

## Pengukuran laju pernapasan (*respiration rate, RR*) berbasis beda suhu pernapasan

Wihantoro\*, Aris Haryadi, Akmal Ferdiyan, Donni Maulana Sipa  
Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman  
Jln. Dr. Soeparno 61, Grendeng, Purwokerto, Indonesia, 53122  
\*email: wihantoro@unsoed.ac.id

**Abstrak** - Pemantauan dalam bentuk pengukuran laju pernapasan dapat dilakukan dengan menempelkan telapak tangan dan menghitung jumlah gerakan naik turunnya rongga dada dalam satu menit. Namun dengan pertimbangan tertentu cara seperti ini tidak dapat dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah dibuatnya sebuah unit pengukuran laju pernapasan non-kontak berbasis sensor inframerah MLX90614 sehingga tangan tidak perlu menempel ke rongga dada. Metode pengukurannya memanfaatkan selisih pengukuran suhu udara pada area sekitar nostril saat periode bernapas, menghirup dan menghembus. Data selisih suhu ini diolah dengan program berbasis arduino IDE untuk dihasilkan data laju pernapasan. Satu laju pernapasan dihitung dari satu periode menghirup dan menghembuskan udara. Data laju pernapasan dalam rentang satu menit ditampilkan pada visual display unit LCD matriks. Data ini diolah juga dengan arduino untuk dapat ditampilkan di web sehingga pemantauan laju pernapasan dapat dilakukan secara jarak jauh (remote access). Sebagai unit alat ukur, sensor inframerah MLX90614 dikarakterisasi dan dikalibrasi terhadap respon perubahan suhu pada penurunan dan kenaikan suhu air. Kinerja sensor inframerah MLX90614 dalam pengukuran laju pernapasan orang dewasa rentang usia 18 - 22 tahun menunjukkan nilai akurasi dan kesalahan yang dapat dipertanggungjawabkan, yaitu 99,06% dan 0,94%. Dalam pengukuran, unit ini masih terkendala pada cara yang tepat dan nyaman bagi obyek yang diukur. Pengemasan unit dalam desain yang lebih kompak dan mudah dioperasikan masih perlu dikembangkan

**Kata kunci:** Laju Pernapasan, Sensor Inframerah MLX90614, Pengukuran Non-Kontak

**Abstract** – Monitoring in term of measuring the respiratory rate can be done by placing the palms while counting the number of movements the up and down of the chest cavity within one minute. However, due to some certain considerations such method cannot be done. The purpose of this research is to make a non-contact respiratory rate measurement unit using the MLX90614 infrared sensor so that the hands do not need to stick to the chest cavity. The measurement method utilizes the difference in air temperature measurements within the area around the nostril during the period of breathing, inhaling and exhaling. This temperature difference data is processed with an IDE Arduino-based program to produce respiratory rate data. One breathing rate is calculated from one period of inhaling and exhaling air. Respiratory rate data in the span of one minute is displayed on the matrix LCD unit's visual display. This data is also processed with Arduino to be displayed on the web so that monitoring of the rate of breathing can be done remotely (remote access). As a unit of measurement, the infrared sensor MLX90614 is characterized and calibrated to the response of temperature changes in decreasing and increasing water temperature. The performance of the infrared sensor MLX90614 in measuring the respiratory rate of adults aged 18 - 22 years shows the accuracy and kesalahan values that can be accounted for, 99.06% and 0.94%, respectively. During the measurements, this unit is still constrained in a firm and convenient way for the object to be measured. Packaging units in a more compact and easy-to-operate design still need to be developed.

**Key words:** Respiratory Rate, Infrared Sensor MLX90614, Non-Contact Measurement

### PENDAHULUAN

Respiratory rate (RR) atau laju pernapasan (LP) merupakan salah satu indikator yang paling prediktif mengenai perubahan kondisi vital seseorang [1,2]. Perubahan LP memberikan penanda awal mengenai gangguan pada sistem pernapasan.

Saat dunia dihebohkan pandemi Covid-19, metode pengukuran LP yang akurat dan aman menjadi suatu kebutuhan yang penting bagi seluruh kalangan. Panduan dari WHO menyatakan bahwa nilai LP merupakan salah satu indikator utama yang menunjukkan gejala pneumonia akut pada penderita Covid-19, yaitu ketika nilai LP > 30 napas/menit. Selain itu

penanganan pasien Covid-19 dan pemantauan proses kesembuhan pasien juga menggunakan LP sebagai salah satu indikator [3].

Metode pengukuran LP yang umum digunakan saat ini memiliki beberapa permasalahan. Sebagai contoh, metode pengukuran manual yang umum digunakan oleh perawat dengan mengamati pergerakan dada seringkali tidak akurat. Metode lain seperti penggunaan Electric Impedance Tomography (EIT) dan pengolahan sinyal Electrocardiography (ECG) mengharuskan terjadinya kontak langsung dengan pasien [1,3]. Hal tersebut menjadi kendala saat tenaga kesehatan harus menangani pasien Covid-19.

Oleh karena itu, untuk keselamatan tim medis serta untuk meminimalisir penyebaran virus Covid-19, maka dilakukan penelitian tentang sistem pemantauan pernapasan tanpa perlu kontak fisik. Komponen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor suhu inframerah. Sistem pemantauan non-kontak ini diharapkan dapat menjadi alternatif solusi dalam masa pandemi Covid-19.

## LANDASAN TEORI

### *Pernapasan Dan Sensor Inframerah*

#### *A. Proses Pernapasan*

Proses pernapasan adalah proses pertukaran udara yang berada di atmosfer dengan paru-paru. Pernapasan terbagi menjadi dua sub-proses yaitu fase inspirasi (udara masuk) dimana udara masuk menuju ke dalam paru-paru, dan fase ekspirasi (udara keluar) yaitu ketika udara keluar dari paru-paru. Dalam proses inspirasi terjadi proses pengkondisian udara dari yang sebelumnya memiliki suhu lingkungan menjadi suhu di dalam paru-paru yang lebih hangat yaitu  $37^{\circ}\text{C}$ . Saat proses ekspirasi berlangsung, udara yang keluar dari paru-paru pun memiliki suhu yang sama dengan suhu di dalam paru-paru yaitu  $37^{\circ}\text{C}$  [4]. Hal ini memungkinkan dilakukannya pemantauan proses pernapasan melalui deteksi suhu udara yang dikeluarkan melalui hidung.

Pengukuran LP secara manual dengan mengamati pergerakan rongga toraks pada dada sejauh ini menjadi acuan standar untuk penentuan nilai LP seseorang. Nilai LP standar untuk beberapa kategori usia diberikan pada Tabel 1. Namun seperti yang telah disampaikan sebelumnya, metode manual ini seringkali tidak

akurat, karena keterbatasan yang terkait dengan waktu pengamatan dan ketelitian pengamat.

**Tabel 1.** Frekuensi Laju pernapasan Normal ( per menit) [5]

Usia	Rentang Normal	Rata-Rata Normal
Bayi baru lahir	30-50	40
1 tahun	20-40	30
3 tahun	20-30	25
6 tahun	16-22	19
14 tahun	14-20	17
Dewasa	12-20	18

#### *B. Sensor Suhu Inframerah*

Sensor suhu inframerah adalah perangkat yang dapat digunakan untuk pengukuran suhu suatu benda dengan prinsip radiasi termal dan spektrum elektromagnetik inframerah. Hubungan antara radiasi termal yang datang ke sensor dengan suhu objek pemancar radiasi diperoleh melalui hukum Stefan-Boltzmann, yang kemudian dikaitkan dengan beberapa asumsi mengenai benda abu-abu berdasarkan jenis objek yang diukur [6]. Dengan menggunakan prinsip-prinsip dasar tersebut dan dengan bantuan tambahan perangkat elektronik lainnya, sensor inframerah dapat menghasilkan perkiraan suhu sebuah objek yang meradiasikan panas melalui pembacaan tegangan pada sensor tersebut.

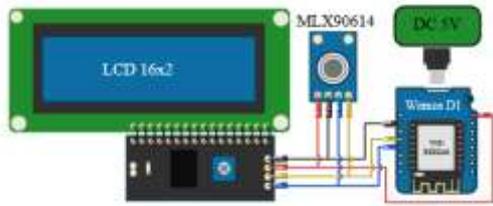
Sinyal pengukuran yang diperoleh pada sensor inframerah akan diproses bersama dengan informasi kalibrasi, sehingga dihasilkan sinyal keluaran yang sebanding dengan suhu yang diradiasikan oleh objek. Dalam penelitian ini digunakan sensor suhu inframerah MLX90614 yang memiliki detektor fotosensitif yang peka terhadap spektrum inframerah. Output sensor ini adalah sinyal listrik yaitu data suhu yang telah terkalibrasi, dimana energi radiasi termal inframerah dari objek ditangkap oleh sensor lalu dikalibrasikan menjadi data suhu yang kemudian diubah menjadi sinyal listrik [7].

## METODE PENELITIAN

Penelitian yang telah dilaksanakan terdiri dari tiga tahapan, yaitu dimulai dari pengujian sensor, hingga pembuatan dan pengujian sistem.

#### *A. Pengujian Sensor*

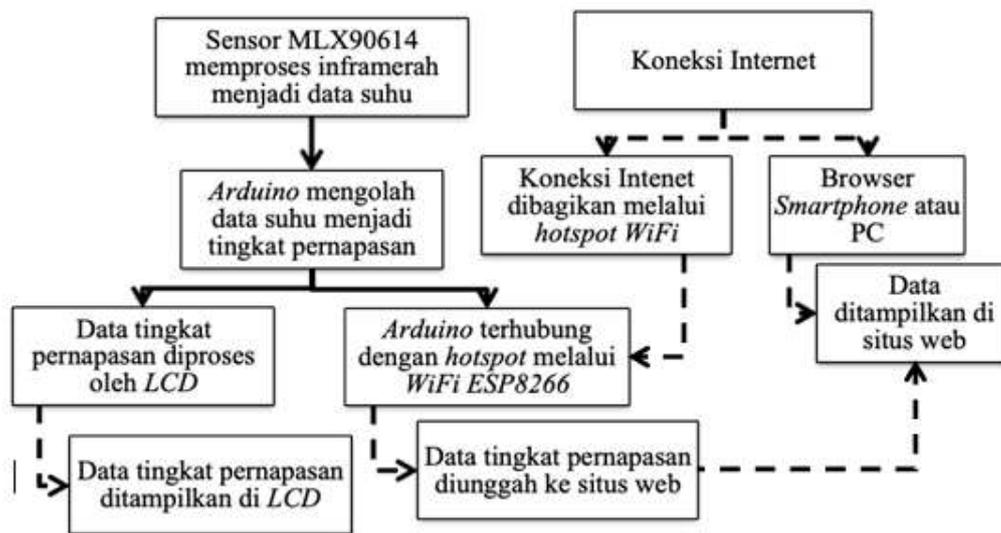
Sensor MLX90614 dirangkai dengan unit mikrokontroler Wemos D1 Mini (Arduino) dan LCD seperti **Gambar 1** untuk memperoleh nilai presisi, akurasi dan kesalahan dari sensor tersebut. Pengujian dilakukan dengan membandingkan bacaan sensor dengan termometer untuk mengukur suhu air hangat yang divariasikan dengan memasukkan es.



**Gambar 1.** Rangkaian pengujian sensor MLX90614

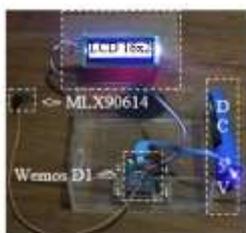
**B. Pembuatan dan Pengujian Sistem**

Sistem dirancang dengan tujuan agar hasil pengolahan data suhu oleh sensor dan perangkat lunak dapat ditampilkan di LCD dan situs Web. Hal tersebut diharapkan memudahkan pengguna untuk memantau hasil pengukuran. Setelah sensor MLX90614 menghasilkan keluaran berupa sinyal listrik yaitu data suhu yang terkalibrasi. Perangkat Arduino kemudian akan melakukan transkripsi untuk menghasilkan data LP yang siap ditampilkan pada display dan situs Web. Diagram blok sistem dapat dilihat pada **Gambar 2**. Garis putus-putus menandakan bagian yang terhubung tanpa kabel.



**Gambar 2.** Diagram Blok Sistem Pengukuran LP

Sistem yang telah dirangkai seperti pada **Gambar 2** dimasukkan ke dalam kotak untuk memudahkan penggunaan, kemudian digabungkan dengan *tripod* seperti pada **Gambar 3**. Ini dimaksudkan untuk memudahkan peletakan sistem.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 3.** Rangkaian Sistem pengukuran LP. (a). Bagian sistem, (b). Rangkaian sistem dalam kotak, (c). Rangkaian sistem siap pakai

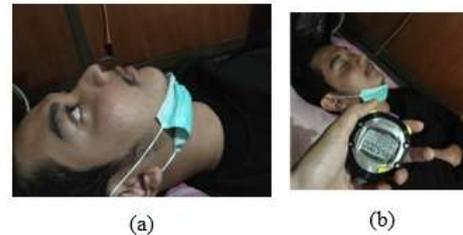
Perangkat Arduino Wemos D1 dihubungkan dengan layar LCD dan *Hotspot Wifi*, sehingga sinyal yang dikirimkan oleh sensor MLX90614 akan dianalisa dan ditranskripsi oleh Wemos D1 untuk kemudian dihasilkan data LP yang akan ditampilkan di LCD dan situs Web. Tampilan pada situs Web akan memudahkan pemantauan menggunakan berbagai perangkat dari jarak jauh, seperti melalui *smartphone* maupun komputer dengan koneksi internet.

Program Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C digunakan untuk mengkonversi nilai perubahan suhu yang dibaca oleh sensor menjadi nilai LP. Perubahan suhu terjadi di sekitar *nostrils* (lubang hidung) ketika seseorang menghembuskan napas keluar, karena napas yang keluar memiliki suhu yang lebih tinggi dibanding suhu ruang. Jumlah total perubahan suhu (selisih suhu lingkungan dengan suhu di sekitar *nostrils*) dalam rentang waktu 60 detik kemudian dinyatakan sebagai nilai LP yang akan ditampilkan di dalam display LCD dan situs Web. Program yang dibuat terdiri dari bagian deklarasi variabel dan *library*, bagian *void setup* (perintah pengaktifan awal) dan *void loop* (perhitungan *loop* untuk memperoleh LP).

### C. Pengujian Sistem

Sistem yang telah dibuat kemudian diuji dengan melibatkan 5 orang responden. Responden terdiri dari pria dan wanita dengan rentang usia 18-22 tahun yang berada dalam keadaan sehat. Hasil pengukuran LP oleh sistem yang diuji

dibandingkan dengan pengukuran manual, yaitu dengan meletakkan tangan di atas rongga dada dan mengukur jumlah naiknya rongga dada dalam 1 menit. Ilustrasi pengujian sistem ini dapat dilihat di **Gambar 4**.



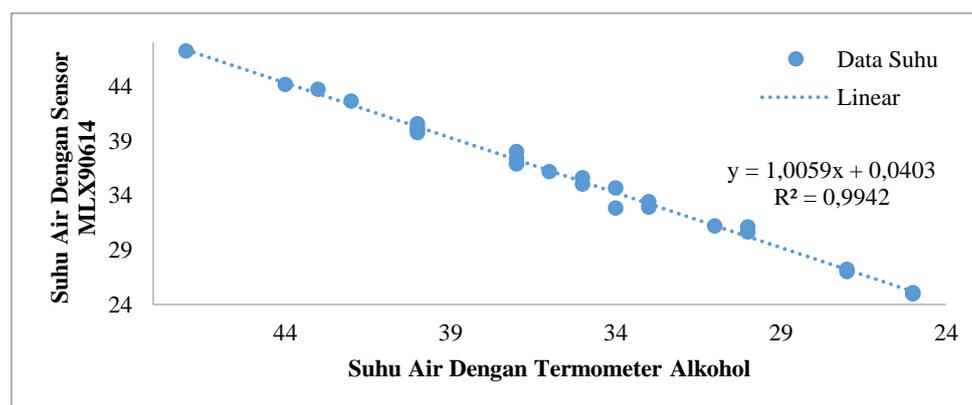
**Gambar 4.** Pengujian Sistem pengukuran LP. (a). Pengukuran LP menggunakan sistem yang dirancang, (b). Pengukuran menggunakan metode manual sebagai pembandingan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yang pertama adalah mengenai respon sensor inframerah MLX90614 dan kelayakannya untuk mengukur LP. Bagian kedua adalah terkait dengan pengujian sistem.

### A. Respon Sensor MLX 90614

Pembacaan suhu air oleh sensor MLX 90614 telah dibandingkan dengan pembacaan suhu menggunakan termometer alkohol. Hasil dari pengujian sensor memberikan respon sensor yang dapat dilihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Perbandingan respon suhu (dalam satuan °C) sensor MLX 90614 dengan termometer alkohol

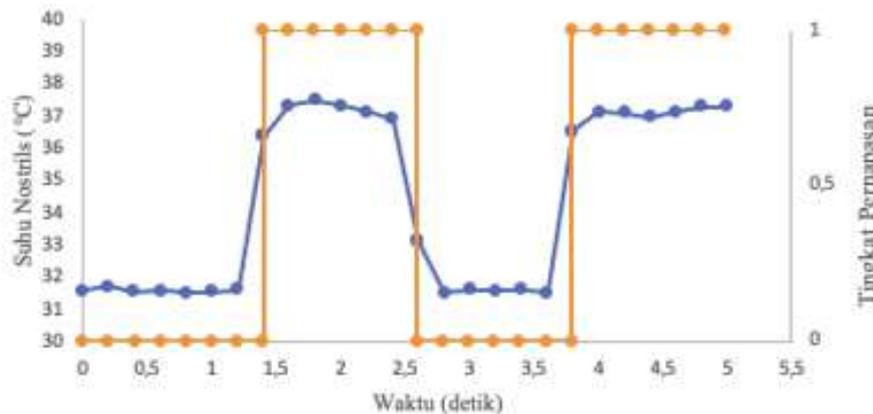
Dari **Gambar 5** tampak bahwa koefisien regresi linear yang diperoleh adalah 0,9942, artinya sensor MLX 90614 memiliki nilai akurasi yang baik jika dibandingkan dengan termometer alkohol. Dengan demikian sensor

ini layak digunakan untuk memantau nilai LP melalui perubahan suhu di sekitar *nostrils*.

**B. Hasil Pengujian Sistem**

Hasil pengujian sistem pemantauan nilai LP memberikan informasi mengenai akurasi dan kesalahan sistem. Contoh pengukuran LP oleh

sistem ditampilkan dalam sampel pada **Gambar 6**. Dalam gambar ini diberikan sampel hasil pengukuran LP oleh sistem dalam rentang waktu 5 detik.



**Gambar 6.** Sampel Pengukuran LP oleh sistem dalam selang waktu 5 detik

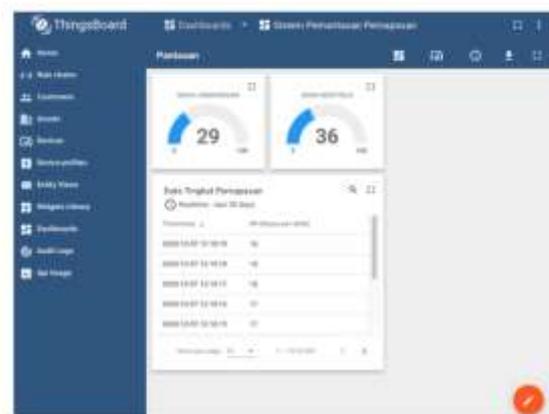
Hasil pengukuran nilai LP untuk responden oleh sistem dapat dilihat dalam **Tabel 2**. Nilai ini juga telah dibandingkan dengan nilai LP yang diperoleh melalui pengukuran manual.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Sistem (LP dalam satuan kali/menit)

No	Responden dan Suhu lingkungan	LP Sistem	LP Manual	$\Delta$	Akurasi (%)	kesalahan (%)
1	1 29.35°C	19	19	0	100	0
		18	18	0	100	0
		16	17	1	94,12	5,88
		17	17	0	100	0
2	2 30.19°C	17	18	1	94,44	5,56
		18	18	0	100	0
		17	17	0	100	0
		17	17	0	100	0
3	3 31.05°C	19	19	0	100	0
		19	19	0	100	0
		18	17	1	94,12	5,88
		16	16	0	100	0
4	4 29.83°C	17	17	0	100	0
		18	18	0	100	0
		17	17	0	100	0
		18	18	0	100	0
5	5 29.83°C	17	16	1	93,75	6,25
		18	18	0	100	0
		16	16	0	100	0
		17	17	0	100	0
Rata-rata					99,06	0,94

Dari **Tabel 2**, tampak bahwa nilai hasil pengukuran oleh sistem ketika dibandingkan dengan pengukuran manual ternyata menunjukkan nilai akurasi dan kesalahan yang sangat baik. Dengan nilai akurasi 99,06% dan kesalahan sebesar 0,94%, sistem yang dirancang telah dapat memenuhi tingkat keberhasilan yang diinginkan sebagai alat untuk mengukur LP.

Nilai LP yang diuji pun telah dapat ditampilkan dalam situs Web di alamat <https://demo.thingsboard.io/>. Dalam desain yang telah dibuat, tampilan yang ada di dalam situs Web terdiri dari suhu lingkungan, suhu *nostrils* dan nilai LP. Salah satu contoh hasil tampilan dapat dilihat pada **Gambar 7**.



**Gambar 7.** Tampilan situs Web Thingsboard pada saat sistem dijalankan

**KESIMPULAN**

Penelitian pendugaan sebaran intrusi air laut Suatu sistem pengukuran laju pernapasan bersifat non-kontak yang menggunakan sensor inframerah MLX 90614 telah berhasil dibuat. Sistem memiliki nilai akurasi dan kesalahan yang sangat baik yaitu 99,06% untuk akurasi dan 0,94% untuk nilai kesalahannya. Nilai pengukuran laju pernapasan oleh sistem juga telah dapat ditampilkan dalam LCD yang melekat di dalam sistem, dan juga ditampilkan dalam situs Web yang dapat diakses dari jarak jauh. Dengan demikian, sistem pengukuran laju pernapasan non-kontak ini bisa menjadi salah satu alternatif solusi untuk pemantauan nilai laju pernapasan di masa pandemi Covid-19.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Rektor dan LPPM Universitas Jenderal Soedirman yang telah memberikan dana bagi terlaksananya penelitian ini melalui skema Riset Pengembangan Kompetensi Dana BLU. Selain itu juga terima kasih disampaikan kepada Bapak Hartono selaku Kepala Lab Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA Unsoed atas dukungan dan bantuan selama penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] C.B. Pereira, et.al., "Remote monitoring of breathing dynamics using infrared Tomography", *Biomedical Optics Express* 6(11) (2015).
- [2] G. Singh, A. Tee, T. Trakoolwilaiwan, A. Taha and M. Olivo, "Methods of respiratory rate measurement using a unique wearable platform and an adaptive optical based approach", *Intensive Care Medicine Experimenta* 8(15) (2020).
- [3] C. Masaroni, A. Nicolo, E. Schena and M. Sacchetti, "Remote Respiratory Monitoring in the time of Covid-19", *Frontiers in Physiology* 11(635) (2020).
- [4] R.N. Pittmann, Regulation of Tissue Oxygenation, *In: R.N. Pittmann, Ed., Colloquium Series on Integrated Systems Physiology: From Molecule to Function*, Morgan and Claypool, , 2011, 1-100.
- [5] S. Fleming, et.al., "Normal Ranges of heart rate and respiratory rate in children from birth to 18 years of age", *The Lancet* 377(9770) (2011).
- [6] J. Meseguer, I. Perez-Grande, A. Sanz-Andres, "Thermal Radiation Heat Transfer", *In: J. Meseguer, I. Perez-Grande, A. Sanz-Andres, Ed., Spacecraft Thermal Control*, Woodhead, 2012, 73-86.
- [7] H. Hatimah, A.A.N. Gunawan dan I.B.A. Paramarta, "Designing a Heart Rate and Body Temperature Measurement Tool Using Pulse Sensor and IR MLX90614 Based on ATmega328 and GSM Technology", *Buletin Fisika* 19(2) (2018).