *smartphone* yang lebih portabel dan selalu dibawa bepergian.

Pulse oximeter berbasis *smartphone* ini diharapkan dapat meningkatkan deteksi dini *happy hypoxia* dengan identifikasi onset timbulnya pneumonia COVID-19. Ketersediaan *smartphone* yang bisa diakses di mana pun, kapan pun dan oleh siapa pun dapat meningkatkan deteksi dini pasien COVID-19 sebelum infeksi di paru-paru menjadi lebih parah. Hal inilah yang diharapkan dapat mengurangi angka pasien perawatan intensif (ICU), perawatan invasif (ventilator dan intubasi), dan mortalitas pasien karena COVID-19.

PEMBAHASAN

Hipoksia, atau kekurangan oksigen, merupakan penyebab paling umum dari kerusakan seluler, yang dapat terjadi akibat berkurangnya kadar oksigen di udara, berkurangnya atau menurunnya fungsi hemoglobin, menurunnya produksi sel darah merah, dampak dari penyakit sistem respirasi atau kardiovaskular, dan keracunan enzim oksidatif (sitokrom) di dalam sel.^[7]



COVID-19 merupakan penyakit yang semula timbul sebagai pneumonia yang tidak diketahui akibatnya. Kemudian diketahui bahwa ini merupakan penyakit yang diakibatkan oleh infeksi dari virus SARS-CoV-2, dimana virus ini menyerang sel-sel dari sistem pernapasan, sehingga menimbulkan gejala gangguan pernapasan akut yang pada akhirnya dapat menyebabkan hipoksia yang menimbulkan gejala dispnea.^[2,8] Dispnea merupakan pengalaman subjektif dari ketidaknyamanan pernapasan, yang dilaporkan mempengaruhi sekitar 50% pasien yang terinfeksi SARS-CoV-2 dan lebih sering terjadi pada pasien yang akan meninggal dibandingkan dengan mereka yang akan pulih.^[8] Akan tetapi, dalam kasus COVID-19, beberapa kasus merupakan fenomena unik dimana pasien mengalami hipoksia namun tidak disertai oleh dispnea. *Happy hypoxia*, atau yang juga disebut *silent hypoxemia*, didefinisikan sebagai kondisi pasien dimana kadar oksigen dalam darahnya tidak mencukupi kebutuhan sebagaimana mestinya, tanpa diikuti dengan sesak atau kesulitan bernapas.^[2,3,9]

Ada banyak hipotesis bermunculan terkait patofisiologi *happy hypoxia* yang menyebabkan adanya perbedaan presentasi klinis di monitor saturasi oksigen dengan kondisi pasien yang tidak mengeluhkan adanya gejala pernapasan.^[9] Negri menyatakan bahwa pada tahap awal penyakit COVID-19, tingkat karbon dioksida dapat normal dan menarik nafas yang dalam masih terasa nyaman. Paru-paru mengembang dengan normal, sehingga pasien merasa baik-baik saja. Namun, saat saturasi oksigen diperiksa dengan oximeter, hasil yang didapatkan bisa mencapai kisaran 70%, 60%, 50%, atau bahkan lebih rendah lagi. Negri berpendapat bahwa penggumpalan (*clotting*) paru-paru dapat terjadi di fase awal penyakit, kemungkinan karena reaksi inflamasi di jaringan pembuluh darah, yang dapat membentuk kaskade protein yang menyebabkan darah menggumpal dan mencegahnya mendapatkan oksigen. Hal ini disimpulkan dari 27 pasien-pasien COVID-19 yang memiliki masalah

pernapasan, kemudian diberikan heparin dan 24 dari 27 pasien tersebut kondisinya membaik.^[3] Di sisi lain, Dhont menyatakan bahwa hipoksemia arterial dapat terinduksi oleh karena adanya alihan intrapulmoner (intrapulmonary shunting), dysregulated hypoxic pulmonary vasoconstriction, difusi paru yang terganggu, dan terbentuknya mikrotrombi intravaskular. Pada tahap awal penyakit, mekanisme kerja paru masih dalam keadaan baik dan tidak ada peningkatan resistensi jalan napas atau dead space ventilation, sehingga pusat respirasi tidak mendeteksi adanya sensasi pernapasan yang tidak nyaman.^[9]

Infeksi dari virus SARS-CoV-2 berdampak pada saluran pernapasan melalui inflamasi dan pneumonia, yang dapat menyebabkan kadar oksigen dalam darah dan sel-sel tubuh menurun.^[10] Dengan kondisi *happy hypoxia* yang belakangan diketahui dan dapat berakibat fatal tanpa disadari, kadar oksigen dalam darah juga harus diawasi terkait Covid-19, bukan gejala gangguan pernapasan akut saja.

Pulse oximetry merupakan metode non-invasif, akurat, dan aman untuk pengukuran saturasi oksigen dalam darah. Oximeter merupakan alat yang penting digunakan dalam mengukur saturasi oksigen arterial dari hemoglobin, yang digunakan di jari (perifer) dan biasanya digunakan selama sedasi intravena atau anestesi total untuk memantau perubahan hipoksik secara dini.^[11]

Pulse oximeter didasarkan pada prinsip bahwa oksihemoglobin (O₂Hb) dan deoksihemoglobin (*reduced hemoglobin* / RHb) menyerap cahaya merah dan infrared secara berbeda karena panjang gelombangnya dengan menggunakan metode spektrofotometri.^[12] O₂Hb menyerap cahaya infrared (940 nm) dalam jumlah yang lebih besar dan cahaya merah (660 nm) dalam jumlah yang lebih rendah daripada RHb. Hal tersebut dibuktikan dengan darah yang teroksigenasi dengan baik atau dengan kadar O₂Hb yang lebih tinggi tampak merah terang bagi mata karena menyebarkan cahaya merah lebih banyak daripada RHb. Rasio absorbansi pada panjang gelombang ini



dihitung dan dikalibrasi terhadap pengukuran langsung saturasi oksigen arteri (SaO₂) untuk menetapkan ukuran saturasi arteri (SpO₂) pada pulse oximeter.^[12]

Ada dua prinsip hukum yang digunakan untuk menjelaskan kerja pulse oximeter. Hukum Beer, yaitu "jumlah cahaya yang diserap berbanding lurus dengan konsentrasi zat penyerap cahaya". Dengan mengukur seberapa banyak cahaya mencapai detektor cahaya, pulse oximeter mengetahui berapa banyak cahaya yang telah diserap. Semakin banyak Hb di jari, semakin banyak cahaya yang diserap. Hukum Lambert, yang menyimpulkan bahwa "jumlah cahaya yang diserap sebanding dengan panjang lintasan yang harus dilalui cahaya dalam zat penyerap". Hukum Lambert-Beer inilah yang menjelaskan bagaimana pulse oximeter mengecualikan pengaruh darah vena dan kapiler serta jaringan stasioner lainnya dari penghitungan SpO₂.^[13]

Beberapa faktor harus dipertimbangkan dalam pemakaian oximeter, karena dapat mempengaruhi akurasi.^[11] Oximeter didesain untuk mengukur perubahan dalam absorbansi cahaya selama pulsasi arterial. Dalam hal ini, perubahan absorbansi akibat jaringan di sekitarnya dieliminasi. Faktor apapun yang mengurangi pulsasi vaskular akan mengurangi kemampuan oximeter untuk mendeteksi dan menganalisa sinyal dan, sehingga, menghitung saturasi oksigen arterial. Hipotermia, hipotensi, dan penggunaan vasopressor dapat mengakibatkan hasil yang tidak akurat karena mengurangi pulsasi arteri di jari (periferal). Kemudian, keadaan dalam darah dapat mempengaruhi oximeter. Dishemoglobinemia akibat methemoglobin, karboksihemoglobin, dan sulfhemoglobin dapat mengganggu pembacaan oximeter karena adanya absorbansi panjang gelombang dari cahaya yang ditransmisikan dioda ke salah satu dari ketiganya. Selain itu, hiperlipidemia, hiperalbuminemia, dan hiperbilirubinemia juga dapat mengganggu bacaan oximeter. Hukum Lambert-Beer menyatakan bahwa konsentrasi larutan dalam suspensi berbanding terbalik dengan intensitas

cahaya yang ditransmisikan ke larutan. Faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil bacaan oximeter adalah faktor eksternal seperti adanya penghalang di jaringan kulit dan kuku dari jari yang digunakan (misalnya pewarna kuku dan kuku palsu, pewarna intravena seperti methylene blue, indigo carmine, dan indocyanine green), dan pergerakan selama pengukuran. Karena oximeter bergantung kepada denyutan saat darah mengalir di arteri untuk mengukur SpO₂, adanya gerakan tambahan dari luar yang dapat menyebabkan perubahan intermiten dapat mempengaruhi bacaan laju pulsasi dan saturasi, seperti menggigil dan kedutan otot.^[11]

Meskipun berbagai faktor tersebut dapat menyebabkan hasil yang tidak akurat, selama bertahun-tahun industri oximeter telah mengembangkan dan menyempurnakan oximeter sehingga menjadi tetap akurat saat terjadi berbagai kondisi yang dapat mengganggu pembacaan hasil dari oximeter. Louie et al. telah meneliti empat tipe pulse oximeter dan menemukan bahwa berbagai jenis pulse oximeter "generasi baru" sama efektifnya dalam menjaga kepekaan terhadap hipoksia yang relevan secara klinis saat terjadi perfusi rendah dan adanya gerakan saat pengukuran, sehingga kini hasil dari pengukuran oximeter menjadi lebih reliabel.^[14]

Perkembangan teknologi berlangsung dengan cepat selama dua dekade terakhir, salah satunya sektor ponsel genggam. Ada total 5 miliar ponsel di dunia, di mana lebih dari 1,08 miliar adalah *smartphone*. Sehingga disimpulkan bahwa masing-masing dari 80% populasi dunia memiliki *smartphone*.^[15] Kegunaan ponsel genggam bukan lagi hanya untuk menelpon dan bertukar pesan, kini juga bisa digunakan untuk fotografi, mencari informasi dengan koneksi internet dan bahkan untuk mengecek kesehatan secara berkala. Bidang mHealth yang berkembang menciptakan platform untuk merekam data kesehatan pasien dan berinovasi untuk mempromosikan gaya hidup sehat. Beberapa perusahaan teknologi besar termasuk Apple Inc., Google Inc., dan Samsung Group telah mengintegrasikan



pendekatan baru untuk merekam dan mengukur aktivitas kesehatan dalam desain *smartphone* mereka.^[15] Banyak perangkat keras dan sensor yang disematkan ke *smartphone*, dan salah satunya adalah dioda yang dapat mentransmisikan cahaya dengan panjang gelombang yang sama seperti cahaya pada pulse oximeter, sehingga kini *smartphone* dapat mengukur saturasi oksigen dalam darah, seperti pulse oximeter pada umumnya.^[16]

Tayfur meneliti bahwa pulse oximeter di Health Care *smartphone* Samsung Galaxy S8 dibandingkan dengan pembacaan pulse oksimetri yang biasa ditemukan di ruang gawat darurat yaitu VSM (Welch Allyn, Connex Spot Monitor 71 WT) melaporkan korelasi antara 96- 99%.^[16,17] Di sisi lain, Modi membandingkan kemampuan alat pulse oximeter Masimo Radical-7 dengan Samsung Galaxy S8 dan Apple iPhone 6s kepada 48 partisipan. Didapatkan hasil tingkat keberhasilan Samsung dalam mendapatkan hasil saturasi oksigen sebesar 69% partisipan (33 dari 48), sedangkan Apple berhasil mengukur sebesar 90% dari total partisipan (43 dari 48).^[18] Meskipun terkadang oximeter *smartphone* gagal mendapatkan hasil, oximeter yang disematkan dalam *smartphone* memiliki akurasi yang tinggi dibandingkan dengan alat pulse oximeter modern, dan sangat membantu dalam pengukuran saturasi oksigen karena portabilitasnya, sehingga masyarakat umum dapat menggunakan ponsel cerdas mereka untuk melakukan pengukuran sendiri secara teratur dengan nyaman di rumah dan segera menghubungi penyedia layanan kesehatan jika mereka melihat penurunan yang terlihat pada saturasi oksigen di bawah 95%.

KESIMPULAN

Tidak hanya menjadi krisis global sepanjang tahun 2020, COVID-19 juga menjadi tantangan karena fenomena *happy hypoxia*. Suatu presentasi klinis rendahnya saturasi oksigen tetapi tidak diikuti oleh gejala pernapasan atau dispneu. Oleh karenanya, dibutuhkan deteksi dini *happy hypoxia* untuk mencegah kerusakan paru lebih lanjut,

sehingga dapat menurunkan angka mortalitas pasien COVID-19. Sebagai solusi, *pulse oxymeter* berbasis *smartphone* dapat menjadi pilihan karena kelebihanannya yang sama akurat dengan *pulse oxymeter* yang digunakan di ruang gawat darurat. Selain itu, dengan berbasis *smartphone* maka pasien dapat mengecek saturasi oksigen dalam darah di mana saja dan kapan saja sehingga memudahkan deteksi dini pneumonia COVID-19, dengan harapan untuk segera pergi ke fasilitas kesehatan terdekat jika saturasi oksigen menunjukkan kadar di bawah 95%. Dengan demikian, *Pulse Oxymeter Smartphone* diharapkan dapat menurunkan derajat keparahan pasien COVID-19 dengan deteksi lebih dini untuk mendapatkan perawatan yang segera.

DAFTAR PUSTAKA

1. International Severe Acute Respiratory and Emerging Infections Consortium (ISARIC). *COVID-19 Report*. 19 May 2020. <https://media.tghn.org/medialibrary/2020/05/ISARIC_Data_Platform_COVID-19_Report_19MAY20.pdf>
2. Tobin MJ, Laghi F, Jubran A. *Why COVID-19 silent hypoxemia is baffling to physicians*. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2020 Aug 1;202(3):356-60.
3. Couzin-Frankel J. The mystery of the pandemic's 'happy hypoxia'. <<https://science.sciencemag.org/content/368/6490/455>>
4. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, Zhang L, Fan G, Xu J, Gu X, Cheng Z. *Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China*. The lancet. 2020 Feb 15;395(10223):497-506
5. Bhatraju PK, Ghassemieh BJ, Nichols M, Kim R, Jerome KR, Nalla AK, Greninger AL, Pipavath S, Wurfel MM, Evans L, Kritek PA. *Covid-19 in critically ill patients in the Seattle region—case series*. New England Journal of Medicine. 2020 May 21;382(21):2012-22.
6. Karagiannidis C, Mostert C,



- Hentschker C, Voshaar T, Malzahn J, Schillinger G, Klauber J, Janssens U, Marx G, Weber-Carstens S, Kluge S. *Case characteristics, resource use, and outcomes of 10.021 patients with COVID-19 admitted to 920 German hospitals: an observational study.* The Lancet Respiratory Medicine. 2020 Jul 28.
7. McCance KL, Huether SE. *Pathophysiology: The biologic basis for disease in adults and children.* Elsevier: Philadelphia, PA, 2014.
 8. Allali G, Marti C, Grosgrin O, Morélot-Panzini C, Similowski T, Adler D. *Dyspnea: the vanished warning symptom of COVID-19 pneumonia.* Journal of Medical Virology. 2020 Jun 12.
 9. Dhont S, Derom E, Van Braeckel E, Depuydt P, Lambrecht BN. *The pathophysiology of 'happy hypoxemia' in COVID-19.* Respiratory Research. 2020 Dec;21(1):1-9.
 10. Vu, H., Nair, A., Tran, L., Pal, S., Senkowsky, J., Hu, W., & Tang, L. 2020. *A Device to Predict Short-Term Healing Outcome of Chronic Wounds.* Advances in wound care, 9(6), 312–324.
 11. Jubran A. *Pulse oximetry.* Critical Care. 2015 Dec 1;19(1):272.
 12. Chan ED, Chan MM, Chan MM. *Pulse oximetry: understanding its basic principles facilitates appreciation of its limitations.* Respiratory medicine. 2013 Jun 1;107(6):789-99.
 13. Louie A, Feiner JR, Bickler PE, Rhodes L, Bernstein M, Lucero J. *Four types of pulse oximeters accurately detect hypoxia during low perfusion and motion.* Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists. 2018 Mar 1;128(3):520-30.
 14. Martínez-Pérez B, De La Torre-Díez I, López-Coronado M. *Mobile health applications for the most prevalent conditions by the World Health Organization: review and analysis.* Journal of medical Internet research. 2013;15(6):e120.
 15. Kelli HM, Witbrodt B, Shah A. *The future of mobile health applications and devices in cardiovascular health.* European medical journal. Innovations. 2017 Jan;2017:92.
 16. Tayfur İ, Afacan MA. *Reliability of smartphone measurements of vital parameters: A prospective study using a reference method.* Am J Emerg Med. 2019;37(8):1527-1530. doi:10.1016/j.ajem.2019.03.021
 17. Teo J. *Early detection of silent hypoxia in COVID-19 pneumonia using Smartphone pulse oximetry.* Journal of medical systems. 2020 Aug;44(8):1-2.
 18. ClinicalTrials.gov. National Library of Medicine (U.S.). (2018, April 27 – 2019, August 1). *Accuracy of Smartphone Pulse Oximeters in Patients Visiting an Outpatient Pulmonary Function Lab for a 6-Minute Walk Test.* Identifier NCT03534271. <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NC_T03534271>

