



9th Applied Business and Engineering Conference

ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI *CODEC* G.711, G.722 DAN OPUS PADA IMPLEMENTASI LAYANAN *VOICE OVER INTERNET PROTOCOL* (VOIP) BERBASIS RASPBERRY PI SERVER MENGGUNAKAN METODE MOS E-MODEL (ITU-T G.107)

Chika Yunita¹⁾, Baso Maruddani¹⁾, Wisnu Djatmiko¹⁾, dan Arie Jaenul²⁾

¹⁾Pendidikan Teknik Elektronika. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Jakarta.

Jl. R.Mangun Muka Raya, Kec. Pulo Gadung, Kota Jakarta Timur, 13220

²⁾Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer. Universitas Global
Jakarta. Jl. Boulevard Grand Depok City, Kota Depok, 16412

E-mail: ariep@jgu.ac.id

Abstract

The purpose of this research is to implement a Raspberry Pi server-based Voice over Internet Protocol (VoIP) service in a small office using the G.711, G.722 and Opus codecs where these codecs do not have a license (free) and have been integrated in various softphones and to see the sound quality resulting from the communication carried out and to see the quality, voice compression (codec) which is the most appropriate / stable on the Wireless LAN network. In testing this VoIP network using G.722, G.711, and Opus audio codecs based on signal strength (RSSI) on the Wireless LAN network as data to be analyzed using the MOS E-Model ITU-T G.107 method. Call testing is done 10 times on each codec. The average delay is 20,507 ms for the G.722 codec, 20,435 ms for the G.711 codec and 20,492 ms for the Opus codec. The average packet loss was 0.711% for G.722 codec, 0.870% for G.711 codec and 1.427% for Opus codec. Based on the results of calculations using the E-Model ITU-T G.107 MOS method, the average yield is 4,155 for the G.722 codec, 4,133 for the G.711 codec and 4.059 for the Opus codec. Based on the results of calculations using the MOS E-Model method, it is generally found that the G.722 codec has better quality than the three codecs tested, because it is more resistant to packet loss based on signal strength (RSSI) received by each client so that the R Factor conversion to MOS yields the highest average MOS value.

Keywords: *Voice over Internet Protocol (VoIP), Raspberry Pi, MOS E-Model, ITU-T G.107.*

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perbandingan performansi *codec* G.711, G.722, dan Opus pada implementasi layanan *Voice over Internet Protocol* (VoIP) berbasis raspberry pi di sebuah kantor berskala kecil. Dalam pengujian jaringan VoIP ini menggunakan *codec* audio G.722, G.711, dan Opus berdasarkan kekuatan sinyal (RSSI) pada jaringan *Wireless LAN* sebagai data yang akan dianalisis menggunakan metode MOS E-Model ITU-T G.107. Pengujian panggilan dilakukan sebanyak 10 kali pada masing-masing *codec*. Rata-rata delay 20,507 ms untuk *codec* G.722, 20,435 ms *codec* G.711 dan 20,492 ms *codec* Opus. Rata-rata *packet loss* 0,711% untuk *codec* G.722, 0,870% *codec* G.711 dan 1,427% *codec* Opus. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode E-Model ITU-T G.107 rata-rata MOS yang dihasilkan 4,155 untuk *codec* G.722, 4,133 *codec* G.711 dan 4,059 untuk *codec* Opus. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode MOS E-Model secara umum didapatkan bahwa *codec* G.722 memiliki kualitas lebih baik dari ketiga *codec* yang diuji, dikarenakan lebih tahan terhadap *packet loss* berdasarkan kekuatan sinyal (RSSI) yang diterima oleh masing-masing client sehingga konversi R Factor ke MOS menghasilkan nilai rata-rata MOS tertinggi.



9th Applied Business and Engineering Conference

Kata Kunci: *Voice over Internet Protocol (VoIP), Raspberry Pi, MOS E-Model, ITU-T G.107*

PENDAHULUAN

Dengan perkembangan perusahaan yang pesat komunikasi menjadi salah satu kebutuhan bagi CV. Sumber Raya Berkah karena komunikasi digunakan untuk menyampaikan data/informasi antar karyawan. Penggunaan VoIP tentu sangat menguntungkan bagi perusahaan karena VoIP dapat diimplementasikan dengan memanfaatkan infrastruktur media jaringan lokal atau jaringan global (internet) yang sudah ada (Eldad Israel, 2010; Arie Jaenul et al., 2019; Kurniawan et al., 2016; Wahyu, 2017), dan juga dapat dikembangkan secara mandiri, jadi memungkinkan penghematan biaya karena tidak perlu membangun infrastruktur jaringan baru (Aminoto et al., 2017; Hamidi et al., 2018; Rojas et al., 2018).

Teknologi VoIP mulai banyak dikembangkan pada Raspberry Pi (komputer berukuran mini) (Dwiyatno & Nugraheni, 2019; Najih et al., 2016). Efisiensi daya dan biaya listrik menjadi pertimbangan utama dalam pemilihan *server* (P & Jayanthi, 2018; Pangestu et al., 2021) Dibandingkan dengan komputer, Raspberry Pi memiliki kelebihan yaitu bentuknya yang berukuran kecil sehingga mudah untuk dibawa dan daya maksimal hanya 5 *Watt* (Raspberry Pi tipe B)(Setiawan et al., 2020; Yusro et al., 2021).

Proses pemilihan *codec* yang tepat pada implementasi VoIP merupakan salah satu hal yang menentukan dalam pencapaian kualitas komunikasi (Gupta et al., 2019). Pada dasarnya *codec* adalah sebuah algoritma untuk mengubah sinyal suara (analog) menjadi data (Chhabra & Singh, 2015; A. Jaenul et al., 2018). *Codec* yang digunakan pada penelitian ini adalah G.722, G.711 dan Opus. Ketiga *codec* ini bersifat *open source* dan paling banyak digunakan dalam jaringan VoIP (Jokisch et al., 2016). Perbedaan paling mendasar diantara ketiga *codec* adalah pada *bit rate* dan *algoritma* yang digunakan, tentu saja kepekaan terhadap kondisi jaringan akan berbeda pada masing-masing *codec*.

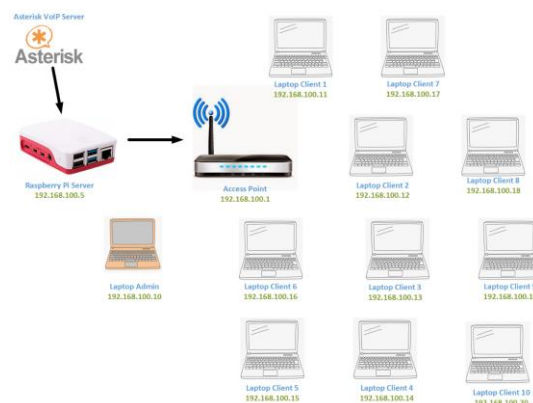
Berdasarkan latar belakang permasalahan, perlu diimplementasikan VoIP berbasis Raspberry Pi *server* pada jaringan *Wireless LAN* di kantor CV. Sumber Raya Berkah

yang dapat menunjang dan memudahkan komunikasi antar karyawan dengan kualitas yang baik. Kemudian dilakukan perhitungan parameter MOS menggunakan metode E-Model ITU-T G.107 untuk mengetahui performansi ketiga *codec* G.722, G.711 dan Opus yang diimplementasikan pada layanan VoIP di kantor CV. Sumber Raya Berkah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dengan menggunakan metode komparatif yang digunakan untuk mengetahui perbandingan unjuk kerja jaringan VoIP menggunakan *codec* G.722, G.711, dan Opus (Al-yousif et al., 2021; A. Jaenul et al., 2018). Berdasarkan hal tersebut, dalam penelitian ini ditetapkan dua tipe variabel yang akan diukur dalam penelitian, dalam hal ini adalah *delay* dan *packet loss*. Variabel kedua adalah *independent variable* yang merupakan variabel yang mempengaruhi *dependent variable*. Pada *dependent variable* kualitas dalam jaringan VoIP secara objektif ditentukan oleh elemen kunci berupa *delay* dan *packet loss*. Sementara dalam penelitian ini ditetapkan *independent variable* berupa kekuatan sinyal (RSSI) yang diterima oleh masing-masing client.

Penelitian ini menggunakan jaringan lokal untuk membangun jaringan komunikasi VoIP dengan dilakukan secara nirkabel melalui *Wireless Local Area Network (WLAN)* yang ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 11. Topologi Jaringan VoIP

Topologi jaringan untuk membangun sebuah komunikasi VoIP disusun oleh beberapa perangkat seperti *Server* yang menggunakan sebuah mini-PC Raspberry Pi Model B+ yang telah *terinstall* sistem operasi *RasPBX* di SDCard sebagai sistem untuk Raspberry Pi. Lalu untuk menghubungkan *server* dan *client* secara nirkabel dibutuhkan

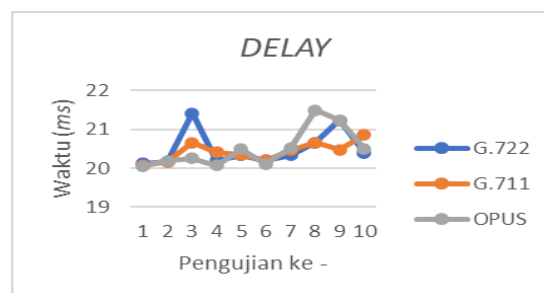
access point. Dan dibutuhkannya perangkat *client* untuk meminta suatu layanan tertentu kepada *server*.

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 skenario. Skenario pertama dilakukan dengan melakukan *test call* terhadap 3 kompresi suara (*Codec*) yang digunakan G.722, G.711, dan Opus. Pengujian pada skenario 2 dilakukan dengan mencari nilai *delay* dan *packet loss* sehingga nilai I_d dan nilai I_{ef} diperoleh. Setiap pasangan klien diarahkan untuk menggunakan ketiga *codec* yang diimplementasikan yaitu, G.722, G.711 dan Opus secara bergantian. Setiap *codec* dicoba di berbagai ruangan/titik jarak yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil penelitian akan dipaparkan mengenai hasil pengujian dan perhitungan parameter *Delay*, *Packet Loss* dan *Mean Opinion Score* (MOS) menggunakan metode E-Model ITU-T G.107 berdasarkan tingkat kekuatan sinyal RSSI (*Received Signal Strength indicator*) yang telah di tentukan di beberapa titik pada layanan VoIP yang diimplementasikan di sebuah kantor berskala kecil.

1) *Delay*



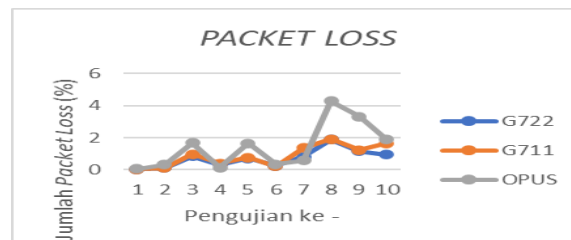
Gambar 12. Grafik Pengaruh *Codec* Terhadap *Delay*

Dari Gambar 2 di atas dapat dilihat bahwa nilai *delay* yang terjadi selama proses panggilan suara dari ketiga *codec* G.722, G.711 dan Opus yang digunakan menghasilkan rentang *delay* 20,057 ms sampai dengan 21,494 ms dimana berdasarkan ITU-T G.114 kualitasnya ketiganya dikategorikan “baik”. Pada pengujian parameter *delay*, rata-rata *delay* terbesar terjadi pada saat pengujian ke-8 yang dihasilkan oleh *codec* Opus dengan nilai 21,494 ms dimana kekuatan sinyal yang diterima oleh *client* 8

bernilai -91 dBm menunjukkan bahwa semakin tinggi RSSI maka *delay* semakin besar. Sedangkan rata-rata *delay* terkecil didapatkan pada saat pengujian ke-1 yang juga dihasilkan oleh *codec* Opus dengan nilai 20,057 ms dimana kekuatan sinyal yang diterima oleh *client* 1 bernilai -63 dBm. Dapat dikatakan *codec* opus memiliki nilai *delay* yang baik jika jarak antar *client* dengan *access point* berada berdekatan atau sinyal yang diterima oleh *client* kuat.

Secara umum dapat diketahui bahwa parameter kekuatan *recived signal strength indication* (RSSI) digunakan untuk mengetahui seberapa tinggi atau rendahnya sinyal frekuensi *access point* yang diterima masing-masing *client* dapat mempengaruhi nilai parameter *delay*. Dari hasil pengujian semakin tinggi (RSSI) maka semakin tinggi nilai *delay* yang dihasilkan pada panggilan VoIP dengan jaringan *Wireless LAN*, begitu pula sebaliknya. Penentuan *codec* yang akan digunakan dapat menggunakan acuan nilai *delay*. *Delay* akan menaikkan nilai variabel I_d pada E-Model dan otomatis semakin besar *delay*, maka akan mengakibatkan turunnya nilai Faktor R dan menurunkan nilai MOS sehingga dapat dikatakan kualitas suara akan semakin buruk.

2) Packet Loss



Gambar 13. Grafik Pengaruh *Codec* Terhadap *Packet Loss*

Dari Gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa nilai *packet loss* yang terjadi selama proses panggilan suara pada semua pengujian dari ketiga *codec* G.722, G.711 dan Opus yang digunakan menghasilkan rentang nilai *packet loss* 0,035% sampai dengan 4,278% dimana berdasarkan ITU-T G.114 secara keseluruhan kualitasnya ketiganya dikategorikan “cukup”.

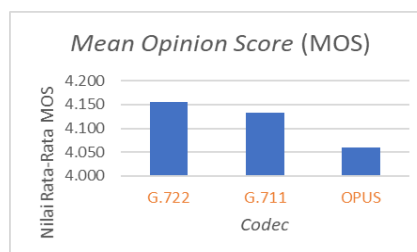
Untuk nilai *packet loss* tertinggi sebesar 4,278% dimiliki oleh *codec* Opus pada pengujian ke-8 dimana kekuatan sinyal yang diterima oleh *client* 8 bernilai -91 dBm

namun berdasarkan ITU-T G.114 kualitasnya masih dikategorikan “cukup”. Hal ini disebabkan jarak *client* yang lebih jauh dari *access point* menghasilkan nilai *packet loss* yang lebih buruk. Sedangkan nilai *packet loss* terendah sebesar 0,035% dimiliki oleh *codec* G.722 pada pengujian ke-1 dimana kekuatan sinyal yang diterima oleh *client* 1 bernilai -63 dBm berdasarkan ITU-T G.114 kualitasnya dikategorikan “baik”. Dapat dikatakan bahwa *codec* G.722 lebih tahan terhadap *packet loss* di berbagai kondisi.

Dengan begitu, jarak jangkauan terdekat sampai terjauh antar *client* dengan *access point* sangat mempengaruhi *packet loss*. Dari hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi RSSI yang diterima masing-masing *client*, maka kualitas suara semakin buruk dan *packet loss* semakin tinggi, begitu pula sebaliknya.

Penentuan *codec* yang akan digunakan dapat menggunakan acuan nilai *packet loss*. *Packet loss* akan menaikkan nilai variabel I_{ef} pada E-Model dan otomatis semakin besar *packet loss*, maka akan mengakibatkan turunnya nilai Faktor R dan menurunkan nilai MOS sehingga dapat dikatakan kualitas suara akan semakin buruk.

3) Mean Opinion Score (MOS)



Gambar 14. Grafik Pengaruh *Codec* Terhadap Nilai MOS

Dari Gambar 4 di atas dapat dilihat bahwa kualitas komunikasi layanan VoIP cukup dipengaruhi oleh *codec* yang digunakan. Hal ini membuktikan bahwa masing-masing *codec* mempunyai kualitas suara yang berbeda. Masing-masing *codec* mempunyai beberapa variabel yang berperan menentukan nilai MOS yaitu: RSSI, I_d , H, I_{ef} dan R. Variabel yang dipertimbangkan dalam layanan VoIP adalah I_d dan I_{ef} yang dipengaruhi oleh variable bebas yaitu kekuatan sinyal (RSSI) yang diterima oleh masing-masing *client*.



9th Applied Business and Engineering Conference

Dilihat dari grafik nilai MOS rata-rata hasil konversi nilai R faktor, nilai tertinggi diraih oleh *codec* G.722, G.711 lalu diikuti Opus berdasarkan rekomendasi ITU-T P.800 semakin besar angka MOS maka semakin bagus kualitas transmisi yang dihasilkan. *Codec* G.722 memiliki nilai rata-rata *packet loss* lebih rendah dari 10 kali pengujian berdasarkan RSSI yang diterima oleh masing-masing *client* sehingga berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode E-Model ITU-T G.107 faktor penurunan kualitas nilai I_{ef} yang dihasilkan lebih kecil maka hasil konversi R faktor ke nilai MOS menghasilkan nilai rata-rata MOS yang lebih tinggi, walaupun rata-rata *delay* yang dihasilkan berada di urutan ketiga, namun faktor penurunan kualitas nilai I_d tidak terlalu berpengaruh menurunkan nilai R, karena variabel H yang merupakan fungsi *Heavyside* bernilai 0.

Sedangkan *codec* G.711 dan Opus menghasilkan nilai rata-rata yang masih dikategorikan baik berdasarkan standar ITU-T P.800 untuk diimplementasikan pada kondisi tertentu yaitu sinyal yang diterima oleh *client* kuat atau jika jarak jangkauan *client* berada berdekatan dari *access point* pada layanan komunikasi VoIP menggunakan jaringan *Wireless LAN*.

SIMPULAN

Dari 10 kali pengujian dengan menggunakan *codec* G.722, G.711 dan Opus pada kekuatan sinyal (RSSI) yang berbeda pada masing-masing *client*, yang mana terdapatnya hubungan antara parameter *delay* dan *packet loss* terhadap kekuatan sinyal yang diterima, terlihat *codec* G.722 memiliki kualitas suara yang paling bagus dengan nilai rata-rata MOS yaitu 4,155 sedangkan *codec* G.711 dan *codec* opus menghasilkan nilai MOS yang juga baik menurut standar ITU-T P.800. Secara keseluruhan terlihat bahwa *codec* G.722 dan *codec* G.711 tidak terlalu signifikan hanya berbeda 0.02 skala MOS saja, namun *codec* G.722 memiliki nilai rata-rata *packet loss* lebih kecil dibandingkan *codec* yang lainnya, sehingga berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode E-Model ITU-T G.107 faktor penurunan kualitas nilai I_{ef} yang



9th Applied Business and Engineering Conference

dihasilkan lebih kecil maka hasil konversi R faktor ke nilai MOS menghasilkan nilai rata-rata MOS yang lebih tinggi.

Berdasarkan analisis dan implementasi yang telah dilakukan di atas, terdapat beberapa saran antara lain :

1. Perlu ditambahkan alat penguat sinyal/*repeater* untuk skala jaringan yang lebih luas, sehingga tidak mengalami kekurangan kekuatan sinyal di beberapa titik pengguna.
2. *Codec* opus lebih tepat digunakan pada rentang kuat sinyal sampai dengan -70 dBm, dimana semakin nilainya mendekati positif maka semakin besar kuat sinyalnya.
3. Hasil uji performansi ketiga *codec* yang diimplementasikan akan lebih baik jika ditambahkan perbandingan hasil pengukuran dengan menggunakan *Network Analyzer* yang berbeda-beda seperti *Wireshark* dengan *VQ Manager*.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-yousif, S., Jaenul, A., Al-dayyeni, W., Alamoodi, A., Al-shareefi, N. A., & Saleh, A. H. (2021). *A systematic review of automated pre- processing , feature extraction and classification of cardiotocography*. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.452>
- Aminoto, C., Taqijuddin, H. M., & Melfazen, O. (2017). Perancangan Voip Menggunakan Openvpn Pada Os Openwrt Sebagai Pengamanan Jaringan Antar Client. *SinarFe7: Seminar Nasional Fortei Regional 7*, 418–425.
- Chhabra, A., & Singh, D. (2015). Assessment of VoIP E-model over 802.11 wireless mesh network. *Conference Proceeding - 2015 International Conference on Advances in Computer Engineering and Applications, ICACEA 2015*, 856–860. <https://doi.org/10.1109/ICACEA.2015.7164824>
- Dwiyatno, S., & Nugraheni, M. (2019). *Dan Raspbx Pada Smk Al-Insan Terpadu*. 6(2), 117–130.



9th Applied Business and Engineering Conference

- Eldad Israel, M. (2010). Studi Implementasi Voip Berbasis Sip. *TEKNO*, 1–11.
- Gupta, N., Kumar, N., & Kumar, H. (2019). Comparative Analysis of Voice Codecs over Different Environment Scenarios in VoIP. *Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2018, Iciccs*, 540–544. <https://doi.org/10.1109/ICCONS.2018.8663241>
- Hamidi, E. A. Z., Effendi, M. R., & Widodo, H. W. (2018). Prototipe Layanan VoIP Pada Jaringan OpenFlow. *TELKA - Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi Dan Kontrol*, 4(1), 33–42. <https://doi.org/10.15575/telka.v4n1.33-42>
- Jaenul, A., Alyousif, S., Alrawi, A. A. A., & Salih, S. K. (2018). Robust approach of de-noising ECG signal using multi-resolution wavelet transform. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(4). <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.11.20678>
- Jaenul, Ariep, Yusro, M., & Maruddani, B. (2019). Implementation of Voice over Internet Protocol (VoIP) using softphone applications based on Session Initiation Protocol (SIP). In *Empowering Science and Mathematics for Global Competitiveness* (p. 7). CRC Press.
- Jokisch, O., Maruschke, M., Jokisch, O., & Maruschke, M. (2016). Audio and Speech Coding & Transcoding in Web Real-Time Communication. *Hld*, 1, 3–6.
- Kurniawan, F., Irwansyah, M. A., & Nyoto, R. D. (2016). Analisis Dan Implementasi Voip Server (Studi Kasus : Cv . Suzuki Daya Motor). *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi*, 4(1), 1–6.
- Najihi, A., Wayan, I. M., Widyanan, & Najwaini, E. (2016). Analisis Kinerja IP PBX Server pada Single Board Circuit Raspberry PI. *Jurnal POSITIF, Volume I, No.2, Mei 2016 : 16 - 24, I(2)*, 16–24.



9th Applied Business and Engineering Conference

- P, G., & Jayanthi, S. (2018). Performance Optimization of Codec in VOIP using Raspberry Pi. *International Journal of Engineering and Manufacturing*, 8(2), 56–65. <https://doi.org/10.5815/ijem.2018.02.06>
- Pangestu, A., Mohammed, M. N., Al-Zubaidi, S., Bahrain, S. H. K., & Jaenul, A. (2021). An internet of things toward a novel smart helmet for motorcycle: Review. *AIP Conference Proceedings*, 2320(March). <https://doi.org/10.1063/5.0037483>
- Rojas, H., Renteria, R., Luque, E. N., Peralta, M., & Merma, J. L. (2018). Proposal to Implement Low Cost Digital Communication Using VoIP Technology, a Case Study. *International Journal of Future Computer and Communication*, 7(3), 68–73. <https://doi.org/10.18178/ijfcc.2018.7.3.523>
- Setiawan, I. I., Jaenul, A., & Priyokusumo, D. (2020). P-75 Prototipe Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Face Recognition Berbasis Raspberry Pi 4 Prototype of Home Security System Using Face. 496–501.
- Wahyu, A. P. (2017). Optimasi Jaringan Local Area Network Menggunakan VLAN dan VOIP. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 2(1), 54–57.
- Yusro, M., Ma'sum, M., Muhamad, M., & Jaenul, A. (2021). Pengembangan Trainer Aplikasi Multi-Sensors (TAMS) Berbasis Arduino dan Raspberry Pi. *Risenologi*, 6(1), 77–85.