

DOI: doi.org/10.21009/03.1101.FA07

SISTEM KENDALI KADAR AIR TANAH PADA TANAMAN TOMAT CERI MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 DENGAN ALGORITMA LONG SHORT TERM MEMORY

Naufal Al-Hakim^{a)}, Ahmad Aminudin^{b)}, Mimin Iryanti^{c)}

Program Studi Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FPMIPA), Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudi No. 229 Bandung, Indonesia

Email: ^{a)}hakimnaufal@upi.edu, ^{b)}aaminudin@upi.edu, ^{c)}mien_iryanti@upi.edu

Abstrak

Kadar air tanah merupakan salah satu pengaruh terbesar dalam pertumbuhan tanaman khususnya tanaman tomat ceri untuk tumbuh. Akan tetapi pengairan air pada tumbuhan tomat ceri sampai saat ini masih dilakukan secara manual, menjadikan alasan mengapa kurang baik dan efisien dalam perawatan tumbuhan tomat ceri. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem untuk mengendalikan kadar air pada tanah dengan bantuan sensor dan sistem pemantauan berbasis algoritma *Long-Short Term Memory*, data yang pernah terkoleksi dijadikan sebagai referensi untuk prediksi aktivasi stepper motor dimasa datang pada rumah kaca. Hasil penelitian ini menunjukkan pertumbuhan tanaman tomat ceri dengan sistem kendali kadar air memiliki pertumbuhan yang lebih baik yaitu 18.5cm dibandingkan dengan tanaman tomat ceri dengan kadar air perhari yang sama ataupun kadar air yang lebih banyak yaitu 15.5cm, serta prediksi motor untuk mengairi tanaman tomat memiliki performa estimasi error sebesar 0.39 *mean absolute error*.

Kata-kata kunci: tanaman tomat ceri, time-series prediction, kadar air tanah

Abstract

Soil moisture is one of the biggest influences on the growth of any plant especially cherry tomato plants. However, water irrigation in cherry tomato plants has been carried out manually until now, which is the reason why it is not good and efficient in plant care, especially for cherry tomatoes. This study aims to design a system to control the water content in the soil with the help of sensors and use a Long-Short Term Memory algorithm to predict the next time the stepper motor activates in a greenhouse. The results of this study showed that the growth of cherry tomato plants with a moisture control system had better growth of 18.5cm compared to cherry tomato plants with the same daily water content or higher water content of 15.5cm, as well as prediction of the motor for irrigating plants, has an error estimation performance of 0.39 mean absolute error.

Keywords: cherry tomato plants. time-series prediction, soil moisture

PENDAHULUAN

Tanaman tomat ceri atau (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) merupakan salah satu sub-spesies dari keluarga *Solanacea* juga komoditas sayuran yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi faktor kebutuhan lingkungan tanaman tomat ceri juga mempengaruhi bagaimana pertumbuhan dari

tomat ceri. Kelembaban, kadar air dalam tanah, suhu ruang tumbuhan merupakan faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tomat ceri [1].

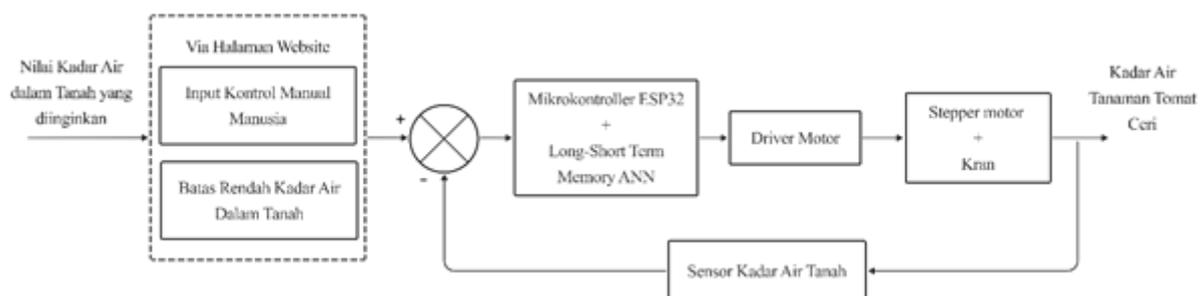
Pengaturan pengairan tanaman di Indonesia masih terdominasi dengan pengairan secara pengairan sebanyak satu kali sehari, dan pengairan tersebut belum tentu sesuai dengan kebutuhan tumbuhan dan kurang optimal tanpa adanya indikator yang terukur secara baik menjadikan alasan mengapa kurang baik dan efisien dalam perawatan tumbuhan tomat ceri. Kebutuhan kadar air tanaman tomat ceri berbeda-beda setiap minggunya, efisiensi ini dapat mengurangi jumlah air yang terbuang sia-sia karena melebihi saturasi tanah ataupun kekurangan air. Efek dari kekurangan kadar air pada persentase 50-55% tersebut untuk kualitas dari tumbuh akan berdampak pada konsentrasi garam dalam buahnya, dan hasil yang rendah (jumlah buah, ukuran, dll.), buah yang terlalu padat, sedangkan dengan kadar air yang normal 60-65% dan 70-75% serta tanah yang memiliki kadar air 80-100% memiliki hasil buah yang lebih baik dengan umur simpan yang lebih rendah [2].

Permasalahan ini dapat diatasi dengan pembuatan sistem monitoring dan kontrol dari kadar air dalam tanah tanaman tomat ceri, hal ini dapat memudahkan petani untuk mengamati tanaman tomat dari mana saja kapan saja serta dengan memudahkan pekerjaan petani. Petani dapat mengontrol secara langsung apakah tumbuhan ingin diberikan irigasi air, atau mengatur secara otomatis jika kadar air sampai titik tertentu serta memprediksi kapan tumbuhan membutuhkan penambahan kadar air sehingga memberikan irigasi kepada tumbuhan. Oleh karena itu dilakukan pengembangan sistem kendali kadar air tanah pada tanaman tomat ceri menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan algoritma *Long-Short Term Memory*.

METODOLOGI

Metode penelitian terdiri dari tahapan diagram blok sistem kendali, perancangan perangkat lunak, perancangan perangkat keras, perancangan sistem keseluruhan, desain alat serta implementasi sistem prediksi. Perangkat keras diimplementasikan untuk menerima input persentase kadar air dalam tanah menggunakan sensor dan terproses oleh perangkat lunak, serta memberikan aksi dari input manusia ataupun sensor.

Perancangan alat dimulai dengan merancang perangkat keras untuk berinteraksi dengan tumbuhan sedangkan perangkat lunak berinteraksi dengan manusia dan perangkat keras, dengan memanfaatkan *Capacitive Soil Sensor v1.2* untuk membaca persentase kadar air dalam tanah dan *DHT22* sebagai pembaca kelembaban dan temperatur ruang tumbuh tomat ceri serta aktuator *NEMA 17 Stepper Motor* yang digerakkan oleh *DRV8825*. Sensor dan aktuator terkendali oleh mikrokontroler *ESP32*, semua perangkat yang digunakan membutuhkan sumber DC akan tetapi stepper motor membutuhkan tegangan 12V serta perangkat lainnya 5V. Stepper motor digunakan sebagai *fine-tune* atau mengatur berapa jumlah derajat kran terbuka sehingga kita dapat mengubah berapa jumlah air yang dibutuhkan lebih baik.



GAMBAR 1. Diagram sistem kendali kadar air tanah

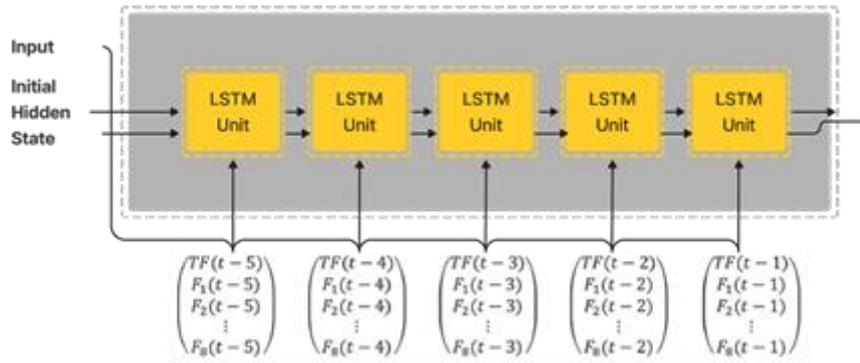
GAMBAR 1 menunjukkan sistem kendali dimulai dari nilai kadar air dalam tanah yang diinginkan dengan bantuan *interface* dari halaman website pengguna dapat mengontrol batas rendah kadar air dalam tanah sehingga bila nilai kadar air tanah sama atau kurang dari nilai tersebut akan mengaktifkan driver motor serta pengguna bisa mengaktifkan driver motor secara manual, dari input tersebut

mikrokontroller akan memproses nilai kendali dan menggunakan algoritma LSTM untuk memprediksi kapan motor akan menyala pada masa mendatang dari proses tersebut akan memerintahkan driver motor untuk menyala sehingga stepper motor memutar kran untuk menambahkan kadar air tanah pada tomat ceri. Setelah proses tersebut selesai sensor kadar air tanah akan memberikan feedback berupa nilai kadar air tanah terbaru pada tanah dari tanaman tomat ceri.



GAMBAR 2. Diagram alur sistem perangkat lunak pada mikrokontroler ESP32

GAMBAR 2 mendeskripsikan tentang alur sistem pemrograman ESP32 berawal dari pendefinisian library yang akan digunakan pada pembacaan dari sensor suhu ruangan dan kelembaban ruangan serta pengiriman data menggunakan WiFi dan database Firebase Google, data yang dikirimkan berupa JavaScript Object Notation (JSON). Pengkonfigurasi dan pengalamatan sensor dari fungsi library yang digunakan untuk membaca voltase yang diterima dari sensor. Mikrokontroler ESP32 membutuhkan kecepatan pembacaan data serial pada 115200 bit/s sehingga sensor dan aktuator senilai 115200 bit untuk setiap detiknya. Lalu hasil dari input sensor akan disimpan dengan variabel yang sudah dideklarasikan untuk proses logika dan operasi matematik yang dilakukan. Setelah data melewati proses logika mikrokontroler mengecek apakah ada input dari user atau setting dari pengguna, jika ada *stepper motor* bergerak sesuai dengan permintaan pengguna, jika tidak sistem hanya akan memonitor berapa nilai yang didapatkan dari sensor dan menampilkan pada web.



GAMBAR 3. Ilustrasi Long-Short Term Memory

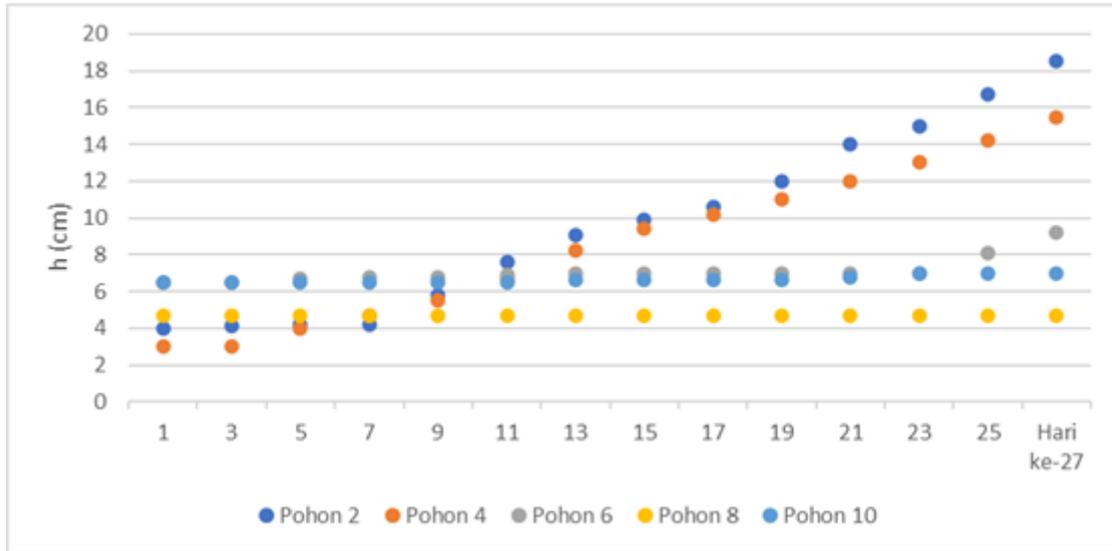
GAMBAR 3 merupakan visualisasi bagaimana algoritma LSTM merupakan kombinasi dari beberapa sel gerbang sehingga blok memori mampu memproses data yang panjang dengan mereferensikan nilai sebelumnya dengan 4 kombinasi gerbang dalam sel LSTM [5].

1. $f_t = \sigma_g(W_f \times x_t \times U_f \times h_{t-1} + b_f)$ merupakan gerbang yang memutuskan apakah input diteruskan ke sel atau tidak.
2. $i_t = \sigma_g(W_i \times x_t \times U_i \times h_{t-1} + b_i)$ merupakan gerbang input dengan fungsi aktivasi sigmoid untuk menentukan ada bagian yang perlu diperbarui atau tidak.
3. $c'_t = \sigma_c(W_c \times x_t \times U_c \times h_{t-1} + b_c)$ merupakan gerbang input dengan fungsi aktivasi sigmoid untuk menentukan ada bagian yang perlu diperbarui atau tidak.
4. $c_t = f_t \cdot c_{t-1} + i_t \cdot c'_t$ merupakan keadaan sel untuk memperbarui nilai input dari masukan sebelumnya (c_{t-1}) dengan memasukkan nilai baru.
5. $o_t = \sigma_g(W_o \times x_t \times U_o \times h_{t-1} + b_o)$ merupakan gerbang output dari nilai lama dengan nilai baru.
6. $h_t = o_t \cdot \sigma_c(c_t)$ adalah sel yang tidak terlihat (*hidden cell*) nilai output kedua sebagai referensi nilai untuk sel berikutnya.

Penggunaan *RNN (Recurrent Neural Network)* jenis *LSTM* dikarenakan nilai *RNN* biasa menimbulkan nilai gradien yang bernilai nol (*vanishing gradient*) akibat data yang panjang [6]. Kombinasi diatas implementasi LSTM dapat dijalankan dengan bantuan bahasa Python untuk memudahkan pengolahan data untuk machine learning seperti: Matplotlib (sebagai visualisasi dan plotting data), Pandas (pengolahan dan manipulasi serta analisis data), Numpy (mengubah data menjadi matriks dan vektor), dan TensorFlow (membantu dalam pembuatan neural network dengan Keras).

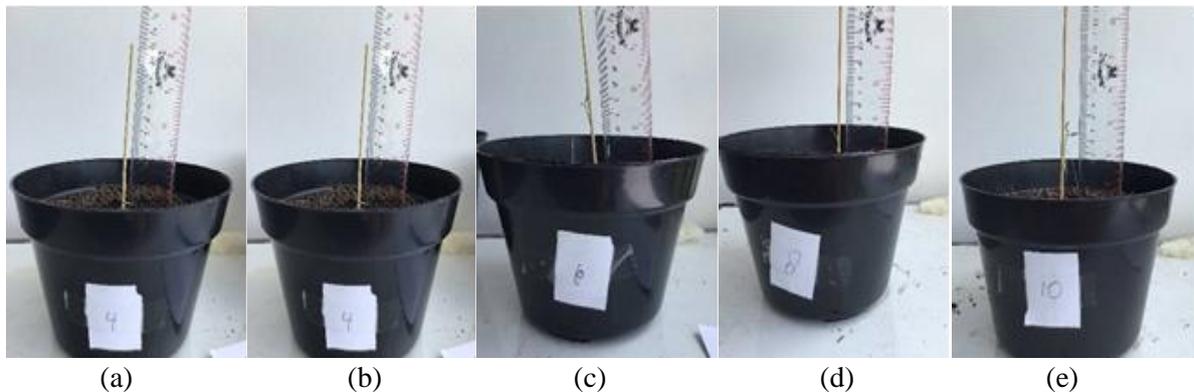
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan pembangunan alat dan pemrosesan data dengan *time series* untuk memprediksi kapan *stepper motor* akan kembali menyala sehingga tanaman akan teririgasi. Setiap pohon memiliki jumlah air irigasi yang berbeda dengan volume air kontrol pada pohon 4 sebesar 31,4 ml pada minggu pertama dan bertambah 10% setiap minggunya. Pohon 2 memiliki volume yang sama dengan kontrol akan tetapi menggunakan implementasi alat serta pohon 6 memiliki volume 10% dari pohon kontrol, pohon 8 dengan volume 20% dari pohon kontrol dst.

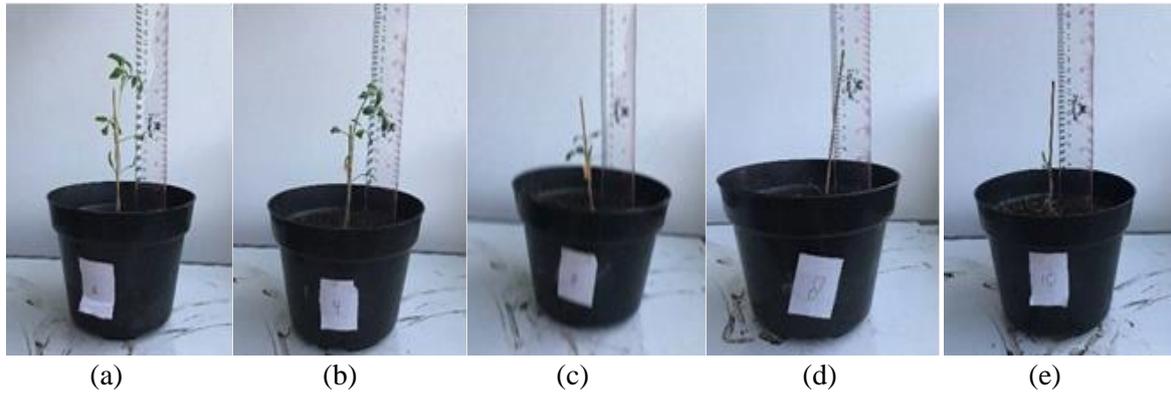


GAMBAR 4. Pertumbuhan Tomat Ceri

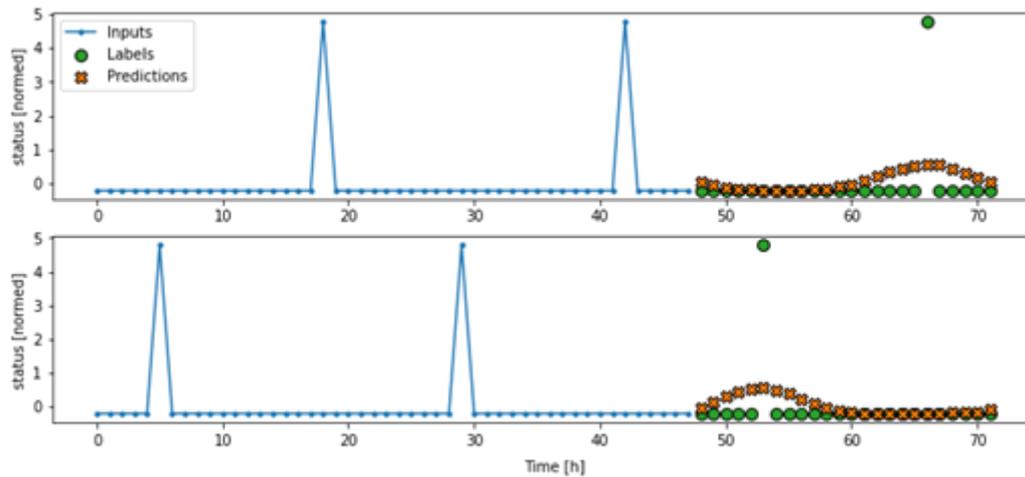
GAMBAR 4 menunjukkan pertumbuhan yang terjadi pada waktu 27 hari. Pohon 4 merupakan tanaman ceri acuan dengan jumlah air irigasi sesuai dengan data dimana tumbuhan membutuhkan air dengan tinggi akhir sebesar 15,5 cm sedangkan pohon 2 memiliki jumlah air irigasi yang sama dengan tumbuhan acuan akan tetapi memiliki tinggi tumbuhan yang lebih tinggi sebesar 18,2 cm ini menandakan bahwa tumbuhan berhasil implementasi sistem kendali dan lebih baik daripada acuan. Sedangkan pohon 6 memiliki tinggi yang inkremental dengan akhir tinggi sebesar 9,2 cm dan pohon 8 serta pohon 10 memiliki tinggi tumbuhan yang stagnan/tidak bertumbuh akan tetapi masih hidup sesuai dengan bukti pertumbuhan pada GAMBAR 5 dan GAMBAR 6.



GAMBAR 5. Tanaman pada hari ke-1 (a) Pohon 2, (b) Pohon 4, (c) Pohon 6, (d) Pohon 8, (e) Pohon 10



GAMBAR 6. Tanaman pada hari ke-27 (a) Pohon 2, (b) Pohon 4, (c) Pohon 6, (d) Pohon 8, (e) Pohon 10



GAMBAR 7. Visualisasi prediksi nilai status stepper motor

GAMBAR 7 merupakan visualisasi dari prediksi untuk aktifikasi stepper motor, nilai status pada algoritma prediksi menggunakan data dari persentase kadar air tanah serta *stepper motor* yang pernah teraktifasi sebelumnya. Data yang didapatkan dan tersimpan pada database selama 5 minggu dapat dengan data 4 minggu pertama sebagai *training* dan mencoba memprediksi satu minggu kedepan, dari prediksi awal nilai prediksi mengikuti gelombang sinusoidal dimana nilai tertinggi sebagai aktifikasi *stepper motor*, prediksi akan menggunakan bantuan *threshold* sehingga pada saat nilai paling mendekati 1 akan mengaktifkan *stepper motor*. Sehingga nilai sesuai dengan status pada grafik terakhir GAMBAR 7. Prediksi dari nilai stepper motor dapat terlihat dari grafik memiliki prediksi mendekati nilai aktualnya dengan nilai akurasi 0.396 *mean absolute error* dari nilai acuan kadar air dalam tanah dan status dari *stepper motor*.

SIMPULAN

Implementasi dari sistem kendali dapat terimplementasi sesuai dengan rancangan dimana input dari manusia merupakan salah satu sistem kendali untuk mengontrol kadar air dalam tanah dengan membaca nilai kadar air tanah sebagai variabel utama, kelembaban udara dan temperatur udara sebagai variabel yang termonitor dengan mikrokontroler ESP32. Pertumbuhan dari tanaman tomat ceri juga memiliki pertumbuhan terbaik diantara jumlah air lainnya dengan tinggi tumbuhan sebesar 18,2cm serta penambahan prediksi berbasis *Long-Short Term Memory* dengan tingkat akurasi sebesar 0.396 *mean absolute error* dari nilai acuan *training data*.

REFERENSI

- [1] R. R. Shamshiri *et al.*, “Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: a review,” *Int. Agrophys*, vol. 32, no. 2, pp. 287-302, 2018, doi: 10.1515/intag-2017-0005.
- [2] K. E. Alordzinu *et al.*, “Water stress affects the physio-morphological development of tomato growth,” *Journal of Agricultural Research*, vol. 17, no. 5, pp. 733-742, 2021, doi: 10.5897/AJAR2021.15450.
- [3] H. H. Sak, A. Senior, B. Google, “Long Short-Term Memory Recurrent Neural Network Architectures for Large Scale Acoustic Modeling,” 2014.
- [4] P. R. Karthikeyan *et al.*, “IoT Based Moisture Control and Temperature Monitoring In Smart Farming,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1964, no. 6, p. 062056, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1964/6/062056.
- [5] G. Van Houdt, C. Mosquera, and G. Nápoles, “A review on the long short-term memory model,” *Artificial Intelligence Review*, vol. 53, no. 8, pp. 5929-5955, 2020, doi: 10.1007/S10462-020-09838-1.
- [6] A. S. Bayangkari Karno, “Analisis Data Time Series Menggunakan LSTM (Long Short Term Memory) Dan ARIMA (Autocorrelation Integrated Moving Average) Dalam Bahasa Python,” *Ultima InfoSys: Jurnal Ilmu Sistem Informasi*, vol. 11, no. 1, pp. 1-7, 2020, doi: 10.31937/SI.V9I1.1223.

