

Handoko Rusiana Iskandar, Yuda Bakti Zainal, Susanto Sambasri dan M. Haris Yogi Ernanda

Algoritma Incremental Conductance dan Perturbation Observation

Sebagai Kendali MPPT PLTS 1000Wp

Xbal Meiprastyo, Rono IS Rono Hadinagoro, Andhika Mahdi Arifi, dan Rizal Zulfikar

Analisis Kestabilan Lereng dan Penanganan Longsor Area Puncak Pass Cianjur STA 20+650, Jawa Barat Menggunakan Program Plaxis

Dian Indrawati, Mohammad Bagus Adityawan, Muhammad Rizki Purnama, dan Rono Hadinagoro

Analisis Numerik 1D Pengendalian Banjir pada Wilayah Padat Penduduk dengan Persamaan St. Venant

Hanny Madiawati, dan Asep Barnas Simanjuntak

Desain dan Realisasi Antena Mikrostrip Patch Rectangular Array dengan Slit pada Frekuensi 2620-2690MHz untuk Aplikasi LTE

Yuli Kurnia Ningsih, Yusuf Saeful Rochman, dan Nazmia Kurniawati

Implementasi RT/RW-Net Menggunakan Metode User dan Bandwidth Management

P Kusumo, S Biyono, dan Tegar S

*Isolasi Lignin dari Serbuk Grajen Kayu Jati (*Tectona grandis*) dengan Metode Klasson*

Arief Rachman, dan M. Reza Hidayat

Klasterisasi Sumber Penyebaran Virus Covid-19 dengan Menggunakan Metode K-MEANS Di Daerah Kota Cimahi dan Kab. Bandung Barat

Januardi Manullang, Tri Ayu Dinanti Pratama, Rasinta Ginting, Lanissa Nuriza, dan Muhammad Fahmi

Pengaruh Current Ration, Debt to Equity Ration, dan Return on Assests Terhadap Harga Saham Pada Perusahaan Sektor Property and Real Estate yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia (BEI) Periode 2014-2018

Dedi Nono Suharno, dan Iwan Setiawan

Rancang Bangun Simulator Sinkronisasi Generator Sinkron 3 Fasa Semiotomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino

Benny Arianto

Studi Potensi Resiko Tanah Lunak dalam Pembangunan Ibu Kota Negara dengan Ajuan Penanganan Menggunakan Metode Prefabricated Vertical Drain Berbahan Alami

TIM REDAKSI

- Pimpinan Redaksi : Dr. Putu Teta Prihartini, S.T., M.T.
(Universitas Jenderal Achmad Yani, Scopus ID: 56951380600)
- Dewan Redaksi : • Dr. Ir. Ferry Rusgiarto, M.T.
(Universitas Jenderal Achmad Yani, Scopus ID: 56688583600)
- Dr. Hendriyana, S.T., M.T.
(Universitas Jenderal Achmad Yani, Scopus ID: 57189732631)
 - Yuda Bakti Zainal, ST., MT
(Universitas Jenderal Achmad Yani, Sinta ID: 6083767)
 - Agus Juhara, S.T., M.T.
(Universitas Jenderal Achmad Yani)
 - Dr. Ir. Djoko Hadi Prajitno, MSME.
(Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) - Bandung,
Scopus ID: 6507211795)
- Editor Teknis : • Deny Bayu Saefudin, S.T., M.T.
(Universitas Jenderal Achmad Yani, Sinta ID: 133135)
- Atik Charisma, S.T., M.T.
(Universitas Jenderal Achmad Yani, Scopus ID: 57188567470)
 - Giri Angga Setia, S.T., M.T.
(Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia. Scopus ID: 57194215122)
 - Antrisha Daneraici Setiawan, S.T., M.T.
(Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia, Scopus ID: 57188573899)
 - Xbal Meiprastyo, S.T., M.Eng.
(Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia, Sinta ID: 6722189)
 - Andri Rahmat Kumalasian, S.T.
(Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia)
 - Tiara Ariani Putri, S.T.
(Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia)
-

Penerbit :

Fakultas Teknik

Universitas Jenderal Achmad Yani (Kampus Bandung)

Jl. Terusan Gatot Subroto Tromol Pos 807

Bandung – Jawa Barat

Indonesia

40285

Telp. : 022-731-2741

Fakultas Teknik

Universitas Jenderal Achmad Yani (Kampus Cimahi)

Jl. Terusan Jenderal Sudirman P.O. Box 148

Cimahi – Jawa Barat

Indonesia

40531

Telp. : 022-665-4572

022-664-3006

Jurnal Teknik merupakan **jurnal *peer-reviewed*** dalam **Bahasa Indonesia** di bidang keteknikan yang terbit **2 kali dalam setahun**. Terbit di bulan **Mei** dan **November** sejak tahun 2001. Jurnal Teknik versi online baru terbit pada tahun 2017 dengan fasilitas pengumpulan dan penerbitan online yang berbasis **Open Access Journal** dan mengikuti [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Harga Berlangganan	:	Institusi	Rp. 170.000,-/tahun
		Individu	Rp. 160.000,-/tahun
Harga Tidak Berlangganan	:		Rp. 100.000,-/nomor

MITRA BESTARI

Anggota Tim Mitra Bestari Jurnal Teknik Tahun 2020

- Prof. Dr. Bambang Sutjiatmo, Dipl. Ing. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia, Scopus ID: 6506054959)
- Prof. I. N. Suprpta Winaya, S.T., M.A.Sc., Ph.D. (Universitas Udayana, Indonesia, Scopus ID: 18635759300)
- Prof. Dr. Ir. Lilik Sudiajeng, M.Erg. (Politeknik Negeri Bali, Scopus ID: 55189864100)*
- Prof. Dr. Ir. Indra Surjati, M.T., IPM. (Universitas Trisakti, Scopus ID: 15128239500)
- Dr. Suhartono, S.T., M.Si. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia, Scopus ID: 57189075734)*
- Dr. Damawidjaya Biksono, S.T., M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia)
- Dr. Asep Najmurrokhman, S.T., M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia, Scopus ID: 55919091000)*
- Yusuf Dewantoro Herlambang, S.T., M.T., Ph.D. (Politeknik Negeri Semarang, Indonesia, Scopus ID: 57194209980)*
- Ir. Nur Indrianti, M.T., D.Eng. (UPN Veteran Yogyakarta, Indonesia, Scopus ID: 15071306300)
- Dr. P. Y. M. Wibowo Nd, S.T., M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia, Scopus ID: 55983351800)
- Dr. Sutarno, Ir., M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia, Scopus ID: 57205031839)
- Dr. Nita Puspita Hidayat, Ir., M.T. (Universitas Islam Bandung, Indonesia, Scopus ID: 57201677362)
- Dr. Rinto Yusriski, S.T., M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia, Scopus ID: 56582391600)
- Dr. Eng. Christina Wahyu K., S.T., M.T. (Universitas Brawijaya, Indonesia, Scopus ID: 56688583600)
- Dr. Ir. Ferry Rusgiarto, M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia, Scopus ID: 57194649672)
- Dr. Nadiem Anwar, S.T., M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia)
- Dr. Ir. Iskandar Muda, M.Eng. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia, Scopus ID: 57195229456)
- Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.T. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia, Scopus ID: 15838524700)

- Dr. Ir. Djoko Hadi Prajitno, MSME. (Badan Tenaga Nuklir Nasional, Indonesia, Scopus ID: 6507211795)
- Putu Doddy Sutrisna S.T., M.Sc., Ph.D. (Universitas Surabaya, Indonesia, Scopus ID: 6504553709)
- Dr.Eng. Achmad Munir, S.T., M.Eng. (Institut Teknologi Bandung, Scopus ID: 25638780900)
- Ir. Kusharjanto, M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia, Scopus ID: 57193392775)
- Sofyan Basuki, S.T., M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Indonesia)
- Ir. Emi Prasetyawati Umar, S.Si., M.T., IPP (Universitas Muslim Indonesia, Makasar, Scopus ID: 57201065526)*
- Dr. Ir. Ariani Budi Safarina, M.T., (Universitas Jenderal Achmad Yani, Sinta ID: 57200635517)
- Ir. Nana Heryana, IPM (Institut Teknologi Bandung, Scopus ID: 35174665300)
- Dr. Hendriyana, S.T., M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Scopus ID: 57189732631)
- Dr. Eng. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng. (Institut Pertanian Bogor, Scopus ID: 57195301854)
- Dr. Charles Sitompul, ST., MT., MIM (Universitas Khatolik Parahyangan, Scopus ID: 23975188900)
- Ir. Harry Ramza, M.T., Ph.D (Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka, Scopus ID: 55189898100)*
- Dr. Ir. Endang Prasetyaningsih, M.T. (Universitas Islam Bandung, Scopus ID: 57189580587)
- Annisa Uswatun Khasanah, S.T., MBA., M.Sc (Universitas Islam Indonesia, Scopus ID: 57195477115)
- Syah Alam, S.Pd., M.T. (Universitas Trisakti, Scopus ID: 57191903622)*
- Dr. Imroatul Chalimah Juliana, S.T., M.T. (Universitas Sriwijaya, Scopus ID: 57193694034)*
- Dr. Khoiruddin, S.T., M.T. (Institut Teknologi Bandung, Scopus ID: 55584284500)*
- Salita Ulitia Prini, S.Kom, M.T. (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Scopus ID: 57208581701)*
- Edwar, S.T., M.T. (Universitas Telkom, Scopus ID: 57188569370)*

DAFTAR ISI

Algoritma <i>Incremental Conductance</i> dan <i>Perturbation Observation</i> sebagai Kendali MPPT PLTS 1000Wp	79-89
Handoko Rusiana Iskandar, Yuda Bakti Zainal, Susanto Sambasri dan M. Haris Yogi Ernanda	
Analisis Kestabilan Lereng dan Penanganan Longsor Area Puncak Pass Cianjur STA 20+650, Jawa Barat Menggunakan Program Plaxis	90-99
Xbal Meiprastyo, Rono IS Rono Hadinagoro, Andhika Mahdi Arifi, dan Rizal Zulfikar	
Analisis Numerik 1D Pengendalian Banjir pada Wilayah Padat Penduduk dengan Persamaan St. Venant	100-109
Dian Indrawati, Mohammad Bagus Adityawan, Muhammad Rizki Purnama, dan Rono Hadinagoro	
Desain dan Realisasi Antena Mikrostrip <i>Patch Rectangular Array</i> dengan Slit pada Frekuensi 2620-2690MHz untuk Aplikasi LTE	110-119
Hanny Madiawati, dan Asep Barnas Simanjuntak	
Implementasi RT/RW-Net Menggunakan Metode <i>User dan Bandwidth Management</i>	120-129
Yuli Kurnia Ningsih, Yusuf Saeful Rochman, dan Nazmia Kurniawati	
Isolasi Lignin dari Serbuk Grajen Kayu Jati (<i>Tectona grandis</i>) dengan Metode Klasson	130-139
P Kusumo, S Biyono, dan Tegar S	
Klasterisasi Sumber Penyebaran Virus Covid-19 dengan Menggunakan Metode <i>K-MEANS</i> Di Daerah Kota Cimahi dan Kab. Bandung Barat	140-150
Arief Rachman, dan M. Reza Hidayat	
Pengaruh <i>Current Ratio</i>, <i>Debt to Equity Ratio</i>, dan <i>Return on Assets</i> terhadap Harga Saham pada Perusahaan Sektor <i>Property and Real Estate</i> yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia (BEI) Periode 2014-2018	151-160
Januardi Manullang, Tri Ayu Dinanti Pratama, Rasinta Ginting, Lanissa Nuriza, dan Muhammad Fahmi	
Rancang Bangun Simulator Sinkronisasi Generator Sinkron 3 Fasa Semiotomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino	161-170
Dedi Nono Suharno, dan Iwan Setiawan	
Studi Potensi Resiko Tanah Lunak dalam Pembangunan Ibu Kota Negara dengan Ajuan Penanganan Menggunakan Metode <i>Prefabricated Vertical Drain</i> Berbahan Alami	171-180
Benny Arianto	

DARI REDAKSI

Puji syukur kami panjatkan kehadapan Tuhan Yang Maha Kuasa atas perkenan-Nya kami dapat menerbitkan Jurnal Teknik (JT) Volume 19 Nomor 2, bulan November 2020. Dalam edisi ini disajikan 10 (sepuluh) makalah berkaitan dengan bidang Ilmu Teknik, yang mencakup Teknik Kimia, Teknik Elektro, Teknik Mesin, Teknik Sipil, Teknik Metalurgi, dan Teknik Industri lingkungan yang meliputi: (1) Algoritma *Incremental Conductance* dan *Perturbation Observation* sebagai Kendali MPPT PLTS 1000Wp, (2) Analisis Kestabilan Lereng dan Penanganan Longsor Area Puncak Pass Cianjur STA 20+650, Jawa Barat Menggunakan Program Plaxis, (3) Analisis Numerik 1D Pengendalian Banjir pada Wilayah Padat Penduduk dengan Persamaan St. Venant, (4) Desain dan Realisasi Antena Mikrostrip *Patch Rectangular Array* dengan Slit pada Frekuensi 2620-2690 MHz untuk Aplikasi LTE, (5) Implementasi RT/RW-Net Menggunakan Metode *User* dan *Bandwidth Management*, (6) Isolasi Lignin dari Serbuk Grajen Kayu Jati (*Tectona grandis*) dengan Metode Klasson, (7) Klasterisasi Sumber Penyebaran Virus Covid-19 dengan Menggunakan Metode *K-MEANS* Di Daerah Kota Cimahi dan Kab. Bandung Barat, (8) Pengaruh *Current Ratio*, *Debt to Equity Ratio*, dan *Return on Assets* terhadap Harga Saham pada Perusahaan Sektor *Property and Real Estate* yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia (BEI) Periode 2014-2018, (9) Rancang Bangun Simulator Sinkronisasi Generator Sinkron 3 Fasa Semiotomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino, dan (10) Studi Potensi Resiko Tanah Lunak dalam Pembangunan Ibu Kota Negara dengan Ajuan Penanganan Menggunakan Metode *Prefabricated Vertical Drain* Berbahan Alami.

Redaksi menyampaikan rasa terima kasih kepada peneliti-peneliti untuk mempublikasikan hasil penelitiannya dalam Jurnal Teknik edisi 19(2) ini. Tak lupa juga kami ucapkan terima kasih kepada Mitra Bestari yang telah membantu hingga Jurnal Teknik ini dapat diterbitkan. Redaksi senantiasa mengundang peneliti, perekayasa, dan para fungsional lain untuk memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya bidang ilmu teknik. Kritik dan saran atas ketidak-sempurnaan dalam Jurnal Teknik sangat kami harapkan demi kemajuan dan penyempurnaan dalam terbitan selanjutnya. Semoga pemuatan karya dalam terbitan kali ini dapat menjadi pemicu peneliti-peneliti untuk melahirkan karya-karya lain dengan ide-ide original dan bermanfaat untuk masyarakat.

Cimahi, 30 November 2020

Dewan redaksi

Algoritma *Incremental Conductance* dan *Perturbation Observation* Sebagai Kendali MPPT PLTS 1000Wp

Handoko Rusiana Iskandar¹, Yuda Bakti Zainal², Susanto Sambasri³ dan M. Haris Yogi Ernanda⁴

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani

¹handoko.rusiana@lecture.unjani.ac.id, ²yudazainal@gmail.com, ³santo.sambasri@gmail.com,

⁴muhammadhrs23@gmail.com

Abstrak

Konsumsi listrik di Indonesia terus meningkat, di saat cadangan energi konvensional terus menurun, hal ini mendorong manusia beralih ke energi baru dan terbarukan yang menjamin ketersediaan sumber listrik. Suatu sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah terpasang di Laboratorium Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jenderal Achmad Yani dengan kapasitas 1000 Wp. Sistem PLTS diusulkan sebagai sumber listrik baru untuk mendukung kebutuhan listrik laboratorium selain PLN. *Maximum power point tracking* (MPPT) merupakan suatu metode yang digunakan untuk memaksimalkan energi matahari terhadap performa keluaran tegangan, arus dan daya PLTS. Makalah ini membandingkan pemodelan yang telah dilakukan menggunakan algoritma MPPT yaitu *Incremental Conductance* (IC) dan *Perturbation & Observation* (P&O) dalam kondisi ideal pada *Standard Test Condition* (STC) 1000 W/m² dan temperatur 25°C. Algoritma disimulasikan menggunakan perangkat lunak PSIM 9.0. Pemodelan kendali MPPT *DC/DC Boost Converter* disesuaikan dengan karakteristik PLTS 1000 Wp dan dihitung untuk memenuhi jaringan PLN 220V/50 Hz. Hasil simulasi menunjukkan kendali MPPT dengan algoritma P&O memiliki *output* daya yaitu 960 W dan memiliki efisiensi 99,9% saat kondisi STC sedangkan menggunakan metode IC sebesar 944 W dan memiliki efisiensi 98,7%. Metode P&O dipilih mampu memberikan hasil yang maksimum dibandingkan dengan metode IC pada sistem PLTS 1000 Wp di Laboratorium Teknik Elektro.

Kata kunci: *DC/DC Boost converter*, PLTS, MPPT, *incremental conductance*, *perturbation & observation*.

Abstract

Nowadays, electricity consumption in Indonesia still rising the future, as fuel cell energy reserves continue to decline, this has pushed people to switch to new and renewable energy which guarantees the availability of new electricity sources. A Photovoltaic system has been installed in the Electrical Engineering Laboratory with a capacity of 1 kWp. The PV system is proposed as a new source of electricity to support the electricity needs of laboratories other than PLN. This paper compares the modeling that has been done using the Maximum power point tracking (MPPT) algorithm namely *Incremental Conductance* (IC) and *Perturbation & Observation* (P&O) in *Standard Test Condition* (STC) of 1000 W/m² and a temperature of 25°C. The control simulation of the MPPT DC / DC Boost Converter is calibrated to satisfy the 220V/50 Hz PLN grid. The simulation results the MPPT control with the P&O algorithm has output power of 960 W and an efficiency of 99,9 % when using the IC process has 944 W and an efficiency of 98,7%. The P&O was selected to have optimum performance relative to the IC approach in the 1000 Wp PLTS system in the Electrical Engineering Laboratory.

Keyword: *DC/DC Boost converter*, PV, MPPT, *incremental conductance*, *perturbation & observation*.

1. Pendahuluan

Laboratorium Teknik Elektro, Universitas Jenderal Achmad Yani memiliki sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 1000 *Watt peak* (Iskandar, Zainal, & Sambasri, 2018). Karakteristik panel *photovoltaic* (PV) dapat dilihat parameter dalam kurva I-V seperti arus hubung singkat (I_{SC}), rangkaian tegangan terbuka (V_{OC}), *fill factor* (FF) dan beberapa parameter lain akan berdampak pada performa PV (Iskandar & Fakhri, 2018). Energi yang diterima oleh panel PV bervariasi dan berfluktuasi bergantung kondisi lingkungan di sekitar PLTS. Faktor ini adalah iradiasi matahari dan temperatur *site* PLTS sehingga karakteristik dari arus dan tegangan yang dihasilkan PLTS berubah-ubah (Iskandar, Zainal, & Purwadi, 2017). Karena keunikan yang dimiliki oleh panel PV, panel PV tidak dirangkai ke beban secara langsung namun, menggunakan sebuah rangkaian konverter *DC/DC* sebagai penghubung antara panel PV dan beban (Nejabatkhah & Li, 2015). Panel PV memiliki titik daya maksimum atau disebut sebagai *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) yang terjadi ketika arus dan tegangan berada pada operasi maksimumnya (Abdourraziq,

Info Makalah:

Dikirim : 07-15-20;
Revisi 1 : 08-14-20;
Revisi 2 : 09-17-20;
Diterima : 09-17-20.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-811-125-551
e-mail : handoko.rusiana@lecture.unjani.ac.id

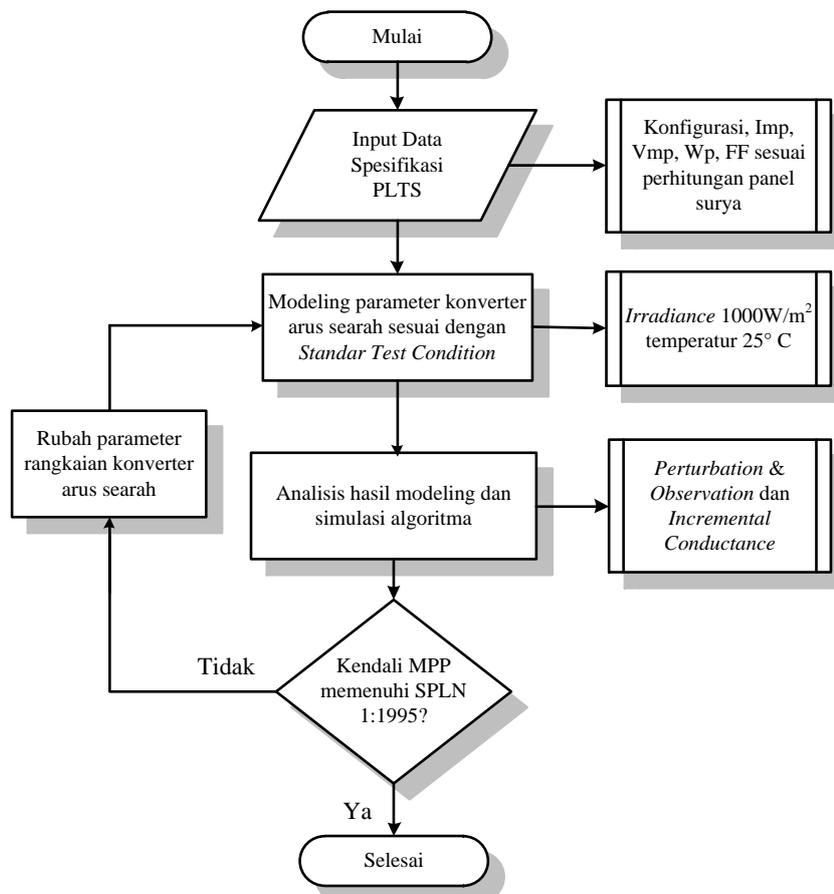
Ouassaid, Maaroufi, & Abdourraziq, 2013). tetapi nilai karakteristik ini sangat bergantung pada tingkat iradiasi matahari dan temperatur permukaan sel PV. MPPT merupakan suatu metode yang digunakan untuk memaksimalkan perolehan energi matahari terhadap performa keluaran tegangan, arus dan daya yang khas pada PLTS (Anowar & Roy, 2019). MPPT juga berperan sebagai sebuah sistem elektronik yang dioperasikan oleh sebuah panel PV, sehingga panel PV dapat

menghasilkan daya yang maksimal. Kemudian PLTS, dibutuhkan adanya komponen *grid connected inverter* agar modul PV dapat mengirim daya ke jaringan (Naick, Chatterjee, & Chatterjee, 2017). Hal yang harus dilakukan yaitu menginterkoeksi tegangan arus searah ke tegangan arus bolak – balik, salah satunya *converter* elektronika daya berfungsi untuk mengkonversi hal tersebut (Hossain Ismail, Ahmed Shakil, Shahifullah Md, 2011). Dari beberapa penelitian di atas paling banyak digunakan adalah metode P&O dan IC namun tidak dibandingkan efisiensi mana yang paling mendekati kriteria jaringan (Raharja, Eviningsih, Ferdiansyah, & Yanaratri, 2019).

Latar belakang tersebut mendorong peneliti untuk mengusulkan suatu model yang ideal untuk kendali MPPT yang memiliki efisiensi tinggi serta desain komponen konverter MPPT dilakukan dengan beberapa jenis algoritma kendali konverter. Tujuannya adalah mencari efisiensi kendali MPPT *control* menggunakan 2 algoritma *Perturbation and Observation* (P&O) dan algoritma *Incremental Conductance* (IC) untuk kapasitas eksisting PLTS 1000 Wp dengan minimum efisiensi 93% dan capaian target daya *output* 230 – 400 V_{DC} saat kondisi *Standard Test Condition* (STC). Sehingga, usulan kendali MPPT dapat bekerja sesuai karakteristik yang diinginkan dan memenuhi kriteria *Grid* PLN 220 V/50Hz. Penelitian ini dilakukan pada sistem PLTS 1 kWp Laboratorium Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani. Tujuan ini diawali dengan analisis karakteristik keluaran daya eksisting yang dihasilkan oleh PLTS, membuat simulasi *DC/DC Converter* dengan kendali MPPT dengan algoritma P&O dan algoritma IC. Kemudian membandingkan performa dan efisiensi daya *output* yang dihasilkan masing – masing algoritma MPPT.

2. Metode

Metode yang digunakan dalam simulasi dan pemodelan ini harus memenuhi beberapa tahapan pengujian, mulai dari studi karakteristik panel PV, desain *DC/DC boost converter* dan rangkaian kendali MPPT. Pengumpulan data eksisting diperlukan sebagai dasar untuk menentukan parameter desain *DC/DC boost converter* sesuai dengan kriteria yang diinginkan, setelah desain nilai dasar terpenuhi pada *boost converter*, tahap selanjutnya adalah dengan melakukan simulasi menggunakan bantuan perangkat lunak elektronika daya yaitu PSIM 9.0. Hasil simulasi tersebut digunakan sebagai referensi yang kemudian akan dianalisa. Diagram alir studi menggunakan algoritma MPPT ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Desain Model dan Simulasi

Karakteristik Sistem PV

Nilai I_{mp} adalah arus puncak maksimum dimana kondisi ini beriringan dengan nilai tegangan (V_{mp}). Apabila melakukan perkalian antara nilai I_{mp} dengan nilai V_{mp} maka daya maksimum akan terpenuhi dalam performa sel PV. Arus daya maksimum akan lebih kecil nilainya dibandingkan dengan nilai arus hubung singkat (I_{SC}). Parameter karakteristik ini ada dalam papan nama PV yang dibuat oleh manufaktur. Selain itu, Faktor pengisian disebut juga sebagai *fill factor* adalah nilai terdekat suatu sel fotovoltaik berdasarkan pada nilai konstanta tertentu. Faktor ini menjadi kunci untuk menentukan berapa besar efisiensi yang mampu panel surya serap menjadi energi listrik (Karina & Satwiko, 2015). Nilai *fill factor* pada panel surya yang baik adalah 0,7, langkah ini dilakukan sebelum instalasi sebagai verifikasi *nameplate* panel surya (White, 2015). Penting kita mengetahui tanda pengenal pada panel surya. Hasil studi yang sudah dilakukan PLTS Laboratorium Teknik Elektro memiliki tanda pengenal mekanis ditunjukkan pada tabel 1. Kemudian untuk menghitung nilai FF hingga mencari nilai efisiensi panel PV. Lihat persamaan (1) – (3) untuk mencari solusi nilai tersebut,

Tabel 1. Data Mekanik Panel PV

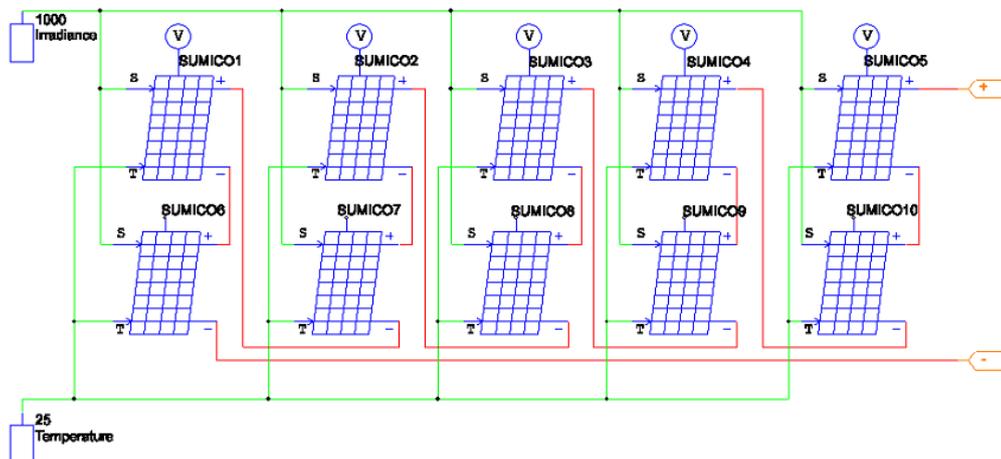
No	Data Mekanik	Keterangan
1	Modul Surya	
	a) Panjang	1,23 m
	b) Lebar	0,56 m
	c) Ketebalan	350 mm
	d) Berat	6,5 kg
2	Sel Surya	
	a) Jenis	<i>Si-mono Crystalline</i>
	b) Konfigurasi sel	1 sel paralel , 36 sel seri
	c) Area sel surya	191 cm ²

$$P_{max} = I_{SC} \times V_{OC} \times FF \tag{1}$$

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{OC} \times I_{SC}} \tag{2}$$

$$Eff (\eta) = \frac{I_{SC} \times V_{OC} \times FF}{Luas_{Area_{PV}}(m^2) \times Incident_{solar_irradiation}} \tag{3}$$

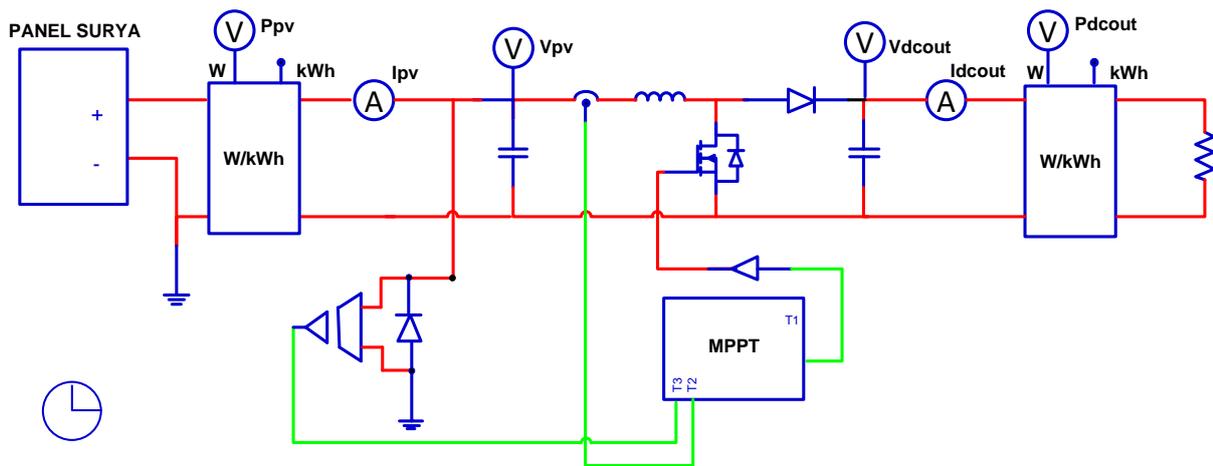
Daya keluaran yang besar pada panel PV diperoleh dari gabungan dari beberapa sel PV yang disebut dengan modul panel PV hingga terbentuk jaringan PV *Array*. Gambar 2 menunjukkan bahwa PV disimulasikan dihubungkan secara paralel untuk menghasilkan tegangan, arus atau daya yang tinggi. Konfigurasi system PLTS di Laboratorium Teknik Elektro UNJANI menggunakan konfigurasi seri 10 modul PV, seperti data pada (Iskandar et al., 2018) dimana masing–masing modul memiliki arus operasi maksimal sebesar 5.56 A dan tegangan maksimum kondisi operasi 18 V maka total tegangan yang dihasilkan 180 VDC. Daya puncak maksimum sistem PLTS menghasilkan 1.008 kWp, *DC/DC Boost Converter* dan kontrol MPPT dapat bekerja dengan performa yang baik dilihat dari simulasi keluaran untuk kriteria sistem PLTS terhubung jaringan PLN 220VAC/50Hz.



Gambar 2. Rangkaian Seri 10 Panel PV 1 kWp

Model DC/DC Boost Converter

Rangkaian konverter disimulasikan menggunakan beberapa komponen penting diantaranya sumber tegangan DC (V_s), MOSFET sebagai sakelar (S), induktor (L), dioda (D), tahanan beban (R_L) dan kapasitor (C). Di mana (I_o) arus keluaran, (V_o) adalah tegangan keluaran. Seperti yang ditunjukkan dalam simulasi pada Gambar 3 merupakan proses pensakelaran terjadi ketika saklar gerbang (S) terbuka, polarisasi pada komponen dioda akan terjadi secara bersamaan. Tegangan induktor (L) kemudian naik perlahan ke tegangan sumber utama (V_s), urutan ini diakhiri dengan menghasilkan jumlah tegangan keluaran (V_o) yang lebih besar dari (V_s) sumber utama dan mengalami penguatan dengan polaritas yang sama. Dengan demikian, beban (R_L) diumpankan melalui komponen induktor (L) dan sumber tegangan (V_s). Hasil dari simulasi rangkaian *DC/DC Converter* tersebut menunjukkan *input* tegangan minimal yang dibutuhkan untuk sistem PLTS yang mampu mengirim daya ke jaringan PLN adalah minimal 210-214 V. Tegangan yang dihasilkan panel PV adalah 180 VDC, maka tegangan normal harus dinaikkan minimal 220V atau beroperasi dengan penguatan tegangan 1,2 kali.



Gambar 3. Skematik Rangkaian *DC/DC Boost Converter* dengan Kontrol MPPT

Nilai dan parameter rangkaian *DC/DC Boost Converter* dikendalikan menggunakan algoritma MPPT. Kriteria ini MPPT memiliki 3 parameter utama yaitu, nilai kapasitansi filter keluaran panel (C_{pv}), Induktansi *boost converter* (L_{pv}) dan kapsitansi DC-link (C_{dc}). Untuk mengetahui nilai-nilai tersebut, perlu diketahui *duty cycle* maksimal dari induktor (Farhat, Barambones, & Sbita, 2017). Nilai D maksimum dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$D = -1 \frac{V_{in}}{V_{out}} \tag{4}$$

$$L = \frac{V_{in} (V_{out} - V_{in})}{\Delta I L \cdot F \cdot V_{out}} \tag{5}$$

$$C_{pv} = \frac{D (V_{in})}{4F^2 \times \Delta p_v \times \Delta V} \tag{6}$$

$$C_{dc} = \frac{P}{2 \times \omega f \times V_{out} \times \Delta V} \tag{7}$$

$$L = \frac{V_{in} \times (V_{out} - V_{in})}{\Delta I L \times F \times V_{out}} \tag{8}$$

Persamaan (4) menunjukkan D sebagai *duty cycle*, nilai V_{in} adalah tegangan masukan minimal, dan V_{out} sebagai tegangan keluaran. Tegangan minimum dari sistem adalah 180 V, untuk menghasilkan pada sisi AC diatas 220 Vrms tegangan minimal yang diperlukan 300 V. Untuk menaikkan proses penguatan tersebut nilai D dihitung berdasarkan persamaan (4). Hasil perhitungan tersebut memiliki keluaran minimum sebesar 178 V dan pada spesifikasi panel PV nilai arus hubung singkat adalah 6.02 A (Iskandar et al., 2019). Nilai induktansi, kapasitansi dan parameter yang dibutuhkan dalam persamaan (4)–(8) ditunjukkan oleh tabel 2 berikut,

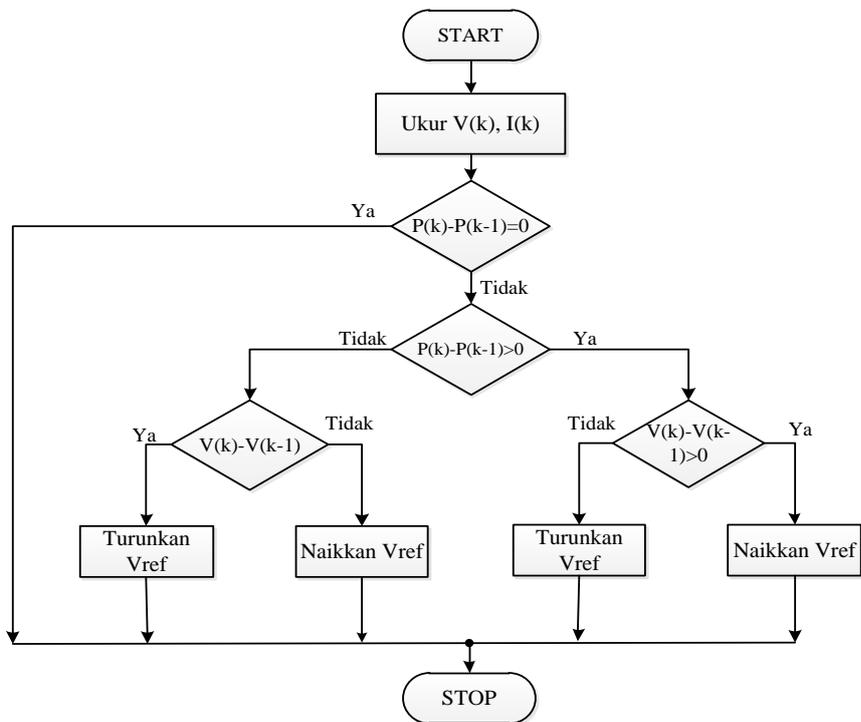
Tabel 2. Hasil Perhitungan Parameter Simulasi *DC/DC Converter*

No	Variable	Hasil Perhitungan	Nilai Simulasi yang digunakan	Simbol
1	Duty Cycle	0,55	0,55	(D)
2	Inductance	7,5	10	(L) mH
3	Photovoltaic Capacitance	18	100	(Cpv) μ F
4	DC Line Capacitance	145	250	(Cdc) μ F

Tabel 2 menunjukkan nilai induktansi *DC/DC boost converter* dapat menyimpan energi dan untuk model rangkaian ini nilai induktansi digenapkan menjadi 10 mH. Karena *DC/DC boost converter* didesain terhubung ke inverter maka tegangan *input* DC harus berisolas di sekitar operasi kerjanya maka apabila terdapat nilai riak tegangan konverter diminimalkan di bawah 5V. Harga arus dan tegangan *input* dari panel PV bergantung dari kondisi STC maka nilai Cpv dibuat lebih besar 100 uF. Kapasitansi pada panel PV dipengaruhi oleh *input* bervariasi, nilai riak maksimalnya diatur 0,1 Volt. Pemakaian kapasitor yang nilainya besar akan mengurangi riak dan memperbaiki kualitas dari tegangan DC. Maka pada simulasi ini nilainya dipilih menjadi 250 uF untuk mempresentasikan keandalan minimal. DC *output* PV dinaikkan oleh kendali MPPT bertugas secara optimal untuk mengambil daya dari PV. Arus searah dikendalikan untuk dinaikkan nilainya.

Perturbation & Observation (P&O) Method

Metode P&O sangat sederhana untuk diaplikasikan. Walaupun, dalam operasinya metode ini memiliki rugi-rugi daya terhadap kondisi naik turunnya nilai MPP secara konstan. Beberapa sumber referensi menjelaskan kekurangan menggunakan metode ini, diantaranya bahwa kinerja P&O tidak memberikan respon yang stabil seiring dengan pergantian tingkat *irradiance* (Selmi, Abdul-niby, & Davis, 2014). Berikut algoritma menggunakan metode P&O ditunjukkan oleh Gambar 4. Umumnya panel PV tidak secara otomatis dapat bekerja pada titik maksimalnya, melainkan di kontrol menggunakan MPPT yang berguna untuk mencari titik maksimal dari panel PV dan mempertahankan panel PV bekerja pada titik maksimalnya. Selain menggunakan metoda IC metoda *Perturbation & Observation* dalam algoritma MPPT juga dilakukan dalam menyusun sistem PV 1 kWp. Metode P&O bekerja dengan dua tahap, pertama adalah *perturb* yang berfungsi mengkonversi tegangan referensi (V_{ref}). Kedua tahap *observation* yaitu tahap yang berfungsi untuk menghitung kondisi perubahan daya akibat aksi yang ada oleh *perturb* sebelumnya. P&O disebut juga dengan metode *hill climbing*, yang mengacu pada karakteristik V-P dari sel PV (Farhat et al., 2017). Ada 3 jenis titik yang berada pada 3 posisi di sebelah kiri puncak $dP/dV > 0$, dipuncak kurva $dP/dV = 0$ dan di sebelah kanan puncak $dP/dV < 0$. Oleh karena itu daya, arus dan tegangan dari keluaran panel PV terhadap *irradiance* disimulasikan dalam kondisi yang bervariasi.



Gambar 4. Diagram Alir Algoritma P&O

Incremental Conductance (IC) Method

Metode MPPT *Incremental Conductance* (IC) beroperasi pada gradien kurva P-V atau kurva V-I sel PV. MPP sel PV berada pada harga tegangan yang bervariasi di setiap keadaan lingkungan yang berbeda, disebut V_{mp} . MPPT memberikan V_{ref} agar titik kerja sel PV terdapat dinilai V_{mp} tersebut (Shah & Joshi, 2013). Performa operasi dari P-V sel PV adalah fungsi daya dengan tegangan, keadaan ini akan berada pada titik maksimum saat gradien berharga nol (Tiong Meng Chung, Daniyal, Sulaiman, & Bakar, 2017). Pendekatan secara matematis dilihat berdasarkan persamaan (9)–(12).

$$\frac{d_p}{d_v} = 0 \tag{9}$$

$$\frac{d_{(v.i)}}{d_v} = \frac{V \cdot d_I + d_v + 1}{d_v} \tag{10}$$

$$V \frac{d_I}{d_v} + 1 = 0 \tag{11}$$

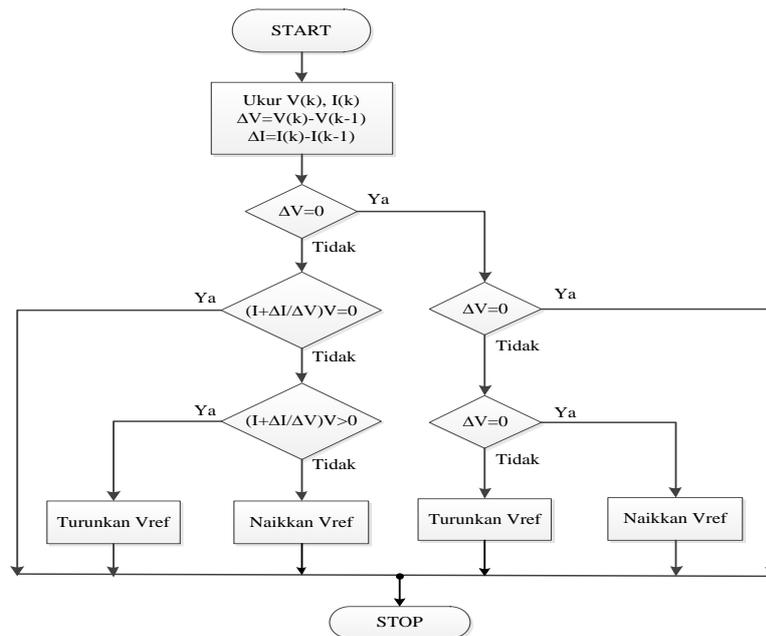
$$\frac{d_I}{d_v} = -\frac{I}{V} \tag{12}$$

Operasi Tegangan V_{ref} yang dihasilkan IC bernilai konstan per iterasi. Harga perubahan V_{ref} tersebut diperoleh berdasarkan waktu penjajakan ketika mendekati nilai puncak dan osilasi nilai puncak. Parameter-parameter ini memiliki hubungan terbalik, maka selalu ada kompensasi di setiap parameter yang ingin diperbaiki. Perubahan V_{ref} yang besar mempercepat waktu *tracking*, namun sulit mencapai V_{mp} dan menyebabkan osilasi disekitar MPP (Ananthi & Kannapiran, 2017). Oleh sebab itu, operasi kerja dari algoritma ini berfungsi menjadikan nilai V_{ref} yang berbeda, berikut kondisi titik operasi algoritma berdasarkan persamaan (13) - (15).

$$\frac{d_I}{d_v} = -\frac{I}{V}; \left(\frac{d_P}{d_v} = 0\right) \tag{13}$$

$$\frac{d_I}{d_v} > -\frac{I}{V}; \left(\frac{d_P}{d_v} > 0\right) \tag{14}$$

$$\frac{d_I}{d_v} < -\frac{I}{V}; \left(\frac{d_P}{d_v} < 0\right) \tag{15}$$

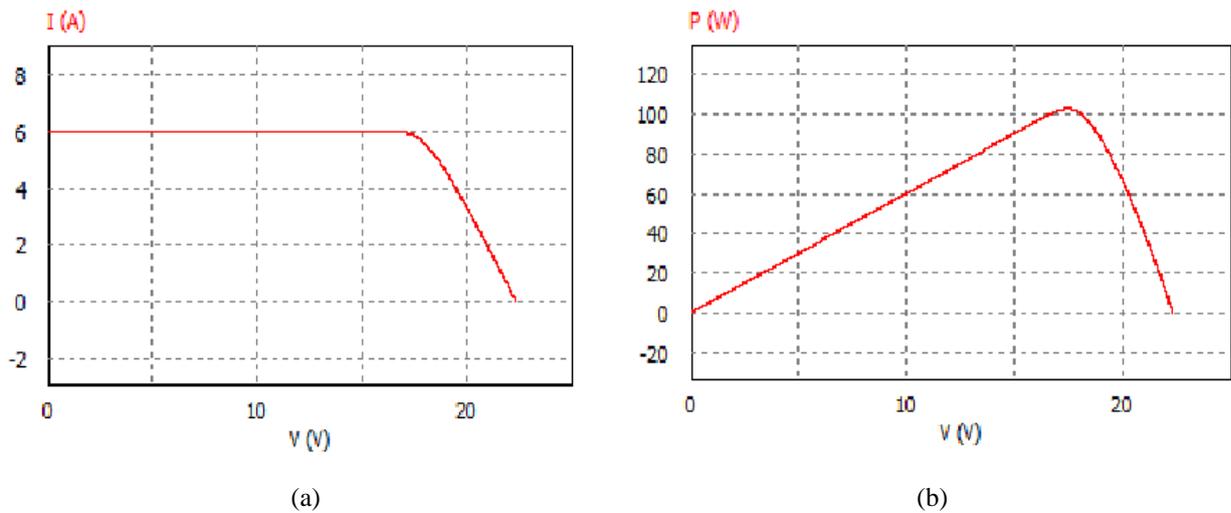


Gambar 5. Diagram Alir Algoritma IC

Algoritma IC yang ditunjukkan pada Gambar 5 di atas diimplementasikan dengan tujuan untuk menemukan rasio daya terhadap tegangan (dP/dV) dari *array* PV yang bernilai nol pada MPP. Algoritma IC ini diuji adalah untuk menghilangkan keadaan osilasi *steady-state* karena daya akan menurun seiring dengan tegangan menghilang di saat MPP (Ananthi & Kannapiran, 2017).

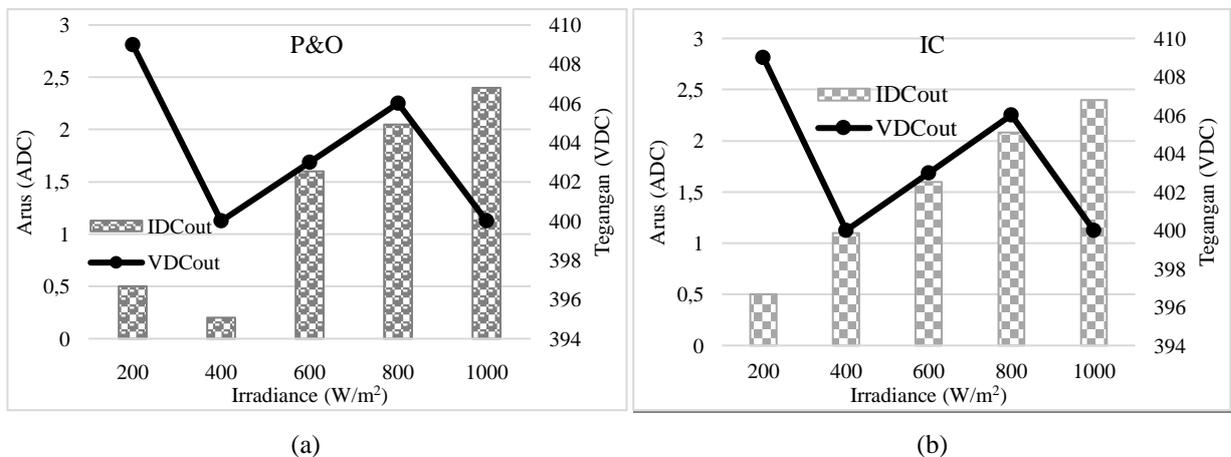
3. Hasil dan Pembahasan

Nilai I_{sc} dihasilkan pada arus listrik maksimum ketika menurun menuju nol. I_{sc} berbanding lurus selama *irradiance* matahari tersedia. Peran tegangan V_{oc} bernilai maksimum ketika arus dalam kondisi nol. Nilai V_{oc} didesain meningkat secara logaritma beriringan dengan kenaikan *irradiance* matahari, karakter ini yang memungkinkan panel PV terus berada dalam kondisi *peak* sesuai STC dan dalam kondisi mantap untuk mengisi baterai (lihat Gambar 6). Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (1)–(3) dan data dari tabel 1, karakteristik panel PV memiliki nilai *fill factor* sebesar 0,74 dengan asumsi dalam kondisi *standar test condition* (STC) $1000W/m^2$ maka efisiensi sel PV si-mono adalah 14,4%.



Gambar 6. Karakteristik Panel PV a) Kurva I-V, b) Kurva P-V

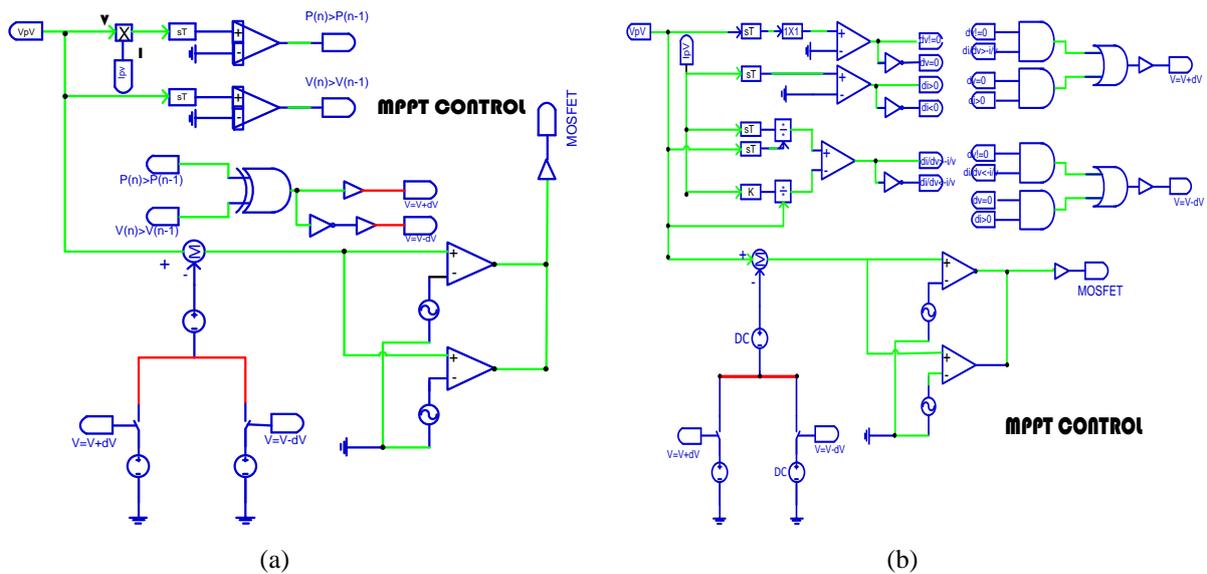
Dari hasil simulasi dengan menggunakan *irradiance* yang bervariasi dengan temperatur yang konstan $25^{\circ}C$, tegangan operasi panel PV berada di kisaran 180–190 V. Ini menunjukkan bahwa *irradiance* tidak memberikan efek signifikan pada tegangan, namun pada arus dapat dilihat nilai arus pada *irradiance* $1000 W/m^2$ adalah 5,2 A dan pada *irradiance* $200 W/m^2$ adalah 1,2 A. Harga tersebut menandakan bahwa dampak *irradiance* terhadap arus adalah berbanding lurus dimana semakin kecil *irradiance* semakin kecil juga arus yang dihasilkan panel PV. Kondisi ini menghasilkan karakteristik PV yang ideal. Model *DC/DC Boost Converter* dengan kontrol MPPT P&O disimulasikan menggunakan *irradiance* yang bervariasi yaitu $200W/m^2$, $400W/m^2$, $600W/m^2$, $800 W/m^2$ dan $1000W/m^2$.



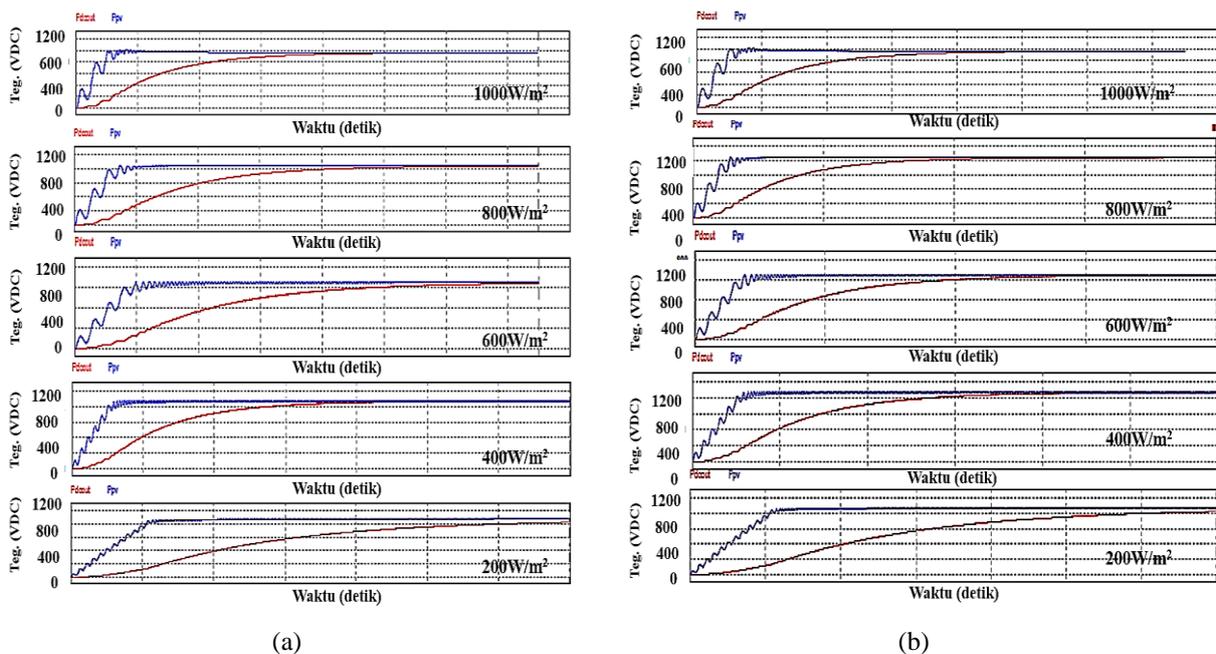
Gambar 7. Hasil Pengujian *Ouput* Tegangan dan Arus; a) P&O, b) IC

Sensor tegangan dan arus akan membaca parameter dari sistem yang selanjutnya memproses perubahan dari tegangan dan daya melalui *differentiator* (sT). Data yang dikumpulkan dari sistem menggunakan metode P&O

ditunjukkan oleh Gambar 7 a) dan metode IC pada Gambar 7 b). Penggunaan algoritma P&O digunakan untuk melihat bagaimana karakteristik penguatannya hingga mencapai titik daya maksimum (MPP). Kita dapat dengan mudah melihat dari Gambar 7 menunjukkan bahwa tegangan terus meningkat lebih banyak ketika bergerak ke arah MPP. Kemudian dari sini kita melihat bahwa arus juga berbanding lurus dengan level *irradiance* hingga meningkat mencapai MPP. Rangkaian pada Gambar 8 menunjukkan bahwa rangkaian kontrol MPPT P&O memiliki keadaan operasi saat perubahan kenaikan daya $P(n) > P(n-1)$ yang beriringan dengan harga tegangan di $V(n) > V(n-1)$ sehingga harga V_{ref} akan ditambahkan sesuai tahap tegangan 0,1 dan ketika kondisi turun $V(n) < V(n-1)$ maka harga V_{ref} dikurangi sebesar 0,1. Selanjutnya kondisi pada saat perubahan daya menurun $P(n) < P(n-1)$ dengan tegangan yang meningkat $V(n) > V(n-1)$ maka V_{ref} ditambah sebesar 0,1 dan ketika tegangan turun $V(n) < V(n-1)$ maka tegangan referensi dikurangi sebesar 0,1. Kemudian menghitung selisih dari tegangan yang terbaca dari panel surya dengan V_{ref} yang sudah terakumulasi dengan tahap tegangan dan hasil dari selisih tegangan akan dilanjutkan ke PWM. Semua aturan yang telah dibuat dalam diagram alir diimplementasikan dalam bentuk rangkaian kendali MPPT menggunakan PSIM 9.0.



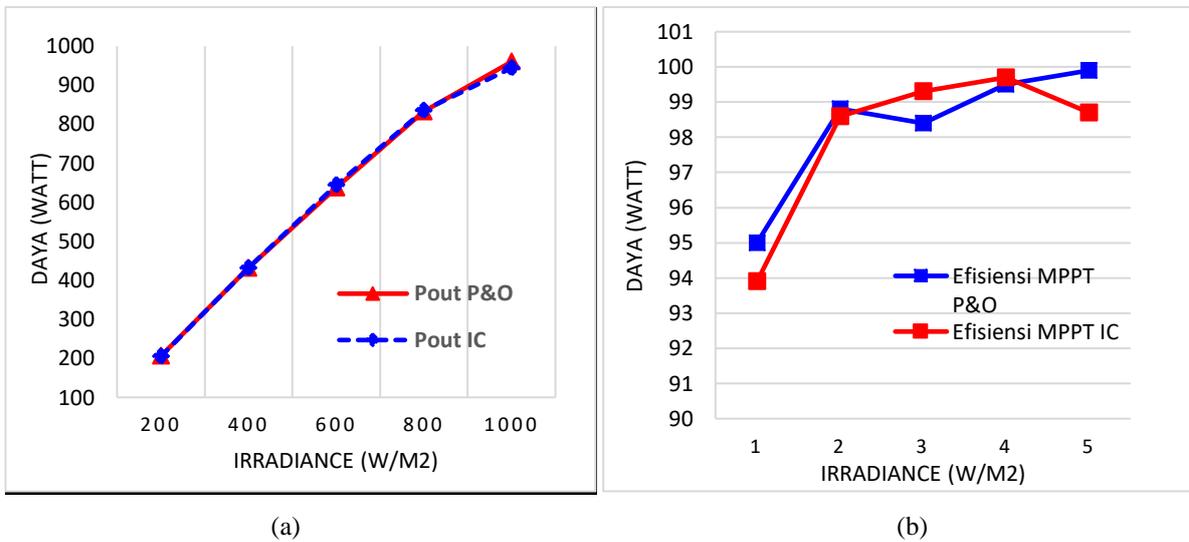
Gambar 8. Rangkaian Simulasi Kontrol MPPT a). Metode P&O, b) Metode IC



Gambar 9. Hasil Simulasi Kontrol MPPT a). Metode P&O, b) Metode IC

Hasil algoritma kendali MPPT IC beriterasi tetap, yang disimulasikan dengan menghasilkan lebih banyak osilasi. Metoda kendali MPPT IC yang dimodifikasi dengan karakteristik sel PV eksisting. Titik operasi dari kendali MPP

meningkat yang memungkinkan kemampuan pelacakan cepat. Jika titik operasi dekat dengan MPP, mengurangi siklus tugas sehingga osilasi berkurang dengan baik, itu meningkatkan efisiensi. Metode konduktansi tambahan menggunakan sensor tegangan dan arus untuk menandakan adanya tegangan *output* dan arus ada sel PV. Pada MPP, kemiringan kurva P-V sama dengan nol. Gambar 9 menunjukkan rangkaian kontrol MPPT IC yang disimulasikan menggunakan PSIM 9.0 dengan sistem yang dibuat menjadi kondisi pada saat perubahan nilai tegangan sama dengan nol ($dv=0$) dengan perubahan arus yang meningkat ($di>0$) maka tegangan referensi V_{ref} ditambah tahap tegangan (ΔV) sebesar 0,1 dan ketika kondisi arus menurun ($di<0$) maka tegangan referensi dikurangi sebesar 0,1. Kondisi lain adalah pada saat perubahan tegangan tidak sama dengan nol ($dv\neq 0$) dengan nilai *incremental conductance* (di/dv) lebih besar dari negative *instant conductance* (i/v) maka tegangan referensi ditambah dengan tahap tegangan sebesar 0,1 dan ketika nilai di/dv lebih kecil dari negative i/v maka tegangan referensi dikurangi tahap tegangan sebesar 0,1. Kemudian menghitung selisih dari tegangan yang terbaca dari panel PV dengan tegangan referensi yang sudah terakumulasi dengan tahap tegangan dan hasil dari selisih tegangan dilanjutkan ke PWM. Hasil simulasi tersebut menunjukkan hasil simulasi menggunakan PSIM 9.0 sesuai dengan karakteristik panel PV terhadap *irradiance* matahari yang telah dijelaskan sebelumnya dan juga MPPT algoritma P&O dan IC dapat bekerja dengan baik dalam menelusuri daya maksimal dari panels PV dari *irradiance* yang berbeda-beda.



Gambar 10. Hasil Pengujian *Output* Tegangan dan Arus; a) P&O, b) IC

Meskipun algoritma kendali MPPT P&O dan IC sama-sama memiliki kinerja yang baik, pemilihan variabel pada rangkaian sangat penting. Jika ukuran *irradiance* besar dipilih, pengendali MPPT akan terus meningkat hingga mencapai titik daya maksimum dengan sangat cepat, tetapi dengan akurasi yang berkurang dan peningkatan osilasi di sekitar titik operasi seperti yang dapat dilihat pada Gambar 9 a) dan Gambar 9 b) di masing-masing metode. Harus ada modifikasi khusus untuk titik daya maksimum agar dapat dicapai lebih akurat, Dengan kata lain, karena ukuran setiap varian dianggap ideal dan konstan dalam kedua algoritma MPPT ini, efektivitas respon masing-masing berbeda hingga mendapatkan efisiensi yang berbeda pula.

Tabel 3. *Summary* Hasil Simulasi Kontrol MPPT Metode P&O, dan Metode IC

No	Irradiance (W/m ²)	MPPT Metode P&O				MPPT Metode IC			
		VDC _{out} (V)	IDC _{out} (A)	P _{out} (W)	Efisiensi MPPT ($\eta = \%$)	VDC _{out} (V)	IDC _{out} (A)	P _{out} (W)	Efisiensi MPPT ($\eta = \%$)
1	200	409	0,5	206	95	409	0,5	205	93,9
2	400	400	1,2	431	98,8	396	1,1	431	98,6
3	600	403	1,6	637	98,4	403	1,6	644	99,3
4	800	406	2,05	833	99,5	406	2,08	835	99,7
5	1000	400	2,4	960	99,9	400	2,4	944	98,7

Tabel 3 menunjukkan hasil komparasi efisiensi daya PV hasil pengujian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi di saat *irradiance* berada pada *irradiance* 600 – 1000 W/m². Nilai ini berada pada titik tertinggi puncak matahari atau *Peak Sun Hour* (PSH). Maka kendali MPPT yang digunakan pada saat 1000 W/m² dianggap nilai yang paling ideal. Tegangan operasi kerja di masing-masing algoritma menunjukkan kondisi optimum dan memenuhi standar PLN 1 Tahun 1995 yaitu untuk diteruskan ke dalam Blok inverter (*DC/AC Converter*) yang beroperasi minimum 230–400 V_{AC} dan 50Hz. Algoritma IC memiliki efisiensi >98,7%, sedangkan efisiensi menggunakan algoritma P&O adalah 99,9%. Dari hasil tabel perbandingan di atas, kendali MPPT dengan metode P&O memiliki *output* daya yang lebih tinggi yaitu 960 W sedangkan menggunakan metode IC sebesar 944 W. Dengan

selisih 16 W pada kondisi PSH maka metode P&O dianggap mampu memberikan hasil yang maksimum dibandingkan dengan metode IC pada sistem PLTS 1000 Wp di Laboratorium Teknik Elektro.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi pada masing–masing algoritma dan pemodelan rangkaian *DC/DC boost converter* dengan menggunakan kendali MPPT, algoritma P&O menghasilkan daya *output* yang lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma IC. Rangkaian *DC/DC Boost Converter* yang telah dimodelkan, dianalisa berdasarkan kesesuaian desain awal yang diinginkan pada PLTS 1 kWp. Tegangan *output* yang dihasilkan 400VDC, nilai ideal ini digunakan sebagai rangkaian penguat untuk sistem PLTS terhubung jaringan PLN 220V/50 Hz atau *Grid Connected PV System*. Dimana tegangan operasi operasi pada rangkaian konverter adalah 230 V_{DC} untuk kemudian diubah ke tegangan arus bolak–balik minimum 230 V_{AC} menggunakan inverter terhubung jaringan dengan frekuensi kerja 50Hz. Pemodelan Kontrol MPPT pada *DC/DC boost converter* dapat diimplementasikan langsung ke sistem PLTS 1 kWp dengan efisiensi yang paling baik. Kendali MPPT *DC/DC boost converter* dengan menggunakan algoritma P&O menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma IC dengan selisih 1,2 %. Dimana efisiensi antara algoritma P&O 99,9% dan algoritma IC 98,7%. Kedua algoritma dapat diterapkan pada sistem PLTS 1000 Wp di Laboratorium Teknik Elektro.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Jenderal Achmad Yani atas hibah internal berdasarkan nomor: SKEP/129/UNJANI/V/2020 yang telah diberikan pada penulis dan kepada pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu atas terselenggaranya pengujian dalam studi ini.

Daftar Notasi

P_{max}	=	Maximum Power [Watt]
I_{sc}	=	Short Circuit Current [Ampere]
V_{oc}	=	Open Circuit Voltage [Volt]
FF	=	Fill factor
V_{mp}	=	Operation Voltage Maximum at Peak [Volt]
I_{mp}	=	Operation Current Maximum at Peak [Ampere]
V_{ref}	=	Reference Voltage [Volt]
Eff (η)	=	Output Efficiency [%]
D	=	Duty Cycle [second]
V_{in}	=	Input Voltage [Volt]
V_{out}	=	Output Voltage [Volt]
L	=	Inductor [mili-Henry (mH)]
F	=	Frequency [Hertz (Hz)]
C_{pv}	=	Photovoltaic Capacitance Filter [mikro-farad (μF)]
C_{dc}	=	DC-link Capacitance [mikro-farad (μF)]
IL	=	Inductor Current [Ampere]
V_{rms}	=	Root Mean Square Voltage [Volt]
d_p/d_v	=	Change Power with Respect to Voltage
d_i/d_v	=	Incremental Conductance
$\Delta I/\Delta V$	=	Variation Current to Voltage
$\Delta P/\Delta V$	=	Variation Power to Voltage
ΔI_L	=	Total Inductor Current [Ampere]
ΔV	=	Total Output Voltage [Volt]
k	=	Constant for silicone [0.7 – 08]

Daftar Pustaka

- Abdourraziq, M. A., Ouassaid, M., Maaroufi, M., & Abdourraziq, S. (2013). Modified P&O MPPT technique for photovoltaic systems. In *Proceedings of 2013 International Conference on Renewable Energy Research and Applications, ICRERA 2013* (pp. 728–733). <http://doi.org/10.1109/ICRERA.2013.6749849>
- Ananthi, C., & Kannapiran, B. (2017). Improved design of sliding-mode controller based on the incremental conductance MPPT algorithm for PV applications. In *Proceedings - 2017 IEEE International Conference on Electrical, Instrumentation and Communication Engineering, ICEICE 2017* (Vol. 2017–Decem, pp. 1–6). <http://doi.org/10.1109/ICEICE.2017.8191848>

- Anowar, M. H., & Roy, P. (2019). A Modified Incremental Conductance Based Photovoltaic MPPT Charge Controller. In *2nd International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering, (ECCE)* (pp. 1–5). Cox's Bazar: IEEE. <http://doi.org/10.1109/ECACE.2019.8679308>
- Farhat, M., Barambones, O., & Sbita, L. (2017). A real-time implementation of MPPT-based on P&O method. In *International Conference on Electronic Devices, Systems, and Applications* (pp. 1–5). Ras Al Khaimah: IEEE. <http://doi.org/10.1109/ICEDSA.2016.7818463>
- Hossain Ismail, Ahamed Shakil, Shahifullah Md, H. J. (2011). Design and Implementation of MPPT Controlled Grid Connected Photovoltaic System. In *IEEE Symposium on Computers & Informatics* (pp. 284–289). Kuala Lumpur: IEEE. <http://doi.org/10.1109/ISCI.2011.5958928>
- Iskandar, H. R., & Fakhri, Z. (2018). Optimum Tilt Angle and Near Shading Analysis for 1000 Watt Peak Photovoltaic Application System. In *Seminar Nasional Sains dan Teknologi* (pp. 1–12). Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. Retrieved from <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3425>
- Iskandar, H. R., Sambasri, S., Saputra, D. I., Heryana, N., Purwadi, A., & Marsudiono. (2019). IoT Application for On-line Monitoring of 1 kWp Photovoltaic System Based on NodeMCU ESP8266 and Android Application. In *2nd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS)* (pp. 230–234). Bali: IEEE. <http://doi.org/10.1109/ICHVEPS47643.2019.9011154>
- Iskandar, H. R., Zainal, Y. B., & Purwadi, A. (2017). Studi Karakteristik Kurva I-V dan P-V pada Sistem PLTS Terhubung Jaringan PLN Satu Fasa 220 VAC 50 HZ menggunakan Tracking DC Logger dan Low Cost Monitoring System. In *Seminar Nasional Penerapan Ipteks Menuju Industri Masa Depan (PIMIMD-4)* (pp. 174–183). <http://doi.org/10.21063/PIMIMD4.2017.174-182>
- Iskandar, H. R., Zainal, Y. B., & Sambasri, S. (2018). Study and Analysis of Shading Effects on Photovoltaic Application System. *1st International Conference on Industrial Electrical and Electronics (ICIEE) International Board and Program Committee, 218(2004), 1–8.* <http://doi.org/https://doi.org/10.1051/mateconf/201821802004>
- Karina, A., & Satwiko, S. (2015). Studi Karakteristik Arus-Tegangan (Kurva I-V) pada Sel Tunggal Polikristal Silikon serta Pemodelannya. In *Pertrmuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY* (pp. 163–166).
- Naick, B. K., Chatterjee, T. K., & Chatterjee, K. (2017). Performance Analysis of Maximum Power Point Tracking Algorithms Under Varying Irradiation. *International Journal of Renewable Energy Development, 6(1), 65.* <http://doi.org/10.14710/ijred.6.1.65-74>
- Nejabatkhah, F., & Li, Y. W. (2015). Overview of Power Management Strategies of Hybrid AC/DC Microgrid. *IEEE Transactions on Power Electronics, 30(12), 7072–7089.* <http://doi.org/10.1109/TPEL.2014.2384999>
- Raharja, L. pradigta setiwa, Eviningsih, R. P., Ferdiansyah, I., & Yanaratri, D. S. (2019). Perancangan Dan Implementasi DC-DC Bidirectional Converter Dengan Sumber Energi Listrik Dari Panel Surya Dan Baterai Untuk Pemenuhan Kebutuhan Daya Listrik Beban. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu), 7(2), 111–118.* <http://doi.org/10.32487/jtt.v7i2.709>
- Selmi, T., Abdul-niby, M., & Davis, A. (2014). P&O MPPT Implementation Using MATLAB/Simulink. In *Ninth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)* (pp. 1–4). Monte-Carlo: IEEE. <http://doi.org/10.1109/EVER.2014.6844065>
- Shah, K. B., & Joshi, L. P. (2013). Comparative Analysis of Incremental Conductance Base MPPT for Multi-String Photovoltaic System. In *Nirma University International Conference on Engineering (NUiCONE)* (pp. 1–6).
- Tiong Meng Chung, T. M. C., Daniyal, H., Sulaiman, M. H., & Bakar, M. S. (2017). Comparative study of P&O and modified incremental conductance algorithm in solar maximum power point tracking (Vol. 9, p. 43 (6 .)-43 (6 .)). <http://doi.org/10.1049/cp.2016.1300>
- White, S. (2015). *Solar Photovoltaic Basics: A Study Guide for the NABCEP Entry Level Exam*. New York: Routledge, ISBN No 978-1-315-77011-6

Analisis Kestabilan Lereng dan Penanganan Longsor Area Puncak Pass Cianjur STA 20+650, Jawa Barat Menggunakan Program Plaxis

Xbal Meiprastyo¹, Rono IS Rono Hadinagoro², Andhika Mahdi Arifi³, Rizal Zulfikar⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia

¹xbal.meiprastyo@lecture.unjani.ac.id, ²ronohadinagoro@gmail.com, ³dhikamahdi9@gmail.com,

⁴rzulfikar@gmail.com

Abstrak

Puncak Pass STA 20+650, termasuk dalam daerah perbukitan yang pada kondisi saat ini sudah mengalami perubahan tata guna lahan. Pada bagian atas lereng terdapat bangunan-bangunan dan beban lalu lintas, hal tersebut mengakibatkan longsor yang terjadi semakin besar. Kelongsoran area tersebut bahkan terjadi dua kali, dampak longor tersebut tidak hanya memutus jalan raya, juga menyebabkan amblasnya sejumlah bangunan sekitar longsor. Studi ini bertujuan untuk mendapatkan solusi penanganan longsor dengan kondisi yang ada. Melakukan analisis dengan metode elemen hingga dengan bantuan program Plaxis untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam variasi penanganan longsor yang dianalisis. Hasil analisis eksisting didapatkan nilai faktor keamanan (Msf) sebesar 1,112. Hasil analisis sepuluh variasi alternatif penanganan didapatkan nilai faktor keamanan (Msf) terbesar adalah penanganan dengan kombinasi bronjong dan tiang pancang sebesar 1,845 pada kondisi normal, untuk kondisi gempa didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1,244. Rekomendasi penanganan longsor untuk area Puncak Pass adalah dengan kombinasi bronjong dan tiang pancang yang memenuhi syarat kriteria desain.

Kata kunci: Puncak Pass, Longsor, dan Penanganan

Abstract

Puncak Pass STA. 20+650, it's a hills area with land use change condition but there's no different or change topography. The main causes landslide in Puncak Pass. There's assessment like building and street in the top of slope that causes a bigger landslide it even hapen twice. There's a lot of causes impact like break the highway and collapsed building. This study task is about handling the landslide with such condition finite element method analysys and plaxis program for analysys the deformation geotechnic stabiliation in analysys handing landslide. There's a secure system on the analysys results (Msf) 1,112. The results of analysys of ten safety factors with gabion dan pile combination 1,845 in normal condition, if there's earthquake the safety factor will touch 1,244. Recommendations for a landslide in Pucak Pass area is combinations of gabion and pile that meets the design criteria.

Keywords: Puncak Pass, Landslide, and Handling

1. Pendahuluan

Longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia dan banyak menyebabkan kerugian besar, baik berupa materi maupun non-materi. Tanah longsor sering terjadi pada lereng-lereng gunung, bukit, maupun lereng sungai, yang telah termasuk dalam kategori bahaya atau kondisi kritis. Jawa Barat merupakan salah satu daerah yang paling rawan terhadap gerakan tanah di Indonesia, secara nasional tercatat 127 kali kejadian gerakan tanah dengan 63 kejadian terjadi di wilayah Jawa Barat (Sugianti et al., 2014).

Bila kita memperhatikan Gambar 1, Puncak Pass termasuk dalam daerah perbukitan yang pada kondisi saat ini mengalami perubahan tata guna lahan, dengan topografi masih tetap. Kontur dan strukrur tanah yang labil mengakibatkan mudahnya tanah bergeser, dibuktikan dengan adanya beberapa titik kelongsoran. Kelongsoran bahkan terjadi dua kali, dampak dari pada longor tersebut tidak hanya memutus jalan raya, juga menyebabkan amblasnya sejumlah bangunan Puncak Pass Resort. Lokasi penelitian yang akan dianalisis yaitu area Puncak Pass STA 20 + 650, Desa Sindanglaya, Kecamatan Ciloto, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat dengan posisi koordinat 6°42'21,33" S dan 106°59'39,47" E. Untuk mengetahui solusi yang tepat dalam penanganan longsor pada lereng Puncak Pass STA 20+650, dibutuhkan suatu analisis stabilitas lereng. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi longsor yang dapat terjadi pada lereng. Hasil dari evaluasi, analisis, serta permodelan dijadikan sebagai acuan dalam memberikan berbagai metode penanganan longsor.

Plaxis merupakan salah satu program komputer dengan metode elemen hingga. Program ini digunakan untuk analisis deformasi, stabilitas lereng dan permasalahan geoteknik lainnya, penggunaan *software* ini sangat membantu dalam proses analisis geoteknik, khususnya analisis stabilitas lereng (Brinkgreve et al., 2019).

Nilai faktor keamanan dapat dihitung dengan memodelkan terlebih dahulu lereng dalam bentuk dua dimensi, cara ini diambil berdasarkan

Info Makalah:

Dikirim : 06-29-20;

Revisi 1 : 08-27-20;

Revisi 2 : 09-16-20;

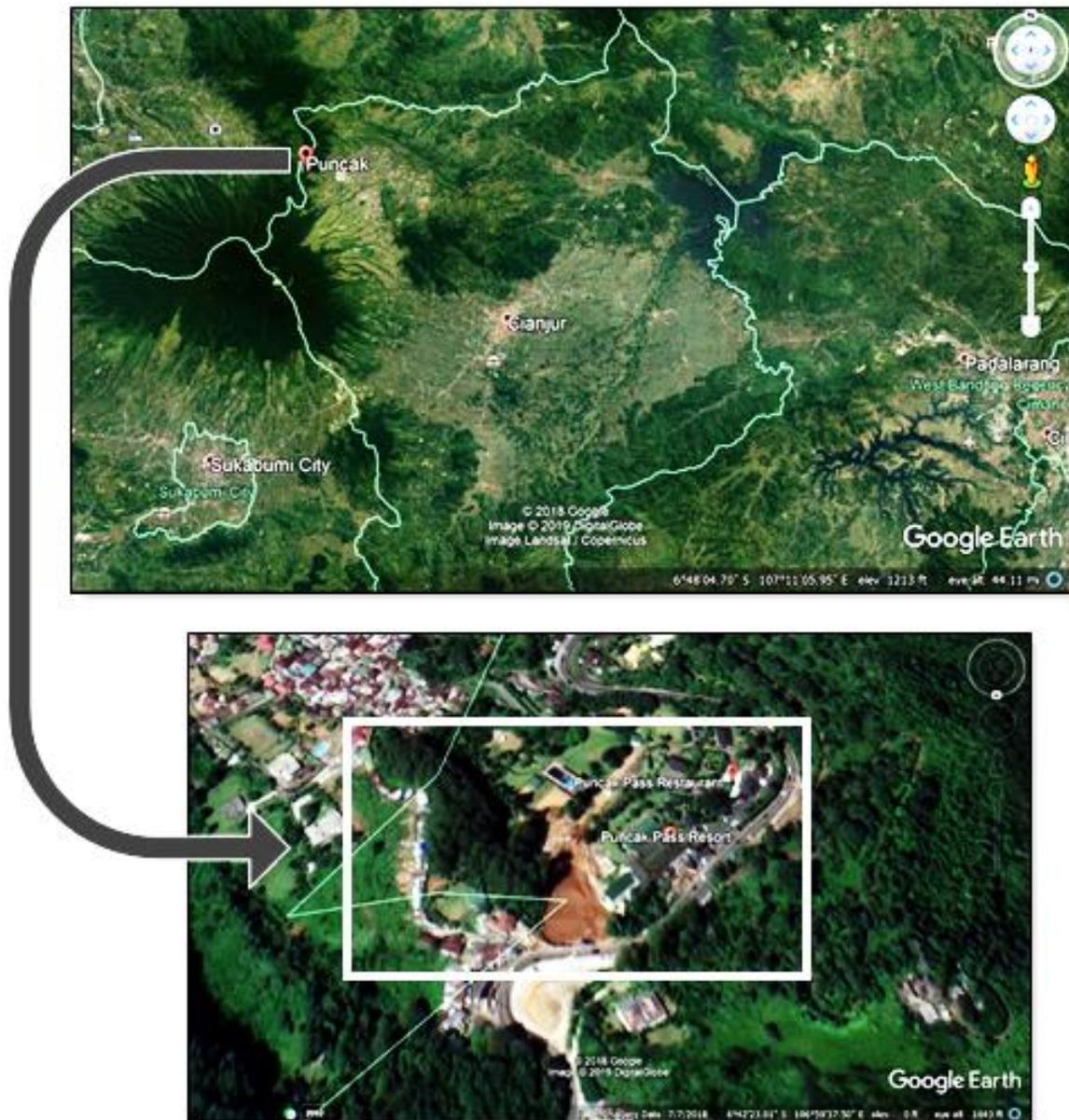
Diterima : 09-16-20.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62 823-0016-5516

e-mail : xbal.meiprastyo@lecture.unjani.ac.id

metode Fellenius, selain itu nilai faktor keamanan dapat juga dihitung dengan menggunakan program Plaxis (Himawan et al., 2017).



Gambar 1. Area longsor Puncak Pass STA 20+650, Desa Sindanglaya, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat.

2. Metode

Lereng dan Longsoran

Longsor berpotensi terjadi pada permukaan lereng yang tidak horisontal, kondisi ini cenderung dapat menggerakkan tanah ke arah bawah. Bila komponen perlawanan terhadap geseran terlampaui maka lereng akan mengalami kelongsoran. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring, disebut analisis stabilitas lereng (Hardiyatmo H.C., 2010).

Faktor yang mempengaruhi dalam analisis stabilitas lereng diantaranya kuat geser tanah yang anisotropis, aliran air dalam tanah, kondisi tanah yang berlapis, sedangkan pengaruh dari luar yang diakibatkan perbuatan manusia seperti memperdalam galian tanah, mempertajam kemiringan lereng dan erosi sungai. Lereng yang terjal dan panjang memiliki daya dorong kebawah lebih besar dan menyebabkan gerakan material menuruni lereng semakin cepat (Karlina, 2016).

Longsoran yang diakibatkan pengaruh dalam, yaitu longsoran yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Sebagai contoh, pengaruh bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng.

Hardiyatmo (Hardiyatmo H.C., 2010) membagi dua macam lereng dari segi terbentuknya, yaitu:

1. Lereng Alam, lereng ini terbentuk akibat kegiatan alam seperti gerakan tektonik, erosi. Material ini cenderung tergelincir akibat beratnya sendiri.
2. Lereng buatan meliputi lereng galian dan timbunan. Lereng galian adalah usaha membuat lereng dengan kemiringan tertentu yang ekonomis dan aman, sedangkan lereng timbunan pada umumnya dibuat untuk pembentukan badan jalan.

Analisis Stabilitas Lereng

Tinjauan stabilitas lereng perlu dilakukan bila di atas dan di bawah lereng terdapat pembangunan. Dasar dari analisis stabilitas lereng adalah *limit plastic equilibrium*. Analisis stabilitas dilakukan untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial (Das et al., 1995). Beberapa asumsi dalam analisis stabilitas lereng, yaitu:

1. Kelongsoran diasumsikan sebagai masalah bidang dua dimensi dan dianggap terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu.
2. Massa tanah diasumsikan sebagai benda masif.
3. Kuat geser tanah dianggap isotropis.
4. Faktor aman didefinisikan sebagai perbandingan kuat geser dan tegangan geser tanah rata-rata disepanjang bidang longsor potensial.

Faktor aman merupakan perbandingan antara gaya yang menahan dengan gaya menggerakkan.

$$F = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (1)$$

Menurut teori *Mohr-Coulomb*, tahanan geser (τ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, di sepanjang bidang longsonya, ditentukan dengan formula:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

Nilai-nilai c dan φ adalah parameter kuat geser tanah di sepanjang bidang longsor. Tegangan geser yang terjadi (τ_d) akibat beban tanah dan beban-beban lain pada bidang longsonya dihitung dengan formula berikut:

$$\tau_d = c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d \quad (3)$$

Dengan c_d dan φ_d adalah kohesi dan sudut gesek dalam yang terjadi atau yang dibutuhkan untuk keseimbangan pada bidang longsonya. Substitusikan persamaan (2) dan (3) ke persamaan (1) diperoleh persamaan faktor aman:

$$F = \frac{c + \sigma \operatorname{tg} \varphi}{c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d} \quad (4)$$

Persamaan (4) dapat pula dituliskan dalam bentuk:

$$c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d = \frac{c}{F} + \sigma \frac{\operatorname{tg} \varphi}{F} \quad (5)$$

Faktor aman terhadap masing-masing komponen kuat geser, dapat dinyatakan dalam:

$$F_c = \frac{c}{c_d} \quad (6)$$

$$F_\varphi = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_d} \quad (7)$$

Kriteria Pembebanan

Analisis pada lereng galian dan timbunan harus memperhitungkan beban hidup, beban mati, dan gempa. Pada permukaan lereng beban tambahan harus diterapkan sebesar 10 kN/m² kecuali pada persyaratan lain sesuai peruntukannya. Berikut ini beberapa kriteria untuk pembebanan.

1. Beban Gempa, diperhitungkan jika lereng galian atau timbunan direncanakan dibangun pada area dengan kriteria kepentingan strategis. Nilai faktor keamanan untuk kondisi gempa harus lebih besar dari 1,1.
2. Beban lalu lintas ditentukan berdasarkan kelas jalannya. Untuk kelas jalan I, beban lalu lintas yang diterapkan sebesar 15 kPa, untuk kelas jalan II dan III beban lalu lintas yang diterapkan sebesar 12 kPa. Sedangkan untuk Beban di luar jalan beban yang diterapkan sebesar 10 kPa untuk seluruh kelas jalan.
3. Perancangan lereng timbunan dan galian harus memperhitungkan tegangan vertikal dan horizontal.
4. Kriteria umur rencana struktur, tergantung dari peninjauan yang diambil berdasar kondisi jangka pendek atau jangka panjang.
5. Keluaran deformasi meliputi penurunan jangka pendek, penurunan jangka panjang, deformasi vertikal, deformasi horisontal dan dampak terhadap bangunan sekitarnya.

Kriteria Faktor Keamanan

Berdasarkan SNI Geoteknik 8460:2017 rekomendasi nilai faktor keamanan untuk lereng batuan dengan kondisi lereng batuan permanen sebesar 1,5 dan untuk lereng batuan dengan kondisi sementara sebesar 1,3. Pada kriteria untuk nilai faktor keamanan pada lereng tanah mensyaratkan kriteria sebagai berikut:

1. Struktur dengan biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan dan tingkat ketidakpastian kondisi analisis rendah sebesar 1,25
2. Struktur dengan biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan dan tingkat ketidakpastian kondisi analisis tinggi sebesar 1,5
3. Struktur dengan biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan dan tingkat ketidakpastian kondisi analisis rendah sebesar 1,5.
4. Struktur dengan biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan dan tingkat ketidakpastian kondisi analisis tinggi lebih besar sama dengan 2,0.

Metode Analitis Numerik

Masalah stabilitas lereng yang sulit dapat dianalisis dengan metode elemen hingga, hal ini dikarenakan penggunaan *software* plaxis dapat menguraikan pemodelan yang cukup kompleks dan sulit, serta dapat menampilkan tahapan konstruksi dalam pemodelannya (Suryajaya & Suhendra, 2019). Keluaran analisis berupa deformasi tegangan dan regangan untuk berbagai sifat material.

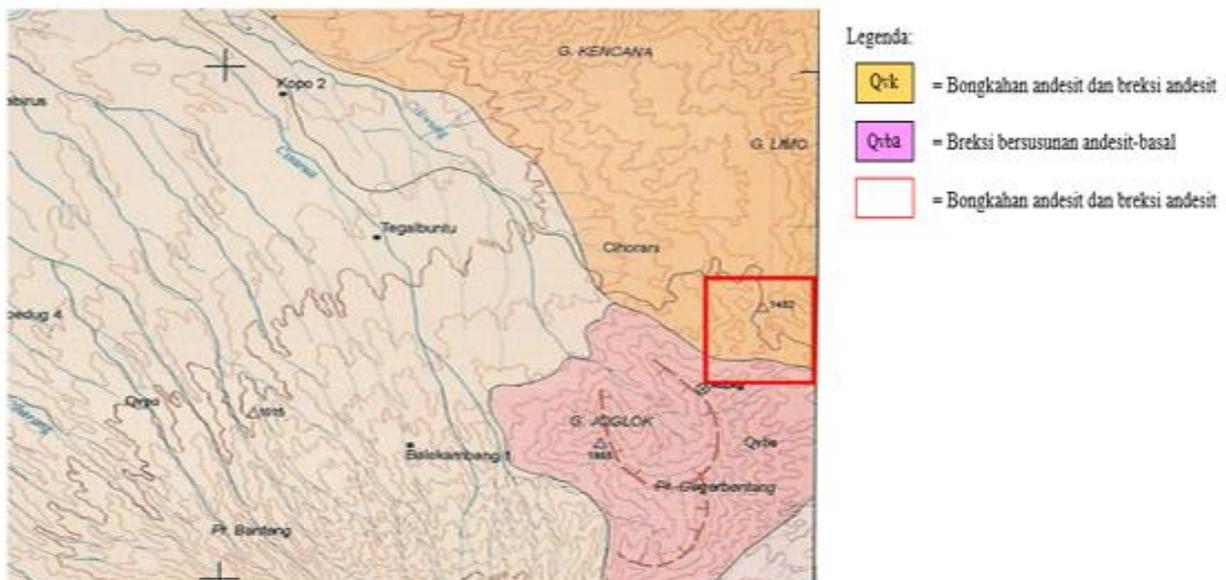
3. Hasil dan Pembahasan

Analisis Kondisi Geologi

Penyebaran lapisan longsor daerah puncak terdiri dari dua unsur lapisan, meliputi *Breksi* dan *Lava* Gunung Kencana dan Gunung Limo (*Qvk*) yang mengandung unsur bongkahan andesit dan *Breksi* andesit dengan banyak sekali fenokris piroksen dan *lava* basal. Selain itu daerah ini terdiri dari *Breksi* Gunung api (*Qvba*) yang mengandung *Breksi* bersusunan andesit-basal, setempat aglomerat lapuk (Kementerian Energi dan Sumber Daya, 2011).

Andesit adalah batuan beku berbutir halus yang terbentuk ketika magma yang meletus ke permukaan dan mengkristal dengan cepat, sedangkan breksi adalah batuan sedimen klastik yang tersusun atas butiran-butiran fragmen membentuk sudut-sudut fragmen yang angular.

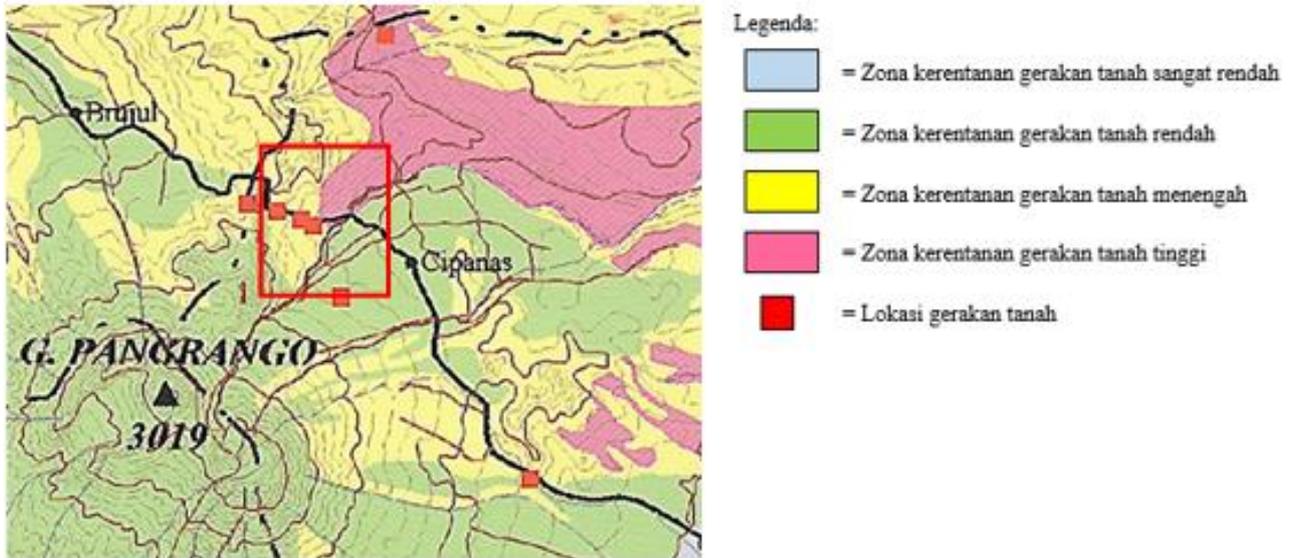
Berdasarkan peta geologi (Gambar 2) pada bagian bawah dijumpai breksi dengan fragmen batuan beku, masa dasar berupa pasir lempungan kondisi lapuk, pada bagian atas tanah berupa lanau dan lanau pasiran berwarna kuning kecoklatan sampai coklat kemerahan dengan ketebalan berkisar dari 1,5 sampai 4,0 meter. Bidang kontak antara tanah pelapukan dengan batuan *Breksi* dibawahnya dapat berpotensi menjadi bidang gelincir longsor.



Gambar 2. Peta Geologi Longsor Puncak Pass dan Daerah Sekitarnya.

Kerentanan Gerakan Tanah

Keaktifan gerakan tanah pada jalur Puncak Pass dapat dilihat pada peta kerentanan (Gambar 3). Berdasarkan peta kerentanan gerakan tanah (Kementerian Energi dan Sumber Daya, 2011), jalur Puncak Pass dan daerah sekitarnya termasuk dalam zona kerentanan gerakan tanah tinggi.



Gambar 3. Peta Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Puncak Pass dan Daerah Sekitarnya.

Stratigrafi

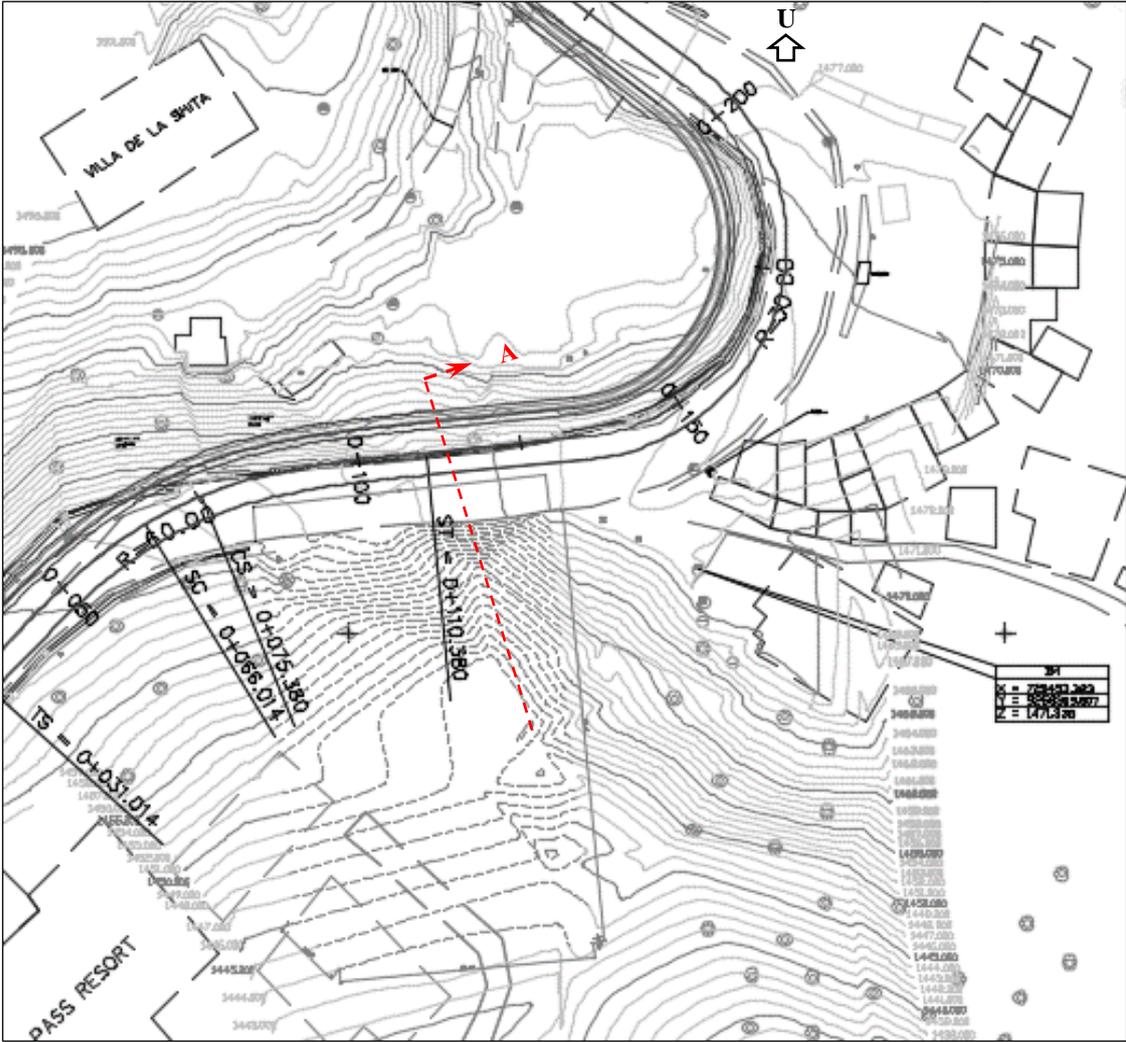
Gambar stratigrafi yang dibuat berdasarkan potongan melintang data topografi (Gambar 4) berfungsi untuk mendeskripsikan komposisi serta distribusi perlapisan tanah dan interpretasi lapisan-lapisan batuan. Untuk keperluan analisis dan desain, dilakukan evaluasi hasil penyelidikan tanah sehingga diperoleh pelapisan tanah dan zonasinya. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah didapatkan susunan lapisan tanah yang terdiri dari:

1. Pada kedalaman 0-9,0 m terdapat lapisan lanau warna kuning, konsistensi lunak-teguh, dengan harga N_{spt} berkisar dari 6-30.
2. Pada kedalaman 9,0 m-30,0 m dari pengeboran inti lapisan (akhir pengeboran) terdapat lapisan lanau pasir, konsistensi teguh-kaku, dengan harga N_{spt} berkisar dari 30-60.
3. Muka air tanah pada lokasi pemboran menunjukkan kedalaman yang berkisar 13 meter dibawah permukaan tanah.
4. Aliran air pada daerah ini cukup besar, terlihat dengan adanya mata air di daerah perbukitan. Penduduk mengambil air tanah dari mata air yang berasal dari sumur bor. Kedalaman air tanah berkisar dari 6,00 – 10,00 m.

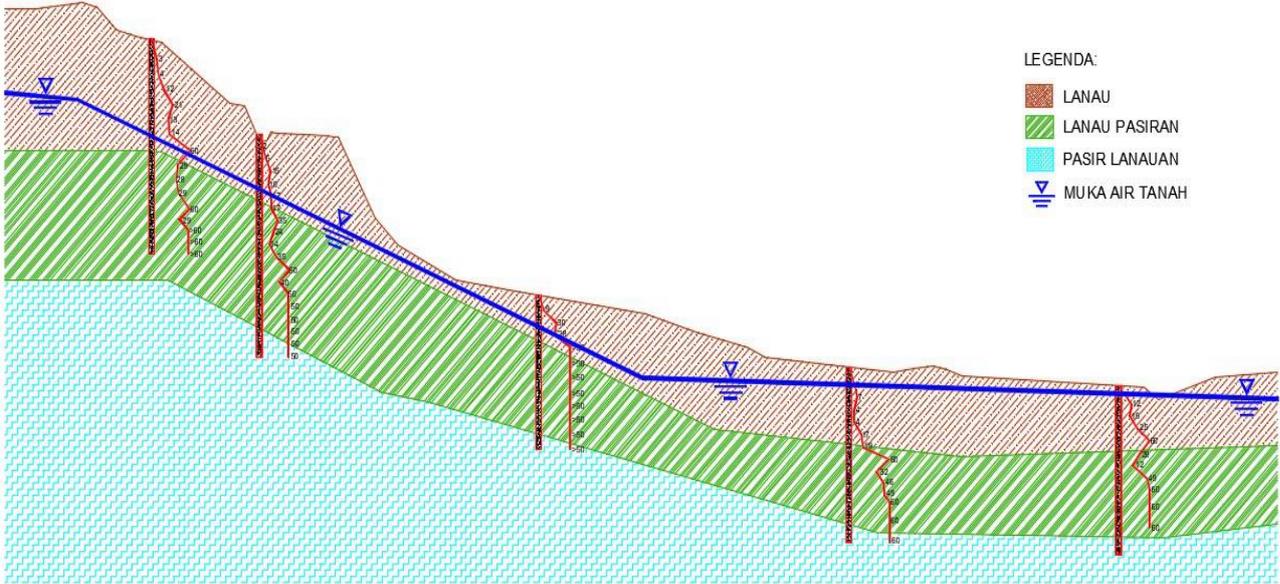
Dari data-data tersebut penulis aplikasikan pada stratigrafi yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Pemodelan Lereng

Kestabilan lereng ditentukan oleh nilai faktor keamanan (FK) minimum sebesar 1,5 untuk mencapai kondisi kestabilan lereng yang memenuhi kriteria aman. Analisis dilakukan dalam kondisi eksisting dan kondisi dengan perkuatan. Analisis menggunakan program plaxis, Program elemen hingga ini digunakan untuk menganalisis deformasi dan stabilitas pada kondisi eksisting, sehingga dari hasil analisis kondisi eksisting akan dijadikan asumsi penanganan geoteknik pada lokasi terjadinya longsor. Output analisis berupa desain dalam tipe-tipe penanganan.



Gambar 4. Peta Topografi Area Longsor Puncak Pass.

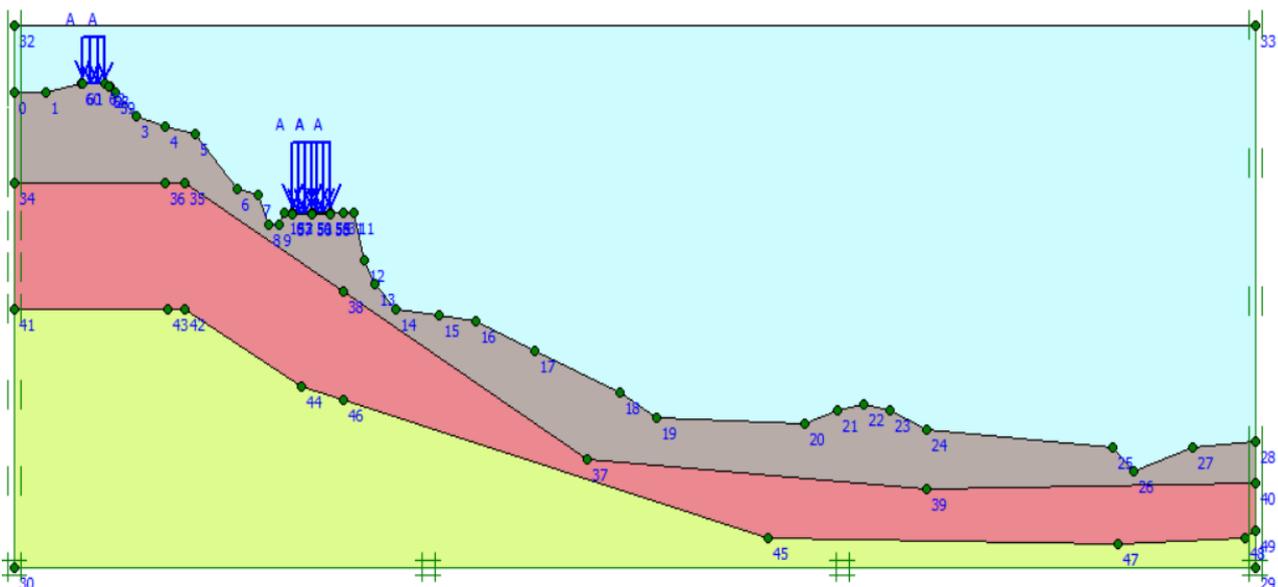


Gambar 5. Statigrafi Tanah Area Puncak Pass (Potongan A).

Tabel 1. Parameter Tanah untuk Pemodelan di STA 20+650.

Parameter Tanah	Lanau	Lanau Pasiran	Pasir Lanauan	Aspal	Beton
					Rigid
<i>Model</i>	<i>Mohr Coulumb</i>				
<i>Type</i>	<i>undrained</i>	<i>undrained</i>	<i>undrained</i>	<i>undrained</i>	<i>elastik</i>
$\gamma_{sat} (kN/m^3)$	17,2	18,6	19,2	22	24
$E_{ref} (kN/m^2)$	$4,00 \times 10^4$	$6,0 \times 10^4$	$8,00 \times 10^4$	$1,0 \times 10^5$	$3,02 \times 10^7$
ν	0,35	0,3	0,3	0,2	0,2
$C_{ref} (kN/m^2)$	25	50	200	500	-
$\phi (^{\circ})$	17	35	40	20	-
ψ	0	5	10	10	-
R_{inter}	0,9	0,9	0,9	0,9	rigid

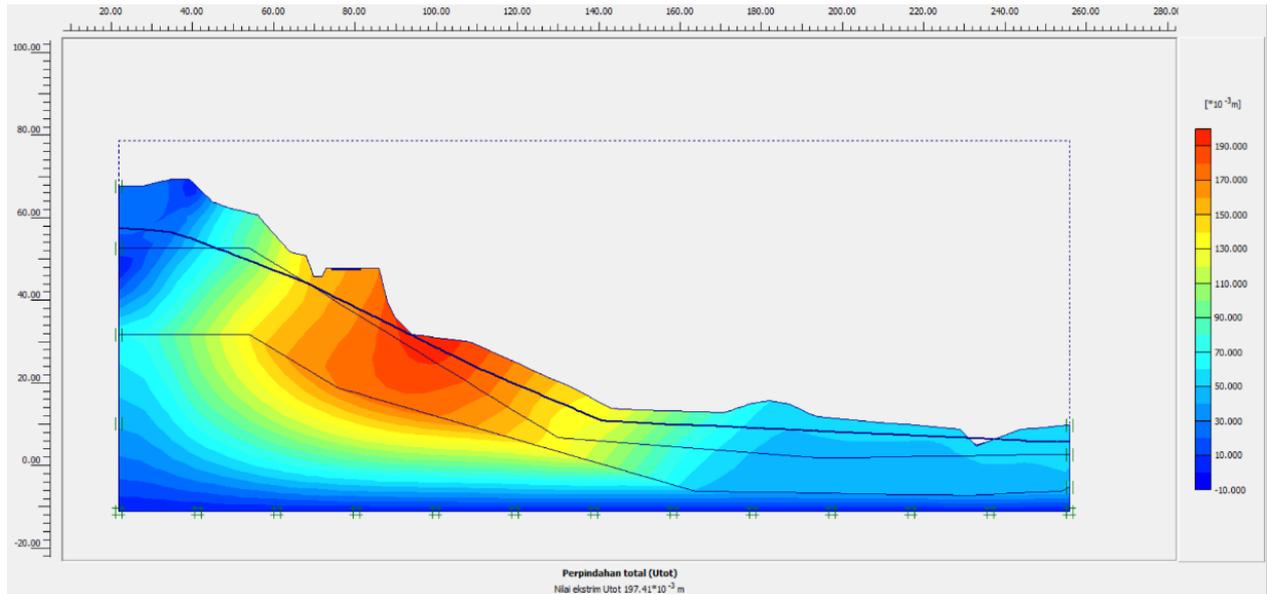
Analisis eksisting dilakukan di STA 20+650, pemodelan geometri diambil dari data topografi (Gambar 4) desain potongan melintang STA 20+650. Dalam pemodelan lokasi longsor ini, Data parameter tanah yang digunakan dalam proses analisis stabilitas lereng dapat dilihat pada Tabel 1. Keadaan eksisting dimodelkan dengan menggunakan model tanah *Mohr-Coulomb*. Pada Gambar 6 ditunjukkan pemodelan lereng pada *software* plaxis.



Gambar 6. Pemodelan Lereng Eksisting.

Parameter tanah seperti berat volume tanah basah (γ_{sat}), kohesi (C_{ref}), sudut geser (ϕ), sudut dilatasi (ψ), dan faktor reduksi kuat geser antarmuka (R_{inter}) didapatkan dari hasil uji laboratorium. Pada peta topografi area Puncak Pass sekitar lereng dibagian kanan-kiri jalan terdapat bangunan rumah-rumah, beban tersebut termasuk beban di luar jalan. Besarnya beban berdasarkan angka yang diberikan pada Tabel 1 kolom ketiga. Beban tersebut ditambahkan dalam permodelan eksisting.

Hasil analisis kondisi eksisting lereng menggunakan *software* plaxis ditunjukkan pada Gambar 7. Dari Gambar tersebut dapat diketahui nilai *displacement* maksimal sebesar 197,41 mm dengan nilai faktor keamanan (Msf) sebesar 1,112. Dengan hasil tersebut dapat disimpulkan nilai faktor keamanan tersebut masih kurang berdasarkan SNI Geoteknik 8460-2017 (FK minimal harus lebih besar dari 1,5). Diperlukan analisis perkuatan lereng untuk meningkatkan nilai faktor keamanan lereng tersebut (Badan Standarisasi Nasional, 2017).



Gambar 7. Hasil Analisis Pemodelan Lereng Eksisting.

Desain Penanganan Longsoran

Dari hasil analisis kondisi eksisting didapat lereng dalam kondisi tidak memenuhi faktor keamanan, sehingga diperlukan metode yang tepat agar didapatkan kondisi keamanan pada lereng tersebut. Dilakukan beberapa analisis dan pemodelan sebagai alternatif perbaikan. Analisis dilakukan untuk mendapatkan metode perbaikan yang paling tepat dan optimal.

Dalam studi ini alternatif penanganan lereng yang dimodelkan diantaranya yaitu bronjong, terasering, tiang pancang geogrid/geotekstil, dinding penahan tanah, dan angkur.

Hasil rekapitulasi analisis perbaikan yang dilakukan pada lokasi eksisting ditunjukkan pada Tabel 2. Sedangkan hasil analisis nilai faktor keamanan dengan pemodelan adanya gempa ditunjukkan pada Tabel 3. Kriteria standar untuk nilai Faktor Keamanan (FK) yang memenuhi atau tidak memenuhi berdasarkan SNI Geoteknik 8460:2017.

Tabel 2. Faktor keamanan desain penanganan longsoran Puncak Pass.

No.	Penanganan	Faktor Keamanan Perkuatan	Keterangan*)
1.	Bronjong	1,043	Tidak Memenuhi
2.	Terasering 60°	1,269	Tidak Memenuhi
3.	Terasering 45°	1,265	Tidak Memenuhi
4.	Tiang Pancang panjang 25 m	1,765	Memenuhi
5.	Tiang Pancang panjang 30 m	1,765	Memenuhi
6.	Tiang Pancang panjang 45 m	1,776	Memenuhi
7.	Geogrid	1,268	Tidak Memenuhi
8.	Dinding Penahan Tanah	1,271	Tidak Memenuhi
9.	Terasering 60° dan Angkur	1,784	Memenuhi
10.	Bronjong dan Tiang Pancang	1,845	Memenuhi

Tabel 3. Rekapitulasi nilai faktor keamanan desain penanganan longsoran Puncak Pass.

Penanganan	Faktor Keamanan	Kriteria Standar	Keterangan *)
Eksisting	1,112	FK > 1,5	Tidak Memenuhi
Bronjong dan Tiang Pancang	Statik	FK > 1,5	Memenuhi
	Dengan Gempa	FK > 1,1	Memenuhi

*Kriteria standar nilai faktor keamanan berdasarkan SNI Geoteknik 8460:2017.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dalam penanganan longsor di daerah Puncak Pass maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil penyelidikan tanah didapatkan bahwa kondisi lokasi penelitian sudah terjadi longsor. Kemiringan lereng termasuk kategori curam berkisar 50° - 60° dan kemiringan pada lereng bagian bawah berkisar 10° - 20° dengan ketinggian mencapai ± 35 meter. Tipe pergerakan merupakan longsor rotasi yang tergolong dalam.
2. Penyebab utama terjadinya longsor di lokasi penelitian akibat pergeseran tanah. Dengan lapisan tanah atas lanau warna kuning, konsistensi lunak–teguh kedalaman 0–9,0 m, kemudian pada bagian atas lereng terdapat bangunan-bangunan dan beban lalu lintas, hal tersebut mengakibatkan longsor terjadi semakin besar.
3. Hasil analisis menggunakan perangkat lunak Plaxis dengan sepuluh variasi penanganan yang dianalisis. Pada analisis eksisting didapatkan nilai faktor keamanan (Msf) sebesar 1,112. Nilai faktor keamanan tersebut masih kurang berdasarkan SNI Geoteknik 8460-2017 ($FK > 1,5$)
4. Penanganan dengan nilai faktor keamanan (Msf) terendah adalah penanganan menggunakan bronjong sebesar 1,043. Sedangkan penanganan dengan nilai faktor keamanan (Msf) terbesar adalah penanganan dengan kombinasi bronjong dan tiang pancang sebesar 1,845 pada kondisi normal, untuk penanganan kombinasi bronjong dan tiang pancang pada saat kondisi gempa didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1,244.
5. Berdasarkan hasil analisis, rekomendasi penanganan longsor untuk area Puncak Pass adalah dengan kombinasi bronjong dan tiang pancang yang memenuhi syarat kriteria desain.

Ucapan Terima Kasih

Kami sebagai penulis makalah seminar ini mengucapkan terima kasih kepada pihak yang membantu dalam penelitian ini, pada staf pengajar di Universitas Jenderal Achmad Yani, Jurusan Teknik Sipil dan khususnya kepada Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VI.

Daftar Notasi

F	= Faktor aman
τ	= Tahanan geser maksimum
τ_d	= Tegangan geser
ϕ'	= Sudut geser dalam
u	= Tekanan air pori
σ'	= Tegangan efektif
c	= Kohesi
ϕ	= Sudut gesek dalam tanah
σ	= Tegangan normal
F_c	= <i>Safety factor</i> komponen kohesi
F_ϕ	= <i>Safety factor</i> komponen geser
H	= Kedalaman
γ	= Berat volume tanah
H_c	= Ketebalan maksimum
γ'	= Berat volume jenuh tanah
γ_{sat}	= Berat volume efektif tanah
β	= Sudut lereng tanah
W	= Berat tanah yang akan longsor
L_{AC}	= Panjang lengkungan
R	= Jari-jari bidang longsor
y	= Jarak pusat berat W terhadap O
ΣM_r	= Jumlah momen penahan
N_d	= Angka stabilitas
r_u	= Rasio tekanan pori
ϕ_b	= Kemiringan <i>matrix suction</i>
ψ	= Sudut dilatasi
R_{inter}	= Faktor reduksi kuat geser antarmuka
Msf	= Faktor skala magnitude gempa bumi

Daftar Pustaka

Badan Standarisasi Nasional. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik SNI 8460*.
Brinkgreve, R. B. J., Kumarswamy, S., Swolfs, W. M., Zampich, L., & Manoj, N. R. (2019). *Plaxis 2019*.

- Das, B. M., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1995). *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga.
- Hardiyatmo H.C. (2010). *Mekanika Tanah 2*. Gadjah Mada University Press.
- Himawan, E., S, K. W., Sipil, D. T., Teknik, F., Diponegoro, U., Tengah, J., Longsoran, P., & Pile, B. (2017). *Penanganan Longsoran Bendan Dengan Bored Pile*. 6, 103–113.
- Karlina, I. I. (2016). Analisis Tingkat Kerawanan Longsor Pada Sebagian Jalan Kelas Iiic Di Sub-Das Gesing, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. *Jurnal Riset Kebencanaan Indonesia*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15247.38565>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya. (2011). *Laporan Tahunan Badan Geologi*.
- Sugianti, K., Mulyadi, D., & Sarah, D. (2014). Klasifikasi Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Sumedang Selatan Menggunakan Metode Storie. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*.
<https://doi.org/10.14203/risetgeotam2014.v24.86>
- Suryajaya, E., & Suhendra, A. (2019). Analisis Mitigasi Bencana Tanah Longsor Dan Metode Pengendaliannya (Studi Kasus Proyek Jalan Di Jambi). *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i4.6189>

Analisis Numerik 1D Pengendalian Banjir pada Wilayah Padat Penduduk dengan Persamaan St. Venant

Dian Indrawati¹, Mohammad Bagus Adityawan², Muhammad Rizki Purnama³ dan Rono Hadinagoro⁴

^{1,4}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia

^{2,3}Jurusan TPSDA, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

¹dian.indrawati@lecture.unjani.ac.id, ²bagus.adityawan@ftsl.itb.ac.id, ³mrizkipurnama@students.itb.ac.id,

⁴ronohadinagoro@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Sebagai salah satu wilayah terpadat di Kota Bandung, Kecamatan Ujung Berung mengalami bencana banjir, yang mengakibatkan beberapa masalah di daerah tersebut. Permasalahan tersebut muncul akibat penataan lahan yang kurang baik, terutama akibat konservasi kawasan pertanian menjadi kawasan permukiman secara sporadis di daerah hulu Daerah Aliran Sungai (DAS). Salah satu daerah bencana di bagian utara bagian utara Kecamatan Ujung Berung adalah Kompleks Griya Winaya. Saluran drainase pada pemukiman ini semula merupakan saluran irigasi yang kemudian berubah fungsi tanpa justifikasi penanganan teknis yang memadai. Karena itu, kompleks yang memiliki jumlah penghuni ±800 jiwa, dengan kepadatan mencapai 300 KK/ha tersebut senantiasa menghadapi permasalahan banjir setiap kali terjadi hujan dengan intensitas lebih dari 30 mm/jam. Genangan tinggi terjadi khususnya pada RT 05 RW 12 dimana studi ini dilaksanakan. Studi ini menggunakan *software Storm Water Management Model (SWMM)* dengan persamaan 1D Saint Venant untuk perambatan banjirnya. Maka, dengan menggunakan data hujan BMKG Cibiru periode 2005-2016, diperoleh kesimpulan bahwa persamaan St. Venant mampu merepresentasikan secara akurat pergerakan banjir pada kawasan permukiman padat yang memiliki tingkat kerapatan bangunan tinggi dan saluran yang sempit serta berkelok-kelok. Lebih lanjut, banjir periode ulang 10 tahunan pada kawasan ini dapat ditanggulangi dengan peningkatan dimensi saluran eksisting hingga 100%.

Kata kunci: Model Numerik 1D, SWMM, Persamaan St. Venant, Banjir Kota Bandung

Abstract

As one of the densest populations in Bandung City, Ujung Berung District has suffered because of flood disaster, which resulted several problems in that area. These problems arose due to non-optimal land handling, especially about a sporadic land alteration from agricultural to residential areas on the upstream. One of the disastrous area is the northern Ujung Berung at Griya Winaya Resident. The drainage channel on this resident was originally an irrigation channel system which been changed without an appropriate technical justification. Therefore, the residents, with ±800 population or 300 household/ha, struggled to deal with flood problems when they get rainfalls with an intensity more than 30 mm/hour. This research conducted at RT 05 RW 12 as the worst affected area, and used Storm Water Management Model (SWMM) software to determine flood routing by 1D St. Venant equation. Using a rainfall data from Cibiru rainfall station for 2005-2016 periods, the model successfully developed flood simulation at dense area with a narrow and winding channel. Moreover, the 10 (ten) years return period of annual flood can be managed with the increasing of drainage channel until 100 percent in dimension.

Keywords: 1D Numerical Modelling, SWMM, St. Venant Equation, Bandung annual flood

1. Pendahuluan

Sebagai salah satu wilayah terpadat di Kota Bandung, Kecamatan Ujung Berung mengalami berbagai permasalahan akibat banjir yang terjadi di daerah tersebut. Perubahan tata guna lahan dari kawasan pertanian menjadi kawasan permukiman secara sporadis di daerah hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) menjadi permasalahan utama yang hingga saat ini belum dapat dipecahkan akibat dari kebutuhan permukiman yang tinggi disamping sulitnya penegakan hukum di kawasan ini. Berdasarkan analisis citra spasial dengan verifikasi lapangan diperoleh data bahwa perubahan tata guna lahan dari Kawasan pertanian menjadi permukiman khususnya di Kota Bandung pada periode 1991-2001 mencapai 16% dimana perubahan paling ekstrim terjadi pada Koridor Jalan Soekarno-Hatta dan Jalan Ujung Berung (WP Ujung berung). Ketidaksepehaman antara *stake holders* permukiman dengan penataan ruang ditengarai menjadi awal permasalahan perkembangan kota yang tidak teratur (*urban sprawling*).

Perkembangan perkotaan yang tidak teratur ini dimulai dari perkembangan Kota Bandung dan sekitarnya yang tinggi, kemudian berdampak besarnya kebutuhan lahan permukiman yang pada akhirnya menarik pengembang untuk membangun perumahan secara massif. Permasalahan muncul ketika permukiman tersebut didesain tanpa memperhatikan kondisi drainabilitas wilayah maupun sarana dan

Info Makalah:

Dikirim : 03-26-20;

Revisi 1 : 05-07-20;

Revisi 2 : 06-16-20;

Diterima : 06-24-20.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-878-2419-4555

e-mail : dian.indrawati@lecture.unjani.ac.id

prasarana pengendali limpasan. Disisi lain, konsumen perumahan tidak sepenuhnya memahami alur pemanfaatan sarana dan prasarana pengendali banjir maupun genangan pada perumahan mereka. Akibatnya, permukiman padat dengan sistem drainase yang kurang memadai yang menjadi langganan banjir menjadi permasalahan umum di wilayah Kota Bandung.

Salah satu contoh permukiman yang bermasalah dengan banjir dan genangan adalah Kompleks Griya Winaya di Ujung Berung, Kota Bandung. Kompleks Griya Winaya merupakan salah satu kawasan padat di Kecamatan Ujung Berung, Kota Bandung dengan jumlah penghuni ± 400 orang. Selain itu, perumahan ini juga terletak ditengah-tengah kawasan berkembang sehingga setiap tahun terjadi penambahan jumlah perumahan baru.

Berdasarkan identifikasi awal yang dilakukan Tim Pengabdian Masyarakat Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani-Cimahi, sarana dan prasarana pengendali banjir dan genangan di wilayah ini kurang memadai untuk mengendalikan besarnya limpasan yang ada. Hal tersebut ditambah dengan pengalihfungsian saluran irigasi menjadi saluran drainase secara sporadis oleh pengembang (kawasan ini pada awalnya merupakan lahan persawahan). Ketika pengalihfungsian manfaat tersebut tidak disertai dengan pemahaman maupun penerapan kaidah-kaidah teknis sehingga bukan hanya saluran yang ada tidak berjalan sebagaimana mestinya, bahkan saluran drainase pada akhirnya menjadi saluran pengumpul air yang menyebabkan genangan yang terjadi semakin tinggi.

Titik lokus dari penanggulangan genangan adalah RT 05 RW 12 Kelurahan Pasir Wangi, Kecamatan Ujung Berung, Kota Bandung yang secara jelas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Peta Kecamatan Ujung Berung (b) Lokasi Lokus Studi

Kelurahan Pasir Wangi sebagaimana terlihat dalam Gambar 1(a) diatas, merupakan bagian paling utara wilayah Kota Bandung yang berbatasan dengan Kelurahan Pasir Jati dan Kecamatan Ciburu di sebelah timur, Kelurahan Cigending pada bagian selatan, dan Kabupaten Bandung pada bagian utara. Wilayah RT 05 RW 12 sendiri merupakan wilayah yang sangat padat dan dapat dilihat pada Gambar 1 (b).

Pengendalian genangan dalam khazanah Teknik Sipil mempunyai konsep yang berbeda dengan pengendalian banjir. Hal ini dikarenakan sumber permasalahan dari banjir dan genangan berbeda. Banjir merupakan genangan di wilayah daratan yang disebabkan meluapnya muka air sungai di dekatnya, sementara genangan pada lahan seperti pada lahan pertanian, permukiman, pusat kota terjadi karena debit/volume air yang mengalir pada suatu sungai atau saluran drainase melebihi/diatas kapasitas pengalirannya.

Yang terjadi pada lokus studi ini adalah gabungan antara banjir dari luapan air sungai pada bagian hilir permukiman dengan genangan lokal yang terjadi pada kawasan permukiman akibat dari besarnya debit yang diterima dari hulu dan kurang optimalnya sistem drainase yang ada.

Luapan air biasanya tidak menjadi persoalan bila tidak menimbulkan kerugian, korban meninggal atau luka-luka, tidak merendam permukiman dalam waktu lama, tidak menimbulkan persoalan lain bagi kehidupan sehari-hari (Rosyidie, 2013). Permasalahannya adalah, di kawasan padat penduduk seperti Kompleks Griya Winaya genangan telah menyebabkan beberapa rumah tidak berfungsi hingga ditinggalkan penghuninya. Belum lagi kerugian non-material yang harus dihadapi. Berdasarkan wawancara awal dengan masyarakat di sekitar lokasi RT 05 RW 12, setiap hujan dengan intensitas lebih dari 100 mm, maka akan menimbulkan genangan setinggi 50 cm.

Pemanfaatan lahan yang melebihi kemampuan tanah setidaknya akan meimbulkan perubahan-perubahan dalam ekosistem, sehingga terjadi penurunan daya dukung lingkungan (Sulfandi, 2015). Hal tersebut juga ditengarai terjadi pada Kawasan ini. Dengan jumlah penghuni ± 800 KK, maka kompleks ini memiliki persentase lahan terbangun lebih dari 90%.

Pemodelan banjir pada sebuah sistem Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan menggunakan perangkat lunak *Storm Water Management Model* (SWMM) telah dilakukan di banyak lokasi dengan hasil yang memiliki akurasi yang tinggi (Barco, Wong, & Stenstrom, 2008). Pemodelan 1D SWMM dengan persamaan St. Venant ini juga dipilih karena

memiliki sifat *user friendly*, serta dapat memberikan informasi terkait rasio dimensi ketersediaan dan kebutuhan dalam pengendalian banjir suatu wilayah yang memudahkan para pemangku kebijakan untuk menentukan langkah penanganan yang diperlukan. selanjutnya, pemilihan jenis bangunan drainase yang tepat akan menghasilkan desain yang secara signifikan dapat mengurangi debit banjir dan menyelesaikan permasalahan secara efektif dan efisien (Indrawati, 2014).

2. Rancangan Sistem

2.1. Pemodelan Hidrologi

Banjir merupakan salah satu kejadian ekstrim dalam analisis hidrologi. Kejadian ekstrim tersebut selanjutnya membutuhkan perancangan bangunan air yang optimal karena tidak hanya harus berhasil melewati debit banjir maksimum yang mungkin terjadi, namun juga harus disandarkan pada pertimbangan ekonomis. Dalam rangka mendapatkan hubungan antara magnitudo kejadian ekstrim dengan probabilitas kejadian, digunakan Persamaan (1).

$$P(x) = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Data yang digunakan dalam analisis frekuensi ini merupakan hujan harian maksimal tahunan menerus yang disyaratkan dengan panjang data minimal 10 tahun. Secara umum, analisis frekuensi seri data hujan harian maksimum dituliskan dalam persamaan (2).

$$x_T = \bar{x} + ks \quad (2)$$

Dalam penelitian ini, pengujian dari analisis frekuensi akan dilakukan dengan menggunakan metode Chi-Square dan metode Kolmogorov-Smirnov. Metode Chi-Square menganggap bahwa data dari variabel acak tahunan terpercaya akan mengikuti kurva distribusi Chi-Square dengan derajat kebebasan k-p-1. Uji kecocokannya menggunakan Persamaan (3). Hal yang harus digarisbawahi, metode ini akan menghasilkan nilai yang makin baik sejalan dengan panjangnya data yang dimiliki.

$$X^k_{i=1} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (3)$$

Metode kedua untuk mendapatkan nilai kecocokan dalam uji distribusi adalah Kolmogorov-Smirnov. Distribusi ini diharapkan mampu menghindarkan hilangnya keunikan data akibat pengelompokan kelas pada distribusi Chi-Square. Secara umum distribusi ini ditunjukkan pada Persamaan (4)

$$D_n = \max|P(x) - P_o(x)| \quad (4)$$

Distribusi akan dikatakan cocok apabila nilai D_n kurang dari D kritis pada derajat kepercayaan yang disyaratkan. Jika Δ kurang dari Δ kritis sesuai harga kritis dari uji Kolmogorov-Smirnov, maka distribusi dapat diterima.

2.2. Pemodelan Hidraulika

Persamaan pembangkit untuk aliran tidak tetap pada saluran terbuka dalam perangkat lunak SWMM diturunkan dari persamaan konservasi masa dan momentum yang dikenal sebagai persamaan St. Venant (Rossman, 2017) yang ditunjukkan pada Persamaan (5) - (6).

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad (6)$$

Penurunan Persamaan (5) - (6), didasarkan pada asumsi: (1) aliran berupa aliran 1 dimensi (2) tekanan yang bekerja adalah tekanan hidrostatis (3) nilai cosinus pada dasar saluran mendekati tak berhingga, dan (4) kekasaran dasar saluran diperlakukan sama dengan aliran tetap.

Nilai kemiringan energi S_f dapat diturunkan menggunakan rumusan Manning untuk aliran tetap yang ditunjukkan pada Persamaan (7).

$$S_f = n \frac{Q|U|}{AR^{4/3}} \quad (7)$$

Karena nilai Q dapat bernilai negatif atau positif, maka nilai kecepatan mutlak akan menunjukkan arah dari aliran dan memastikan gaya gesek senantiasa berlawanan dengan arah aliran. Untuk nilai koefisien kekasaran Manning pada studi kali ini diambil 0,2 berdasarkan nilai koefisien Manning untuk pasangan batu menurut SWMM diantara 0,04-0,4 bergantung terhadap kecuraman dan kondisi saluran.

Persamaan kontinuitas dan momentum pada Persamaan (7) kemudian diformulasikan untuk mendapatkan rumusan persamaan momentum untuk conduit, sebagai berikut:

Nilai $\partial(Q^2 / A) / \partial x$ dalam Persamaan (6) dapat dituliskan ke dalam Persamaan (8).

$$\frac{\partial(Q^2 / A)}{\partial x} = \frac{\partial(U^2 A)}{\partial x} = 2AU \frac{\partial U}{\partial x} + U^2 \frac{\partial A}{\partial x} \quad (8)$$

Dengan menggunakan $Q=UA$, Persamaan (5) dapat dituliskan sebagai Persamaan (9).

$$\frac{\partial A}{\partial t} + A \frac{\partial U}{\partial x} + U \frac{\partial A}{\partial x} = 0 \quad (9)$$

Apabila persamaan (9) dikalikan dengan U pada kedua sisinya, maka dapat dituliskan menjadi Persamaan (10).

$$AU \frac{\partial A}{\partial x} = -U \frac{\partial A}{\partial t} - U^2 \frac{\partial A}{\partial x} \quad (10)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan (10) kedalam sisi kanan Persamaan (8) akan menghasilkan Persamaan (11)

$$\frac{\partial(Q^2 / A)}{\partial x} = -2U \frac{\partial A}{\partial t} - U^2 \frac{\partial A}{\partial x} \quad (11)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan (11) kedalam Persamaan (6), maka akan didapatkan hasil akhir yang dituliskan sebagai Persamaan (12).

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = 2U \frac{\partial A}{\partial t} + U^2 \frac{\partial A}{\partial x} - gA \frac{\partial H}{\partial x} - gAS_f \quad (12)$$

Pada penggunaan persamaan St. Venant tersebut, untuk mereduksi osilasi yang terjadi pada diskritisasi numerik, digunakan persamaan Courant-Friedrichs-Lewy (CFL) yang ditunjukkan pada Persamaan (13).

$$\Delta t \leq \frac{L}{|U + c|} \quad (13)$$

Dimana c merupakan kecepatan gelombang seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (14).

$$c = \sqrt{gA/W} \quad (14)$$

Sehingga formulasi ekuivalen dari kondisi tersebut dapat dituliskan pada Persamaan (15).

$$\Delta t \leq \frac{L}{|U|} \left(\frac{Fr}{1 + Fr} \right) Cr \quad (15)$$

Dimana Fr merupakan angka Froude aliran dan Cr adalah angka Courant. Pada pemodelan selanjutnya dibutuhkan justifikasi parameter diatas untuk menentukan bagaimana model konservatif ($Cr < 1$) atau non-konservatif ($Cr > 1$) harus dapat diterapkan dalam kondisi CFL ($Cr = 1$).

Dalam pemodelan menggunakan SWMM, terdapat hal-hal yang harus diperhatikan dan dilakukan pengecekan model secara berkala dengan menggunakan kriteria sbb:

- 1) Aliran harus bernilai positif
- 2) Conduit tidak dalam kondisi penuh
- 3) Conduit tidak mengalami kondisi kritis (misalnya kering pada bagian hulu atau hilir)

- 4) Kemiringan permukaan air kurang dari kemiringan conduit atau nilai Froude pada bagian hulu lebih dari 1.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan identifikais pos curah hujan terdekat, diperoleh data hujan dari stasiun BMKG 32732501a Cibiru yang terletak pada koordinat 6,92421° LS dan 107,71267° BT dengan data menerus dari tahun 2005-2016 (Tabel 1). Terlihat bahwa hujan terbesar terjadi pada tahun 2009 khususnya pada bulan Maret sebesar 139 mm/hari. Sementara itu nilai rata-rata hujan maksimal tahunan selalu berada diatas 50 mm yang terjadi pada bulan Desember sampai Maret tiap tahunnya.

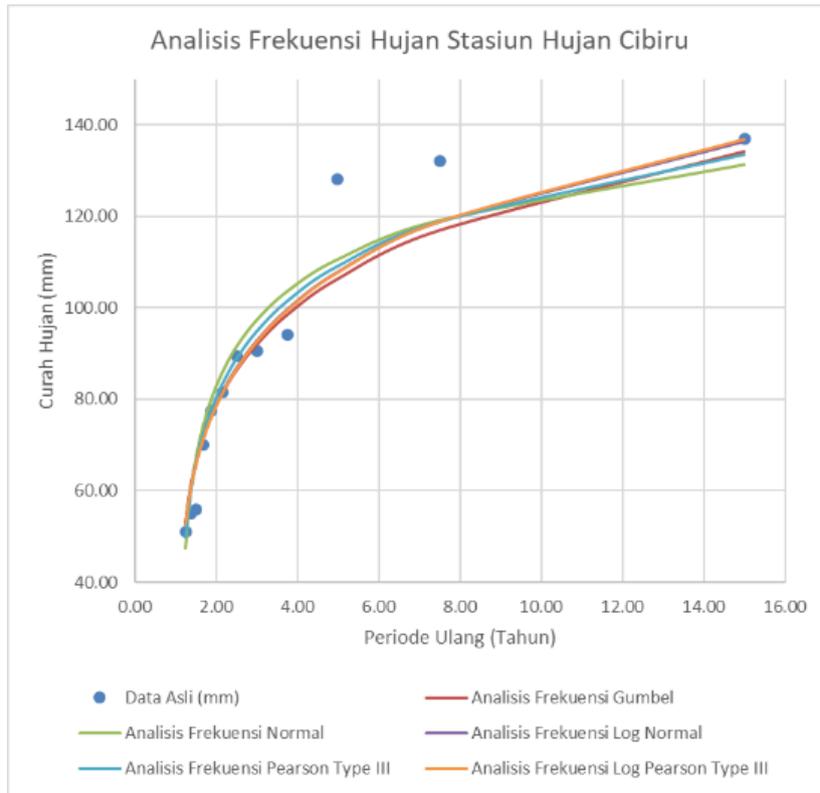
Tabel 1 Data Stasiun Hujan BMKG Cibiru

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sept	Okt	Nop	Des	Maks
2005	51	81,5	90,5	41,5	0	21,5	32	25	12	50,5	23,5	46,5	90,5
2006	38,5	46	24,5	51	27	0	17	0	0	0	0	0	51
2007	57,5	57,5	0	46	35,5	20,5	18	0	0	41,5	44	81,5	81,5
2008	50	35	54	53	24	17	2	29,5	31	89,5	62	84	89,5
2009	30	81	137	70	51	71	6,5	0	8	32	33	61	137
2010	70	61	66	48	41	59	50	24,5	94	42	77	51	94
2011	11	12	38	56	35	23	23,5	0	10,5	28	42	50	56
2012	55	38	46	53	33	41	0	2,5	38	28	48	52	55
2013	48	55	58	52	42	31	25	19	9,5	38	30	70	70
2014	132	16,5	108,5	61	5,5	50	47,5	6	17,5	14	36	74,5	132
2015	24	61	59,5	54,5	77,5	0	0	0	2,5	25	40	55	77,5
2016	60	95	74	81	33	128	75	15	46	70	72	41,5	128

Guna mendapatkan nilai hujan rancangan, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis frekuensi dengan sebaran Normal, Log Normal, Gumbel, Pearson Tipe III, Log Pearson Tipe III. Sebaran-sebaran tersebut dipilih karena merupakan sebaran yang umum terjadi di wilayah Indonesia. Hasil dari analisis ini menunjukkan sebaran untuk distribusi normal secara umum memiliki nilai tertinggi dibanding dengan empat metode lainnya hingga periode ulang 7,5 tahun. Namun pada periode ulang 15 tahun, distribusi Log Pearson III memiliki nilai tertinggi, sementara distribusi normal menjadi yang terendah. Secara lengkap hasil dari perhitungan ditunjukkan pada Tabel 2 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Frekuensi

T (tahun)	Data Asli (mm)	Analisis Frekuensi				
		Gumbel	Normal	Log Normal	Pearson Type III	Log Pearson Type III
15,00	137,00	134,17	131,37	136,46	133,57	136,80
7,50	132,00	116,92	119,16	118,82	118,90	118,83
5,00	128,00	106,34	110,62	107,87	109,19	107,74
3,75	94,00	98,42	103,59	99,60	101,51	99,42
3,00	90,50	91,91	97,30	92,75	94,89	92,55
2,50	89,50	86,21	91,40	86,74	88,87	86,54
2,14	81,50	81,00	85,61	81,24	83,16	81,04
1,88	77,50	76,03	79,73	76,00	77,56	75,83
1,67	70,00	71,11	73,52	70,84	71,84	70,71
1,50	56,00	65,99	66,65	65,53	65,75	65,46
1,36	55,00	60,27	58,48	59,73	58,82	59,73
1,25	51,00	52,88	47,33	52,64	49,92	52,75



Gambar 2 Analisis Frekuensi Hujan St. Cibiru

Selanjutnya, masing-masing sebaran tersebut kemudian diuji kemencengannya dengan menggunakan rumusan Kolmogorov-Smirnov dan Chi-Square, Sifat Khas dan *error* untuk menentukan pola distribusi yang dipilih, diperoleh hasil bahwa distribusi Log Pearson Tipe III lolos ketiga uji tersebut dengan nilai *error* 3. Secara lengkap hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Uji *Error* Pola Distribusi

Metode	Kolmogorov-Smirnov	Chi-Square	Sifat Khas	Error*
Gumbel	DITOLAK	DITERIMA	DITOLAK	5
Normal	DITERIMA	DITERIMA	DITOLAK	4
Log Normal	DITERIMA	DITERIMA	DITOLAK	2
Pearson Tipe III	DITERIMA	DITERIMA	DITOLAK	1
Log Pearson Tipe III	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	3

Berdasarkan uji pola distribusi tersebut, didapatkan untuk curah hujan pola distribusi Log Pearson tipe III dengan masing-masing periode ulang 83,74 mm; 111,73 mm; 130,10 mm; 153,18 mm; 170,32 mm; 187,43 mm; 204,66 mm dan 245,58 mm untuk masing-masing periode ulang 2, 5 10, 25, 50, 100, 200 dan 1000 tahun.

Dengan asumsi hujan merata terjadi selama 4 jam, maka untuk nilai periode ulang 10 tahun (yang umum digunakan sebagai R_{desain} drainase perkotaan), didapat intensitasnya adalah 32,52 mm/jam. Dimana berdasarkan intensitas hujan yang dikeluarkan oleh BMKG termasuk kedalam hujan sangat lebat karena bernilai lebih dari 20 mm (Tabel 4).

Tabel 4. Intensitas Curah Hujan

Jenis Hujan	Intensitas Hujan (mm)	
	1 jam	24 jam
Hujan sangat ringan	< 1	< 5
Hujan ringan	1-5	5-20
Hujan normal/sedang	5-10	20-50
Hujan lebat	10-20	50-100
Hujan sangat lebat	> 20	> 100

Sumber: BMKG

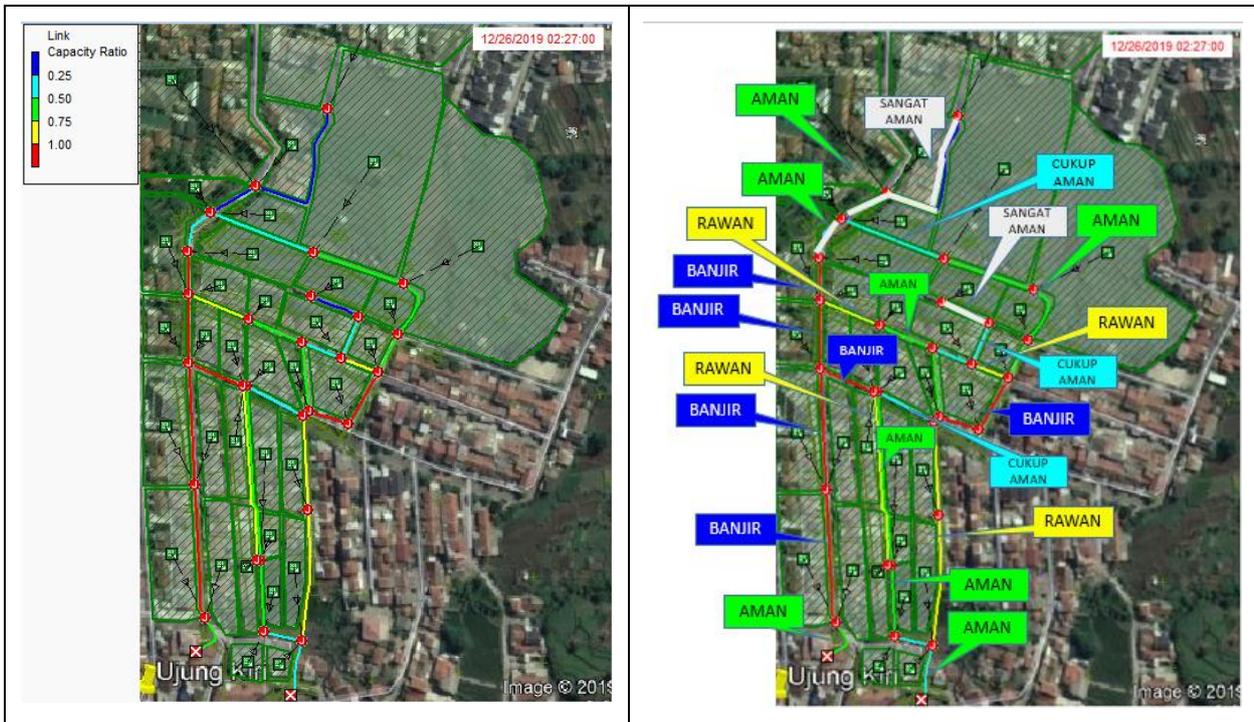
Guna mendapatkan perilaku hidraulik, maka pemodelan saluran digunakan SWMM dengan beberapa asumsi sebagai berikut:

- Koefisien kekasaran manning saluran pasangan batu = 0,2 (Nilai koefisien manning untuk pasangan batu menurut SWMM diantara 0,04-0,4 bergantung terhadap kecuraman dan kondisi saluran). Hasil survei menunjukkan bahwa saluran tergolong curam dengan asumsi kondisi saluran buruk.
- Nilai *Impervious Area* pada masing-masing *sub catchment* 90%
- Nilai *SCS Curve Number* untuk Metode Infiltrasi untuk masing-masing *sub catchment* 90

dimana:

- 1) *Node Water Depth* adalah titik tinjauan ketinggian muka air
- 2) *Link Capacity Ratio* adalah perbandingan antara Volume Air akibat *Inflow* dari Curah Hujan dibagi dengan Volume Tampung atau $\frac{Vol.Inflow\ dari\ Hujan}{Vol.Tampung}$
- 3) *Subbasin Rainfall Rate* adalah curah hujan yang turun kedalam area

Dalam pemodelan ini, node dengan penanda lingkaran berwarna merah merupakan node terjadinya banjir, sedangkan untuk saluran berwarna merah merupakan saluran yang banjir (terlampaui kapasitasnya). Sementara itu node dan saluran warna kuning menunjukkan bahwa kondisi bangunan dan saluran dalam kondisi rawan meluap. Node dan saluran berwarna hijau menunjukkan kapasitas saluran maupun pertemuan saluran memiliki kapasitas mencukupi untuk menampung beban drainase, sementara warna putih menunjukkan bahwa kapasitas bangunan maupun saluran sangat aman (Gambar 3). Simulasi hujan dilakukan selama 4 jam secara merata, dari jam ke-0, kemudian terjadi hujan pada jam ke-1 hingga ke-4 untuk melihat kapasitas bangunan dan saluran yang ada.



Gambar 3. Pemodelan Hidraulik Kondisi Eksisting

Berdasarkan pemodelan tersebut, dapat disimpulkan bahwa dalam kondisi eksisting, banjir terjadi hampir merata pada seluruh ruas saluran drainase, dengan peta rawan banjir spasial dari daerah studi secara detail seperti terlihat pada Gambar 3, dan dapat dikelompokkan menjadi 8 (delapan) ruas banjir yang kemudian diberi nama ST.1 sampai dengan ST.8 seperti pada Gambar 4.



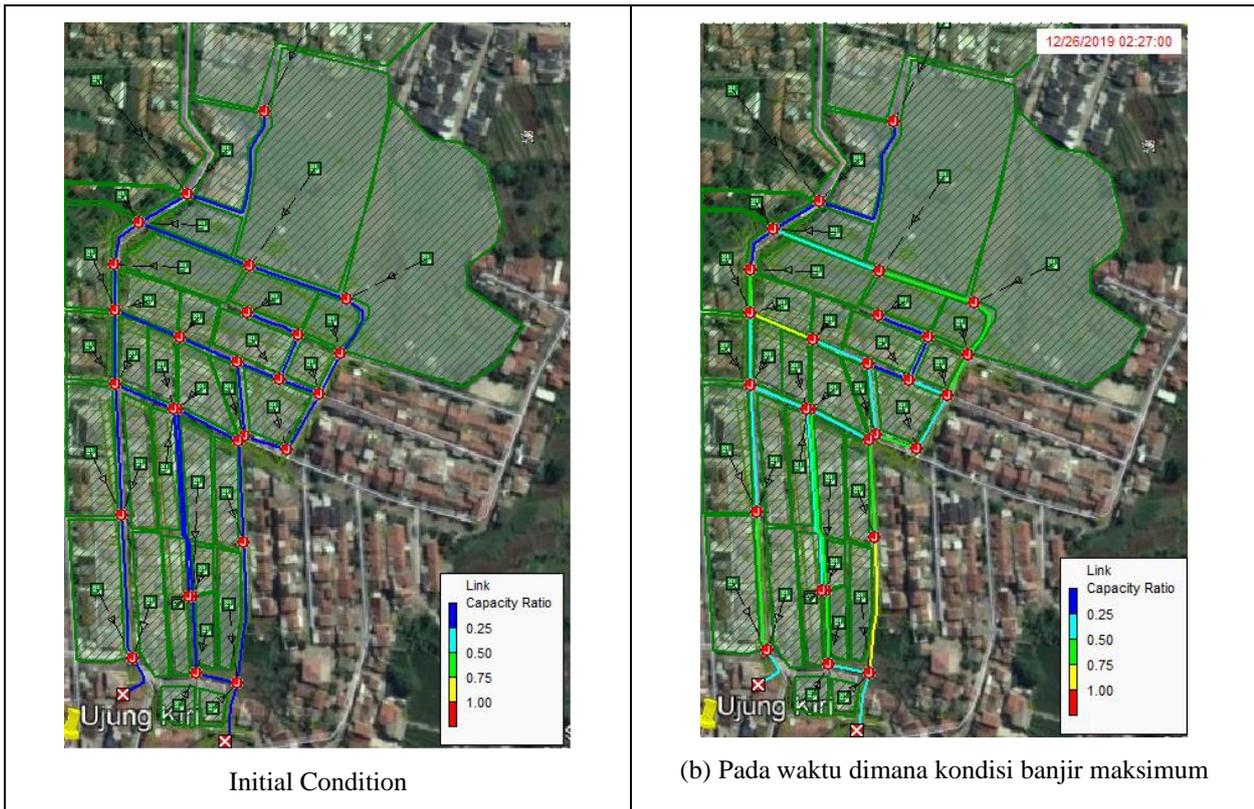
Gambar 4 Pembagian Ruas Banjir

Tahapan selanjutnya adalah melakukan rekayasa dengan memperdalam serta memperlebar dimensi saluran pada bagian yang terjadi banjir yang disesuaikan dengan ketersediaan material saluran drainase beton *precast*, dengan kondisi yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 4 Data Desain Rehabilitasi Saluran Drainase Kompleks Griya Winaya

Ruas	Panjang Saluran (m)	Dimensi Drainase Eksisting		Pelebaran Saluran Rencana	Kedalaman Air Maksimum di saluran (m)	Freeboard Dimensi Rencana (m)	Dalam saluran minimum (m)	Dimensi Rencana	
		Kedalaman (m)	Lebar (m)	Lebar (m)				Kedalaman (m)	Lebar (m)
ST.1	36,18	0,65	0,65	0,90	0,41	0,30	0,71	1,00	0,80
ST.2	30,32	0,47	0,25	0,70	0,27	0,30	0,57	0,80	0,60
ST.3	30,73	0,85	0,9	1,20	0,47	0,30	0,77	1,00	1,00
ST.4	21,85	0,64	0,64	0,90	0,64	0,30	0,94	1,00	1,00
ST.5	91,91	0,50	0,50	0,60	0,45	0,30	0,75	0,80	0,60
ST.6	63,15	0,47	0,45	0,70	0,35	0,30	0,65	1,00	0,80
ST.7	69,68	0,47	0,40	0,70	0,60	0,30	0,90	1,00	0,80
ST.8	24,13	0,52	0,40	0,70	0,37	0,30	0,67	1,00	0,80

Setelah dilakukan normalisasi saluran drainase, pemodelan kemudian disimulasikan kembali dari jam ke-0, lalu ada hujan pada jam ke-1 hingga ke-2, diakhiri pada jam ke-4. Dapat dilihat pula bahwa sistem drainase tidak mengalami kondisi banjir pada seluruh ruas saluran seperti terlihat dari Gambar 5.



Gambar 5. Kondisi setelah Rekayasa

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan hujan maksimum pada kawasan Cibiru terjadi pada bulan Maret 2009, dengan pola distribusi hujan Log Pearson tipe III. Berdasarkan hasil pemodelan yang dilakukan, maka kondisi saluran drainase eksisting mengalami luapan pada ST 1, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8, dengan rasio kapasitas saluran lebih dari 1. Kemudian, setelah dilakukan rasionalisasi dimensi hingga 100%, wilayah tersebut tidak mengalami banjir.

Namun, pemodelan SWMM tersebut belum mempertimbangkan aspek kecepatan aliran yang mungkin dapat mempengaruhi hidrodinamika aliran dan mengakibatkan kerusakan pada infrastruktur saluran tersebut. Hal lain, karena penanganan genangan ini bersifat spasial, maka daerah tangkapan lain belum diakomodasi. Sehingga, apabila pada bagian hulu Kompleks Griya Winaya melakukan rekayasa drainase, ada kemungkinan lokasi ini akan terimbas genangan lagi.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai dengan anggaran Pengmas Internal Unjani Tahun 2019 Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Universitas Jenderal Achmad Yani-Cimahi.

Daftar Notasi

Analisis Hidrologi :

- P(x) = probabilitas terjadinya kejadian yang sama besar atau terlampaui dari x
- T = periode ulang rencana (tahun)
- x_T = tinggi curah hujan rencana dengan periode ulang T tahun (mm)
- \bar{x} = rata-rata tinggi hujan dari seri data yang ada (mm)
- k = koefisien yang bergantung dari jenis distribusi seri data
- s = standar deviasi tinggi curah hujan dari seri data yang ada
- X = parameter *chi square* terhitung
- K = jumlah sub kelompok
- O_i = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i
- E_i = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i
- D_n = jarak vertical maksimum antara pengamatan dan teoritisnya
- Po(x) = probabilitas dari teoritisnya

Analisis Hidraulika:

- x = jarak (m)
t = waktu (detik)
A = luas penampang melintang (m^2)
Q = debit (m^3/det)
H = tinggi hidraulik air pada conduit ($Z+Y$) (m)
Z = elevasi inlet conduit (m)
Y = kedalaman air pada conduit (m)barco
Sf = kemiringan garis energi (kehilangan energi per unit Panjang)
g = percepatan gravitasi (m/det^2)
n = koefisien kekasaran Manning ($det/m^{1/3}$)
R = jari-jari hidraulik potongan melintang (m)
U = kecepatan aliran, sama dengan Q/A (m/det)

Daftar Pustaka

- Barco, J., Wong, K. M., & Stenstrom, a. M. (2008, April). Automatic Calibration of the U.S EPA SWMM Model for a Large Urban Catchment. *Journal of Hydraulics Engineering*, 134(4), 466-474. Diunduh 10 Maret 2020, dari [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2008\)134:4\(466\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2008)134:4(466))
- Indrawati, D. (2014). Analisis Pemilihan Bangunan Drainase Pengendali Banjir pada Sebuah DAS. *Ultimate*, 40-47.
- Rossman, L. A. (2017). *Storm Water Management Model Reference Manual Volume II - Hydraulics*. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency. Diunduh 10 Maret 2020 dari <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100P2NY.PDF?Dockey=P100P2NY.PDF>
- Rosyidie, A. (2013). Banjir: Fakta dan Dampaknya, serta Pengaruh dari Perubahan Guna Lahan. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 241-249.
- Sulfandi. (2016). Studi Pengaruh Perubahan Tataguna Lahan di DAS Mamasa terhadap Usia Guna Waduk PLTA Bakaru. *Teknik Pengairan UB*, 7(1), 139-149. Diunduh 10 Maret 2020, dari <https://jurnalpengairan.ub.ac.id/index.php/jtp/article/download/288/260>

Desain dan Realisasi Antena Mikrostrip Patch Rectangular Array dengan Slit pada Frekuensi 2620-2690 MHz untuk Aplikasi LTE

Hanny Madiawati¹, dan Asep Barnas Simanjuntak²

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Indonesia

¹hannymadiawati@polban.ac.id, ²absimanjuntak@polban.ac.id

Abstrak

LTE (*Long Term Evolution*) adalah teknologi komunikasi *wireless* generasi keempat yang digunakan oleh mayoritas masyarakat. Untuk mendukung implementasi LTE ini dibutuhkan sebuah perangkat antena yang handal dan memiliki *bandwidth* yang lebar. Dalam beberapa tahun terakhir, permintaan untuk antena *compact*, *low profile*, dan *broadband* antena telah meningkat secara signifikan. Antena mikrostrip merupakan jenis antena yang digunakan. Antena mikrostrip ini dapat dibuat lebih kecil dengan menggunakan teknik miniaturisasi, seperti memodifikasi geometri antena dengan menggunakan slot. Antena mikrostrip dengan slot memiliki potensi memiliki *bandwidth* yang lebar dan teknik *array* antena untuk meningkatkan *gain* yang menunjang untuk kebutuhan aplikasi LTE. Oleh sebab itu, tujuan dari penelitian ini adalah dilakukan desain dan realisasi antena mikrostrip *array 4 patch* dengan slot yang digunakan pada aplikasi LTE. Pada penelitian ini telah menghasilkan antena yang bekerja pada *band* frekuensi 2608-2701 MHz, *bandwidth* 93 MHz dan *gain* sebesar 7,24 dB. Antena ini pun mengalami peningkatan *gain* sebesar 4.826 dB dari *single element* dan mengalami reduksi antena sebesar 0,12%.

Kata kunci: antena, mikrostrip, *array*, slot, LTE

Abstract

LTE (*Long Term Evolution*) is a fourth generation wireless communication technology that is currently used by many people. To support the implementation of LTE, we need a reliable antenna and wide bandwidth. In recent years, the demand for compact antennas, low profile and broadband antennas has increased significantly. One type of antennas used is a microstrip antenna. Microstrip antennas can be made smaller by using miniaturization techniques, such as modifying antenna geometry using slots. Microstrip antenna with slots has potential to have a wide bandwidth and antenna array technique to increase gain which support the needs of LTE. Therefore, the aim of this research is the design and realization of 4 patch microstrip array antennas with slots for LTE application. This antenna is obtained to work on the frequency band 2608 – 2701 MHz, bandwidth 93 MHz at 10 dB return loss and gain of 7,24 dB. This antenna obtained an increase in gain of 4,826 dB from single element and the antenna reduction of 0,12%.

Keywords: antenna, microstrip, array, slot, LTE

1. Pendahuluan

Untuk memberikan layanan komunikasi *mobile* dikembangkanlah teknologi *Global System for Mobile* atau GSM yang merupakan sistem komunikasi bergerak yang bekerja secara digital. Generasi berikutnya adalah *Third Generation* atau 3G yang diwakili oleh *Universal Mobile Telecommunication Systems* atau UMTS. Pada generasi ini frekuensi *uplink* dan *downlink* dibedakan seperti untuk frekuensi *downlink* 2120-2170 MHz dan *uplink* dengan frekuensi 1920-1980 MHz pada band ke-1 (Ian, 2017). Setelah itu berkembang jaringan *Fourth Generation* atau 4G, dengan nama *Long Term Evolution* atau LTE (Fauzi, Harly, & Hanrais, 2012). Pada generasi ini frekuensi *uplink* dan *downlink* dibedakan seperti untuk frekuensi *downlink* 2620-2690 MHz dan *uplink* dengan frekuensi 2500-2570 MHz pada band ke-7 (Ian, 2017). Untuk mendukung implementasi LTE dibutuhkan sebuah alat atau perangkat yang dapat mengirim sinyal gelombang radio sebagai *transmitter* dan juga menangkap gelombang tersebut sebagai *receiver* yaitu antena. Dengan penyebaran teknologi telekomunikasi dalam beberapa tahun terakhir, permintaan untuk antena *compact*, *low profile*, dan *broadband* antena telah meningkat secara signifikan (Peng, Xie, & Sun, 2016). Jenis antena yang memenuhi permintaan tersebut adalah jenis antena mikrostrip. Antena mikrostrip dapat dipakai untuk perangkat telekomunikasi karena memiliki fitur yang menarik seperti, *low profile*, fleksibel, ringan, dan mudah fabrikasi (Sharma & Kanaujia, 2013).

Ukuran antena mikrostrip yang berada pada band UHF (*Ultra High Frequency*) cukup besar karena panjang resonansi berbanding terbalik dengan frekuensi (Sharma & Kanaujia, 2013). Oleh karena itu untuk mendesain antena yang lebih kecil, maka antena mikrostrip konvensional perlu dimodifikasi. Antena mikrostrip dapat dibuat lebih kecil dengan menggunakan teknik miniaturisasi, seperti menggunakan permitivitas tinggi ataupun memodifikasi geometri antena seperti menggunakan slot. Kelebihan antena mikrostrip dengan slot memiliki potensi memiliki *bandwidth* yang lebar (Peng, Xie, & Sun, 2016). Terdapat beberapa bentuk dan penempatan slot yang

Info Makalah:

Dikirim : 08-27-20;

Revisi 1 : 09-15-20;

Revisi 2 : 09-24-20;

Diterima : 09-25-20.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-878-2273-0597

e-mail : hannymadiawati@polban.ac.id

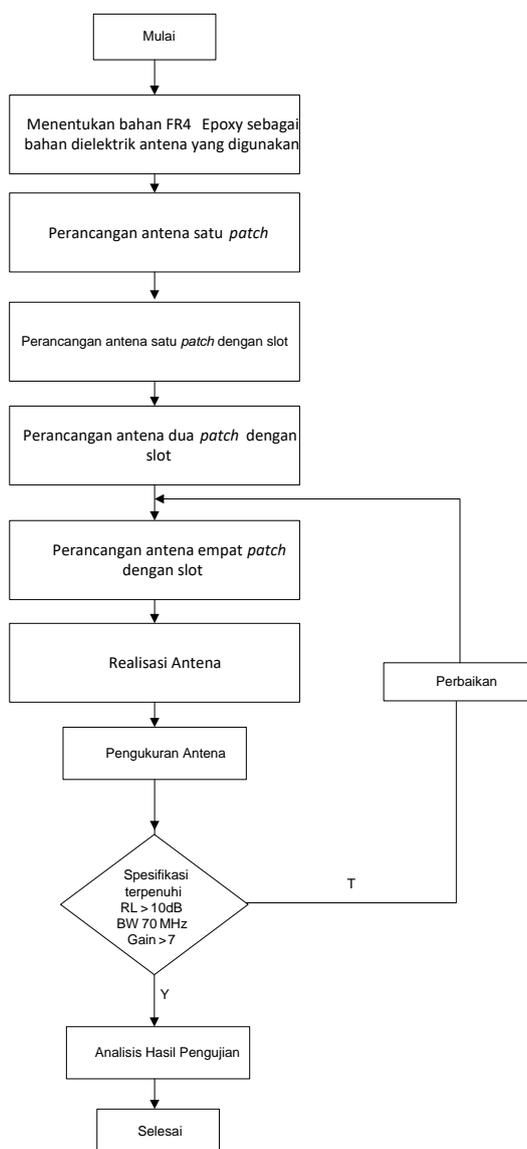
berbeda-beda, seperti U-Slot, rectangular slot, dan H-Slot. Pengaruh pemberian slot dapat mereduksi ukuran antena dan memperlebar *bandwidth*, akan tetapi untuk membuatnya menjadi *array* akan sulit proses desainnya untuk mendapatkan *gain* yang lebih besar.

Sekarang ini dikarenakan perangkat telekomunikasi sangat memperhatikan ukuran dan bentuk maka antena mikrostrip merupakan jenis antena yang banyak dikembangkan dalam berbagai aplikasi. Perancangan antena mikrostrip mempunyai perbedaan dari frekuensi kerja, jumlah *patch*, bentuk *patch*, dan penempatan slot (Sharma & Kanaujia, 2013) (Kumar, Malathi, & Ganesh, 2007) (Pontoon, 2011). Pada penelitian ini telah didesain dan direalisasikan antena mikrostrip *rectangular array* 4 *patch* dengan slot pada frekuensi 2608-2701 MHz. Karena pada penelitian sebelumnya belum sampai pada 4 *patch* dan nilai *gain* masih rendah (Septayadi, 2018).

Penelitian ini bertujuan melakukan simulasi pengukuran desain antena mikrostrip *patch rectangular array* dengan slot pada band frekuensi 2620 - 2690 MHz untuk aplikasi LTE. Teknik slot digunakan agar mendapatkan *bandwidth* yang lebih besar dan teknik *array* digunakan agar mendapatkan *gain* yang lebih besar pula. Kedua, melakukan realisasi antena dengan menggunakan *substrat FR-4 epoxy*. Ketiga, mengukur parameter yang telah ditentukan sesuai spesifikasi dan melakukan perbandingan dari pengukuran dan hasil simulasi.

2. Metode

Perancangan antena mikrostrip *array* berbentuk *rectangular* dengan slot pada band frekuensi 2620 – 2690 MHz untuk aplikasi LTE beberapa tahapan sudah dilakukan, ini memiliki tujuan agar perancangan dan realisasi secara sistematis dapat dilakukan. Tahap-tahap perancangan dan realisasi antena yang telah dilakukan dijelaskan dengan *flowchart* yang ditunjukkan pada Gambar 1.



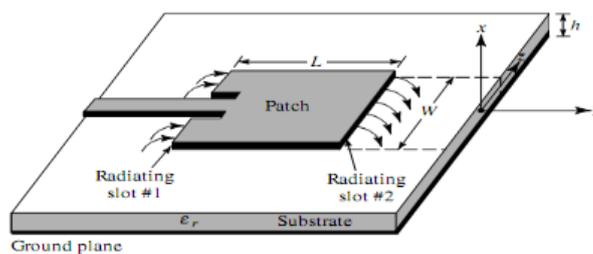
Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

Teknologi Jaringan Long Term Evolution (LTE)

LTE adalah standar komunikasi data nirkabel dengan berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA (Gemiharto, 2015), (Indah & Manuaba, 2018). Namun terdapat pemisahan *spectrum* frekuensi dalam pengoperasiannya. Pada generasi ini frekuensi *uplink* dan *downlink* dibedakan seperti untuk frekuensi *downlink* 2620-2690 MHz dan *uplink* dengan frekuensi 2500-2570 MHz pada band ke-7 (Ian, 2017), (Sofyan, 2017). LTE merupakan jaringan All-IP namun GSM/EDGE dan UMTS merupakan jaringan *circuit switch*, oleh karena itu diharapkan dengan tingginya kecepatan pengiriman data LTE fungsi dari jaringan *circuit switch* dapat digantikan. Yakni pemanfaatan aplikasi *over the top* sebagai penyedia layanan telepon bagi LTE . Kemunculan 4G LTE merupakan penanda berkembang nya LTE, dengan menawarkan kecepatan *downlink* hingga 300 Mbps dan *uplink* 75 Mbps (Hakim, 2016), (Mardian, Agoes, & Riffany, 2018) masyarakat dapat lebih menikmati mudah nya komunikasi mobile jarak jauh melalui aplikasi tatap muka yang lebih interaktif seperti *video call*, *teleconference*, *video stream* dan komunikasi interaktif lainnya.

Antena Mikrostrip

Untuk Struktur antena mikrostrip terdiri dari konduktor metal disebut *patch* yang menempel pada material *substrat* dielektrik dan disertai *ground plane* (Samsul, 2015), (Atmaja, 2020). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 struktur antena terdiri dari patch yang tipis ($t \ll \lambda_0$), dimana λ_0 adalah panjang gelombang di ruang bebas. Tebal *substrat*, $h \ll \lambda_0$ (biasanya $0,003 \lambda_0 = h = 0,05 \lambda_0$). Dengan struktur yang disebutkan tersebut antena mikrostrip memiliki keunggulan massa yang ringan, mudah dipabrikasi dan dapat di install pada hampir semua bentuk permukaan dan dimensi ruang (Balanis, 2015). Keunggulan-keunggulan tersebut mendukung antena mikrostrip untuk diintegrasikan dengan perangkat telekomunikasi dengan berbagai ukuran seperti *mobile phone* (Alam & Nugroho, 2018). Perkembangan antena mikrostrip juga didukung oleh ketersediaan *substrat* dengan sifat rugi-rugi disipasi yang semakin kecil dan perkembangan teknik simulasi dan komputasi dalam mendesain serta menganalisis kinerja antena.



Gambar 2. Struktur Antena Mikrostrip (Balanis, 2015)

Antena Mikrostrip Dengan Slot

Dengan menambahkan slot pada *patch* peradiasi antena mikrostrip, *bandwidth* yang ditingkatkan dengan mereduksi dimensi antena dapat diperoleh (Wong, 2002). Terdapat beberapa metoda untuk meningkatkan *bandwidth*, seperti menggunakan *substrat* yang tebal, konstanta dielektrik yang rendah, dan penggunaan slot. Antena mikrostrip slot memiliki potensi untuk meningkatkan *bandwidth*. Namun, *bandwidth* dan dimensi antena pada umumnya memiliki sifat yang bertentangan yaitu peningkatan salah satu parameter akan mengakibatkan penurunan parameter yang lain (Peng, Xie, & Sun, 2016). Jika dimensi antena menurun maka akan mempengaruhi semua parameter antena. Dimensi antena dapat tereduksi dengan menambahkan slot di sepanjang lintasan resonansi *patch*. Dengan adanya slot, maka akan memaksa arus untuk merambat dari ujung satu ke ujung lainnya dengan lintasan yang lebih panjang (Kumar, Malathi, & Ganesh, 2007).

Perancangan Antena

Berdasarkan spesifikasi pada Tabel 1 telah dirancang bentuk dan konstruksi antena *array* dengan slot berbasis mikrostrip 4 *patch* untuk aplikasi LTE.

Berikut spesifikasi teknis yang diinginkan dalam sistem ini:

Tabel 1. Spesifikasi Antena Mikrostrip Array

No	Keterangan	Antena Mikrostrip
1	Frekuensi, MHz	2620 MHz – 2690
2	Bandwidth, MHz	70
3	Return Loss, dB	≥ 10
4	Gain, dB	> 7
5	Pola Radiasi	Unidirectional

Substrat yang menjadi pilihan dalam penelitian ini adalah *FR4 Epoxy*. *Substrat* ini merupakan bahan yang populer dan mudah diperoleh di pasaran. Karakteristik *substrat FR4 Epoxy* yang digunakan ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Substrat *FR4 Epoxy* (Wurth, 2020)

No	Keterangan	Substrat <i>FR4 Epoxy</i>
1	Permitivitas relatif dielektrik (ϵ_r)	4,4
2	Ketebalan dielektrik (h), mm	1,6
3	Ketebalan konduktor (t), mm	0,035
4	<i>Tangent loss</i>	0,024

Beberapa tahap dilakukan dalam perancangan antena mikrostrip sebagai antena penerima ini, pertama ditentukan lebar (Wp) dari *patch* antena. Melalui Persamaan (1) dengan besar frekuensi 2655 MHz, maka diperoleh lebar *patch* antena sebesar 34,38 mm. Kemudian ditentukan panjang (Lp) *patch* antena melalui Persamaan (4) dan diperoleh sebesar 26,56 mm.

Persamaan dibawah ini digunakan untuk mendapatkan nilai W yaitu lebar *patch* dan L yaitu panjang *patch* (Balanis, 2015):

$$W = \frac{c}{2f} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{w}\right)^{-0.5} \quad (2)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{\text{eff}} + 0.3)(w/h + 0.264)}{(\epsilon_{\text{eff}} - 0.258)(w/h + 0.813)} \quad (3)$$

$$L = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} - 2\Delta L \quad (4)$$

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1}} \left(0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r}\right) \quad (5)$$

$$\frac{W}{h} = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \quad (6)$$

Dengan Persamaan 1 diperoleh nilai lebar *patch* (W) sebagai berikut:

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 655 \times 10^6} \sqrt{\frac{2}{4,4 + 1}} \quad (7)$$

$$W = 34,38 \text{ mm} \quad (8)$$

Dengan Persamaan 2 diperoleh nilai epsilon efektif (ϵ_{eff}) sebagai berikut:

$$\epsilon_{\text{eff}} = \frac{4,4 + 1}{2} + \frac{4,4 - 1}{2} \left(1 + \frac{12 \times 1,6}{34,38}\right)^{-0.5} \quad (9)$$

$$\epsilon_{\text{eff}} = 4,0617 \quad (10)$$

Setelah ϵ_{eff} diketahui berdasarkan Persamaan 3, maka:

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{\text{eff}} + 0.3)(w/h + 0.264)}{(\epsilon_{\text{eff}} - 0.258)(w/h + 0.813)} \quad (11)$$

$$\Delta L = 0.412 \times 1.6 \frac{(4,0617 + 0.3)(34,38/1,6 + 0.264)}{(4,0671 - 0.258)(34,38/1,6 + 0.813)} \quad (12)$$

$$\Delta L = 0,7372 \text{ mm} \quad (13)$$

Untuk mencari panjang *patch* (L) berdasarkan persamaan 4 diperoleh nilai sebagai berikut:

$$L = \frac{c}{2f_c \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}} - 2\Delta L \quad (14)$$

$$L = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 2655 \times 10^6 \sqrt{4,0671}} - 2 \times 0,7372 \quad (15)$$

$$L = 26,5556 \text{ mm} \quad (16)$$

Untuk mencari lebar saluran pencatu 50 Ω berdasarkan persamaan 5 dan 6 diperoleh nilai sebagai berikut:

$$A = \frac{50}{60} \sqrt{\frac{4,4+1}{2} + \frac{4,4-1}{4,4+1}} \left(0,23 + \frac{0,11}{4,4}\right) \quad (16)$$

$$A = 1,5298 \quad (17)$$

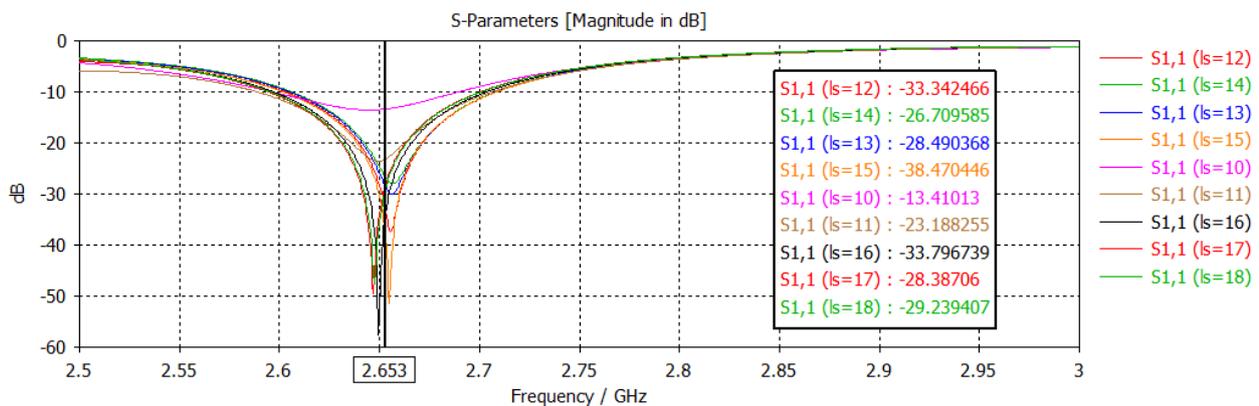
$$\frac{W}{1,6} = \frac{8^{e^{1,5298}}}{e^{2 \times 1,5298} - 2} \quad (18)$$

$$W = 3,0592 \text{ mm} \quad (19)$$

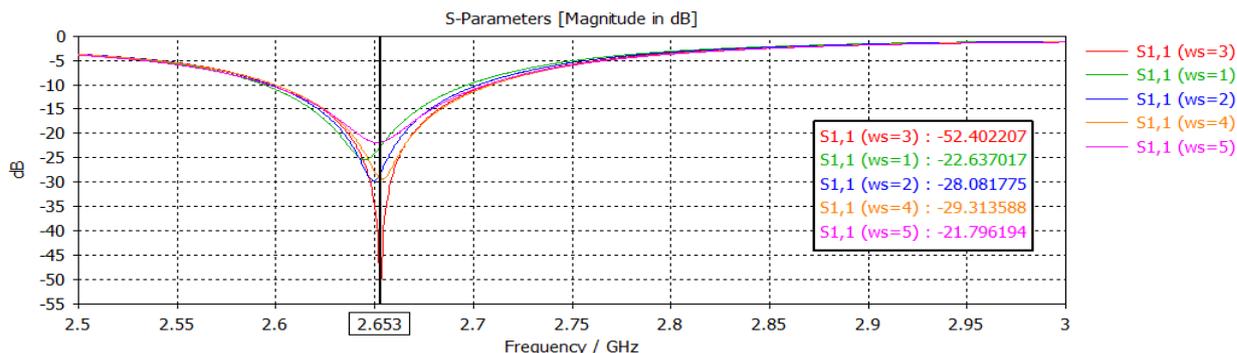
Tabel 3. Hasil Perhitungan Dimensi Antena

Parameter	Nilai (mm)
Lebar <i>patch</i> (W)	34,38
Panjang <i>patch</i> (L)	26,5556
Lebar saluran pencatu 50 Ω (W_f)	3,0592
Panjang saluran pencatu 50 Ω (L_f)	9,3445

Untuk besaran slot dilakukan beberapa percobaan dengan mengubah panjang slot dari 1mm hingga 3 mm dan lebar slot dari 11 mm hingga 15 mm.



Gambar 3. Grafik *Return Loss* terhadap Perubahan Panjang Slot (Ls)



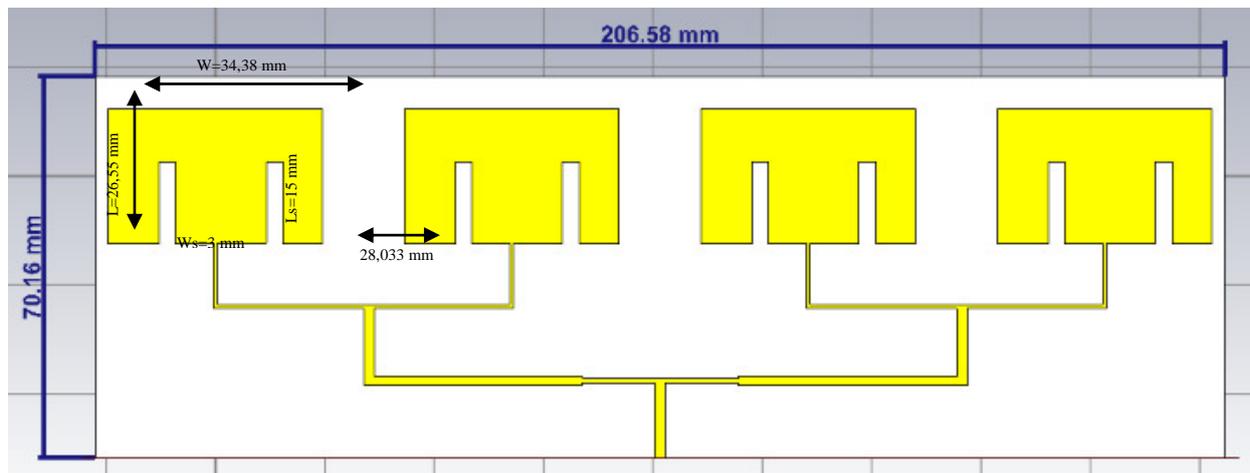
Gambar 4. Grafik *Return Loss* terhadap Perubahan Lebar Slot (*Ws*)

Dari hasil simulasi di atas, maka dipilih ukuran slot dengan lebar 3 mm dan panjang 15 mm.

3. Hasil dan Pembahasan

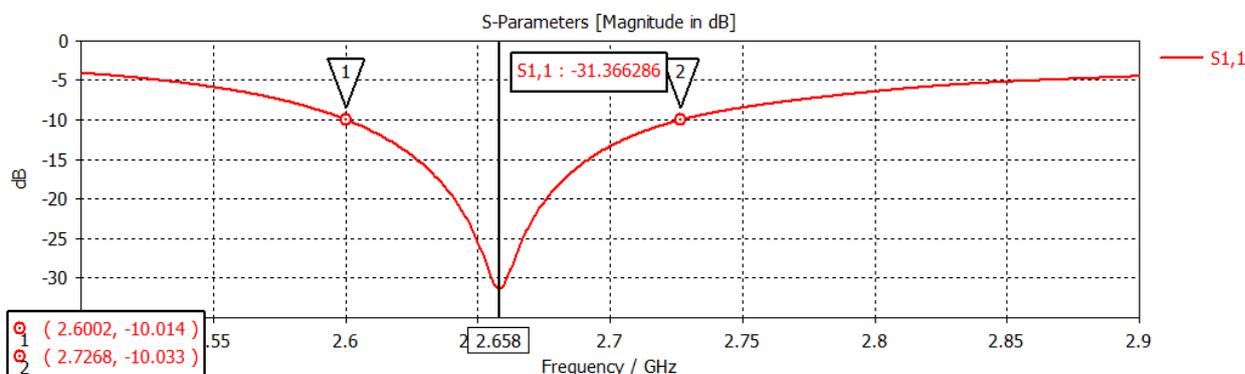
Hasil Simulasi Antena Mikrostrip

Dari hasil perhitungan, diperoleh desain antena *microstrip array* dengan slot 4 *patch* berbentuk *rectangular* menggunakan simulator seperti pada gambar dibawah. Untuk antena *array* ini menggunakan metoda transformator $\frac{1}{4}$ lamda untuk saluran pencatunya.



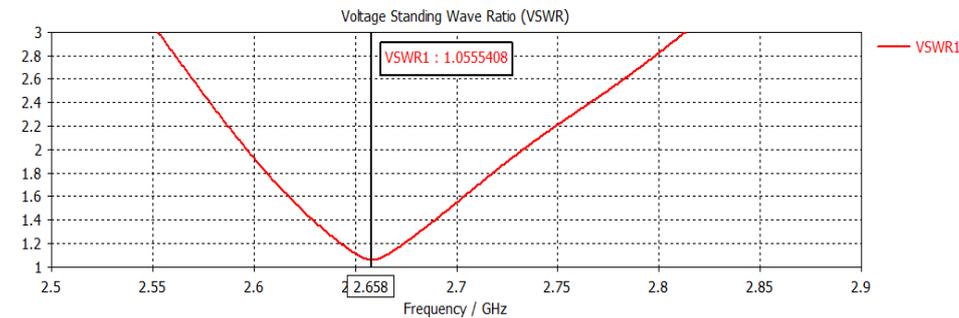
Gambar 5. Rancangan Antena Mikrostrip Slot *Array 4 Patch*

Pada hasil simulasi ini diperoleh dimensi antena yang sudah menggunakan slot sebesar 144,93 cm dan telah mengalami reduksi sebesar 0,12% dari antena konvensional sebesar 145,104 cm. Parameter yang diamati pada hasil simulasi ini yaitu *return loss*, *gain* dan pola radiasi antena mikrostrip bisa dilihat pada Gambar 6 dan 7. Parameter tersebut adalah tolak ukur dalam mengetahui kinerja antena sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.



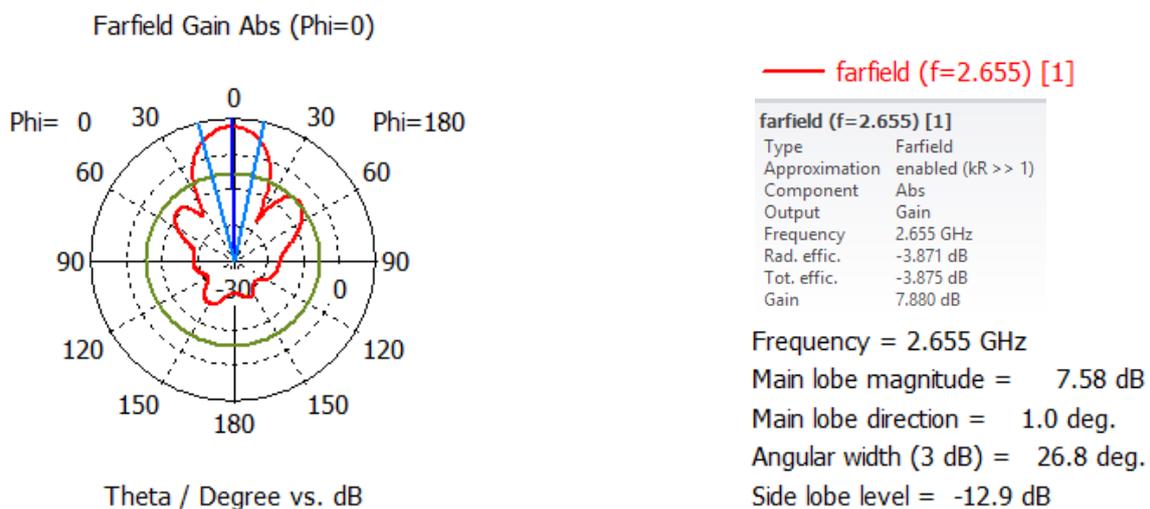
Gambar 6. *Return Loss* pada Simulator

Berdasarkan Gambar 6, hasil simulasi menunjukkan antena ini bekerja pada *band* frekuensi 2600-2726 MHz dengan *return loss* 31,38 dB pada frekuensi 2658 MHz dan telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Pada hasil simulasi ini dapat dilihat bahwa *bandwidth* yang diperoleh sebesar 126 MHz.



Gambar 7. Hasil Simulasi untuk VSWR

Berdasarkan Gambar 7, hasil simulasi menunjukkan antena ini bekerja pada 2658 MHz dengan nilai VSWR sebesar 1,05 dan telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.



Gambar 8. Simulasi *Radiation Pattern* dan *Gain*

Berdasarkan hasil simulator yang ditunjukkan pada Gambar 8, *gain* antena mikrostrip dengan slot 4 *patch* diperoleh sebesar 7,88 dB dan spesifikasi yang ditentukan sudah terpenuhi.

Hasil Pengukuran

Setelah memperoleh data simulasi karakteristik antena mikrostrip *array* 4 *patch* dengan slot ini, selanjutnya dilakukan realisasi antena dengan melakukan pencetakan dan kemudian dilakukan pengujian langsung dengan melakukan pengukuran *return loss*, pola radiasi dan *gain*. Berikut merupakan hasil pengujian parameter antena yang telah direalisasikan:

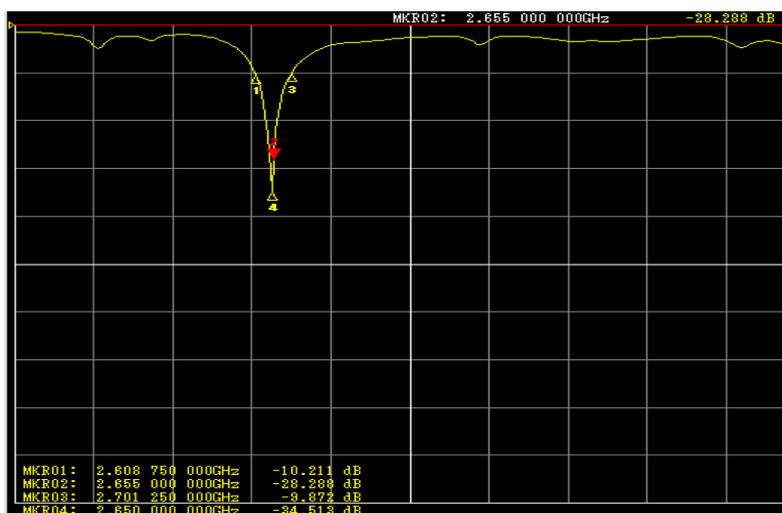


(a) Antena Tampak Depan



(b) Antena Tampak Belakang

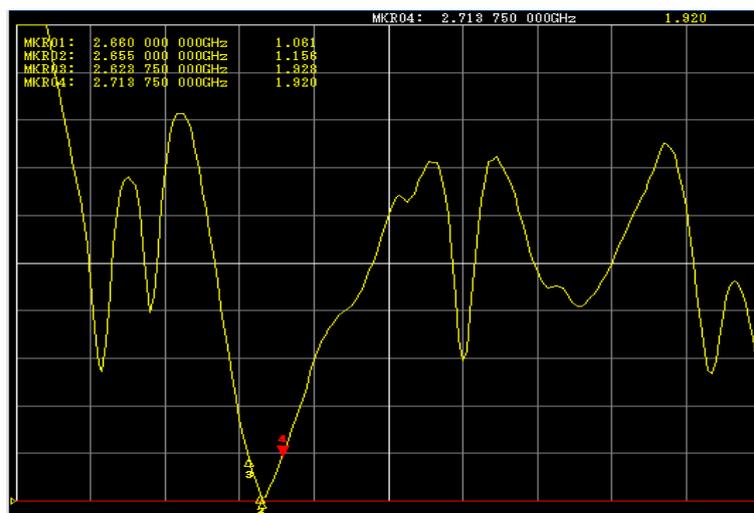
Gambar 9. Antena Mikrostrip Slot Array 4 Patch



Gambar 10. Return Loss Hasil Pengukuran

Gambar 9 menunjukkan antena mikrostrip slot array 4 patch dengan slot setelah dilakukan pencetakan dengan menggunakan bahan substrat FR4 Epoxy dan sudah dihubungkan dengan konektor SMA. Untuk Gambar 10 dan 11 menunjukkan hasil pengukuran parameter antena yaitu return loss dan VSWR.

Berdasarkan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 10, diperoleh nilai return loss dari antena mikrostrip slot array 4 patch dengan slot sebesar 34,51 dB pada frekuensi 2660 MHz dengan 10 dB pada frekuensi 2608 MHz sampai dengan 2700 MHz.



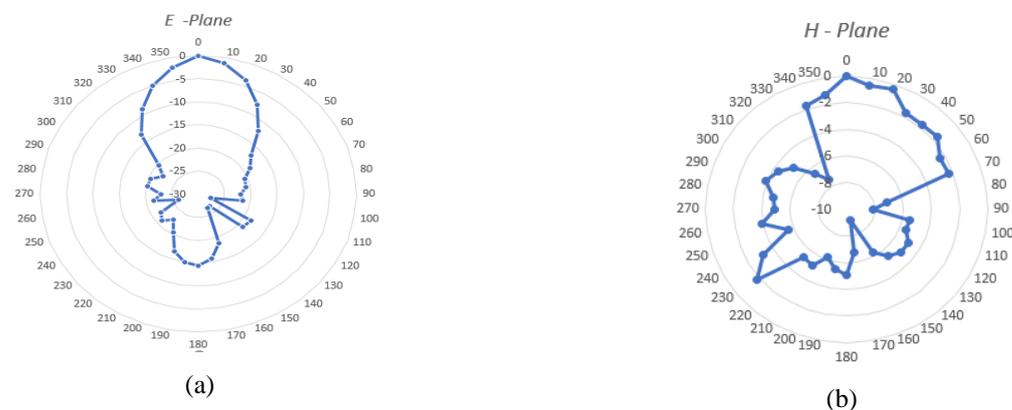
Gambar 11. VSWR Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 8, diperoleh nilai VSWR dari antena mikrostrip slot array 4 patch dengan slot sebesar 1,06 pada frekuensi 2660 MHz.

Tabel 4. Perbandingan Spesifikasi, Hasil Perancangan dan Hasil Pengujian

No	Parameter Antena	Spesifikasi	Hasil Perancangan	Hasil Pengujian
1	Frekuensi, MHz	2620-2690	2600-2726	2608-2701
2	Bandwidth, MHz	70	126	93
3	VSWR	< 2	1,05	1,06
4	Gain, dB	> 7	7,88	7,24
5	Pola Radiasi	Unidirectional	Unidirectional	Unidirectional

Berdasarkan Tabel 4, pada hasil perancangan frekuensi kerja yang diperoleh adalah 2600-2726 MHz sedangkan pada hasil pengukuran adalah 2608-2701 MHz. Hasil *return loss* pada perancangan sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan yaitu ≥ 10 dB begitupun dengan hasil pengukuran antenna. Nilai *return loss* diperoleh 31,36 dB pada hasil perancangan dan 34,51 dB pada hasil pengukuran. Untuk hasil *gain* pada hasil perancangan dan hasil pengukuran antenna sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan juga yaitu > 7 dB. Nilai *gain* yang diperoleh pada hasil perancangan yaitu 7,88 dB dan pada hasil pengukuran 7,24 dB. Hasil gain pengukuran ini diperoleh menggunakan antenna referensi saat pengukuran yaitu dengan menggunakan antenna horn.



Gambar 12. Pola Radiasi Hasil Pengukuran

Gambar 12 menunjukkan hasil pola radiasi *E-plane* dan *H-plane* berdasarkan pengukuran. Antena ini memiliki bentuk pola radiasi *unidirectional*. Antena *unidirectional* mempunyai pola radiasi yang terarah dan dapat menjangkau jarak yang relatif jauh. Jenis pola radiasi unidireksional sesuai dengan pola radiasi antenna mikrostrip dan cocok untuk aplikasi LTE.

Kesimpulan

Antena mikrostrip slot *array 4 patch* sebagai antenna penerima untuk aplikasi LTE telah berhasil dilakukan desain dan realisasinya. Hasil simulasi desain menunjukkan antenna bekerja pada band frekuensi 2600-2726 MHz dengan *bandwidth* yang diperoleh sebesar 126 MHz. Untuk hasil pengujian secara langsung menunjukkan antenna bekerja pada band frekuensi 2608-2701 MHz dengan *bandwidth* yang diperoleh sebesar 93 MHz. Oleh karena itu, antenna ini mengalami pelebaran *bandwidth* sebesar 23 Mhz dari yang seharusnya sebesar 70 MHz dengan menggunakan slot. Kemudian diperoleh nilai *gain* pada hasil simulasi yaitu sebesar 7,88 dB dan pada hasil pengukuran diperoleh nilai *gain* sebesar 7,24 dB. Untuk kenaikan *gain* dari satu elemen ke delapan elemen diperoleh sebesar 4,826 dari 3,054. Hasil dari simulasi baik pengukuran untuk parameter pola radiasi pun sudah sesuai yaitu diperoleh pola radiasi jenis *unidirectional*. Sehingga baik hasil simulasi desain maupun hasil pengujian langsung telah memenuhi spesifikasi yang diinginkan dan mengalami reduksi sebesar 0,12%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Bandung yang telah mendukung dan mendanai dalam menyelesaikan penelitian ini berdasarkan Nomor: B/249.130/PL1.R7/PG.00.03/2020. Penulis pun mengucapkan terima kasih kepada pihak LIPI yang banyak membantu dalam mempersiapkan dan pengujian antenna pada penelitian ini di laboratorium EMC.

Daftar Notasi

- W = Panjang patch antenna [mm]
- L = Lebar patch antenna [mm]
- ϵ_r = Permittivitas relatif dielektrik
- h = Ketebalan dielektrik [mm]

Daftar Pustaka

- Alam, S & Nugroho, R,F. (2018). *Perancangan Antena Mikrostrip Array 2x1 Untuk Meningkatkan Gain Untuk Aplikasi LTE Pada Frekuensi 2300MHZ*. Jurnal Ilmiah Elektrokrisna, 167-179.
- Atmajaya, A. (2020). *RancangBangun Antena Mikrostrip Dual Band untuk Aplikasi LTE dan Wimax Menggunakan Teknik Pencatuan Proximity Coupled*. SENTER, 211-219.
- Balanis, C.A.(2015). *Antenna Theory : Analysis and Design, fourth edition, Jhon Wiley & Sons, Inc.* Publisher. New Jersey.
- Fauzi, A., Harly, G,S, & Hanrais, H,S. (2012). *Analisis Penerapan Teknologi Jaringan LTE 4G Di Indonesia*. Majalah Ilmiah Unikom, Vol.10, No.2, pp.281-290.
- Gemiharto, I. (2015). *Teknologi 4G-LTE dan Tantangan Konvergensi Media di Indonesia*. Jurnal Kajian Komunikasi, Vol.3, No.2, pp. 212-220.
- Hakim, T,D. (2016). *Studi Penataan Alokasi Pita Frekuensi 1800 MHz Untuk Teknologi LTE*. Jurnal Ilmiah Elektrokrisna, 76-87.
- Ian, P. (2017). 4G LTE Frequency Bands Channels Spectrum. Diakses pada 25 September 2020, dari <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/4g-lte-long-term-evolution/frequency-bands-channels-spectrum.php#>
- Indah, K,A,T & Manuaba, I,B,P. (2018). *Arsitektur Jaringan Lte (Long Term Evolution) Untuk Mengatasi Backhaul Connection Wifi Pada Rural Area Dengan Teknologi Fourth Generation (4G)*. Jurnal Sains Terapan Teknologi Informasi, Vol.10, No.2, pp.107-112.
- Kumar, R & Malathi, Ganesh,G. (2007). *On the Miniaturization of Printed Rectangular Microstrip Antenna for Wireless Applications. Journal IEEECommunications and Networking, 334-336*.
- Mardian, R,D., Agoes, S & Riffany ,R,S. (2018). *Perancangan Aplikasi Pelaporan Berbasis Android pada Komunikasi Jaringan Data 4G*. Seminar Nasional Teknologi Industri, 2622-2629.
- Peng, L., Xie, J., & Sun,K. (2016). *Resonance – Based Reflector and Its Application in Unidirectional Antenna with Low-Profile and Broadband Characteristics for Wireless Application. Jurnal Sensors, Vol.16, No.12, pp.2092*.
- Pontoan, E,M. (2011). *Perancangan dan Implementasi Antena Mikrostrip Slot Rectangular Array untuk Aplikasi GPS*. Bandung: Universitas Telkom.
- Samsul, M, S. (2015). *Perancangan Antena Mikrostrip Pada Frekuensi 2,3GHz Untuk Aplikasi LTE(Long Term Evolution)*. Jakarta: Unsada.
- Septayadi, M. (2018). *Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang dengan U Slot dan Proximity Coupled untuk WiFi 5,5 GHz*. Bandung: Universitas Telkom.
- Sharma, A & Kanaujia, B,K. (2013). *Compact Microstrip Antenna Loaded with T-Shaped Slots. International Conference on Microwave and Photonics (ICMAP),India*.
- Sofyan, F. (2017). *Analisis Performansi Jaringan Long Term Evolution(LTE) Di Kota Bandung Menggunakan Metode Drivetest*. Bandung : UIN.
- Wong, K,L. (2002). *Compact and Broadband Microstrip Antennas*. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Wurth,E.(2020).https://www.wedirekt.pt/web/media/16_wedirekt/spezifikationen/leiterplatten_daten_downloads/FR4TG135DS_UK.

Implementasi RT/RW-Net Menggunakan Metode *User* dan *Bandwidth Management*

Yuli Kurnia Ningsih¹, Yusuf Saeful Rochman², dan Nazmia Kurniawati³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, DKI Jakarta, Indonesia

¹yuli_kn@trisakti.ac.id, ²ryusufsaeful@gmail.com, ³nazmia.kurniawati@trisakti.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini telah dirancang dan direalisasikan RT/RW-Net sebagai sistem yang berfungsi untuk mengakses jaringan internet. Sistem dibangun dengan menggunakan *Router* Mikrotik sebagai sistem operasi, *access point* sebagai penyalur jaringan, dan antena *omnidirectional* yang berperan sebagai pemancar dan penerima sinyal *Wi-Fi* dari perangkat pelanggan. Fitur *user manager* pada mikrotik berperan dalam mengatur beberapa fungsi seperti limitasi *bandwidth* dan limitasi kuota. Kuota dan masa tenggang dapat dibuat sesuai permintaan pelanggan. Sistem RT/RW-Net ini diuji pada saat pelanggan terhubung dengan *hotspot* RT/RW-Net secara otomatis pada perangkat pelanggan akan muncul halaman *website* dengan memasukan *username* dan *password* yang telah diberi oleh *administrator*. Kemudian sistem diuji dengan mengukur nilai *Receive Signal Strength Indicator* (RSSI) untuk menentukan kualitas sinyal berdasarkan standar yang berlaku. Berdasarkan hasil pengujian, nilai RSSI terendah yaitu -65 dBm pada jarak 280m arah barat dengan catatan pada daerah tersebut tidak ada halangan dari antena *omnidirectional* ke perangkat pelanggan. Sistem ini juga dapat menginformasikan status sisa kuota dan masa aktif kepada pelanggan pada halaman awal *website*.

Kata kunci: *Internet, Router, User, Bandwidth, Kuota*.

Abstract

In this paper RT / RW-Net has been designed and realized as a system to access the internet network. The system was built using the Mikrotik Router as an operating system, access point as a network distributor, and an omnidirectional antenna as transmitter and receiver of *Wi-Fi* signals. The user manager feature on the proxy plays a role in managing several functions such as bandwidth limitation and quota limitation. Quotas and grace periods can be made according to customer requests. The network is tested when the customer is connected to the RT / RW-Net hotspot automatically on the customer's device the RT / RW-Net page will appear to enter the username and password that has been given by the administrator. The system is tested by measuring the RSSI value (Receive Signal Strength Indicator) to determine signal quality based on applicable standards. Based on the test results, the lowest RSSI value is -65 dBm at a distance of 280m to the west with a note that there is no obstacle in the omnidirectional antenna to the customer's device. This system can also inform the remaining quota status and active period to the customer on the RT / RW-Net homepage.

Keywords: *Internet, Router, User, Bandwidth, Quota*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi komunikasi dewasa ini sangat pesat, terlebih ketika ditemukannya teknologi jaringan komputer dan internet. Seiring dengan perkembangan internet, hampir seluruh pencarian informasi dilakukan menggunakan layanan internet (Talika, 2016). Hal inilah yang menuntut penyediaan layanan internet yang mencukupi terhadap banyaknya pencari informasi melalui media internet (Zein, 2020).

RT/RW Net merupakan jaringan internet yang dipasang di suatu daerah dengan memanfaatkan teknologi *Wireless Local Area Network* (WLAN) (Arianto, 2009). Dengan memanfaatkan teknologi ini masyarakat dapat menikmati jaringan internet yang memiliki kecepatan hingga 300 Mbps (Mitchell, 2019), koneksi *broadband* (Nwabueze, 2010), dan keamanan jaringan yang terjamin (Malgaonkar, Patil, Rai, & Singh, 2017).

Pada penelitian (Hariswara & Kurniawan, 2018) telah dilakukan pembangunan jaringan RT/RW-Net di Desa Sukadono Malang dengan menggunakan mikrotik. Beberapa hal yang dilakukan adalah setting *Internet Protocol* (IP), konfigurasi *DNS server, firewall NAT, DHCP server, hotspot, hotspot IP Binding, bandwidth, radius, dan user manager*. Kelebihan dari penelitian ini adalah jangkauan nya yang luas karena menggunakan *tower* dengan ketinggian 11 meter dari permukaan tanah. Sedangkan kekurangannya yaitu tidak adanya pembatasan pengguna dalam jaringan RT/RW-Net tersebut.

Info Makalah:

Dikirim : 09-07-20;
Revisi 1 : 10-09-20;
Revisi 2 : 10-21-20;
Diterima : 10-22-20.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-812-9686-864
e-mail : yuli_kn@trisakti.ac.id

Sedangkan pada penelitian (Cahyo, 2014) telah dilakukan implementasi jaringan RT/RW-Net *Hotspot* dengan sistem mikrotik *router OS* sebagai manajemen *billing*. Nantinya, sistem *hotspot* tersebut akan memudahkan pengguna untuk mendapatkan akses internet dari RT/RW-Net. Dengan adanya manajemen *billing*, pengguna akan membeli *voucher* sesuai dengan kebutuhan yang berisi *username* dan *password* untuk proses *login* ke jaringan *hotspot* RT/RW-Net.

Kelebihannya yaitu sudah ada *user interface* untuk memilih paket yang akan digunakan, sedangkan kekurangannya tidak ada pembatasan kuota internet untuk masing-masing pengguna.

Pada penelitian (Herawati, Nurasih, & Dewananda, 2014) telah dilakukan implementasi RT/RW-Net di perumahan Puri Nirwana 2 Bogor. Jaringan tersebut dibangun dan didistribusikan ke setiap rumah dengan menggunakan kabel LAN yang terintegrasi dengan *router* D-Link. Dalam mempermudah proses pengaplikasiannya, dilakukan instalasi jaringan LAN dengan menggunakan teknologi jaringan *ethernet*. Setiap perangkat komputer harus terinstalasi dengan sistem operasi Windows XP, melakukan konfigurasi pada *router* D-Link DSL504T, serta proses instalasi *Squid* sebagai *proxy*. Kelebihannya sistem tersebut adalah kualitas jaringan lebih stabil, sedangkan kekurangannya adalah memerlukan biaya yang lebih banyak untuk penarikan kabel ke setiap rumah pelanggan.

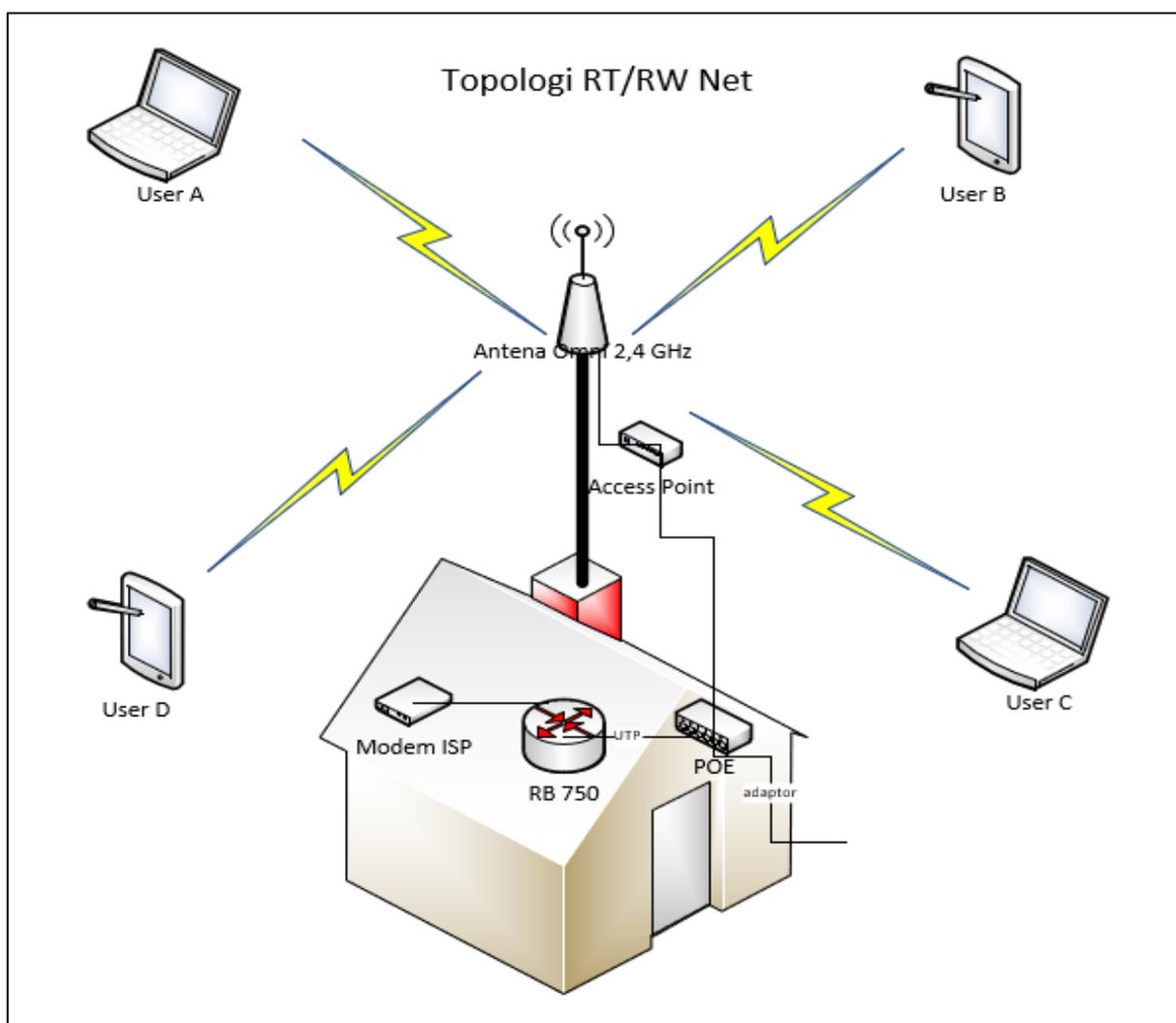
Penelitian (Nurchaya & Desriyani, 2016) telah melakukan implementasi jaringan RT/RW-Net di daerah Kulon Progo, dengan menggunakan *router* mikrotik. Pembangunan jaringan RT/RW-Net ini dilakukan dengan tujuan menghemat biaya per-orangan yang harus dikeluarkan untuk membayar biaya berlangganan paket internet. Kelebihannya yaitu pelanggan dapat membeli *voucher* dengan harga Rp 2000 (akses selama 24 jam). Sedangkan kekurangannya adalah tidak ada pembatasan kuota yang bisa dipakai oleh pelanggan.

Pada penelitian ini dilakukan implementasi sistem RT/RW-Net di Desa Lagadar. Desa ini terletak di Kecamatan Margaasih Kabupaten Bandung dengan jumlah penduduk lebih dari 20 ribu jiwa (Ruslan, 2019). Dengan adanya jaringan ini diharapkan warga Desa Lagadar bisa menikmati koneksi internet dengan kecepatan tinggi dan stabil.

2. Metode

Ilustrasi Sistem

Pada penelitian ini, dibuat sebuah sistem dengan ilustrasi seperti pada Gambar 1.



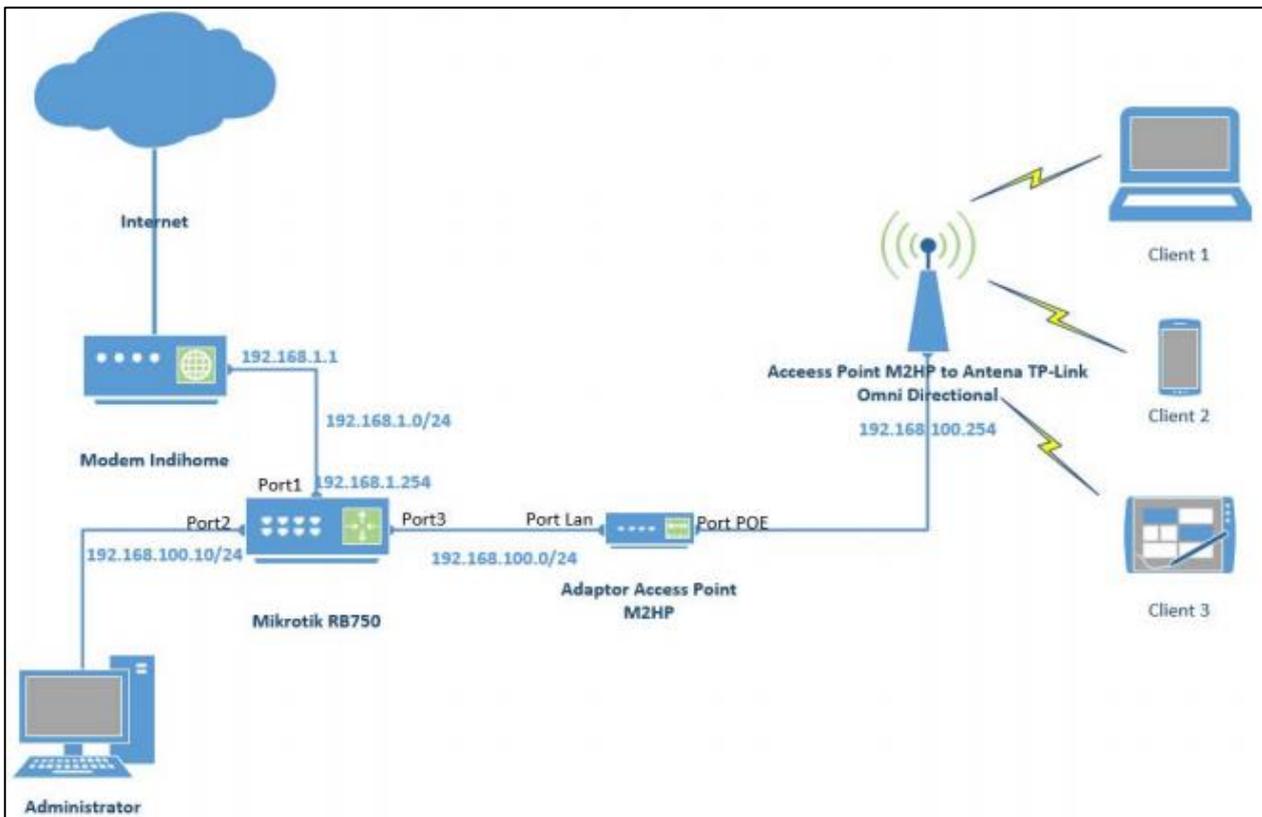
Gambar 1. Ilustrasi Jaringan RT/RW-Net.

Sebuah *router* yang terhubung dengan modem dan POE digunakan untuk mengatur seluruh jaringan. Selanjutnya keluaran dari *router* terhubung ke *access point* utama yang memancarkan sinyal ke seluruh pelanggan. Frekuensi yang digunakan adalah 2.4 GHz. Selanjutnya dengan menyalakan *Wi-Fi* di perangkat pelanggan, setiap pelanggan dapat terhubung ke jaringan.

Setiap calon pelanggan yang ingin menggunakan jaringan tersebut dapat membeli voucher yang disediakan oleh pemilik jaringan. Jika pelanggan sudah memiliki dan mengaktifkan *voucher* nya, maka pelanggan tersebut dapat terhubung ke-jaringan dimanapun selama masih terjangkau oleh jaringan tersebut dan kapanpun selama kuotanya masih tersedia.

Spesifikasi dan Blok Diagram

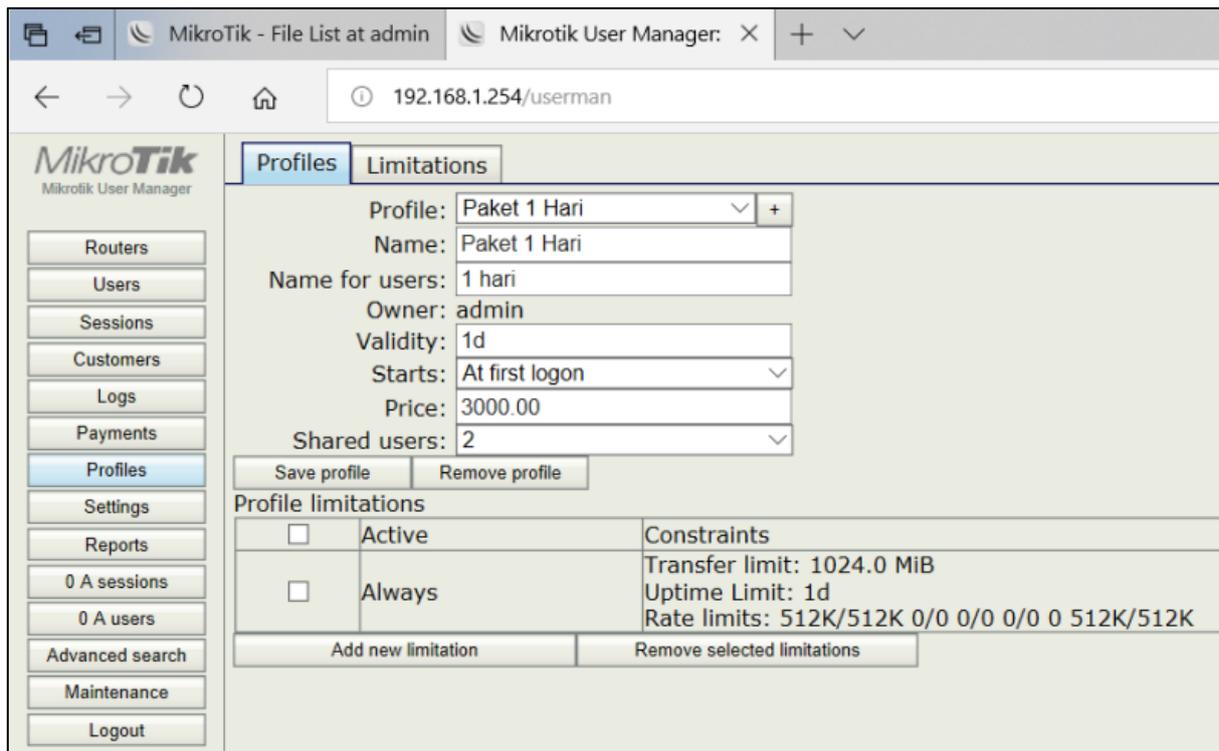
Gambar 2 menunjukan blok diagram sistem yang diimplementasikan. Mikrotik RB750 berfungsi sebagai *router* utama yang mengontrol koneksi antara modem, *access point*, dan *server* admin. Selain itu, router juga memberikan layanan *Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP) yang mengalokasikan IP secara otomatis kepada seluruh perangkat. Koneksi internet didapatkan dari modem Indihome. Kemudian sebuah *server* difungsikan untuk mengatur *billing* dan administrasi pengguna. *Access point* bullet M2HP yang memiliki antenna *omnidirectional* dihubungkan ke *router*. *Access point* ini berfungsi sebagai perangkat penghubung antara pelanggan dan jaringan internet. Selanjutnya *client* hanya perlu mengaktifkan fitur *Wi-Fi* untuk bisa terhubung ke jaringan.



Gambar 2. Topologi Jaringan RT/RW-Net.

Konfigurasi User Manager

Sebelum dapat melakukan konfigurasi untuk manajemen *user*, terlebih dahulu harus mengunduh *software* pada website <https://mikrotik.com/download>. Selanjutnya, masukan IP mikrotik dengan ditambahkan */userman* pada *browser* untuk mengakses fitur manajemen *user* tersebut. Pada penelitian ini IP yang digunakan adalah 192.168.1.254/*userman*. Masukan nama *user* default “admin” sedangkan *password* default dapat dikosongkan dahulu pada saat pertama kali *login*. Beberapa fungsi yang ada pada fitur manajemen *user* ini yaitu *create profile*, *users*, *payments*, *session* dan *logs*.



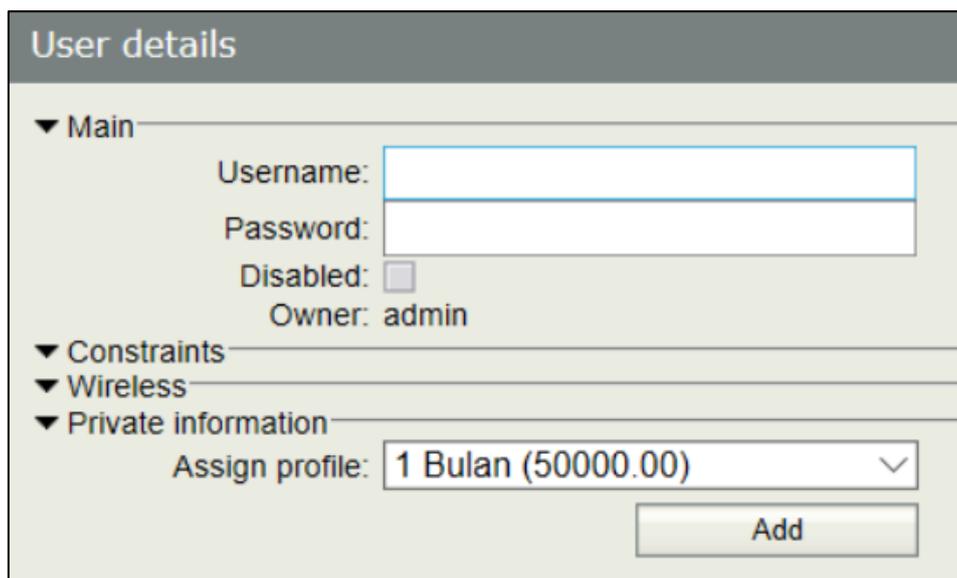
Gambar 3. Menu *Create Profile*

Seperti ditunjukkan pada Gambar 3, menu *Create profile* berfungsi untuk membuat jenis paket yang ditawarkan kepada pelanggan. Misalnya paket satu hari, satu minggu, dua minggu dan satu bulan. Kemudian pada *tab limitation*, admin dapat membuat pengaturan batasan *bandwidth* untuk di-*assign* pada setiap paket.

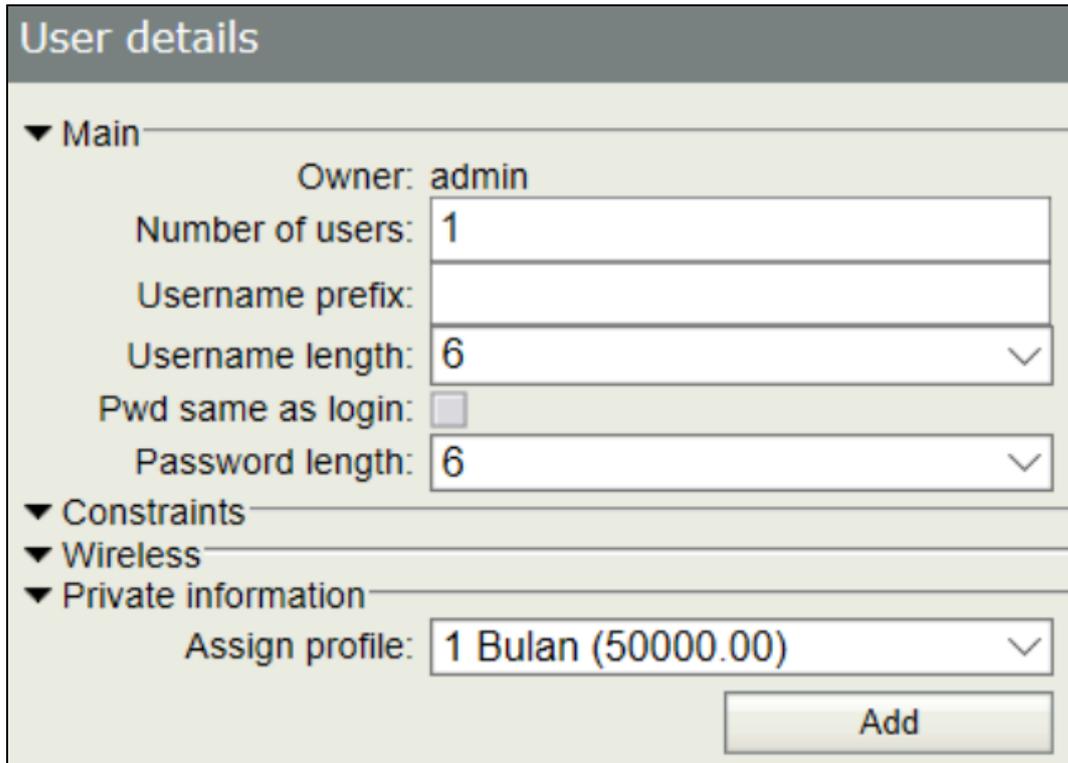
Menu *users* dapat mempermudah admin untuk memonitoring aktivitas pelanggan seperti lama waktu *login*, harga paket, *total upload* dan *total download*. Selain itu dapat dibuat beberapa *users* yang dibedakan dengan metode *one* dan *batch*. Metode *one* (Gambar 4) artinya admin membuat nama *users* dan *password* secara manual, sedangkan metode *batch* (Gambar 5) *ter-generate* otomatis dengan menentukan jumlah karakter yang digunakan.

Berdasarkan *user/paket* yang dibuat tersebut, jika ada pelanggan yang telah membeli *user* dan sudah melakukan *login* ke sistem maka akan muncul pada menu *payments*. Sedangkan untuk memantau pelanggan sudah berapa kali melakukan *login* ke sistem dapat dilihat pada menu *sessions*.

Apabila ada perangkat yang mencoba *login* ke sistem, baik itu orang yang memiliki *user* (pelanggan) atau orang yang tidak memiliki *user* (bukan pelanggan) maka akan terdeteksi dan tercatat pada menu *logs*.



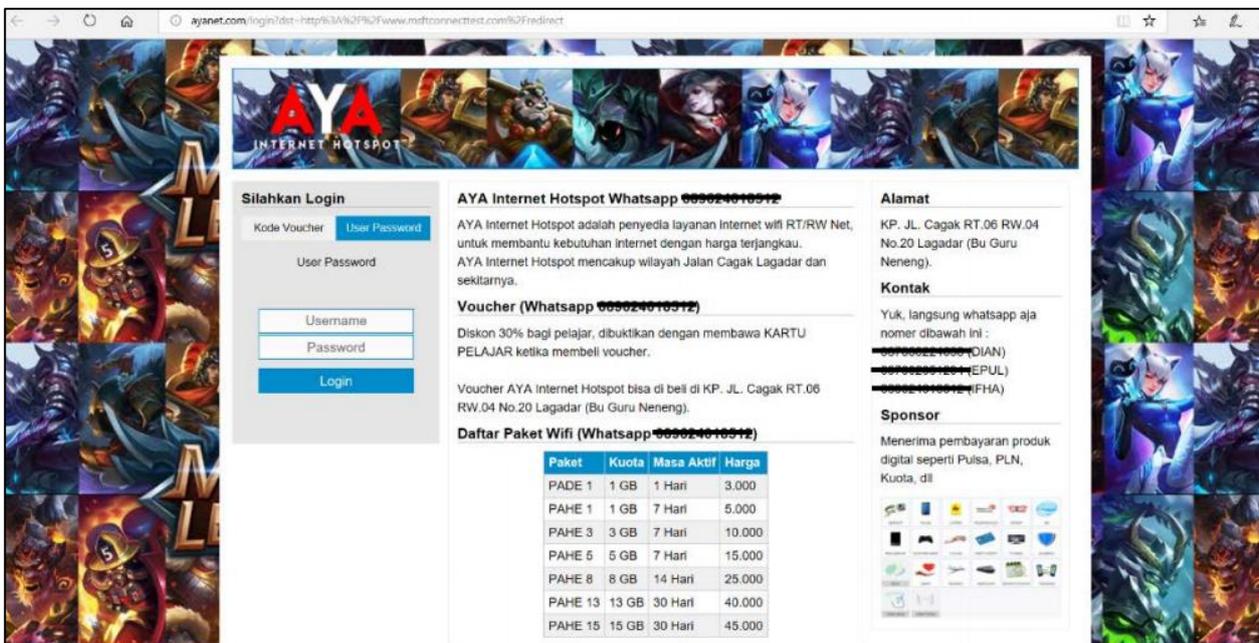
Gambar 4. Metode *One*



Gambar 5. Metode *Batch*

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk bisa menggunakan jaringan yang dibuat maka pelanggan harus memiliki voucher yang akan memberikan *privilege* berupa *username* dan *password*. Jika pelanggan sudah memiliki akun dan *password* yang valid untuk terhubung ke jaringan, pelanggan dapat mencoba *connect* ke jaringan *Wi-Fi*. Pada perangkat pelanggan akan langsung terhubung ke laman lokal web mikrotik kemudian akan muncul tampilan halaman awal pada Gambar 6.



Gambar 6. Halaman Awal akses sistem

Setelah *Login* menggunakan *username* dan *password* yang diberikan, maka akan muncul status pemakaian pelanggan pada tampilan *web* seperti pada Gambar 7.

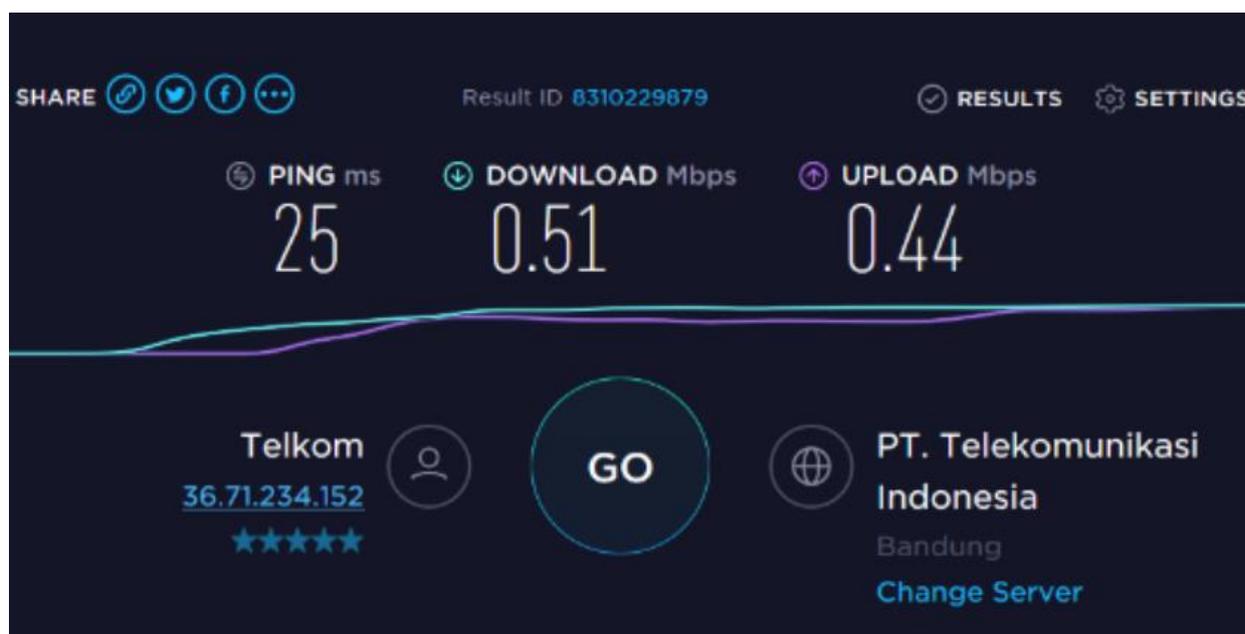
Selamat datang 5hqt438

IP	192.168.100.17
UL DL	4.6 MIB 5.2 MIB
Aktif	1m31s
Sisa Kuota	10.72 GB
Sisa Waktu	13d23h46m2s
Refresh	1m

[Logout | Keluar](#)

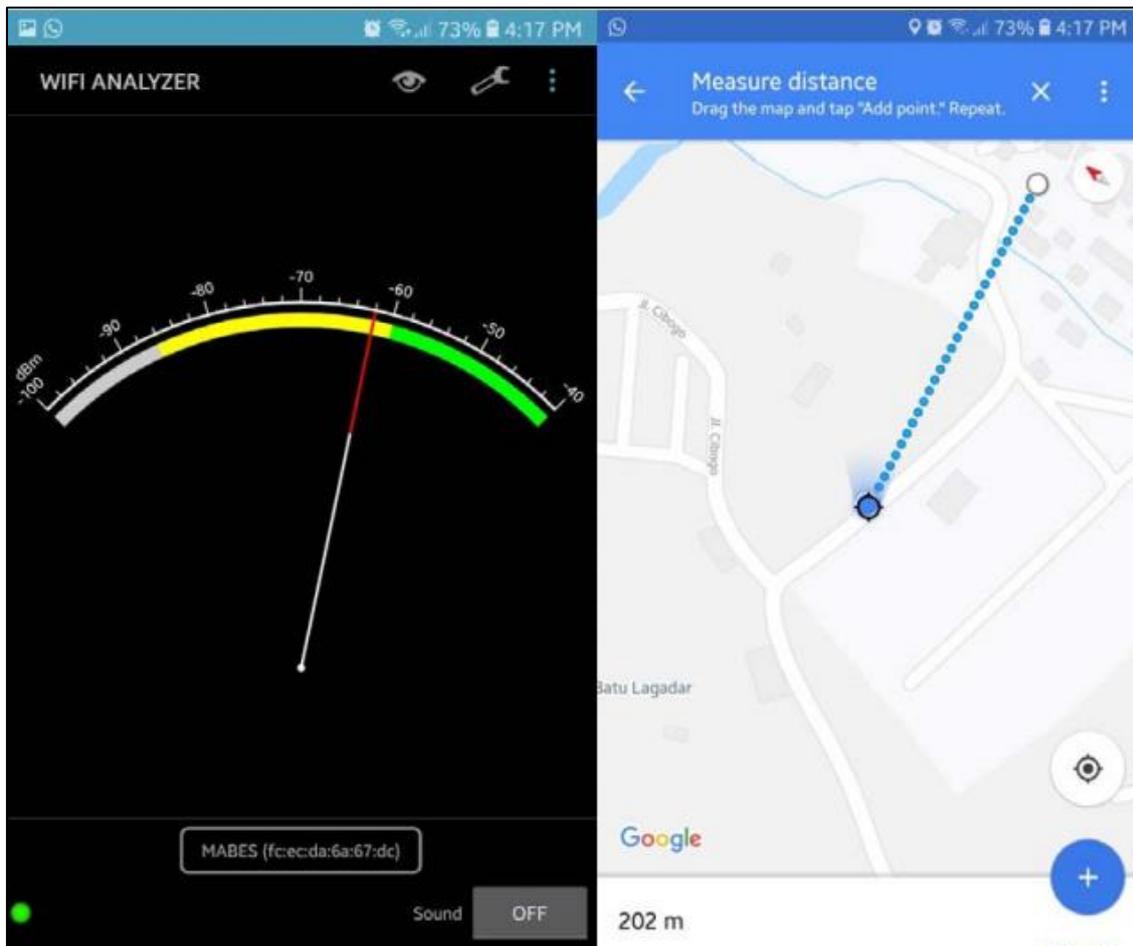
Gambar 7. Status Pelanggan

Untuk menguji kecepatan koneksi internet, dilakukan test dengan memanfaatkan *website speed test* yang diakses pada alamat <https://www.speedtest.net/>. Gambar 8 menunjukkan hasil pengukuran saat dilakukan *test*. Dari hasil pengukuran didapatkan *speed download* yaitu 0,51 Mbps, *upload* 0,44 Mbps, dan terlihat sumber internet yang digunakan operator RT/RW-Net yaitu Telkom.



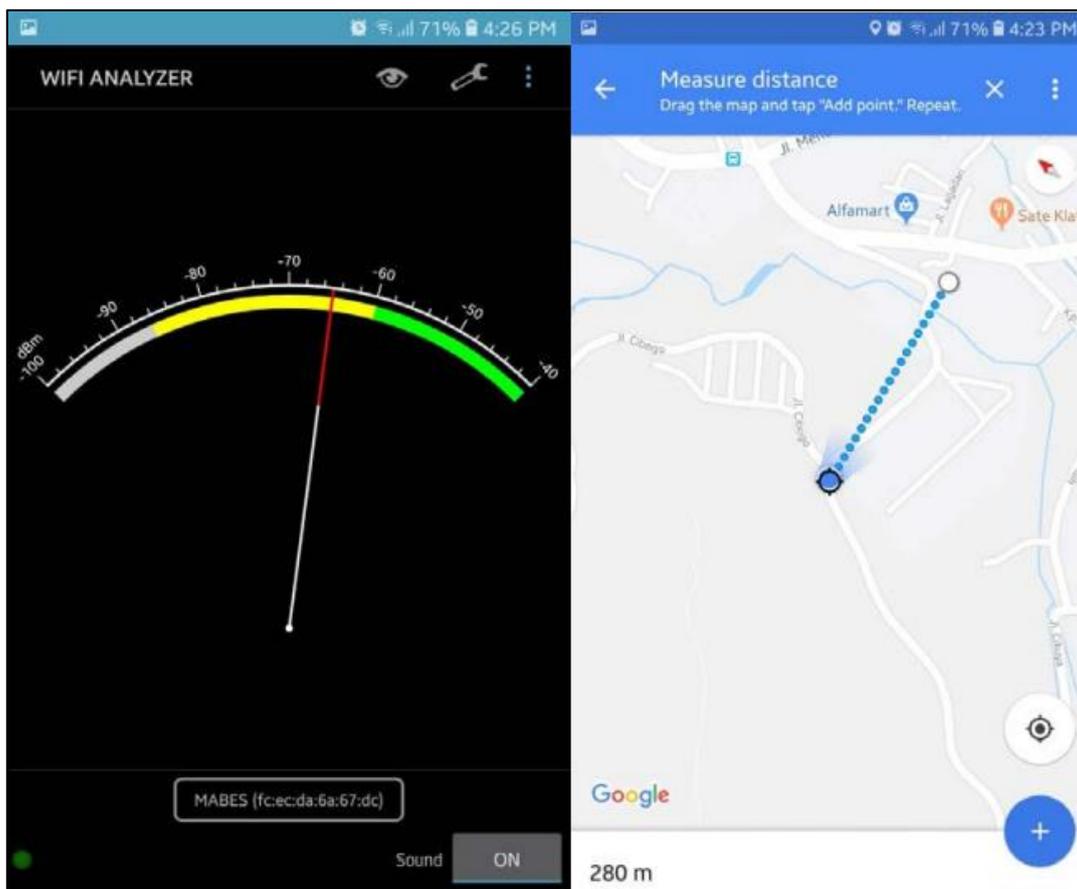
Gambar 8. Speed Test

Pengetesan jarak atau area yang dapat dijangkau oleh sistem RT/RW-Net yaitu berdasarkan *power level* yang diterima oleh perangkat pelanggan terlihat pada Gambar 9 yaitu pada jarak 202 Meter dari antenna pemancar *Wi-Fi* yaitu perangkat target mendapatkan RSSI sekitar -62dBm.



Gambar 9. Hasil *Test* pada Jarak 202 Meter

Pada Gambar 10 dapat dilihat hasil pengetesan dari jarak 280 Meter dari antenna pemancar wifi RT/RW-Net tanpa ada halangan seperti bangunan tinggi dan pepohonan, perangkat pelanggan mendapatkan RSSI sekitar -65 dBm.



Gambar 10. Hasil *Testing* pada Jarak 280 Meter

Gambar 11 menunjukkan wilayah yang tercover oleh jaringan. Pengetesan dilakukan di empat arah dari titik *access point* berada. Dari hasil pengetesan di arah sebelah utara, jarak terjauh *client* dapat menerima sinyal dari *access point* adalah 200 meter. Di arah sebelah timur, jarak maksimum *client* dapat menerima sinyal *Wi-Fi* adalah 100 meter. Di arah selatan *access point*, jarak terjauh yang dapat *discover* oleh *access point* adalah 120 meter. Di arah barat, jarak terjauh *client* dapat menerima sinyal *Wi-Fi* adalah 300 meter.



Gambar 11. Wilayah yang Tercakup oleh Jaringan

Di arah timur dan selatan *access point*, sinyal *Wi-Fi* hanya mampu mencapai jarak sekitar 100 meter disebabkan di area tersebut merupakan pemukiman penduduk. Padatnya pemukiman penduduk menyebabkan tingginya redaman di area tersebut. Sehingga sinyal *Wi-Fi* hanya mampu menjangkau jarak yang pendek. Sementara itu di arah utara dan barat *access point* berupa lahan kosong dan hanya terdapat beberapa bangunan. Oleh karena itu sinyal *Wi-Fi* dapat menjangkau jarak yang lebih jauh dikarenakan kecilnya redaman di area tersebut.

Berdasarkan konfigurasi pada *user management*, operator dapat mengetahui kapan mulai diaktifkannya *username* pelanggan, massa aktif paket, total trafik yang sudah digunakan oleh pelanggan serta harga dari paket internet. Gambar 12 menunjukkan tampilan halaman detail informasi pelanggan pada laman *administrator*.

▼ Username	▼ Password	▼ Start time	▼ End time	▼ Total time left	▼ Till time	▼ Uptime Used	▼ Uptime Limit	▼ Money paid	▼ Total Download Used
bapa	dunlawi09	04/07/2019 13:44:16	Unlimited	Unlimited	Unlimited	3h13m47s	Unlimited	0.00	184.0 MIB
ifa	dunlawi09	04/07/2019 13:56:27	Unlimited	Unlimited	Unlimited	21m7s	Unlimited	0.00	18.2 MIB
mamah	dunlawi09	05/17/2019 21:24:24	Unlimited	Unlimited	Unlimited	3m58s	Unlimited	0.00	69.1 KiB
eful	dunlawi09	04/17/2019 03:58:51	Unlimited		Unlimited	3h41m1s	Unlimited	0.00	263.1 MIB
testuser	12345	Not set	Not set		04/19/2019 14:59:31	1h25m2s	Unlimited	0.00	224.1 MIB
5p7vfeg	rvga57	Not set	Unknown	1d	Unknown		Unlimited	3000.00	
5vy2te8	yzaa6u	Not set	Unknown	1d	Unknown		Unlimited	3000.00	
5y5zr5m	gceccp	Not set	Unknown	1d	Unknown		Unlimited	3000.00	
528j3ww	ds2dhy	Not set	Unknown	1d	Unknown		Unlimited	3000.00	
5annvcv	uawwy7	Not set	Unknown	1w	Unknown		Unlimited	12000.00	
56nf835	n3tsk5	Not set	Unknown	1w	Unknown		Unlimited	12000.00	
5nq6m8m	tdtd2w	Not set	Unknown	1w	Unknown		Unlimited	12000.00	
5u2nqcp	q9gpj3	Not set	Unknown	1w	Unknown		Unlimited	12000.00	
57mk25	pvad46	Not set	Unknown	1w	Unknown		Unlimited	12000.00	
5hq438	jyx9ra	Not set	Unknown	2w	Unknown		Unlimited	20000.00	
5qis6cp	upfnug	Not set	Unknown	2w	Unknown		Unlimited	20000.00	
5t7kfjm	jccsfj	Not set	Unknown	2w	Unknown		Unlimited	20000.00	
5jxd2qk	x5jk9r	Not set	Unknown	2w	Unknown		Unlimited	20000.00	
5uds9he	harvpg	Not set	Unknown	2w	Unknown		Unlimited	20000.00	

Gambar 12. Detail User

Keterangan “*Start time*” yang masih *Not set* apabila *username* masih tersedia atau belum digunakan. *Total time left* menunjukkan masa aktif waktu pada suatu paket. *Up time used* mengindikasikan jumlah waktu pelanggan saat terhubung ke internet via RT/RW-Net. *Money paid* menunjukkan harga paket internet, jika angka “0” artinya pelanggan sudah melakukan pembayaran. *Total download used* menunjukkan jumlah data yang digunakan pelanggan, baik *download* maupun *upload*.

Kesimpulan

Pada penelitian ini dilakukan implementasi jaringan RT/RW Net di Desa Lagadar, Kecamatan Margaasih, Kabupaten Bandung. Jaringan yang diimplementasikan menggunakan metode *user* dan *bandwidth management*. Dengan menggunakan metode ini, *administrator* dapat memantau user yang *online* dan *bandwidth* yang digunakan. Dari hasil pengetesan di area timur dan selatan *access point*, jarak terjauh yang dapat dijangkau oleh *client* adalah 100 meter. Hal tersebut dikarenakan di area tersebut merupakan daerah pemukiman sehingga redaman tinggi. Sedangkan di sebelah barat dan utara, jarak yang bisa dicapai sinyal hingga 300 meter dengan nilai RSSI sekitar -65 dBm. Hal tersebut dikarenakan bangunan pada area tersebut tidak sebanyak di arah timur dan selatan sehingga redaman lebih rendah. Dengan menggunakan *bandwidth management*, *kuota/billing*, dan *user management* yang disatukan menjadi paket data berhasil dilakukan dan dapat diatur sesuai dengan keinginan pelanggan.

Daftar Pustaka

Arianto, T. (2009). Implementasi Wireless Local Area Network dalam RT/RW Net. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK Volume XIV No. 2*, 152-157.

Cahyo, F. N. (2014). *Rancang Bangun Rt/Rw-Net Hotspot Sistem Dengan Mikrotik Router Os Sebagai Manajemen Billing*. Semarang: Sekolah Tinggi Elektronika dan Komputer.

Hariswara, B. I., & Kurniawan, C. (2018). *Pembangunan Jaringan Rt-Rw Net Berbasis Mikrotik Di Desa Sukodono Kecamatan Dampit Kabupaten Malang*. Malang: Sekolah Tinggi Teknik Malang.

Herawati, M. S., Nurasiah, N., & Dewananda, R. I. (2014). Jaringan Rt/Rw-Net Dengan Koneksi Lan Di Perumahan Puri Nirwana 2 Bogor. *UG Journal*.

Malgaonkar, S., Patil, R., Rai, A., & Singh, A. (2017). Research on Wi-Fi Security Protocols. *International Journal of Computer Applications Volume 164 No. 3*, 30-36.

Mitchell, B. (2019, 11 12). *Achieve 300 Mbps Speeds on an 802.11n Network*. Retrieved 10 09, 2020, from Lifewire: <https://www.lifewire.com/get-300-mbps-speed-on-802-11n-network-818267>

- Nurchaya, E. D., & Desriyani, D. (2016). Membangun Layanan Kampung Internet Sebagai Alternatif Usaha Bagi Lulusan Sekolah Menengah Kejuruan. *Seminar Nasional dan Gelar Produk (SeNasPro) 2016*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Nwabueze, C. (2010). Broadband Wireless Network Technologies: Current Performance. *International Journal of Electrical and Electronic Engineering, Volume 2, Number1*, 159-165.
- Ruslan, R. (2019). *Kecamatan Margasih Dalam Angka*. Bandung: Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung.
- Talika, F. T. (2016). Manfaat Internet Sebagai Media Komunikasi Bagi Remaja Di Desa Air Mangga Kecamatan Laiwui Kabupaten Halmahera Selatan. *Acta Diurna Komunikasi Vol 5 No. 1*.
- Zein, B. (2020, 3 5). *Menuju Indonesia 4.0: pentingnya memperkuat infrastruktur dan kecakapan memakai internet*. Retrieved from The Conversation: <https://theconversation.com/menuju-indonesia-4-0-pentingnya-memperkuat-infrastruktur-dan-kecakapan-memakai-internet-112870>

Isolasi Lignin dari Serbuk Grajen Kayu Jati (*Tectona Grandis*) dengan Metode Klason

P Kusumo¹, S Biyono¹, Tegar S²

¹Program Studi Teknik Kimia UNTAG Semarang

²Alumni Program Studi Teknik Kimia UNTAG Semarang

Priyo330@yahoo.com

Abstrak

Isolasi lignin dari limbah *furniture* kayu jati Jepara merupakan upaya untuk pemanfaatan limbah tersebut dan dalam mengatasi pencemaran lingkungan. Lignin diisolasi dengan cara diekstraksi dari serbuk kayu tersebut, dihidrolisa dan diidentifikasi dengan *Fourier Transport Infra-Red* (FTIR). Isolasi dilakukan dengan berat sampel 10 gram, waktu 2 jam dan suhu 110°C dan variasi konsentrasi NaOH. Yield lignin 0,106 % (1,06 g) didapat pada konsentrasi NaOH 12%-b, waktu 2 jam dan suhu 110°C. Gugus fungsi guasil merupakan unsur yang mendominasi senyawa lignin teridentifikasi dari hasil analisa spektrum FTIR pada panjang gelombang serapan 1269,6 cm⁻¹.

Kata kunci: *Lignin, teak wood powder*, FTIR, hidrolisis

Abstract

Isolation of lignin from Jepara teak furniture waste is an effort to utilize this waste and to overcome environmental pollution. Lignin was isolated by extraction from the sawdust of furniture waste, hydrolyzed and identified by Fourier Transport Infra-Red (FTIR). Isolation was carried out with a sample weight of 10 grams, a time of 2 hours and a temperature of 110°C and variations in the concentration of NaOH. The lignin yield of 0,106% (1,06 g) was obtained at a concentration of 12%-w NaOH, time of 2 hours and a temperature of 110°C. The guasil functional group as the dominated element of the lignin compounds was identified by FTIR spectra results at the absorption wavelength of 1269,6 cm⁻¹.

Keywords: *Lignin, teak wood powder*, FTIR, hidrolisis

1. Pendahuluan

Kayu merupakan hasil hutan yang diperoleh dari tumbuhan–tumbuhan dalam alam, termasuk vegetasi hutan. Tumbuhan–tumbuhan yang dimaksud disini ialah pohon–pohonan (*trees*). Di lingkungan kehutanan, pengertian pohon tidak sama dengan tanam–tanaman (*plant*). Kayu memiliki beberapa sifat sekaligus yang tidak dapat ditiru oleh bahan–bahan lain. Kayu memiliki sifat yang berbeda–beda antara kayu satu dengan yang lain seperti sifat mekanik dan sifat kimianya (Imam Wahyudi, 2014). Saat ditebang kayu jati mempunyai warna coklat kekuningan dan keemasan. Nama latin/ilmiyah kayu jati *tectona grandis* L.f, yang berasal dari kata *tecton*, yang mengandung arti tanaman atau pohon berkulit sangat baik (Efendi, 2012). Karakteristik kayu jati mempunyai tekstur permukaan yang halus dan menarik, berpenampang serat lurus bergelombang dan terpadu.

Berat jenis rata-rata kayu jati 0,67 dan tergolong kedalam kelas awet I-II dan kelas kuat II. Daya resistansi kayu jati yang tinggi terhadap serangan jamur dan rayap disebabkan adanya zat ekstraktif *tectoquinon* atau 2-metil antraquinon. Kayu jati mempunyai ciri berminyak dan beraroma senyawa organik seperti kulit. Karakteristik kayu jati berpori dengan buluh melingkar, berbentuk bulat atau oval, dengan diameter pada kisaran 340–370 mikron. Sedangkan kayu jati akhir akan mempunyai diameter tangensial pada kisaran 50–290 mikron, berisikan *tilosis* berupa endapan putih berdiameter lebar yang terdiri dari 4 seri atau lebih dengan ukuran sekitar 4-7 per mm, mempunyai arah tangensial dengan komposisi hanya sel–sel barung (*homoselular*) yang tingginya bisa mencapai 0,9 m.

Tabel 1. Komposisi Kayu Jati

Kandungan	%-b
Zat Ekstraktif	6,2
Lignin	29,95
Selulosa	46,5
Abu	1,4
Silica	0,4
Pentosan	14,4

Dalam komponen kayu terdapat suatu bahan yang berfungsi sebagai perekat itulah yang disebut Lignin. Lignin merupakan konsentrasi terbesar setelah selulosa pada kayu (Tabel 1). Lignin dari bahasa latin *lignum* yang artinya kayu adalah polimer alam yang merupakan bagian dari struktur kayu bukan karbohidrat sebagai persenyawaan kimia yang jauh dari sederhana berstruktural

Info Makalah:

Dikirim : 06-30-20;
Revisi 1 : 10-04-20;
Revisi 2 : 10-23-20;
Diterima : 11-09-20.

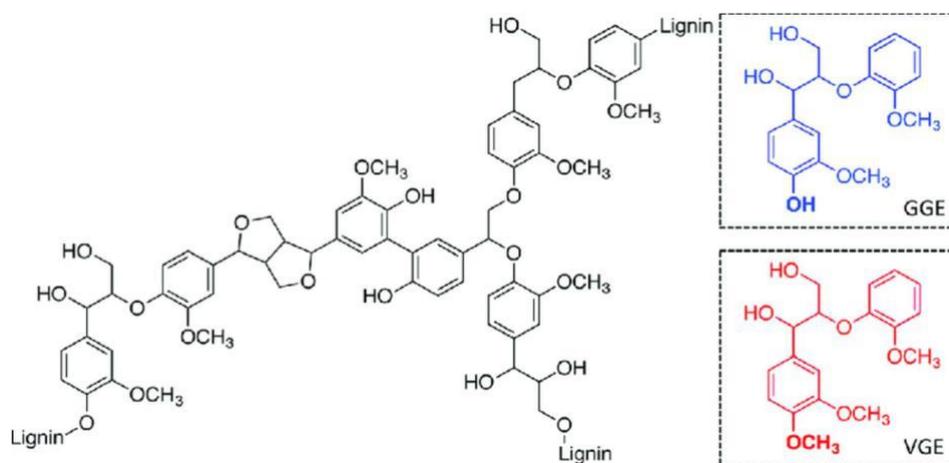
Penulis Korespondensi:

Telp : +62-856-4059-5808
e-mail : priyo330@yahoo.com

amorf, sifatnya menolak air (*hidrophobik*) dan kaku. Lignin juga merupakan senyawa yang reaktif karena memiliki gugus fungsional yaitu gugus hidroksil, metoksil, karbonil, dan fenil propan, lignin bebas tidak terlarut dalam air, asam mineral kuat dan hidrokarbon. Lignin komersial atau lignin yang diperdagangkan larut dalam alkali cair dan beberapa oksigen organik lainnya dalam amina, lignin yang tidak dimodifikasi atau murni digunakan sebagai bahan perekat, isian, dan resin ekstender, lebih spesifiknya digunakan *dispersen* (penyebar) dan *squestering agent*.

Lignin adalah polimer alam yang merupakan bagian dari struktur kayu bukan karbohidrat sebagai persenyawaan kimia yang jauh dari sederhana berstruktur amorf, sifatnya menolak air (*hidrophobik*) dan kaku. Lignin juga merupakan senyawa yang reaktif karena memiliki gugus fungsional yaitu gugus hidroksil, metoksil, karbonil, dan fenil propan, lignin bebas tidak terlarut dalam air, asam mineral kuat dan hidrokarbon. Lignin komersial atau lignin yang diperdagangkan terlarut dalam larutan alkali cair dan beberapa oksigen *organic* lainnya dalam amina, lignin yang tidak dimodifikasi atau murni digunakan sebagai bahan perekat, isian, dan resin ekstender, lebih spesifiknya digunakan *dispersen* (penyebar) dan *squestering agent* (Karlinsari, DS., & Widyani, 2010).

Polimer senyawa lignin tidak dapat terdegradasi ke dalam monomernya, karena kesulitan mengalami perubahan bentuk ke dalam bentuk dasarnya. Ikatan arilakil dan ikatan eter dalam lignin melindungi selulosa, sehingga bersifat tahan terhadap proses hidrolisa. Senyawa lignin dapat mengalami perunahan struktur pada suhu tinggi membentuk vanillin, metana, asam asetat dan asam format. Pada saat lignin mengalami kondensasi, Sebagian besar senyawa *fenil propane* dalam lignin akan terhubung dengan ikatan eter, sedangkan sisanya terhubung dengan ikatan karbon (Lempan, 2016). Analisis elementer dengan kandungan metoksil dalam lignin, untuk kayu yang mempunyai daun lebar menghasilkan rumus empiris $C_9H_{7,95}O_{2,4}(CH_3)_{0,93}$ dan lignin untuk kayu yang mempunyai daun berbentuk jarum memberikan rumus empiris $C_9H_{7,49}O_{2,53}(CH_3)_{1,39}$ (Silvi Octavia, 2016).



Gambar 1. Struktur Senyawa Lignin.

Komposisi elementer lignin pada umumnya terdiri dari unsur 61–65 % karbon (C), 5,0–6,1% hidrogen (H) dan oksigen (O) dengan panas pembakaran (*heating value*) sebesar 6.280 kal/gram (11.300 BTU/lb). Sifat fisik lain dari lignin mempunyai densitas pada kisaran 1,3–1,4 g/mL, dengan indeks bias 1,6, memiliki warna kuning cerah dan bersifat amorf (tanpa bentuk) tergantung pada sumber lignin berasal (Deded S Nawawi, 2018). Senyawa lignin tidak dapat mencair dengan sendirinya, namun demikian lignin mudah melunak dan mempunyai sifat dapat terbakar dan hangus, ketika mengalami penyulutan atau pemanasan. Sifat lignin yang tidak larut dalam air, senyawa asam dan larutan hidrokarbon lain, bahkan tidak larut dalam asam sufat dengan konsentrasi tinggi (72%-b), sering kali senyawa lignin ini dijadikan dasar uji kuantitatif senyawa lignin. Lignin komersial terlarut dalam larutan alkali encer dan pelarut-pelarut organik lain (Enny K. Artati, 2009). Analisis kimia lignin terdiri atas gugus fungsi metoksil, dengan jumlah gugus fungsi metoksil tergantung pada asal lignin dan proses pengisolasiannya. Komposisi gugus fungsi metoksil pada kayu daun jarum pada kisaran 14–15 %, sedangkan gugus fungsi metoksil pada kayu daun lebar sebesar 20–21% (Silvi Octavia, 2016). Titik didih senyawa lignin tidak dapat diperoleh secara pasti, namun demikian dengan pemanasan kayu dengan degradasi termal komponen-komponen kayu dapat diamati sebagai perkiraan titik didih. Sebagai contoh, senyawa hemiselulosa terurai pada suhu 200–260⁰C, sedangkan selulosa terurai pada suhu 240–350⁰C dan lignin terurai pada rentang temperatur yang lebih lebar pada kisaran 280–500⁰C (Deded S Nawawi, 2018).

Ekstraksi adalah proses pemisahan yang memanfaatkan sifat daya larut (kelarutan) dari suatu senyawa. Pemisahan dilakukan dengan cara pencampuran dua pelarut yang tidak dapat tercampur, untuk mengambil (mengisolasi) suatu senyawa tertentu daam satu pelarut ke pelarut yang lainnya. Proses ekstraksi ini dapat diaplikasikan untuk proses pemisahan suatu senyawa (zat) yang terkandung dalam jaringan tanaman atau bagian tanaman tertentu ke dalam pelarut tertentu. (Mukhriani, 2014).

Metode ekstraksi secara garis besar dapat dilakukan dengan dua acara, yaitu ekstraksi dingin dan ekstraksi panas. Metode ekstraksi dingin antara lain maserasi dan perkolasi. Proses dilangsungkan tanpa pemanasan sepanjang

ekstraksi berlangsung. Proses ini dipilih dengan tujuan untuk mencegah rusaknya senyawa-senyawa yang diekstraksi karena panas. Metode refluks merupakan proses ekstraksi yang dilakukan dengan adanya pemanasan. Pemanasan dimaksudkan untuk mempercepat proses pemisahan (isolasi), disamping untuk senyawa-senyawa yang tidak rusak karena panas. Proses ekstraksi refluks ini menggunakan alat soxhlet yang digandeng dengan infusa.

Meserasi merupakan proses ekstraksi sederhana, proses dilakukan dengan cara perendaman serbuk simplisia ke dalam larutan pengeksrak. Larutan pengeksrak merasuk ke dalam pori-pori sel yang mengandung senyawa aktif, kemudian senyawa aktif tersebut akan terlarut ke dalam pelarut karena perbedaan konsentrasi senyawa aktif tersebut di dalam larutan dan di dalam partikel simplisia. Karena konsentrasi senyawa aktif dalam partikel lebih besar, maka senyawa aktif tersebut akan berpindah ke dalam larutan pengeksrak. Proses perpindahan senyawa aktif tersebut berlangsung sampai pada kondisi kesetimbangan, dimana konsentrasi senyawa aktif dalam partikel sama dengan konsentrasi senyawa aktif di dalam larutan.

Perkolasi merupakan proses ekstraksi simplisia dengan cara mengalirkan pelarut secara perlahan pada simplisia dengan menggunakan alat yang disebut percolator. Perkolasi pada umumnya dilakukan untuk mengisolasi semua senyawa senyawa teretentu baik yang tidak tahan terhadap panas, maupun yang tahan panas. Larutan pengeksrak mengalir ke bawah dalam percolator dan melarutkan senyawa-senyawa yang bermanfaat dalam partikel-partikel (serbuk), sampai larutan pengeksrak tersebut jenuh dengan senyawa aktif (bermanfaat). Gaya dorong aliran ke bawah disebabkan gaya gravitasi dan cairan pelarutnya sendiri di atasnya, minus gaya tahanan gaya kapiler. Gaya yang berperan dalam perkolasi ini berupa gaya yang diakibatkan gravitasi, viskositas, kelarutan, tegangan permukaan, difusi, gaya friksi, kapiler, osmosis dan adesi.

Refluks merupakan metode ekstraksi untuk mensitesis (mengisolasi) senyawa-senyawa organik. Pelarut yang digunakan pada umumnya adalah pelrut yang mudah menguap (*volatile*). Kelemahan proses ini, adalah pelarut akan mudah menguap ketika mengalami pemanasan, sehingga reaksi yang terjadi dapat berlangsung singkat dan belum selesai. Karena itu, kelengkapan alat kondensor diperlukan untuk proses pendinginan. Pelarut yang menguap karena suhu proses tinggi, dapat mengembun dalam kondensor karena proses pendinginan. Pelarut yang mudah menguap akan mencair kembali akibat kondensasi, sehingga pelarut tetap utuh dalam jumlah selam proses ekstraksi berlangsung. Pada proses ini biasanya diberi aliran gas N₂ dengan tujuan menyingkirkan uap air dan gas oksigen yang terbawa masuk, dan juga senyawa-senyawa organologam yang sifatnya reaktif untuk sintesis senyawa-senyawa anorganik

Sokletasi merukan metode proses pemisahan komponen-komponan yang terkandung dalam zat padat (partikel) melalui proses penyaringan secara berulang dan sinambung dengan menggunakan jenis pelarut tertentu, dengan tujuan untuk mengisolasi semua komponen yang dikehendaki. Pelarut organik pada umumnya digunakan pada proses sokletasi ini dengan adanya pemanasan. Uap pelarut yang terjadi karena proses pemanasan, setelah terdinginkan secara sinambung akan membasahi sampel. Secara perlahan pelarut tersebut diumpankan Kembali ke dalam labu dengan mengikat/mengisolasi senyawa-senyawa kimia yang dikehendaki. Pelarut organik yang telah mengandung senyawa kimia yang diisolasi, kemudian diuapkan dengan menggunakan *rotary evaporator*, agar pelarut tersebut yang masing mengandung cairan organik dan zat-zat padat dapat diumpankan kembali. Dengan demikian proses ekstraksi dapat menggunakan pelarut organi tersebut secara berulang (Hotni Lamtiar, 2015).

Dalam penelitian ini menggunakan proses sokletasi yang bertujuan untuk menghilangkan zat-zat ekstraktif pada serbuk grajen kayu jati. Pelarut yang digunakan adalah heksan. Dua cara isolasi lignin yang dapat dilakukan; cara Klasson, cara ini menggunakan larutan H₂SO₄ 72% atau HCl lewat jenuh 42% atau cuproamonium dimana selulosa akan terdegradasi larut, sedangkan endapan lignin dipisahkan dicuci kemudian menjadi netral dan dikeringkan, selulosa yang telah terdegradasi tersebut larut dalam lignin yang didapat tidak murni. Proses ultrafiltrasi; metode ultra filtrasi dikenal sebagai langkah isolasi untuk memperoleh lignin dengan distribusi berat molekul yang lebih seragam dan homogen, proses ultrafiltrasi menghasilkan retentat sebagai fraksi yang lolos melalui *membrane* (saringan). Pelarutan alkali merupakan pelarutan lignin menggunakan alkali. Pelarutan lignin dapat dibagi menjadi 3 fasa, fasa permulaan pelarutan terjadi pada suhu dibawah 90°C dan dikontrol oleh difusi, fase kedua diatas 120°C laju reaksi pelarutan alkali dikendalikan oleh reaksi-reaksi kimia dan terus melaju dengan kenaikan suhu. Fasa ketiga pada suhu 170°C laju pelarutan lignin tetap tinggi selama fase pelarutan alkali yang besar ini sampai sekitar 90% lignin telah dihilangkan. Kebutuhan alkali efektif dalam pemasakan kraft setara 150 kg per ton kayu, bila lindi hitam diasamkan dengan asam mineral kuat maka lebih banyak lignin yang terpisah. Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses pelarutan lignin;

- (a) Larutan pemasak. Penambahan larutan pemasak akan mempengaruhi besar kecilnya lignin yang terdegradasi dan apabila penambahan tersebut ekse atau berlebihan maka akan mempercepat waktu pemasakan.
- (b) Suhu pemanasan. Dengan semakin meningkatnya suhu pemasakan, maka kecepatan reaksi akan cenderung bertambah, maka proses pelarutan lignin akan bertambah cepat.
- (c) Tekanan. Tekanan yang baik dianjurkan kurang lebih 70–80 psi tekanan ini berpengaruh panjang pendeknya waktu pemasakan dengan derajat pelarutan lignin yang sama, karena semakin tinggi tekanan semakin pendek pula waktu pemasakan.
- (d) Waktu pemasakan. Semakin lama waktu pemasakan, maka kecepatan reaksi akan bertambah pula, dimana proses pelarutan lignin lebih cepat.

Yasuda dkk, 2001 melaporkan pemisahan lignin sebagai material yang tidak larut dengan depolimerisasi selulosa dan hemiselulosa dalam asam sulfat 72% yang diikuti didrolisa polisakarida pada asam sulfat 3% dengan pemanasan. Bagian terlarut menjadi filtrat disebut lignin terlarut asam (*acid soluble lignin*) (Masahide Yasuda, 2013). Kandungan lignin yang tinggi lebih sukar untuk didelignifikasi dibanding dengan kayu yang memiliki kandungan lignin rendah. Kadar kemurnian tertinggi sebesar 1,13% dengan konsentrasi NaOH 8% dan waktu delignifikasi 1 jam (Hotni Lamtiar, 2015). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang proses isolasi dan kemurnian lignin, khususnya pada serbuk gergaji kayu jati sebagai limbah.

 Tabel 2. Kondisi dan Metode *Pulp* Alkalis.

Metoda	Kisaran PH	Basa	Pereaksi aktif	Suhu Max. (°C)	Waktu pada Suhu Max (Jam)
Alkali (soda)	13-14	Na+	HO-	100 - 175	2 - 5
Kraft	13-14	Na+	HO-, HS	100 - 175	1 - 3
Soda Antraknon	13-14	Na+	HO-	160 - 170	1 - 3

2. Metode

Penelitian dengan judul “Isolasi lignin dari grajen kayu jati (*tectona grandis*) dengan metode klasson” ini bertujuan untuk menentukan variabel yang paling berpengaruh dan selanjutnya dicari kondisi optimum dari variabel tersebut (Brit, 1970). Sesuai dengan tujuan percobaan ini maka metode yang digunakan adalah metode *factorial design*. Umumnya untuk membuat *factorial design*, seseorang peneliti memiliki jumlah level atau variasi tertentu untuk setiap variabel dan menjalankan percobaan dengan kombinasi dari variabel tersebut. Umumnya menggunakan 2 level, yaitu level rendah dan level tinggi. Dalam penelitian ini ditentukan tiga variabel yang akan diteliti dengan pertimbangan bahwa variabel tersebut sangat besar pengaruhnya terhadap kadar hasil lignin, sehingga akan didapatkan pengamatan sebanyak $2^3=8$ kali. Perhitungan dengan matriks *design*. Efek total ditunjukkan dengan menjumlahkan bagian kombinasi, seperti tabel berikut:

Tabel 3. Variabel Penelitian

Run	Variabel			Efek Interaksi				Yield (%)
	T	C	T	tC	tT	CT	tCT	
1	-	-	-	+	+	+	-	Y1
2	+	-	-	-	-	+	+	Y2
3	-	+	-	-	+	-	+	Y3
4	+	+	-	+	-	-	-	Y4
5	-	-	+	+	-	-	+	Y5
6	+	-	+	-	+	-	-	Y6
7	-	+	+	-	-	+	-	Y7
8	+	+	+	+	+	+	+	Y8

Analisa hasil

a. Perhitungan efek utama

$$\text{Rata-rata} = I_0 = 1/8 (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8)$$

$$\text{Efek } t = I_1 = 1/4 (-Y_1 + Y_2 - Y_3 + Y_4 - Y_5 + Y_6 - Y_7 + Y_8)$$

$$\text{Efek } C = I_2 = 1/4 (-Y_1 - Y_2 + Y_3 + Y_4 - Y_5 + Y_6 - Y_7 + Y_8)$$

$$\text{Efek } T = I_3 = 1/4 (-Y_1 - Y_2 - Y_3 - Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8)$$

b. Perhitungan efek interaksi

$$\text{Efek } tC = I_{12} = 1/4 (Y_1 - Y_2 - Y_3 + Y_4 + Y_5 - Y_6 - Y_7 + Y_8)$$

$$\text{Efek } tT = I_{13} = 1/4 (Y_1 - Y_2 + Y_3 - Y_4 - Y_5 + Y_6 - Y_7 + Y_8)$$

$$\text{Efek } CT = I_{23} = 1/4 (Y_1 + Y_2 - Y_3 - Y_4 - Y_5 - Y_6 + Y_7 + Y_8)$$

$$\text{Efek } tTC = I_{123} = 1/4 (-Y_1 + Y_2 + Y_3 - Y_4 + Y_5 - Y_6 - Y_7 + Y_8)$$

c. Perhitungan persamaan *yield*

$$Y = I_0 + It + IC + IT + ItC + ItT + ICT + ItCT$$

d. Menentukan variabel yang berpengaruh

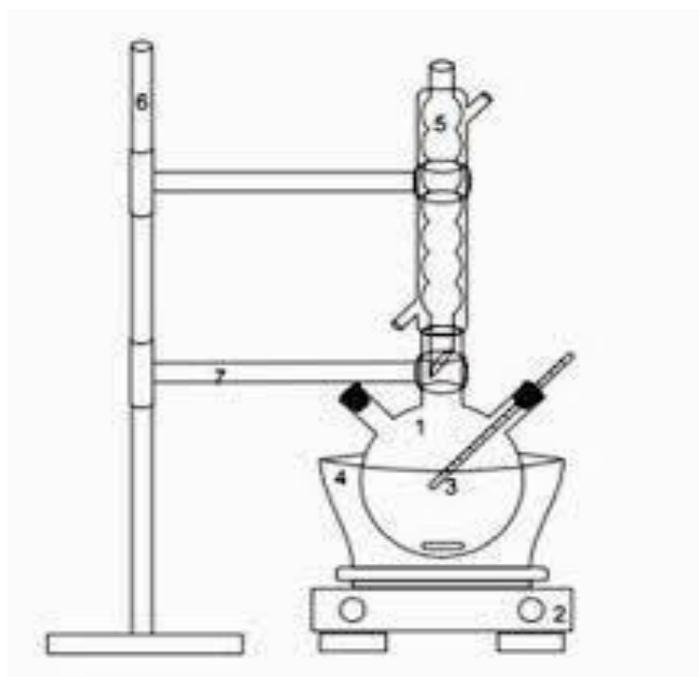
Penentuan variabel yang paling berpengaruh adalah menggunakan normal *probability* plot, dengan membuat kurva normal probabilitas (%P vs Z) dan %P vs Efek. Dalam hal ini, titik yang paling jauh dari garis pendekatan adalah variabel yang paling berpengaruh.

e. Metode optimasi

Setelah didapat *variable* yang berpengaruh dilanjutkan dengan penentuan kondisi optimum. *Variable* tetap yang dipakai adalah *variable* yang kurang berpengaruh sedangkan *variable* yang berpengaruh dibuat bervariasi. Kondisi yang paling optimum adalah yang mempunyai *yield* yang paling besar dan kualitas yang paling baik.

Ruang lingkup penelitian yang dilakukan peneliti dalam penelitian ini meliputi materi dalam penelitian ini hanya dibatasi pada pengaruh waktu pemasakan, konsentrasi NaOH, dan suhu pemasakan dalam pengambilan-pengambilan lignin dari serbuk grajen dengan metode klasson. Sasaran penelitian ini adalah serbuk grajen yang diperoleh dari limbah industri *furniture* di jepara. Tempat penelitian adalah laboratorium kimia organik fakultas teknik program studi Teknik Kimia Universitas 17 Agustus 1945 Semarang Jl. Pawiyatan luhur semarang. Penelitian yang dilaksanakan merupakan penelitian dibidang ilmu teknologi *pulp* dan kertas dengan konsep pelarutan lignin dan *factorial design*.

Bahan yang digunakan: serbuk kayu jati, NaOH, H₂SO₄, heksana, aquadest. Alat-alat: sohlex, perangkat hidrolisa, oven, PH meter & FTIR. Variabel tetap: berat sampel saat hidrolisa 10 gram, suhu pada saat proses ekstraksi 70°C, tekanan 1 atm, perbandingan antara berat serbuk grajen kering dengan pelarut (*solvent*) adalah 1 :10, misal 20 gram dan 200 ml heksana, *solvent* yang digunakan adalah heksana, waktu pada saat ekstraksi adalah 5 jam dan ukuran serbuk grajen 60–80 mesh. Variabel berubah: waktu pada saat hidrolisa *low level* (-) 2 jam dan *high level* (+) 5 jam. Konsentrasi NaOH: *low level* (-) 5 % dan *high level* (+) 10 %. Suhu pada saat Hidrolisa: *low level* (-) 80 °C dan *high level* (+) 110 °C.



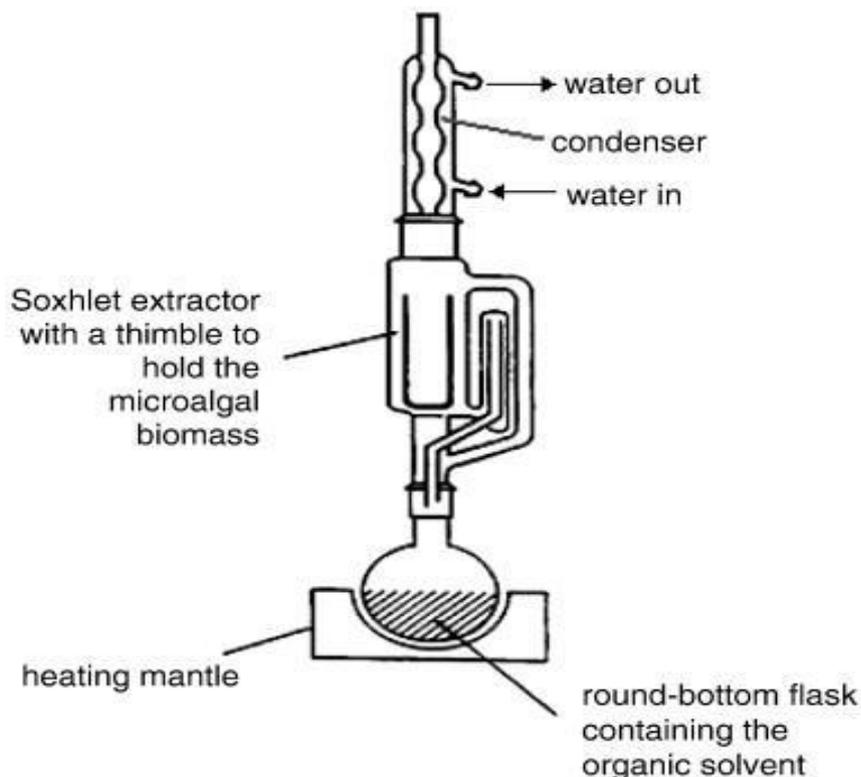
Keterangan gambar:

1. Labu leher tiga
2. Kompor listrik
3. Termometer
4. Penangas air
5. Pendingin leibig
6. Statif dan klem

Gambar 2. Alat Hidrolisa

Proses ekstraksi; serbuk grajen dibersihkan lalu diperkecil ukurannya dengan blander kemudian dikeringkan di udara terbuka, selanjutnya bahan dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C hingga berat grajen kayu jati konstan. Bahan kering kemudian digiling kembali dan diayak menggunakan ayakan berukuran 50–80 mesh. Serbuk grajen yang sudah kering dengan berat perbandingan dengan pelarut/*solvent* 1 : 10, misal 20 gram dibungkus dengan kertas saring dan diikat dimasukkan kedalam tabung ekstraktor. Memasukkan heksana yang sudah ditentukan misal 200 ml, kemudian di ekstraksi pada suhu 70°C selama 5 jam. Ambil abu atau padatan ekstrak serbuk gergajian yang terbungkus kemudian ditimbang dan dihidrolisa.

Proses Hidrolisa (proses pengambilan lignin); padatan Serbuk grajen kayu yang sudah dihilangkan kadar zat ekstraktifnya disiapkan dengan berat 10 gram, kemudian menyiapkan larutan NaOH 5% atau 10% 250 ml sesuai kebutuhan variabel. Memasukkan serbuk grajen dan larutan NaOH kedalam labu leher tiga, kemudian memasang alat seperti gambar diatas dan mengalirkan air pendingin leibig. Menyalakan kompor listrik sesuai waktu tertentu. Hasil pemasakan (padatan residu yang dihasilkan di saring dengan saringan *buncher* atau disaring manual (*decanter*) ambil filtratnya cairan gelap (lindi hitam). Lindi hitam atau filtratnya dilakukan pengasaman sampai pH 4 dengan larutan H₂SO₄ 72% sebanyak 15 ml penambahan dilakukan pelan-pelan. Kemudian dibiarkan sampai terjadi endapan selama 15 menit. Mengambil endapannya dengan menyaring larutan tersebut dengan saringan kassa dan selanjutnya di cuci dengan *aquadest* sampai tidak asam (netral). Test dengan pH meter. Dioven dengan suhu 60°C untuk menghilangkan kadar airnya. Lignin yang diperoleh ditimbang dan diuji identitasnya dengan FTIR.



Gambar 3 Alat Ekstraksi Soxhlet

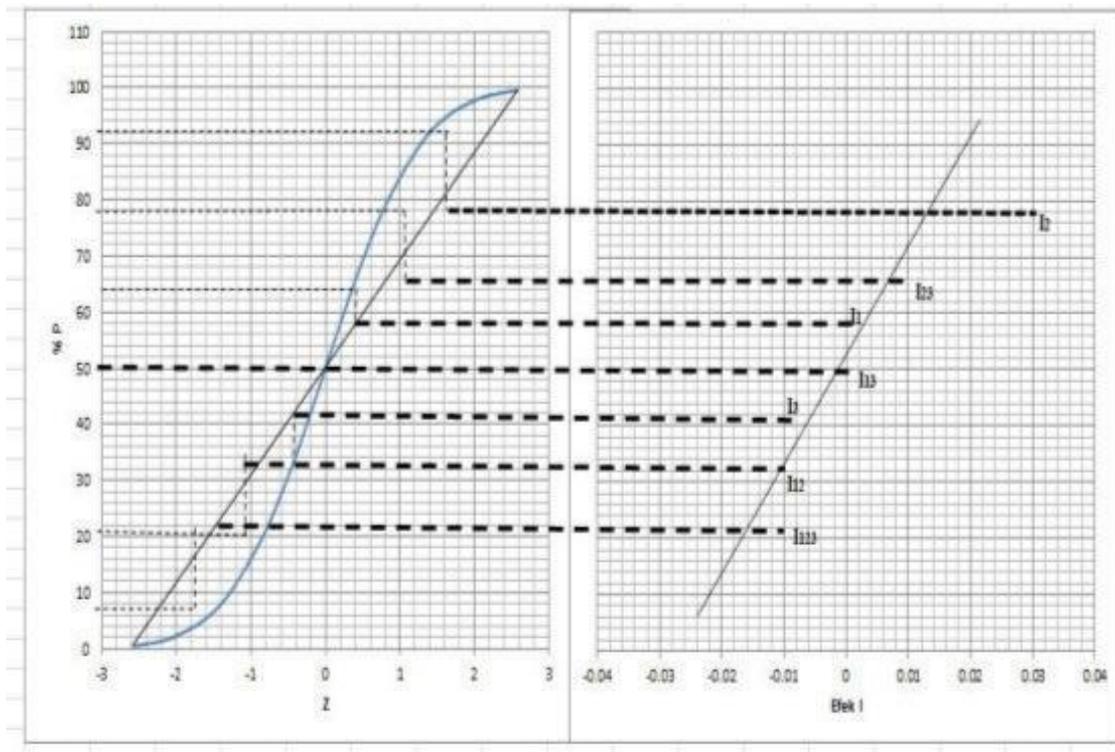
3. Hasil dan Pembahasan

Isolasi Lignin dan Optimasi Kondisi Proses

Hasil percobaan menunjukkan penggunaan larutan NaOH dengan konsentrasi yang semakin besar menghasilkan rendemen lignin yang semakin banyak pula. Peningkatan konsentrasi NaOH memungkinkan degradasi dan pelarutan lignin, yang menyebabkan kemudahan terpisahnya selulosa dan hemiselulosa. Kemudahan ini disebabkan karena adanya pemutusan ikatan hidrogen dan ikatan kovalen. Kemurnian *isolate* lignin ini dilakukan atas dasar perbedaan adanya larut lignin dengan senyawa-senyawa kontaminan ketika dilarutkan dengan NaOH. Pada umumnya senyawa kontaminan yang terdapat dalam lignin adalah selulosa sisa dan senyawa senyawa selulosa yang terdegradasi. Pada percobaan ini, lignin yang dihasilkan berkadar air cukup rendah, hal ini dapat dipahami karena memang lignin bersifat hidrofobik (tidak suka air). Sifat hidrofobik ini menyebabkan lignin tidak banyak mengikat air. Namun demikian, sifat hidrofobik lignin ini dapat digunakan untuk keperluan surfaktan dan pemurnian di kilang minyak. Lignin merupakan polimer yang kompleks, sifat fisik dan kimia dan karakteristik yang beragam menyebabkan keterbatasan dalam aplikasi secara komersial, karena itu modifikasi polimer ini sangat diperlukan. Produk seperti resin, perekat dan sebagainya merupakan bentuk modifikasi lignin ini.

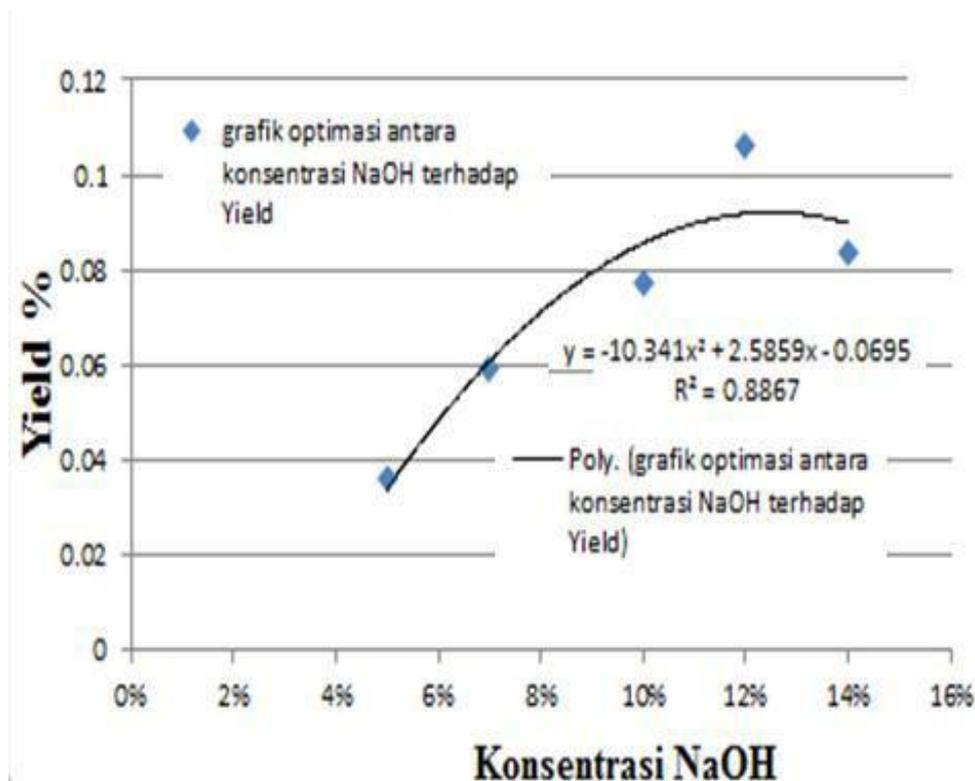
Pada percobaan ini teramati bahwa penambahan suasana basa menjadikan lignin lebih mudah terkondensasi, sehingga memungkinkan lignin yang terisolasi menjadi semakin banyak. Semakin bertambahnya waktu ekstraksi menyebabkan lignin yang terlarut menjadi semakin banyak, hal ini dimungkinkan karena waktu kontak reaksi antara pelarut dengan serbuk kayu semakin lama menyebabkan reaksi semakin baik. Namun demikian, semakin lama waktu proses, menyebabkan penghambatan delignifikasi lignin, lignin yang terlarut akan terpolimerisasi kembali dan menyebabkan menurunnya kadar lignin. Diduga pula kandungan lignin klasson yang rendah dan kandungan mitoksil yang tinggi dalam kayu jati menyebabkan proses delignifikasi menjadi lebih baik dan waktu delignifikasi lebih singkat.

Hasil pengujian lignin dari kayu jati diperoleh densitas rata-rata 0,9785 g/mL, nilai ini berada pada rentang hasil hasil penelitian terdahulu. Sedangkan viskositas rata-rata lignin yang diperoleh pada percobaan ini adalah 2,05367 Ns/m². Parameter densitas dan viskositas ini penting dilakukan untuk memberikan gambaran sifat lignin saat diaplikasikan. Sebagai contoh, pemanfaatan lindi untuk perekat, viskositas yang terlalu tinggi menyebabkan perekat cepat mengeras dan sulit menutupi pori-pori permukaan yang direkatkan.



Gambar 4. Normal Probability

Hasil pengujian variabel yang paling berpengaruh dapat dilihat dari grafik hubungan antara *probability* dan efek. Pada grafik tampak bahwa variabel konsentrasi NaOH (I_2) merupakan variabel yang titik efeknya paling menjauhi garis Z hal ini menunjukkan bahwa variabel konsentrasi NaOH sangat mempengaruhi proses pengambilan lignin. Kondisi optimum dalam pengambilan lignin adalah pada konsentrasi NaOH 12%-b, waktu 2 jam dan suhu 110°C % dengan berat lignin sebesar 1,06 g dengan yield 0,106 %.



Gambar 5. Optimasi NaOH terhadap Yield

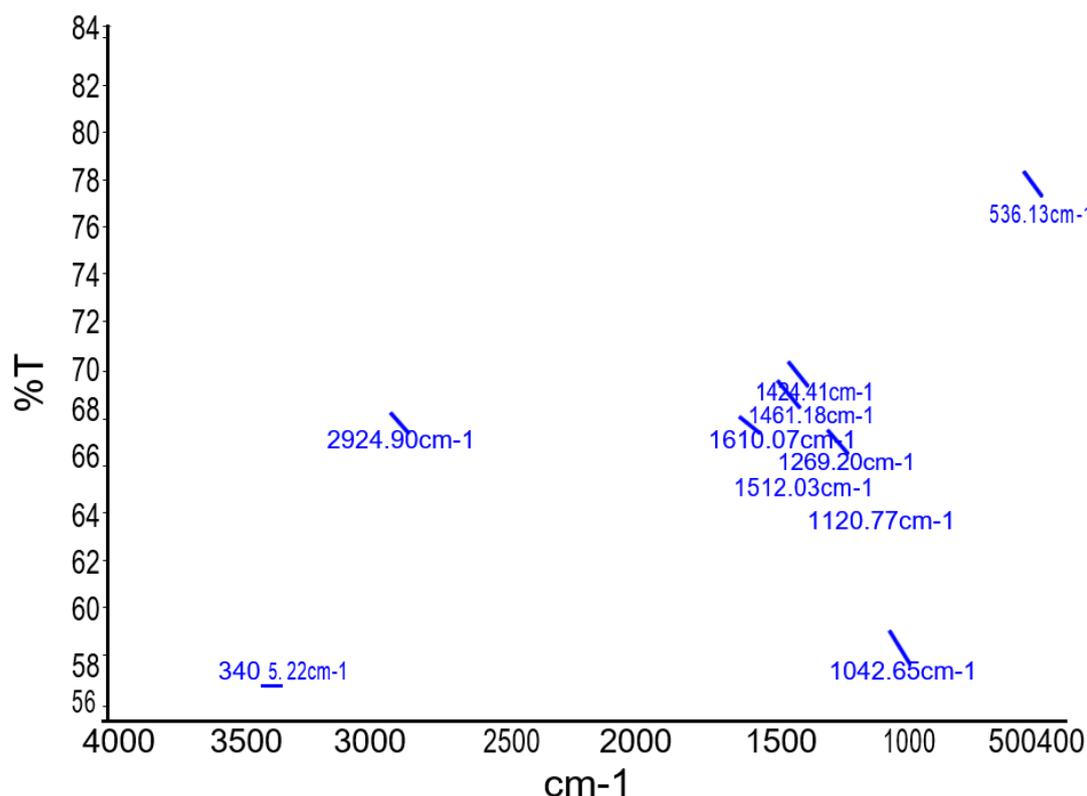
Grafik optimasi dapat dilihat bahwa konsentrasi larutan pemasak NaOH 12%-b yield lignin yang didapatkan paling tinggi yaitu 0,106%. kemudian *yield* lignin mengalami penurunan. Contoh pada konsentrasi 14% *yield* yang diperoleh 0,084%. Hal ini diduga disebabkan oleh senyawa lignin yang diperoleh rusak karena kadar konsentrasi pelarut tinggi sehingga senyawa lignin ikut terlarut didalam konsentrasi pelarut tersebut, kemurnian lignin semakin kecil karena adanya degradasi komponen non lignin dan reaksi kondensasi basa yang berlebihan (Enny K. Artati, 2009).

Lignin cenderung terkondensasi pada suasana asam yang menyebabkan bobot molekul lignin bertambah dan lignin yang terkondensasi ini akan mengendap sehingga berat yang tinggi dikarenakan pada NaOH 12% diduga tidak terlalu basa atau mungkin sesuai *range* dibandingkan pelarut NaOH 14% kemungkinan terlalu basa sehingga lignin yang diasamkan sulit terkondensasi (Hotni Lamtiar, 2015). Hubungan antara konsentrasi terhadap *yield* dinyatakan dalam persamaan: $Y = -10.341x^2 + 2.5859x - 0.0695$.

Hasil Analisa spektrum FTIR

Pada penelitian ini untuk mengetahui keberhasilan isolasi lignin dari kayu jati dilakukan identifikasi gugus fungsi polimer melaluia hasil analisa *Fourier Transform InfraRed Spectroscopy* (FT-IR). FT-IR ini mampu mencirikan serapan-serapan khas dari masing-masing gugus fungsi yang terkandung dalam *isolate* lignin sampel.

Secara umum, senyawa lignin dicirikan dengan munculnya puncak serapan gugus fungsi *isolate* lignin tersebut. Gugus fungsi dengan serapan bilangan gelombang 2820–2940 cm^{-1} untuk regang C-H metil, 340–3450 cm^{-1} untuk regang OH, 1600–1515 cm^{-1} untuk cincin aromatik, 1460–1470 cm^{-1} untuk regang C–H asimetri, 1030–1085 cm^{-1} untuk regang eter dan 520–700 cm^{-1} C-H aromatik 1250-1315 cm^{-1} untuk regang cincin stringil, 1265–1270 untuk regang guasil, (Rini Setiati, 2016). Penelitian-penelitian terdahulu juga mengidentifikasi senyawa lignin dengan munculnya gugus fungsi pada gelombang 2820-2940 cm^{-1} untuk regang O-H metil, 1715–1710 cm^{-1} untuk rentangan C=O tak terkonjugasi dengan cincin aromatik, 1675 1660 cm^{-1} untuk rentangan C=O terkonjugasi dengan cincin aromatik, 1515-1505 cm^{-1} untuk rentang vibrasi cincin aromatik. Deformasi C-H (simetri), 1330 - 1325 cm^{-1} untuk regang cincin stringil, 1270-1275 cm^{-1} untuk cincin guasil, 1030-1085 cm^{-1} untuk regang eter dan 800–830 cm^{-1} untuk C-H aromati.



Gambar 6. Spektrum FTIR Lignin dengan Konsentrasi NaOH 12%-b

Pada Gambar 3. hasil pencirian dan analisis gugus fungsi dengan FT-IR, gugus fungsi lignin kayu jati hasil delignifikasi menunjukkan pola serapan pada daerah angka panjang gelombang yang serupa. Berada pada kisaran panjang gelombang lignin pada umumnya. Hasil FT-IR senyawa-senyawa lignin berada pada rentang bilangan gelombang antara 400–4000 cm^{-1} .

Sedikit pergeseran bilangan panjang gelombang, dimungkinkan karena terdapat pengaruh struktur senyawa-senyawa aromatik yang terkandung dalam *isolate* lignin yang dianalisa. Spektra hasil analisis FT-IR merupakan sifat dan bentuk khas dari senyawa-senyawa yang unsur dan struktur bangunnya sudah dikenali secara pasti, namun demikian FT-IR juga mempunyai kelemahan berupa ketidak-tentuan dalam menginterpretasikan spektra-spekta senyawa lignin. Sampel dan proses isolasi lignin menyebabkan pengaruh pada komposisi lignin dan struktur senyawa-senyawa lignin yang dikandung. Teknik-teknik pengukuran dan penggunaan pelarut yang cocok juga sangat berpengaruh terhadap komposisi lignin yang diperoleh.

Hasil isolat lignin penelitian ini dapat dikatakan telah menghasilkan senyawa-senyawa lignin standard, atas dasar relevansi gugus-gugus fungsi umum yang terdapat dalam lignin. Sehingga dapat disimpulkan bahwa senyawa tersebut memang benar-benar lignin (BSN, 2015).

Tabel 4. Gugus Fungsi dan Standard Serapan Lignin pada Sampel Konsentrasi 12%-b

Gelombang (cm ⁻¹)	Standar kisaran pita serapan (cm-1)		Keterangan Gugus fungsi
3405,22	3400	- 3450	Uluran O-H
2924,9	2820	- 2940	Uluran C-H Metil
1610,07	1600	- 1610	Cincin Aromatik
1512,03	1505	- 1515	Cincin Aromatik
1461,18	1460	- 1470	C-H Asimetri
1424,41			
1269,2	1269	- 1275	guasil
1120,77			
1042,65	1030	- 1085	Uluran eter
536,13	600	- 700	C-H aromatic

Kesimpulan

Terbukti bahwa konsentrasi NaOH dan waktu delignifikasi berpengaruh terhadap rendemen dan lignin yang dihasilkan. Dari hasil kadar lignin yang didapatkan bahwa variabel yang berpengaruh adalah konsentrasi larutan pemasak NaOH. Dengan kondisi optimum dicapai pada larutan pemasak, NaOH 12%-b, volume 250 ml, berat sampel 10 gram waktu 2 jam, suhu 110°C, berat lignin 1,06 gram (yield 0,106%). Hasil regresi *polynomial* dari data hasil percobaan menghasilkan persamaan $Y = -10.341x^2 + 2.5859x - 0.0695$, dengan % kesalahan 0,003%. Karakteristik gugus fungsi hasil analisa spektrum FTIR membuktikan bahwa senyawa yang ada pada sampel benar-benar lignin dengan gugus fungsi guasil yang merupakan unsur dominan dalam lignin. Lignin merupakan polimer alam yang dalam aplikasi penggunaannya sebagai produk tertentu memerlukan modikasi terlebih dahulu.

Daftar Notasi

- y = yield
- X = Konsentrasi NaOH
- t = Waktu pemasakan
- C = Konsentrasi NaOH (%)
- T = Temperature pemasakan

Daftar Pustaka

Brit, K. W. (1970). *Handbook of Pulp and Paper Technology*. New York: Reinhold Pub. Corp.

BSN. (2015). Pulp dan kayu - Cara uji kadar lignin - Metode Klason SNI 0492:2008. Badan Standardisasi Indonesia.

Deded S Nawawi, A. C. (2018). Karakteristik Kimia Biomassa untuk Energi. *J. Ilmu Teknol. Kayu Tropis*, 16(1), 44-51.

Efendi, S. M. (2012). Akselerasi Pertumbuhan Stump Jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan Memotong Batang dan Inokulasi Mikoriza. *J. Floratek*, 141 - 149.

Enny K. Artati, A. E. (2009). Pengaruh Larutan Konsentrasi Pemasak pada Proses Delignifikasi Eceng Gondok dengan Proses Organosolv. *EKUILIBRIUM*, 8(1), 25 - 28.

Hotni Lamtiar, E. Y. (2015). Isolasi Lignin dari Jerami Padi dengan Metode Klason. *JOM FTEKNIK*, 2(2), 1-9.

Imam Wahyudi, T. P. (2014). Karakteristik dan Sifat-Sifat Dasar Kayu Jati Unggul Umur 4 dan 5 Tahun Asal Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 19(1), 50-54.

Karlinasari, L., DS., N., & Widyani, M. (2010). Kajian Sifat Anatomi dan Kimia Kayu Kaitanya dengan Sifat Akustik Kayu. *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*, 12(3), 110 - 116.

Lempang, M. (2016). Pemanfaatan Lignin sebagai Bahan Perekat Kayu. *Info Teknis EBONI*, 13(2), 139 - 150.

- Masahide Yasuda, K. T.-i. (2013). Effectiveness of Lignin-Removal in Simultaneous Saccharification and Fermentation for Ethanol Production from Napiergrass, Rice Straw, Silvergrass, and Bamboo with Different Lignin-Contents. In *Sustainable Degradation of Lignocellulosic Biomass - Techniques, Applications and Commercialization* (pp. 91-104). Tokyo: INTECH.
- Mukhriani. (2014). Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif. *Jurnal Kesehatan*, 12(2), 361-367.
- Rini Setiati, D. W. (2016). Analisa Spektrum Infra Red pada Proses Sintesa Lignin Ampas Tebu Menjadi Surfaktan Lignosulfonat . *Seminar Nasional Cendekiawan*, (pp. 1-11). Jakarta.
- Silvi Octavia, I. A. (2016). Pengurangan Kadar Lignin Pada Biomassa Lignoselulosik Menggunakan Urea Untuk Meningkatkan Perolehan Glukosa Bahan Mentah Bioetanol. *Jurnal Katalisator*, 1(1), 20-25.

Klasterisasi Sumber Penyebaran Virus Covid-19 dengan Menggunakan Metode *K-MEANS* Di Daerah Kota Cimahi dan Kab. Bandung Barat

Arief Rachman¹, dan M. Reza Hidayat²

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani, Kota Cimahi, Indonesia

arief3178@gmail.com, mreza@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Virus Covid-19 berasal dari Kota Wuhan di China. Penularannya sangat cepat dan pesat ke berbagai belahan dunia termasuk di Indonesia. Penelitian ini membahas tentang klasterisasi sumber penyebaran virus covid-19 dengan metoda *k-means* menggunakan *software* WEKA untuk Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat. Tujuan dari penelitian ini yaitu memperoleh informasi tentang 5 klaster sumber penyebaran virus Covid-19, yaitu klaster 0 (kantor), klaster 1 (tempat makan), klaster 2 (rumah), klaster 3 (perbelanjaan), dan klaster 4 (transportasi umum) selama bulan Mei sampai Juli 2020 untuk Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat. Hasil dapat disimpulkan pada klaster 0 tertinggi dari Kab. Bandung Barat dengan rata-rata 0,05%, untuk klaster 1 dampak covid-19 tertinggi dari Kab. Bandung Barat dengan rata-rata 0,55%, untuk klaster 2 dengan rata-rata 0,02%, untuk klaster 3 dampak covid-19 tertinggi dari Kab. Bandung Barat dengan rata-rata 0,04%, untuk klaster 4 dampak covid-19 tertinggi dari Kota Cimahi dengan rata-rata 0,79%.

Kata kunci: Covid-19, *Clustering*, *K-Means*, WEKA

Abstract

The Covid-19 virus originated from the city of Wuhan in China. Transmission is very fast and rapid to various parts of the world including Indonesia. This study discusses the clustering of sources of the spread of the covid-19 virus using the k-means method using software for Cimahi City and West Bandung Regency. The purpose of this study is to obtain information about 5 clusters of the source of the Covid-19 virus, namely cluster 0 (offices), cluster 1 (places to eat), cluster 2 (houses), cluster 3 (shopping), and cluster 4 (public transportation). during May to July 2020 for Cimahi City and West Bandung Regency. The results can be concluded that the highest cluster 0 from Kab. West Bandung with an average of 0,05%, for cluster 1 the highest impact of covid-19 was from Kab. West Bandung with an average of 0,55%, for cluster 2 with an average of 0,02%, for cluster 3 the highest impact of covid-19 was from Kab. West Bandung with an average of 0,04%, for cluster 4 the highest impact of covid-19 was from Cimahi City with an average of 0.79%.

Keywords: Covid-19, *Clustering*, *K-means*, WEKA

1. Pendahuluan

Indonesia telah mencatat 271.339 kasus positif infeksi virus corona sejak kasus pertama diumumkan Presiden Joko Widodo pada 26 September 2020 lalu. Dari jumlah itu, 199.403 dinyatakan sembuh dan 10.308 meninggal dunia. DKI Jakarta, Jawa Timur, dan Sulawesi Selatan menjadi penyumbang kasus terbesar Covid-19 (COVID-19, 2020). Namun, persebaran infeksi ini sebagian berasal dari klaster yang sama (Nurlaila Suci Rahayu Rais, 2018). Pertumbuhan klaster ini juga diakibatkan oleh faktor manusianya sendiri yang tidak patuh terhadap protokol kesehatan yang berlaku di Indonesia dengan memakai masker dan menjaga jarak 1-2 meter (Setiawan, Daryanto, 2018). Teknik yang dapat dilakukan untuk penanganan virus covid-19 salah satunya dengan mengetahui klaster sumber penularannya agar bisa mencegah penularan lebih banyak (Ahmad, 2019). Salah satu tahap dari data *mining* adalah bagian *descriptive* dengan tahapan klasterisasi (Zulfah, 2016). Salah satu keuntungan metoda *k-means* dari tahap klasterisasi yaitu mudah diimplementasikan dan dijalankan, waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan pembelajaran ini cepat, mudah diadaptasi, dan umum digunakan (Setiawan, Daryanto, 2018).

Sesuai kebutuhannya, penggunaan algoritma *K-means Clustering* adalah suatu metode penganalisaan data atau metoda data *mining* yang melakukan proses pemodelan tanpa *supervised (unsupervised)* dan merupakan salah satu metoda yang melakukan pengelompokan data dengan sistem partisi. Adapun pada penelitian ini juga menggunakan metoda Algoritma *K-Means* dengan klasterisasi dampak covid-19 di Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat pada bulan Mei sampai Juli 2020.

Info Makalah:

Dikirim : 08-27-20;
Revisi 1 : 09-17-20;
Revisi 2 : 09-28-20;
Revisi 3 : 11-11-20;
Diterima : 11-16-20.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-XXX-XXX
e-mail : mreza@lecture.unjani.ac.id

WEKA adalah sebuah paket *tools machine learning* praktis. "WEKA" merupakan singkatan dari *Waikato Environment for Knowledge Analysis*, yang dibuat di Universitas Waikato, New Zealand untuk penelitian, pendidikan dan berbagai aplikasi. WEKA mampu menyelesaikan masalah-masalah data *mining* di dunia nyata, khususnya klasifikasi yang mendasari pendekatan-pendekatan *machine learning*. Perangkat lunak ini ditulis dalam hirarki *class Java* dengan metode berorientasi objek dan dapat berjalan hampir di semua *platform*. WEKA mudah digunakan dan digunakan dan diterapkan pada

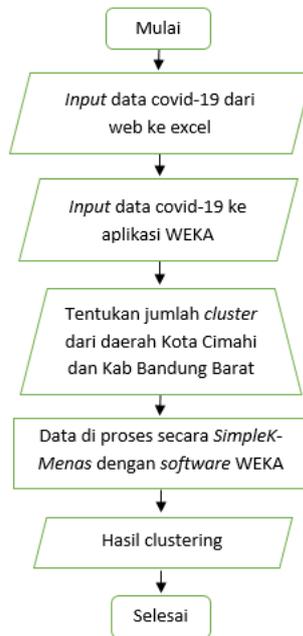
beberapa tingkatan yang berbeda. Tersedia implementasi algoritma-algoritma pembelajaran *state-of-the-art* yang dapat diterapkan pada data set dari *command line*. WEKA mengandung *tools* untuk *pre-processing* data, klasifikasi, regresi, *clustering*, aturan asosiasi, dan visualisasi. *User* dapat melakukan *preprocess* pada data, memasukkannya dalam sebuah skema pembelajaran, dan menganalisa *classifier* yang dihasilkan dan performasinya – semua itu tanpa menulis kode program sama sekali (WEKA, 2020). K-means merupakan salah satu metoda data *clustering* non hirarki yang berusaha mempartisi data yang ada ke dalam bentuk satu atau lebih klaster/kelompok. Metode ini mempartisi ke dalam klaster/kelompok sehingga data yang memiliki karakteristik yang sama (*High intra class similarity*) dikelompokkan ke dalam satu klaster yang sama dan yang memiliki karakteristik yang berbeda (*Low inter class similarity*) dikelompokkan pada kelompok yang lain (Narwati, 2016). Berikut adalah rumus matematis dasar untuk klasterisasi:

$$D(i, j) = \sqrt{(X_{1i} - X_{1j})^2 + (X_{2i} - X_{2j})^2 + \dots + (X_{ki} - X_{kj})^2} \quad (1)$$

Berdasarkan perkembangan riset, penelitian tentang hal ini yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian pertama dilakukan menggunakan data set *input*. Dalam mengimplementasikan algoritma ini data pengujian yang digunakan adalah data barang di supermarket Fadhilla Bengkulu. Hasil dari pemrosesan data menggunakan beberapa *software* data *mining* tersebut pada intinya sama. Menghasilkan kelompok data menjadi laris dan kurang laris (Benri Melpa Metisen, 2015). Penelitian kedua dilakukan untuk merealisasikan aplikasi yang dibangun akan memberikan rekomendasi pengevaluasian potensi pendapatan dan pemakaian air calon pelanggan baru PDAM disesuaikan dengan kriteria pemakaian air pelanggan baru yang telah ditentukan oleh PDAM. Pada penelitian ini menggunakan metode *K-Means* dengan beberapa tahapan yaitu tahap pertama menentukan jumlah klas (*k*) pada data set. Sistem menghasilkan *output* berupa kelompok potensi pendapatan dan pemakaian air berdasarkan tingkat kelayakannya (Gunawan Abdillah, 2016). Lalu penelitian ketiga dilakukan dengan Penerapan Data *mining* Pada Ekspor Buah-Buahan Menurut Negara Tujuan Menggunakan *K-Means Clustering Method*. Sehingga diperoleh penilaian berdasarkan indeks ekspor buah-buahan dengan 2 negara klaster tingkat ekspor tinggi yakni India dan Pakistan, 3 negara klaster tingkat ekspor sedang yakni Singapura, Bangladesh dan Negara lainnya dan 6 negara klaster tingkat ekspor rendah yakni Hongkong, Tiongkok, Malaysia, Nepal, Vietnam dan Iran. Hasil yang dari penelitian dapat digunakan untuk mengetahui jumlah ekspor buah-buahan menurut negara tujuan (Windarto, 2017). Penelitian keempat dilakukan pada menerapkan algoritma *K-Means Clustering* untuk pengelompokan data Program SDP di PT. Bank Syariah. Berdasarkan hasil klaster dengan menerapkan beberapa kriteria dari daftar Program SDP menggunakan algoritma *K-Means* dapat diambil pengelompokan dengan rata-rata data program SDP yang dapat melakukan *Assessment center* lanjutan adalah yang lolos dan hasil klasifikasi program SDP yang hampir lolos harus memperbaiki administrasi seperti kedisiplinan dari bulan juni sampai bulan oktober agar dapat mengikuti *Assessment Center* lanjutan, sedangkan hasil klasifikasi daftar data program SDP yang tidak lolos harus memperbaiki data kedisiplinannya selama 1 Tahun. (In Parlina, 2018) Penelitian kelima yaitu penelitian ini membahas tentang Implementasi Rapidminer dengan Metode *K-Means* (Studi Kasus: Imunisasi Campak pada Balita berdasarkan Provinsi). Sehingga diperoleh penilaian berdasarkan pengelompokan Jumlah Persentase Balita yang Pernah Mendapat Imunisasi Campak berdasarkan Provinsi dengan klaster tinggi (C1) sebanyak 21 provinsi untuk klaster sedang (C2) sebanyak 12 provinsi dan untuk klaster rendah (C3) sebanyak 1 provinsi. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan masukan bagi pemerintah khususnya provinsi, agar provinsi yang masuk kedalam klaster tinggi mendapat perhatian lebih dan meningkatkan sosialisasi imunisasi campak terhadap balita. (Riyani Wulan Sari, 2018). Penelitian ke enam yaitu membahas tentang *clustering* data untuk rekomendasi penentuan jurusan perguruan tinggi menggunakan metode *k-means*. Dalam melakukan analisis penulis menggunakan alat bantu *tools* WEKA dan RapidMiner. Metode yang digunakan adalah metode *k-means clustering* dengan 24 atribut dan 5 klaster. Jumlah klaster pada perhitungan manual adalah, C1 terdapat 62 data, C2 terdapat 28 data, C3 terdapat 30 data, C4 terdapat 30 data, C5 terdapat 60 data. Jumlah klaster pada perhitungan RapidMiner adalah, C1 terdapat 35 data, C2 terdapat 55 data, C3 terdapat 58 data, C4 terdapat 35 data, C5 terdapat 27 data. Jumlah klaster pada perhitungan WEKA adalah, C1 terdapat 30 data, C2 terdapat 49 data, C3 terdapat 41 data, C4 terdapat 32 data, C5 terdapat 58 data (Pareza Alam Jusia, 2019). Penelitian ke tujuh yaitu membahas tentang *Bag of Word Clustering Using WEKA*. *SimpleKMeans* dan *XMeans* digunakan untuk mengolah dataset dan mengelompokkan berdasarkan jumlah klaster tetap yang digunakan, sedangkan *Farthest First* akan meletakkan semua pusat klaster pada titik terjauh dari pusat klaster yang sudah ada untuk mengelompokkan data. Dataset berasal dari UCI *machine learning* dengan menggunakan 3 koleksi data, yaitu *Enron Email*, *NIPS Proceedings*, dan *Daily Kos Blog entries*. Semua data merupakan teks tidak terstruktur yang direpresentasikan dalam *bags-of-word* (BoW). Performa dataset diuji dengan berbagai masukan parameter yang berbeda meliputi jumlah klaster hingga evaluasi *sum squared error* (SSE), serta iterasi selama proses pengolahan data. Pengujian dibagi dalam 3 yaitu membandingkan persentase klaster BoW yang terbentuk, kedua melakukan evaluasi dataset menggunakan *classes* to klaster *evaluation*, dan ketiga pengujian nilai SSE dibandingkan dengan parameter *k* dan jumlah iterasi yang terjadi (Mardiana, 2015). Penelitian ke delapan yaitu membahas Penerapan Metode *K-Means* Untuk *Clustering*

Mahasiswa Berdasarkan Nilai Akademik Dengan Weka *Interface* Studi Kasus Pada Jurusan Teknik Informatika UMM Magelang. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa algoritma *K-Means* bisa digunakan untuk mengelompokkan mahasiswa berdasarkan IPK dan beberapa atribut mata kuliah (Asroni, 2015).

Berdasarkan hasil dari perkembangan riset sebelumnya yang menggunakan metoda *K-Means* untuk klasterisasi, maka pada penelitian ini juga menggunakan metoda *K-Means Clustering* untuk mengetahui sumber penularan virus covid-19 paling banyak dari beberapa faktor yang ada di daerah Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat.

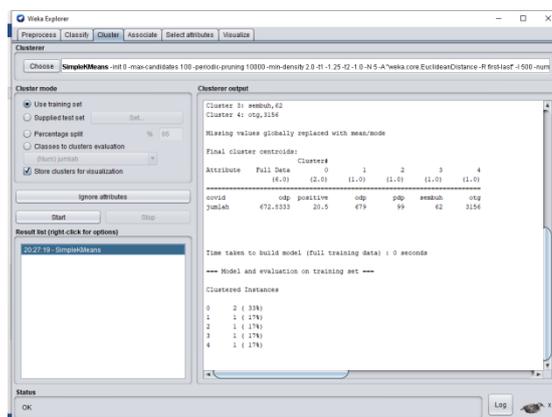


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 1 dijelaskan adalah pertama menyiapkan data harus dibuat dengan Microsoft Excel sesuai dengan persyaratan yang diharuskan oleh perangkat lunak WEKA dan dibuat perhari yang di *update* dari situs resmi pemerintah untuk Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat, setelah disusun berdasarkan per tanggal masukan data tersebut ke aplikasi WEKA, sebelum itu harus mengubah data file tersebut menjadi “.arrf” agar bisa terbaca di aplikasi.

Setelah itu menentukan kluster yang akan digunakan, di penelitian ini menentukan 5 kluster, sesudah di *setting* 5 kluster bisa memproses data, setelah itu akan dapatkan pembagian kluster dan harus mengubah format file tersebut untuk di input kembali di excel, jika ada data yang akan diubah harus mengubah kembali dari inputan data awal.

Hasil klasterisasi menggunakan WEKA



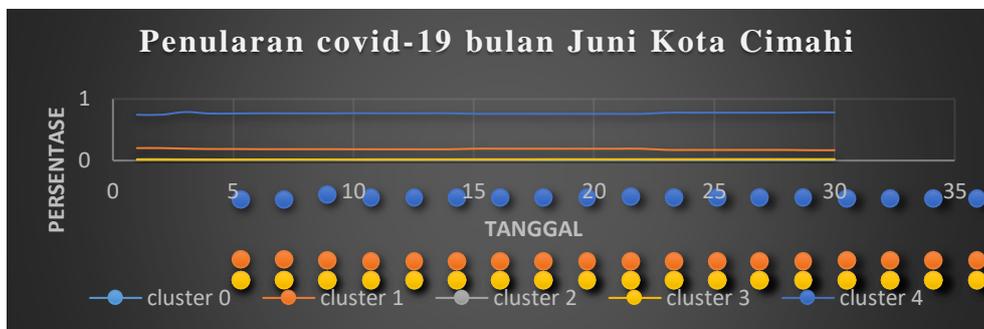
Gambar 2. Hasil Clustering di Software WEKA

Dari hasil kalsterisasi menggunakan WEKA seperti Gambar 2 dapat dijelaskan WEKA memakai kategori *SimpleKMeans* dengan konfigurasi 5 kluster dan diolah secara otomatis oleh WEKA memakai “*Use Training set*” yang artinya memakai metoda Algoritma *K-means* dasar digunakan untuk pemula dan hasilnya memakai satuan

persentase dari jumlah data yang di *input* kan sebelumnya. Yang diperlihatkan pada Gambar 2 di atas merupakan hasil akhir dari proses klasterisasi di aplikasi WEKA dan hasilnya menunjukkan persentase untuk tiap klaster bersama dengan diagram didalamnya.

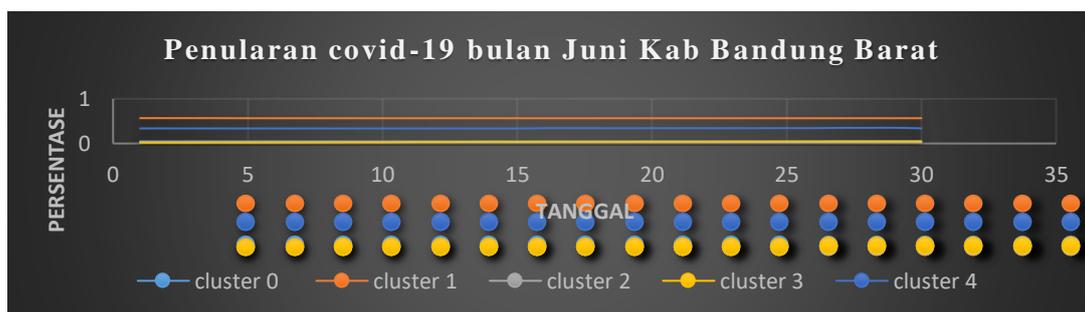
2. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Pengujian Perbulan



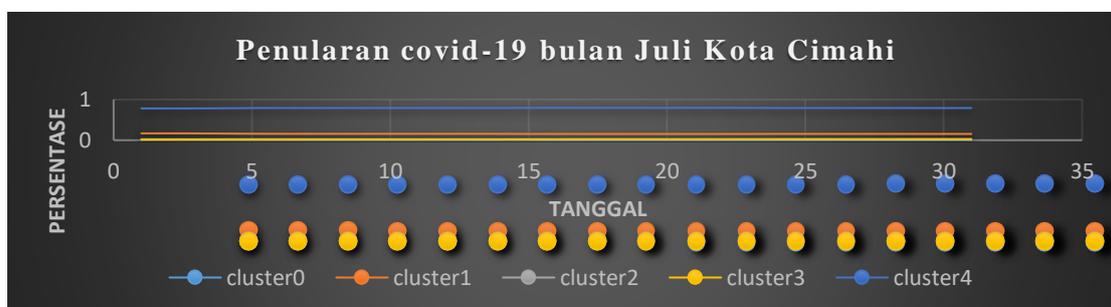
Gambar 3. Hasil 5 Klaster Bulan Juni 2020 Kota Cimahi

Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil 5 klaster yang terjadi pada bulan Juni 2020 di Kota Cimahi dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada klaster 4 (lingkungan transportasi umum) dimana terdapat kenaikan yang signifikan pada tanggal 2–3 Juni 2020 sebesar $\pm 0,04\%$ dari 0,74%–0,78%, dan disusul posisi kedua pada klaster 1 (lingkungan tempat makan) terjadi penurunan yang signifikan pada tanggal 22–23 Juni 2020 sebesar $\pm 0,02\%$ dari 0,19%–0,17%, dan 3 klaster lainnya yaitu klaster 0 (lingkungan kantor), klaster 2 (lingkungan rumah), klaster 3 (lingkungan perbelanjaan) ada diantara 0% - 0,05%.



Gambar 4. Hasil 5 Klaster Bulan Juni 2020 Kab Bandung Barat

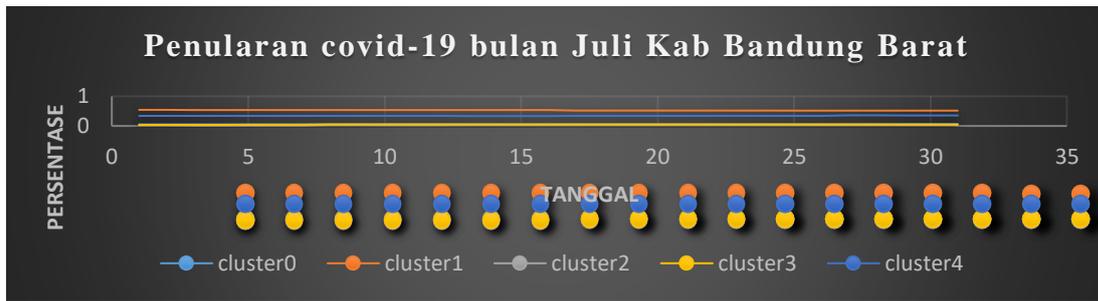
Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil 5 klaster yang terjadi pada bulan Juni 2020 di Kab Bandung Barat dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada klaster 1 (lingkungan tempat makan) berada di presentase kisaran $\pm 0,55\%$, dan disusul posisi kedua pada klaster 4 (lingkungan transportasi umum) berada di presentase kisaran $\pm 0,33\%$, dan 3 klaster lainnya yaitu klaster 0 (lingkungan kantor), klaster 2 (lingkungan rumah), klaster 3 (lingkungan perbelanjaan) ada diantara 0%-0,05%.



Gambar 5. Hasil 5 Klaster Bulan Juli 2020 Kota Cimahi

Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil 5 klaster yang terjadi pada bulan Juli 2020 di Kota Cimahi dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada klaster 4 (lingkungan transportasi umum) berada di presentase kisaran $\pm 0,79\%$, dan disusul posisi kedua pada klaster 1 (lingkungan tempat makan) berada di presentase

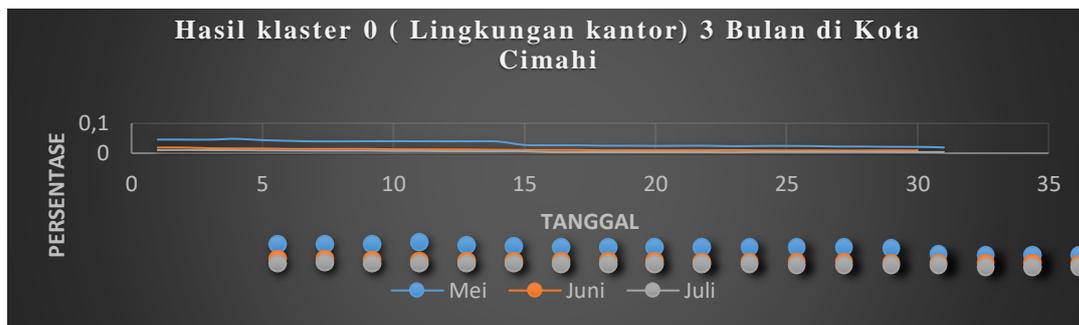
kisaran $\pm 0,15\%$, dan 3 kluster lainnya yaitu kluster 0 (lingkungan kantor), kluster 2 (lingkungan rumah), kluster 3 (lingkungan perbelanjaan) ada diantara $0\% - 0,05\%$.



Gambar 6. Hasil 5 Kluster Bulan Juli 2020 Kab Bandung Barat

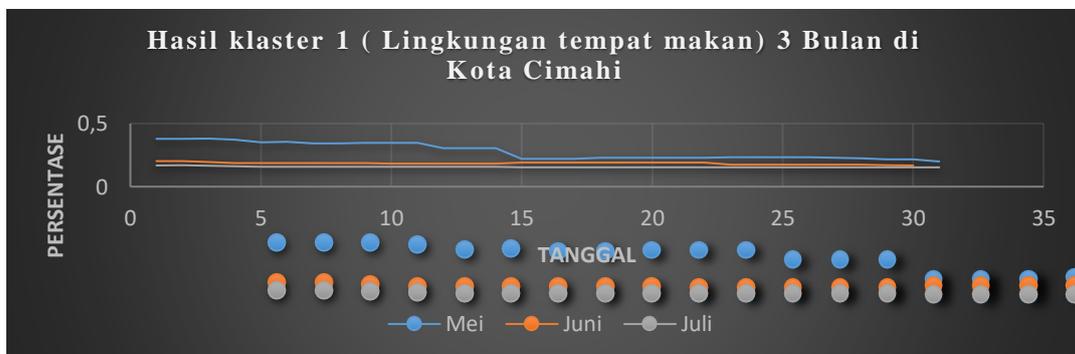
Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil 5 kluster yang terjadi pada bulan Juli 2020 di Kab Bandung Barat dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada kluster 1 (lingkungan tempat makan) ada penurunan yang signifikan pada tanggal 16–17 Juli 2020 sebesar $\pm 0,01\%$ dari $0,53\% - 0,52\%$, dan disusul posisi kedua pada kluster 4 (lingkungan transportasi umum) terjadi kenaikan yang signifikan pada tanggal 16–17 Juli 2020 sebesar $\pm 0,01\%$ dari $0,33\% - 0,34\%$, dan 3 kluster lainnya yaitu kluster 0 (lingkungan kantor), kluster 2 (lingkungan rumah), kluster 3 (lingkungan perbelanjaan) ada diantara $0\% - 0,1\%$.

B. Hasil Perbandingan Per-kluster Tiap Bulan



Gambar 7. Hasil Perbandingan Kluster 0 dalam 3 Bulan di Kota Cimahi

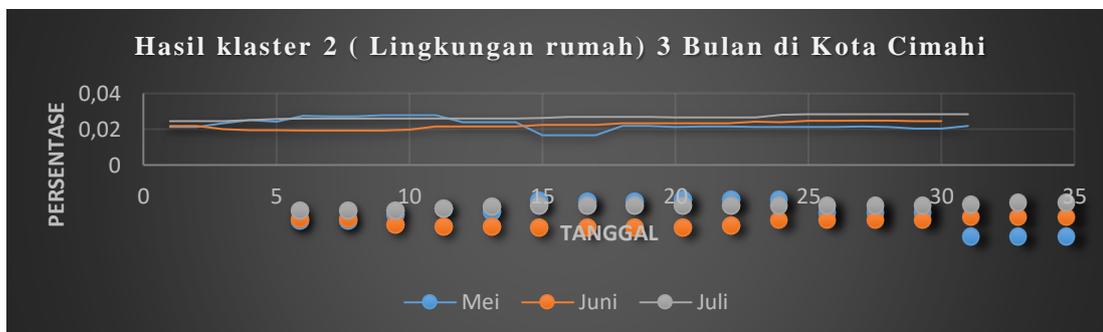
Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan kluster 0 (lingkungan kantor) yang terjadi pada bulan Mei-Juli 2020 di Kota Cimahi dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada bulan Mei ada penurunan yang signifikan pada tanggal 14–15 Mei 2020 sebesar $\pm 0,01\%$ dari $0,03\% - 0,02\%$, disusul posisi kedua pada bulan Juni terjadi penurunan yang signifikan pada tanggal 2–3 Juni 2020 sebesar $\pm 0,002\%$ dari $0,018\% - 0,016\%$, dan terakhir posisi ketiga pada bulan Juli terjadi penurunan yang signifikan pada tanggal 15–16 Juli 2020 sebesar $\pm 0,003\%$ dari $0,006\% - 0,003\%$. Jadi dapat disimpulkan bahwa kluster 0 (lingkungan kantor) di Kota Cimahi dari bulan Mei–Juli 2020 mengalami penurunan yang relatif besar $\pm 0,04\%$.



Gambar 8. Hasil Perbandingan Kluster 1 dalam 3 Bulan di Kota Cimahi

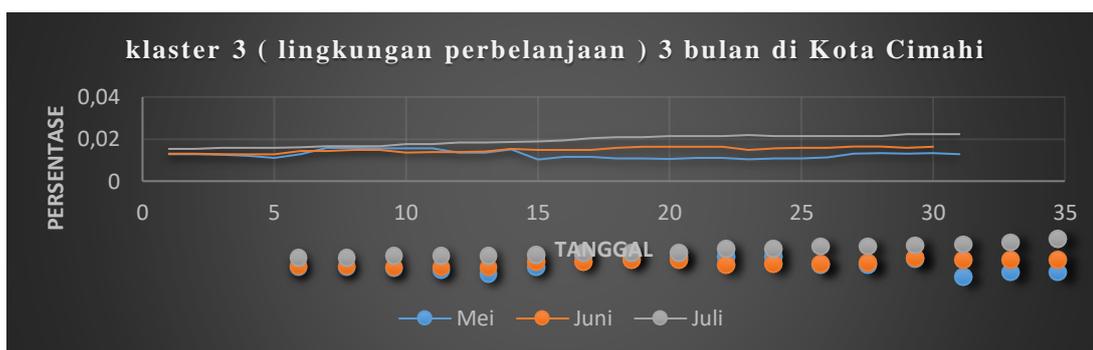
Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan kluster 1 (lingkungan tempat makan) yang terjadi pada bulan Mei-Juli 2020 di Kota Cimahi dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada bulan Mei dimana terdapat penurunan yang signifikan pada tanggal 14–15 Mei 2020 sebesar $\pm 0,08\%$ dari $0,30\% - 0,22\%$,

disusul posisi kedua pada bulan Juni terjadi penurunan yang signifikan pada tanggal 22–23 Juni 2020 sebesar $\pm 0,02\%$ dari 0,19%-0,17%, dan terakhir posisi ketiga pada bulan Juli tidak terdapat kenaikan ataupun penurunan yang signifikan melainkan konsisten berada di kisaran $\pm 0,15\%$. Jadi dapat disimpulkan bahwa klaster 1 (lingkungan tempat makan) di Kota Cimahi dari bulan Mei–Juli 2020 mengalami penurunan yang relatif besar $\pm 0,22\%$.



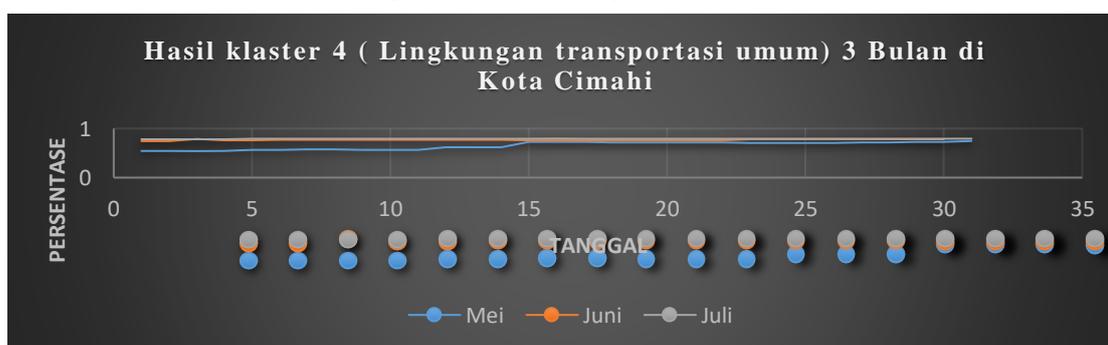
Gambar 9. Hasil Perbandingan Klaster 2 dalam 3 Bulan di Kota Cimahi

Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan klaster 2 (lingkungan rumah) yang terjadi pada bulan Mei-Juli 2020 di Kota Cimahi dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada bulan Mei ada penurunan yang signifikan pada tanggal 14–15 Mei 2020 sebesar $\pm 0,01\%$ dari 0,02%–0,01%, disusul posisi kedua pada bulan Juni terjadi kenaikan yang signifikan pada tanggal 10–11 Juni 2020 sebesar $\pm 0,01\%$ dari 0,01%-0,02%, dan terakhir posisi ketiga pada bulan Juli terjadi kenaikan yang signifikan pada tanggal 23–24 Juli 2020 sebesar $\pm 0,001\%$ dari 0,026%-0,027%. Jadi dapat disimpulkan bahwa klaster 2 (lingkungan rumah) di Kota Cimahi dari bulan Mei–Juli 2020 mengalami kenaikan yang relatif besar $\pm 0,004\%$.



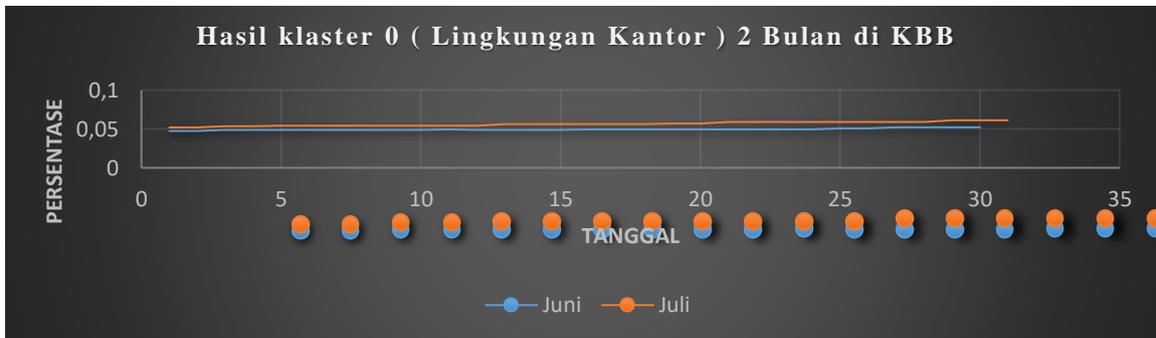
Gambar 10. Hasil Perbandingan Klaster 3 dalam 3 Bulan di Kota Cimahi

Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan klaster 3 (lingkungan perbelanjaan) yang terjadi pada bulan Mei-Juli 2020 di Kota Cimahi dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada bulan Mei ada penurunan yang signifikan pada tanggal 14–15 Mei 2020 sebesar $\pm 0,004\%$ dari 0,014%–0,010%, disusul posisi kedua pada bulan Juni terjadi penurunan yang signifikan pada tanggal 22–23 Juni 2020 sebesar $\pm 0,002\%$ dari 0,016%-0,014%, dan terakhir posisi ketiga pada bulan Juli terjadi kenaikan yang signifikan pada tanggal 23–24 Juli 2020 sebesar $\pm 0,001\%$ dari 0,026%-0,027%. Jadi dapat disimpulkan bahwa klaster 3 (lingkungan perbelanjaan) di Kota Cimahi dari bulan Mei–Juli 2020 mengalami kenaikan yang relatif besar $\pm 0,004\%$.



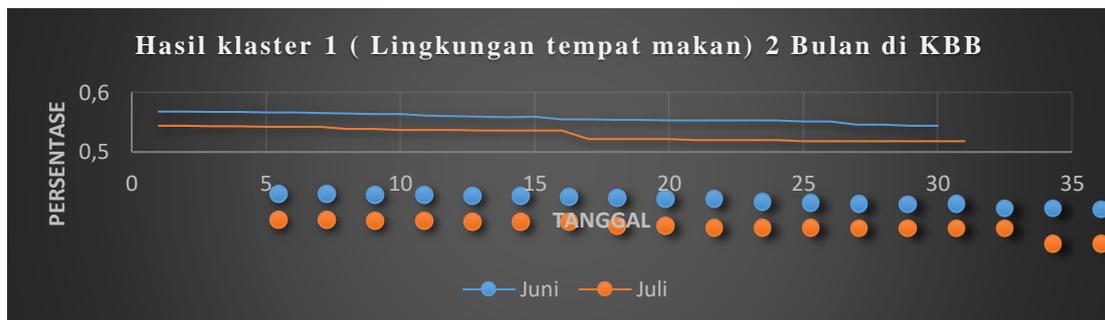
Gambar 11. Hasil Perbandingan Klaster 4 dalam 3 Bulan di Kota Cimahi

Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan klaster 4 (lingkungan transportasi umum) yang terjadi pada bulan Mei-Juli 2020 di Kota Cimahi dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada bulan Mei ada kenaikan yang signifikan pada tanggal 14–15 Mei 2020 sebesar $\pm 0,11\%$ dari $0,61\% - 0,72\%$, disusul posisi kedua pada bulan Juni terjadi penurunan yang signifikan pada tanggal 2–3 Juni 2020 sebesar $\pm 0,04\%$ dari $0,74\% - 0,78\%$, dan terakhir posisi ketiga pada bulan Juli tidak terdapat kenaikan ataupun penurunan yang signifikan melainkan konsisten berada di kisaran $\pm 0,79\%$. Jadi dapat disimpulkan bahwa klaster 4 (lingkungan transportasi umum) di Kota Cimahi dari bulan Mei–Juli 2020 mengalami kenaikan yang relatif besar $\pm 0,13\%$.



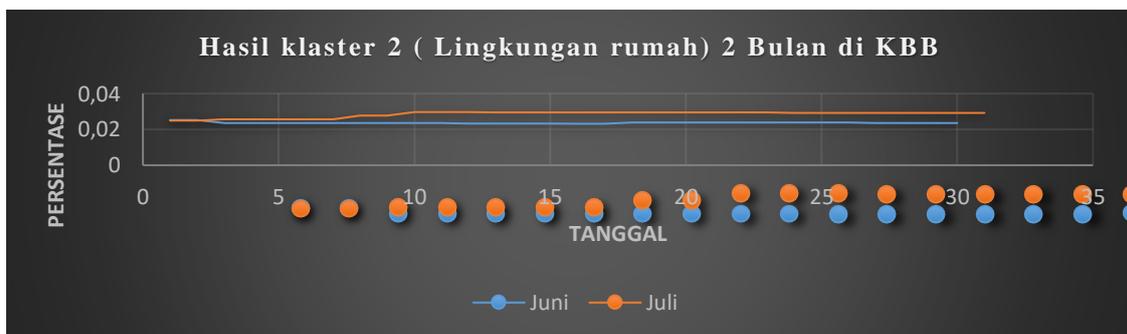
Gambar 12. Hasil Perbandingan Klaster 0 dalam 2 Bulan di Kab Bandung Barat

Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan klaster 0 (lingkungan kantor) yang terjadi pada bulan Juni-Juli 2020 di Kab Bandung Barat dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada bulan Juli ada kenaikan yang signifikan pada tanggal 12–13 Juli 2020 sebesar $\pm 0,002\%$ dari $0,054\% - 0,056\%$, dan terendah pada bulan Juni terjadi kenaikan yang signifikan pada tanggal 26–27 Juni 2020 sebesar $\pm 0,002\%$ dari $0,050\% - 0,052\%$. Jadi dapat disimpulkan bahwa klaster 0 (lingkungan kantor) di Kab Bandung Barat dari bulan Juni–Juli 2020 mengalami kenaikan yang relatif besar $\pm 0,007\%$.



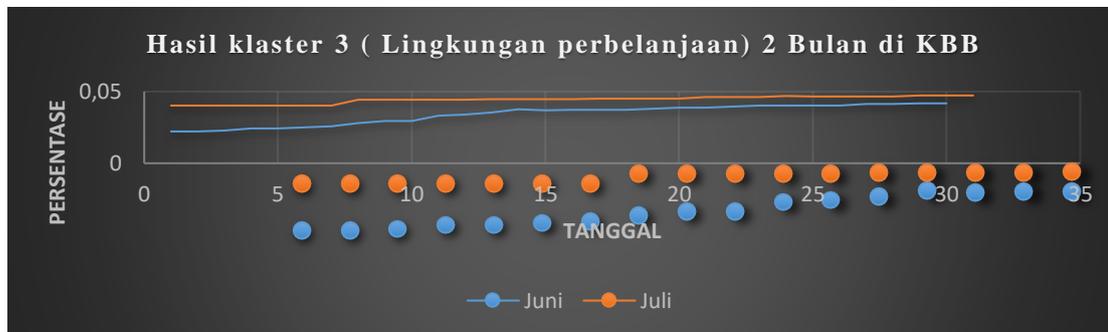
Gambar 13. Hasil Perbandingan Klaster 1 dalam 2 Bulan di Kab Bandung Barat

Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan klaster 1 (lingkungan tempat makan) yang terjadi pada bulan Juni-Juli 2020 di Kab Bandung Barat dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada bulan Juni ada penurunan yang signifikan pada tanggal 26–27 Juni 2020 sebesar $\pm 0,01\%$ dari $0,55\% - 0,54\%$, dan terendah pada bulan Juli terjadi penurunan yang signifikan pada tanggal 16–17 Juli 2020 sebesar $\pm 0,01\%$ dari $0,53\% - 0,52\%$. Jadi dapat disimpulkan bahwa klaster 1 (lingkungan tempat makan) di Kab Bandung Barat dari bulan Juni–Juli 2020 mengalami penurunan yang relatif besar $\pm 0,03\%$.



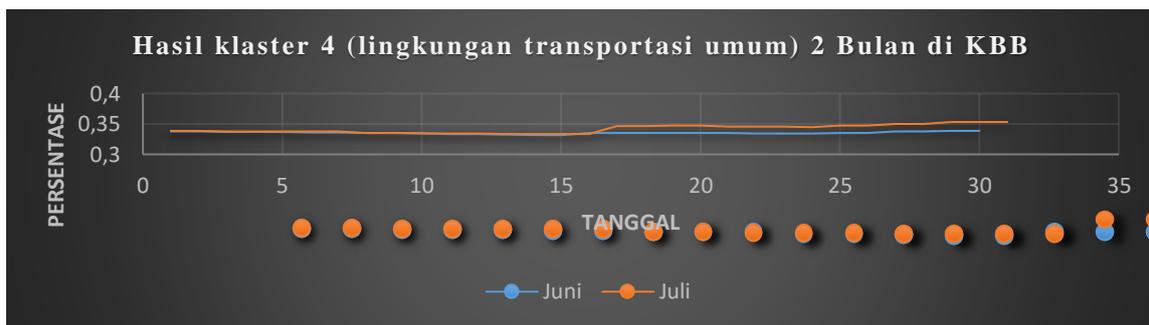
Gambar 14. Hasil Perbandingan Klaster 2 dalam 2 Bulan di Kab Bandung Barat

Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan klaster 2 (lingkungan rumah) yang terjadi pada bulan Juni-Juli 2020 di Kab Bandung Barat dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada bulan Juni ada penurunan yang signifikan pada tanggal 2–3 Juni 2020 sebesar $\pm 0,002\%$ dari $0,025\% - 0,023\%$, dan terendah pada bulan Juli terjadi kenaikan yang signifikan pada tanggal 9–10 Juli 2020 sebesar $\pm 0,002\%$ dari $0,027\% - 0,029\%$. Jadi dapat disimpulkan bahwa klaster 2 (lingkungan rumah) di Kab Bandung Barat dari bulan Juni–Juli 2020 mengalami kenaikan yang relatif besar $\pm 0,005\%$.



Gambar 15. Hasil Perbandingan Klaster 3 dalam 2 Bulan di Kab Bandung Barat

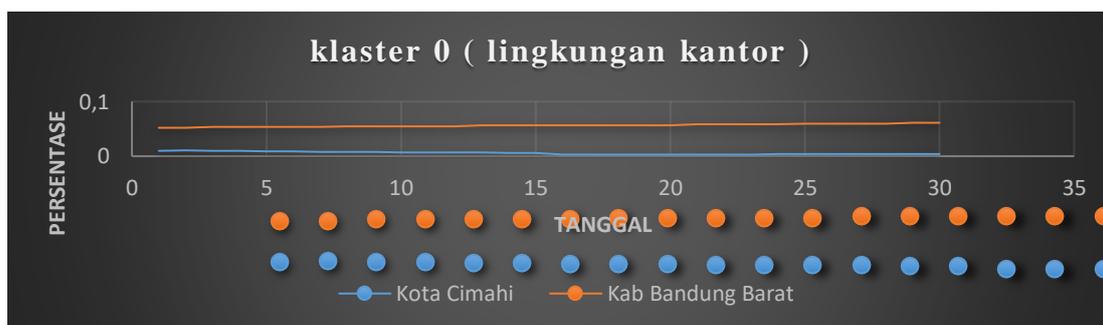
Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan klaster 3 (lingkungan perbelanjaan) yang terjadi pada bulan Juni-Juli 2020 di Kab Bandung Barat dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada bulan Juni ada kenaikan yang signifikan pada tanggal 10–11 Juni 2020 sebesar $\pm 0,004\%$ dari $0,029\% - 0,033\%$, dan terendah pada bulan Juli terjadi kenaikan yang signifikan pada tanggal 7–8 Juli 2020 sebesar $\pm 0,004\%$ dari $0,040\% - 0,044\%$. Jadi dapat disimpulkan bahwa klaster 3 (lingkungan perbelanjaan) di Kab Bandung Barat dari bulan Juni–Juli 2020 mengalami kenaikan yang relatif besar $\pm 0,01\%$.



Gambar 16. Hasil Perbandingan Klaster 4 dalam 2 Bulan di Kab Bandung Barat

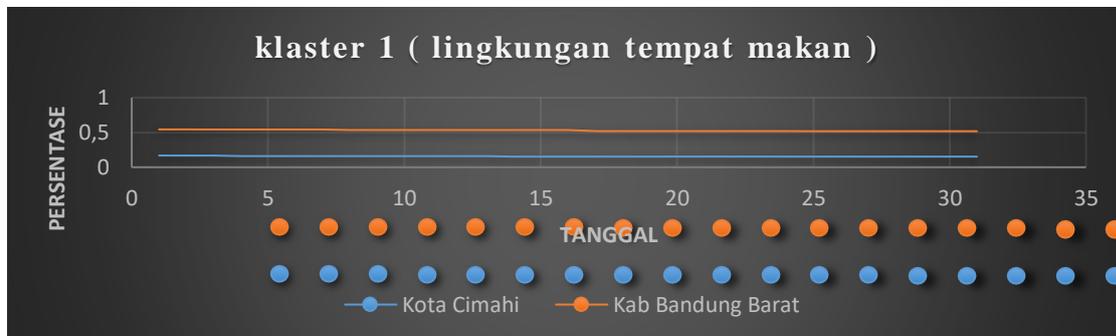
Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan klaster 4 (lingkungan transportasi umum) yang terjadi pada bulan Juni-Juli 2020 di Kab Bandung Barat dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada bulan Juni ada kenaikan yang signifikan pada tanggal 15–16 Juni 2020 sebesar $\pm 0,003\%$ dari $0,332\% - 0,335\%$, dan terendah pada bulan Juli terjadi kenaikan yang signifikan pada tanggal 16–17 Juli 2020 sebesar $\pm 0,01\%$ dari $0,33\% - 0,34\%$. Jadi dapat disimpulkan bahwa klaster 4 (lingkungan transportasi umum) di Kab Bandung Barat dari bulan Juni–Juli 2020 mengalami kenaikan yang relatif besar $\pm 0,01\%$.

C. Hasil Perbandingan Klaster dan Bulan yang sama di Daerah yang Berbeda



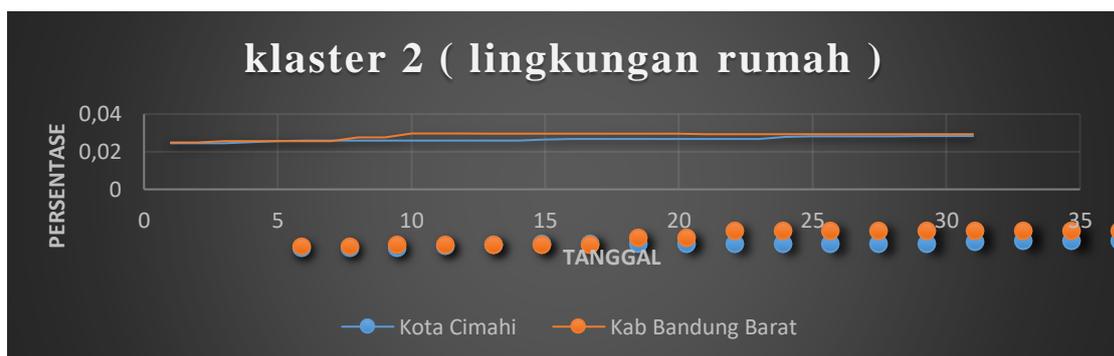
Gambar 17. Hasil Perbandingan Klaster 0 di Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat

Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan kluster 0 (lingkungan kantor) yang terjadi pada bulan Juni 2020 di 2 daerah yang berbeda dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada daerah Kab Bandung Barat ada kenaikan yang signifikan pada tanggal 24–25 Juni 2020 sebesar $\pm 0,01\%$ dari $0,04\%$ – $0,05\%$, dan terendah pada daerah Kota Cimahi terjadi penurunan yang signifikan pada tanggal 2–3 Juni 2020 sebesar $\pm 0,002\%$ dari $0,018\%$ – $0,016\%$. Jadi dapat disimpulkan bahwa kluster 0 (lingkungan kantor) di Bulan Juni 2020 antara Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat mengalami selisih yang relatif besar $\pm 0,03\%$.



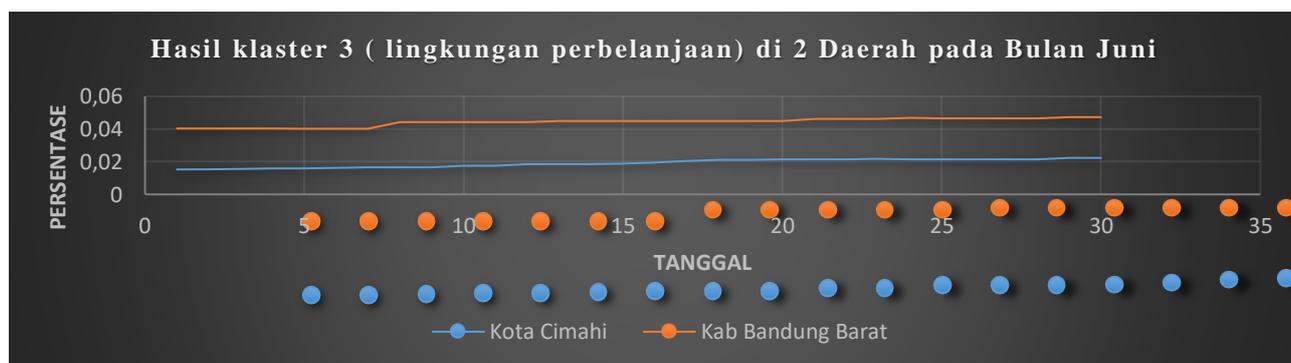
Gambar 18. Hasil Perbandingan Kluster 1 di Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat

Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan kluster 1 (lingkungan tempat makan) yang terjadi pada bulan Juli 2020 di 2 daerah yang berbeda dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada daerah Kab Bandung Barat ada penurunan yang signifikan pada tanggal 16–17 Juli 2020 sebesar $\pm 0,01\%$ dari $0,53\%$ – $0,52\%$, dan terendah pada daerah Kota Cimahi tidak ada penurunan atau kenaikan yang signifikan melainkan konsisten berada di kisaran $\pm 0,15\%$. Jadi dapat disimpulkan bahwa kluster 1 (lingkungan tempat makan) di Bulan Juli 2020 antara Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat mengalami selisih dari rata-rata yang kisarannya $\pm 0,43\%$.



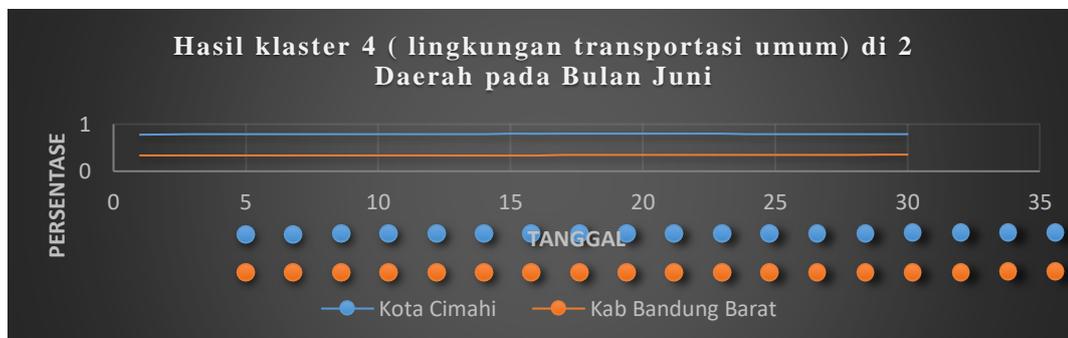
Gambar 19. Hasil Perbandingan Kluster 2 di Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat

Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan kluster 1 (lingkungan rumah) yang terjadi pada bulan Juli 2020 di 2 daerah yang berbeda dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 paling banyak yang pertama pada daerah Kab Bandung Barat ada kenaikan yang signifikan pada tanggal 9–10 Juli 2020 sebesar $\pm 0,002\%$ dari $0,027\%$ – $0,029\%$, dan terendah pada daerah Kota Cimahi terjadi kenaikan yang signifikan pada tanggal 23–24 Juli 2020 sebesar $\pm 0,001\%$ dari $0,026\%$ – $0,027\%$. Jadi dapat disimpulkan bahwa kluster 2 (lingkungan rumah) di Bulan Juli 2020 antara Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat mengalami selisih dari rata-rata yang kisarannya $\pm 0,002\%$.



Gambar 20. Hasil Perbandingan Kluster 3 di Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat

Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan kluster 3 (lingkungan perbelanjaan) yang terjadi pada bulan Juni 2020 di 2 daerah yang berbeda dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada daerah Kab Bandung Barat ada kenaikan yang signifikan pada tanggal 10–11 Juni 2020 sebesar $\pm 0,004\%$ dari $0,029\% - 0,033\%$, dan terendah pada daerah Kota Cimahi terjadi penurunan yang signifikan pada tanggal 5–6 Juni 2020 sebesar $\pm 0,002\%$ dari $0,012\% - 0,014\%$. Jadi dapat disimpulkan bahwa kluster 3 (lingkungan perbelanjaan) di Bulan Juni 2020 antara Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat mengalami selisih dari rata-rata yang kisarannya $\pm 0,02\%$.



Gambar 21. Hasil Perbandingan Kluster 4 di Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat

Pada gambar grafik diatas menunjukkan hasil perbandingan kluster 4 (lingkungan transportasi umum) yang terjadi pada bulan Juni 2020 di 2 daerah yang berbeda dan dari hasil *clustering* menunjukkan penularan covid-19 tertinggi pada daerah Kota Cimahi ada kenaikan yang signifikan pada tanggal 2–3 Juni 2020 sebesar $\pm 0,04\%$ dari $0,74\% - 0,78\%$, dan terendah pada daerah Kab Bandung Barat tidak ada penurunan atau kenaikan yang signifikan melainkan konsisten berada di kisaran $\pm 0,33\%$. Jadi dapat disimpulkan bahwa kluster 4 (lingkungan transportasi umum) di Bulan Juni 2020 antara Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat mengalami selisih dari rata-rata yang kisarannya $\pm 0,4\%$.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian algoritma *K-Means clustering analysis* pada virus covid-19 dengan aplikasi WEKA (studi kasus Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat), dapat disimpulkan bahwa berdasarkan hasil simulasi *K-Means* dengan *software* WEKA pada Kota Cimahi dari tanggal 1 Mei sampai tanggal 31 Juli 2020 kluster tertinggi ditempati oleh kluster 4 (lingkungan transportasi umum) dengan rata-rata 0,79% dan kluster yang terendah ditempati oleh kluster 0 (lingkungan kantor) dengan rata-rata 0,005%, sedangkan di Kab Bandung Barat dari tanggal 1 Juni sampai 31 Juli 2020 kluster tertinggi ditempati oleh kluster 1 (lingkungan tempat makan) dengan rata-rata 0,56% dan kluster yang terendah ditempati oleh kluster 2 (lingkungan rumah) dengan rata-rata 0,024%. Kesimpulan ke 2 yaitu, berdasarkan hasil dari perbandingan 2 daerah yaitu Kota Cimahi dan Kab Bandung Barat di bulan Juni dan Juli 2020 dapat disimpulkan dari kluster 0 (lingkungan kantor) dampak covid-19 tertinggi dari Kab Bandung Barat dengan rata-rata 0,05%, untuk kluster 1 (lingkungan tempat makan) dampak covid-19 tertinggi dari Kab Bandung Barat dengan rata-rata 0,55%, untuk kluster 2 (lingkungan rumah) dengan rata-rata 0,028%, untuk kluster 3 (lingkungan perbelanjaan) dampak covid-19 tertinggi dari Kab Bandung Barat dengan rata-rata 0,04%, untuk kluster 4 (lingkungan transportasi umum) dampak covid-19 tertinggi dari Kota Cimahi dengan rata-rata 0,79%. Jadi dapat disimpulkan dari 5 kluster tersebut paling dominan penularan di Kab Bandung Barat dan yang tertinggi angka penularannya di Kota Cimahi. Kesimpulan ke 3 yaitu, berdasarkan hasil perbandingan yang telah dilakukan antara simulasi *K-Means* di *software* WEKA dan di Ms. Excel secara teori *K-Means* hasil dari kedua percobaan di sisi persentase tersebut tidak jauh berbeda namun yang membedakan di sisi kluster jika di hasil *software* WEKA kluster tertinggi yaitu kluster 4 (lingkungan transportasi umum) dan hasil teori di Ms. Excel yaitu kluster 2 (lingkungan rumah) dengan rata-rata persentase yang sama 0,54% disebabkan karena untuk *software* WEKA pemilihan kluster secara otomatis dan teori algoritma sendiri pemilihan secara manual.

Saran

Adapun Saran untuk penelitian selanjutnya adalah pada penelitian *clustering data mining* ini bisa dikembangkan dengan menggunakan tahapan prediksi untuk kedepannya dan pada penelitian *clustering data mining* ini bisa dikembangkan lagi dengan cara menambahkan wilayah pengamatan kota-kota besar lain yang ada di Jawa Barat.

Daftar Notasi

- $D(i,j)$ = Jarak data ke i ke pusat kluster j
- X_{ki} = Data ke i pada atribut data ke k
- X_{kj} = Titik pusat ke j pada atribut ke k

Daftar Pustaka

- Ahmad, A. (2019). *Perkembangan Teknologi Komunikasi dan Informasi: Akar Revolusi dan Berbagai Standarnya*. Jakarta: Dakwah Tabligh, Vol. 13, No. 1.
- Asroni, R. A. (2015). *Penerapan Metode K-Means Untuk Clustering Mahasiswa Berdasarkan Nilai Akademik Dengan Weka Interface Studi Kasus Pada Jurusan Teknik Informatika UMM Magelang*. Magelang: Ilmiah Semesta Teknika.
- Benri Melpa Metisen, H. L. (2015). *Analisis Clustering Menggunakan Metode K-Means Dalam Pengelompokan Penjualan Produk Pada Swalayan Fadhila*. Bengkulu: Media Infotama Vol. 11 No. 2.
- COVID-19. (2020, September 26). Retrieved from covid-19: <https://covid19.go.id/>
- Gunawan Abdillah, F. A. (2016). *Penerapan Data Mining Pemakaian Air Pelanggan untuk Menentukan Klasifikasi Potensi Pemakaian Air Pelanggan Baru di PDAM Tirta Raharja Menggunakan Algoritma K-Means*. Cimahi: Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi.
- Iin Parlina, A. P. (2018). *Memfaatkan Algoritma K-Means Dalam Menentukan Pegawai Yang Layak Mengikuti Assessment Center Untuk Clustering Program SDP*. Pematangsiantar: CESS (Journal of Computer Engineering System and Science) Vol. 3 No. 1.
- Mardiana, T. (2015). *Bag Of Word Clustering Using WEKA*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Narwati. (2016). *Pengelompokan Mahasiswa Menggunakan Algoritma K-Means*. Jakarta: Fakultas Teknologi Informasi.
- Nurlaila Suci Rahayu Rais, M. M. (2018). *Kemajuan Teknologi Informasi Berdampak Pada Generalisasi Unsur Sosial Budaya Bagi Generasi Milenial*. Jakarta: Mozaik Vol. X Edisi 2.
- Pareza Alam Jusia, F. M. (2019). *Clustering Data Untuk Rekomendasi Penentuan Jurusan Perguruan Tinggi Menggunakan Metode K-Means*. Jambi: IKRA-ITH Informatika.
- Riyani Wulan Sari, A. W. (2018). *Implementasi Rapidminer Dengan Metode K-Means (Study Kasus: Imunisasi Campak Pada Balita Berdasarkan Provinsi)*. Pematangsiantar: KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer) Volume 2, Nomor 1.
- Setiawan, Daryanto. (2018). *Dampak Perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi Terhadap Budaya*. Deli Serdang: SIMBOLIKA, Vol. 4.
- Setiawan, Daryanto. (2018). *Impact of Information Technology Development and Communication on Culture*. Deli Serdang: SIMBOLIKA.
- WEKA. (2020). Retrieved from WEKA: <https://dokumen.tips/education/bab-1-pendahuluan-weka.html>
- Windarto, A. P. (2017). *Penerapan Data Mining Pada Ekspor Buah-Buahan Menurut Negara Tujuan Menggunakan K-Means Clustering*. Pematangsiantar: Techno.COM, Vol. 16, No. 4.
- Zulfah, S. (2016). *Pengaruh Perkembangan Teknologi Informasi Lingkungan (Studi Kasus Kelurahan Siti Rejo I Medan)*. Medan: Universitas Islam Sumatera Utara.

Pengaruh *Current Ratio*, *Debt to Equity Ratio*, dan *Return on Assets* terhadap Harga Saham pada Perusahaan Sektor *Property and Real Estate* yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia (BEI) Periode 2014-2018

Januardi Manullang¹, Tri Ayu Dinanti Pratama², Rasinta Ginting³, Lanissa Nuriza⁴, dan Muhammad Fahmi⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Prima Indonesia, Medan, Indonesia

januardin@unpri.ac.id, pridatama2210@gmail.com, rasintaginting7@gmail.com, Laninuriza@gmail.com,

Muhhammadfahmi862@gmail.com.

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh *current ratio*, *debt to equity ratio* dan *return on assets* terhadap harga saham yang bertujuan sebagai bahan pertimbangan investor dalam menentukan pengaruh rasio terhadap harga saham agar dapat membantu memilih sektor mana yang paling tepat untuk investasi pada sektor properti yang dianggap menjadi sektor paling potensial karena lebih stabil pertumbuhannya. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *purposive sampling* yang terdiri dari dua puluh tujuh perusahaan *property and real estate* yang terdaftar di *Bursa Efek Indonesia*. Metode yang digunakan adalah regresi linier berganda dan hasil penelitian menunjukkan bahwa *current ratio* tidak berpengaruh dan tidak signifikan terhadap harga saham, *debt to equity ratio* berpengaruh negatif dan signifikan terhadap harga saham, *return on assets* berpengaruh positif terhadap harga saham.

Kata kunci: *current ratio*, *debt to equity ratio*, *return on assets*, harga saham

Abstract

This study analyzes the effect of current ratio, debt to equity ratio and return on assets on stock prices. Which aims as material for investor consideration in determining the effect of the ratio on stock prices to help me choose which sector is most proper for investment. The data used in this study is the purposive sampling method which comprises twenty-seven property and real estate companies listed on the Indonesia stock exchange. The method used is multiple linear regression and the results of the study show that the current ratio has no effect and is not significant on stock prices, debt to equity ratio has a negative and significant effect on stock prices, return on assets has a positive effect on stock prices.

Keywords: current ratio, debt to equity ratio, return on assets, stock prices

1. Pendahuluan

Pasar modal merupakan pasar untuk berbagai instrumen keuangan jangka panjang yang dapat diperjual belikan, dalam bentuk hutang ataupun modal sendiri yang diterbitkan oleh pemerintah, masyarakat ataupun perusahaan swasta yang sudah *go public*. Dan dalam menentukan perekonomian suatu wilayah pasar modal memegang peranan penting karena hampir semua perusahaan besar pada suatu negara diwakili oleh pasar modal, salah satunya adalah sektor *Property and Real Estate*. Sektor *Property and Real Estate* adalah salah satu sektor yang memegang fungsi penting dalam menentukan kemajuan ekonomi pada suatu wilayah tertentu. Maka dari itu sektor ini dapat dijadikan sebagai salah satu tolak ukur untuk menganalisis keadaan ekonomi pada suatu Negara. Karena hal tersebut menandakan apabila semakin banyak perusahaan yang bergerak dibidang sektor *Property and Real Estate* mengidentifikasi semakin berkembangnya perekonomian di suatu Negara, terkhusus untuk Negara-Negara berkembang seperti Indonesia. Sektor properti dan *real estate* merupakan sektor bisnis yang sangat menjanjikan saat ini, tentu saja hal ini dapat menarik perhatian investor untuk menanam saham di sektor ini dimana hal tersebut tentu saja akan mempengaruhi harga saham.

Berdasarkan penjelasan diatas maka penulis bermaksud untuk melakukan penelitian lebih lanjut pada rasio keuangan harga saham terhadap kemampuan sebuah perusahaan dalam memenuhi kewajiban hutang jangka pendeknya, total hutang pada perusahaan, dan laba bersih yang di dapat perusahaan dapat dilihat pada fenomena berikut ini : Pada perusahaan PT Agung Podo moro Land Tbk, yaitu aktiva lancar ditahun 2016-2017 mengalami

Info Makalah:

Dikirim : 08-04-20;

Revisi 1 : 11-16-20;

Revisi 2 : 01-04-21;

Diterima : 01-30-21.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-812-6057-3493

e-mail : pridatama2210@gmail.com

peningkatan dari Rp 8.173.958.870 menjadi Rp 9.432.973.701 tetapi harga saham mengalami penurunan dari Rp 236 menjadi Rp 210 selama periode 2016-2017 dimana menurut teori seharusnya jika aktiva lancar naik maka harga saham naik.

Pada perusahaan PT Gowa Makassar Touris Development Tbk, yaitu total hutang di tahun 2014-2015 mengalami penurunan dari Rp 857.970.061.541 menjadi Rp 719.732.960.562 tetapi harga saham tetap mengalami penurunan. Dari Rp 352 menjadi Rp 50 dimana menurut teori seharusnya jika total hutang menurun maka harga saham naik. Sementara

perusahaan PT. Pakuwon Jati Tbk, yaitu laba bersih di tahun 2015-2016 terjadi penambahan nilai dari nominal Rp 1.400.546.118 berubah menjadi Rp 1.780.254.981 tetapi pada harga saham terjadi penurunan dari Rp 945 berubah menjadi Rp 450 dimana menurut teori seharusnya jika laba bersih naik maka harga saham naik.

Berikut ini merupakan teori dalam perhitungan rasio keuangan harga saham terhadap kemampuan sebuah perusahaan dalam memenuhi kewajiban hutang jangka pendeknya, total hutang pada perusahaan, dan laba bersih yang di dapat perusahaan.

1.1 Current Ratio

Untuk mengukur tingkat kemampuan perusahaan dalam membayar kewajiban jangka pendek dapat diukur melalui Rasio Likuiditas. Rasio yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Current Ratio (CR)*. Menurut pendapat Kasmir (2015) "*Current Ratio* ialah nilai atau angka yang digunakan untuk menghitung kesanggupan suatu organisasi atau industri pada saat menyelesaikan tanggungan atau hutang perusahaan yang sudah mencapai batas tempo saat dimintai seluruhnya" (Kasmir, 2015).

$$\text{Current ratio} = \frac{\text{Aktiva lancar}}{\text{Kewajiban lancar}} \quad (1)$$

1.2 Debt to Equity Ratio

Debt to Equity Ratio digunakan untuk menilai posisi keuangan suatu perusahaan serta mengukur kemampuan perusahaan untuk melunasi kewajibannya. Sedangkan menurut pendapat Hery (2015) "*Rasio hutang terhadap modal (Debt to Equity Ratio)* adalah nilai atau angka yang digunakan untuk mengetahui seberapa banyak perbandingan kewajiban terhadap modal" (Hery, 2015). Bagi perusahaan, rasio hutang yang tinggi belum tentu buruk karena tergantung situasi ekonomi dan tingkat suku bunganya.

$$\text{Debt to Equity Ratio (DER)} = \frac{\text{Total Hutang}}{\text{Total Asset}} \quad (2)$$

1.3 Return On Assets

Return On Assets merupakan salah satu rasio profitabilitas yang dapat mengukur kemampuan perusahaan dalam menghasilkan laba dan aktiva yang digunakan. Menurut Hery (2015), "*Return On Assets* ialah nilai yang menampilkan seberapa besar perannya dalam membuat suatu keuntungan pada suatu perusahaan, dapat disimpulkan bahwa rasio ini berguna untuk mengkaji seberapa besar jumlah keuntungan yang didapat dari setiap modal yang tertanam pada total asset" (Hery, 2015).

$$\text{Return on Asset (ROA)} = \frac{\text{Laba Bersih}}{\text{Total Asset}} \quad (3)$$

1.4 Harga Saham

Harga saham merupakan harga yang diperoleh dari hasil hubungan kesepakatan antara penjual dan pembeli saham dengan harapan memperoleh keuntungan. Menurut Hartono (2016), "Harga saham ialah nilai saham yang terdapat pada pangsa saham" (Hartono, 2016). Harga saham menjadi sangat penting bagi seorang investor karena menjadi indikator bagi investor untuk mengambil keputusan apakah akan dilakukan investasi atau tidak, menguntungkan atau tidak. Harga saham juga menjadi indikator petunjuk untuk memprediksi pergerakan harga saham pada investsasi yang dipilihnya.

Indikator harga saham yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

$$\text{Harga Saham} = \text{Closing Price} \quad (4)$$

1.5 Kerangka Konseptual

Untuk mendukung penelitian ini, berikut adalah beberapa penelitian yang digunakan sebagai referensi dan acuan dalam penelitian ini. Penelitian yang dilakukan oleh Setiyawan & Pardiman (2014) yang berjudul "*Pengaruh Current Ratio (CR), Inventory Turnover (TI), Tie Interest Earned (TIE) dan Return On Assets (ROA) terhadap harga saham pada Perusahaan Manufaktur Sektor Barang Konsumsi yang Terdaftar di BEI Periode 2009-2012*", dimana hasil penelitian menunjukkan secara simultan *CR, TI, TIE* dan *ROA* terhadap Harga Saham berpengaruh signifikan sedangkan secara parsial *CR*, berpegaruh signifikan terhadap harga saham (Setiyawan & Pardiman, 2014).

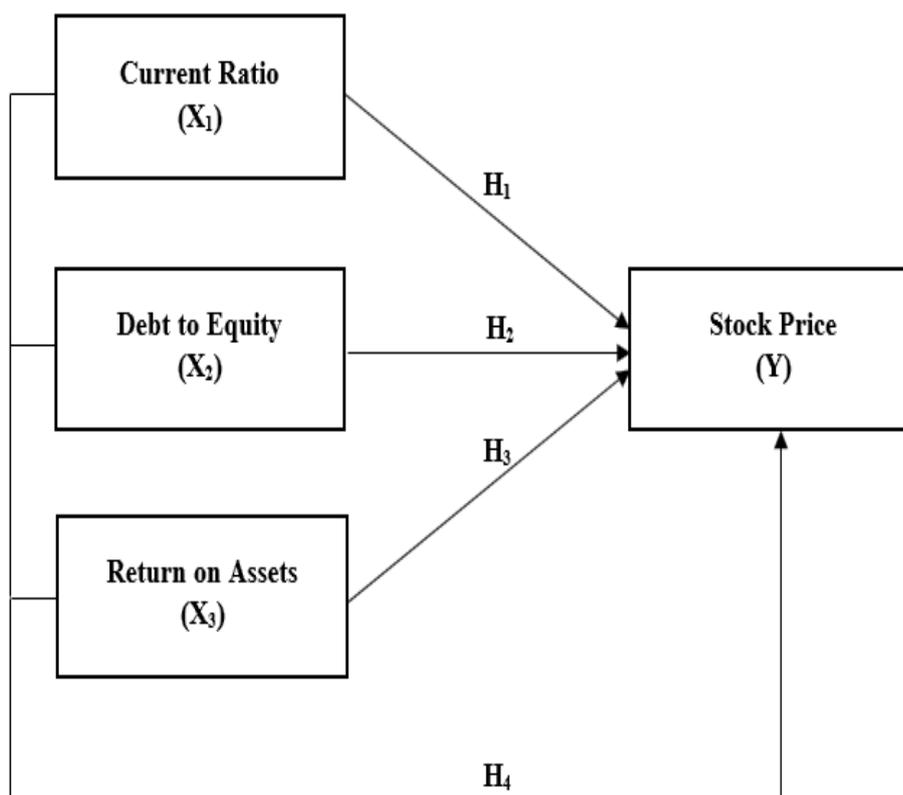
Penelitian yang dilakukan oleh Pratama & Erawati (2014) yang berjudul "*Pengaruh Current Ratio (CR), Debt to Equity Ratio (DER), Return On Equity (ROE), Net Profit Margin (NP) dan Earning Per Share (EPS) terhadap harga saham studi kasus pada perusahaan manufaktur yang terdaftar di BEI Periode 2008-2011*", dimana hasil penelitian

menunjukkan secara simultan *CR*, *DER*, *ROE*, *NP* dan *EPS* berpengaruh signifikan terhadap harga saham. Sedangkan secara parsial *CR*, *DER* dan *EPS* memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap harga saham (Pratama & Erawati, 2014).

Penelitian yang dilakukan oleh Watung & Ilat (2016) yang berjudul ‘‘Pengaruh *Return On Assets (ROA)*, *Net Profit Margin (NP)*, dan *Earning Per Share (EPS)* terhadap harga saham pada perusahaan perbankan di BEI Periode 2011-2015’’, dimana hasil penelitian menunjukkan secara simultan *ROA*, *NP* dan *EPS* berpengaruh signifikan terhadap Harga Saham. Secara parsial *ROA*, *NP* dan *EPS* berpengaruh signifikan terhadap Harga Saham (Watung & Ilat, 2016).

Penentuan harga saham pada perusahaan properti dan real estate hanya dilihat pada analisis current ratio, debt to equity, dan return on asset. Variabel tersebut menjadi variabel yang paling tepat karena merupakan rasio keuangan yang paling mudah dan cepat untuk memprediksi kesulitan keuangan suatu perusahaan, hasil operasi, kondisi keuangan saat ini, masa lalu dan masa yang akan datang sehingga dapat dijadikan pedoman oleh investor mengenai kinerja sektor properti dan *real estate* di masa yang akan datang. Pemilihan sektor properti menjadi objek pilihan pada penelitian ini adalah karena karakteristik sektor properti merupakan sektor industri yang terus mengalami peningkatan asset dan memiliki peluang nilai jual yang terus membaik dan cukup aman bagi investor karena perumahan atau bangunan akan terus diminati dan dibutuhkan masyarakat.

Berdasarkan studi literatur dan rumusan masalah penelitian ini maka dapat di gambarkan suatu kerangka konseptual dilihat dari Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Kerangka Konseptual

Dapat dilihat bahwa harga saham adalah objek yang paling diminati oleh investor dalam pasar modal. Banyak perusahaan-perusahaan berlomba-lomba untuk menarik investor dalam membeli saham agar dapat meningkatkan investasi saham di perusahaannya. Jika investasi dapat meningkat maka kinerja perusahaan akan meningkat.

H1: *Current Ratio* berpengaruh terhadap harga saham pada perusahaan sektor *Properti and Real Estate* di BEI periode 2014-2018.

H2: *Debt to Equity Ratio* berpengaruh terhadap harga saham pada perusahaan sektor *Properti and Real Estate* di BEI periode 2014- 2018.

H3: *Return On Assets* berpengaruh terhadap harga saham pada perusahaan sektor *Properti and Real Estate* di BEI periode 2014- 2018.

H4: *Current Ratio*, *Debt to Equity Ratio* dan *Return On Assets* berpengaruh terhadap harga saham pada perusahaan sektor *Properti and Real Estate* di BEI periode 2014-2018.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Data penelitian yang digunakan adalah data yang diperoleh dari Bursa Efek Indonesia yang berupa laporan keuangan pada perusahaan-perusahaan sektor *properti* dan *real estate* periode 2014-2018 yang terdiri dari 27 perusahaan. Teknik pengambilan sampel dengan menggunakan *Purposive Sampling* dengan jumlah sampel yang didapatkan yaitu 27 perusahaan. Kriteria untuk pemilihan sampel adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan sektor *Properti and Real Estate* yang terdaftar di Bursa Efek Indonesia pada periode 2014-2018.
2. Perusahaan sektor *Properti and Real Estate* yang mempublish laporan keuangan pada periode 2014-2018.
3. Perusahaan sektor *Properti and Real Estate* yang memiliki laba pada periode 2014-2018.
4. Perusahaan sektor *Properti and Real Estate* yang mencantumkan harga saham pada periode 2014-2018.

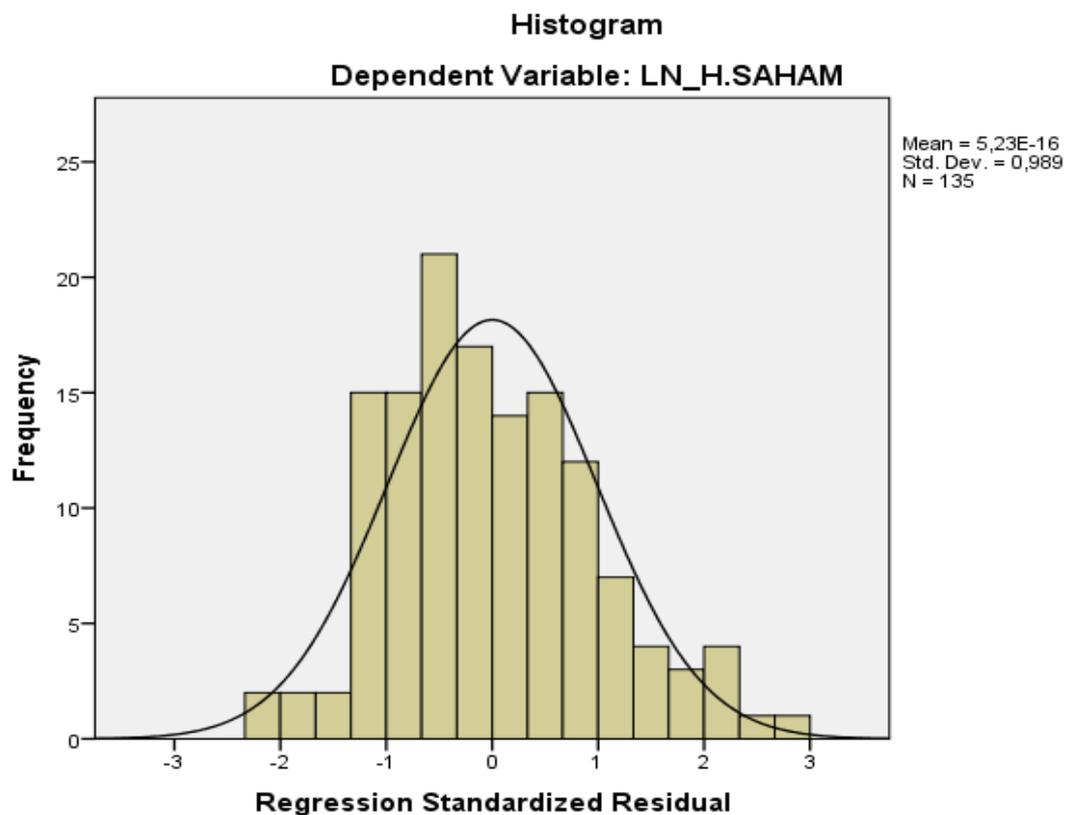
Penelitian ini menggunakan metode Regresi Linier Berganda dengan aplikasi SPSS

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini sampel yang terdaftar pada perusahaan *Properti and Real Estate* yang terdaftar di BEI berjumlah 27 perusahaan dengan periode penelitian selama 5 tahun sehingga data penelitian berjumlah 135. Penelitian ini diuji dengan menggunakan Uji Asumsi Klasik dimana terdapat 4 Uji persyaratan analisis yaitu Uji Normalitas, Uji Multikolinieritas, Uji Autokorelasi, dan Uji Heteroskedastisitas.

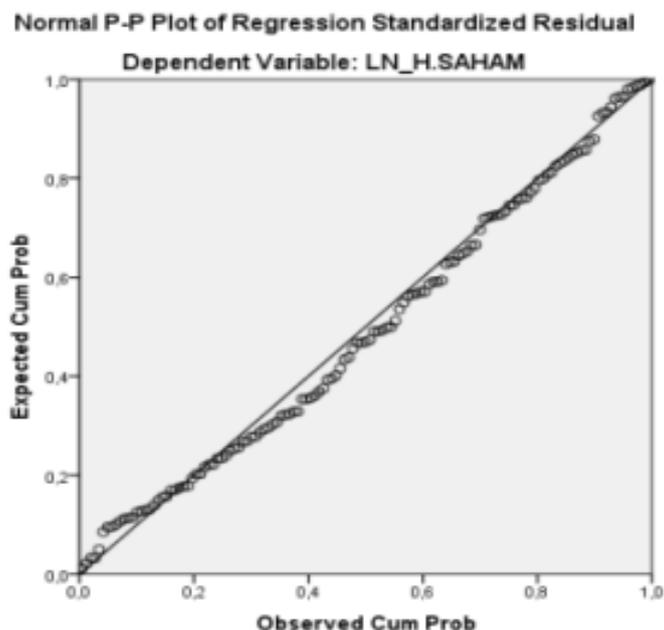
a. Uji Normalitas

Menurut Ghozali (2016), digunakan untuk menguji apakah dalam model regresi, variabel pengganggu atau residual memiliki distribusi normal (Ghozali, 2016). dimana Hasil uji normalitas dapat dilihat di bawah ini:



Gambar 2. Grafik Histogram

Sumber: Hasil Pengolahan data SPSS



Gambar 3. Grafik Histogram

Sumber: Hasil Pengolahan data SPSS

Dari grafik histogram dan grafik PP-Plot dapat disimpulkan bahwa grafik histogram memberikan data residual berdistribusi normal karena menunjukkan kurva yang berbentuk seperti lonceng. Sedangkan pada grafik normal PP-Plot data residual juga berdistribusi normal karena terlihat titik-titik menyebar disekitar garis diagonal dan mengikuti arah garis diagonal baik diatas garis maupun dibawah garis diagonal.

Tabel 1. Tes *Kolmogrov-Sirnov*

		Unstandardized Residual
N		135
Normal Parameters ^{a,b}	Ean	0E-7
	Std. Deviation	1,48913725
Most Extreme Differences	Absolute	,058
	Positive	,058
	Negative	-,048
Kolmogorov-Sirnov Z		,672
Asyp. Sig. (2-tailed)		,757

a. Test distribution is Normal

b. Calculated from data

Sumber: Hasil Pengolahan Data SPSS

Pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa nilai *kolmogrov sirnov z* (K-S) adalah sebesar 0,672 dengan nilai signifikan Asyp.sig (2-tailed) 0,757 sehingga dapat diperoleh kesimpulan bahwa model regresi sudah normal karena nilai signifikan sudah diatas 0,05.

b. Uji Multikolinieritas

Menurut Ghazali (2016), uji ini digunakan untuk menguji apakah ditemukan adanya korelasi antara variabel bebas. model regresi yang baik harusnya tidak terjadi korelasi diantara variabel bebas untuk melihat adanya multikolinieritas, pengujian yang dapat dilakukan dengan melihat VIF (*Variance Inflation Factor*) dan nilai *tolerance*, jika nilai *tolerance* > 0,10 dan VIF < 10 maka tidak terjadi multikolinieritas (Ghozali, 2016).

Tabel 2. Tes Multikolinieritas

Model	Collinearity Tolerance	Statistics VIF
(Constant)	,957	1,044
LN_DER	,938	1,066
LN_ROA	,960	1,041

a. Dependent Variable: LN_H. STOCK

Sumber: Hasil Pengolahan Data SPSS

Nilai *tolerance* yang diperoleh pada variabel *Current Ratio* (X_1) adalah $0,957 \geq 0,10$ dan nilai VIF sebesar $1,044 \leq 10$, *Debt to Equity Ratio* (X_2) adalah $0,938 \geq 0,10$ dan nilai VIF sebesar $1,066 \leq 10$, *Return On Assets* (X_3) adalah $0,960 \geq 0,10$ dan nilai VIF sebesar $1,041 \leq 10$. Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa tidak ada ditemukannya gejala multikolinieritas antar variabel independen setelah dilakukan transformasi data.

c. Uji Autokorelasi

Menurut Ghozali (2016), bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi linier ada korelasi antara kesalahan pengganggu pada periode t dengan kesalahan pada periode $t-1$ (sebelumnya). Untuk mendeteksi ada tidaknya autokorelasi melalui DW test adalah dengan cara menghitung nilai d , setelah nilai d diketahui maka tahap selanjunya adalah menentukan nilai d_u maupun d_l berdasarkan tabel *Durbin Watson* (Ghozali, 2016).

Tabel 3. Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estiate	Durbin -Watson
1	,491a	,241	,224	1,50609	1,893

a. Predictors: (Constant), LN_ROA, LN_CR, LN_DER

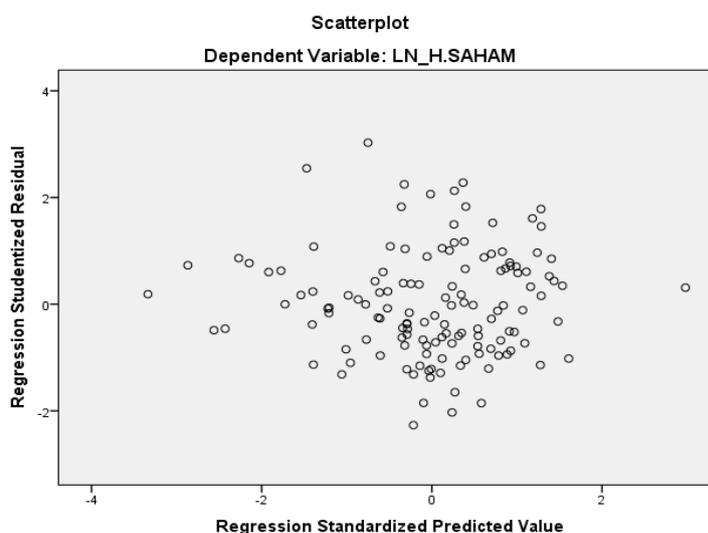
b. Dependent Variable: LN_H.SAHAM

Sumber: Hasil Pengolahan Data SPSS

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai Durbin Watson (d) adalah sebesar 1,893. Nilai ini akan dibandingkan dengan nilai tabel yang mempunyai nilai signifikan 5%, jumlah sampel (mn) =135 dan jumlah variabel independen (k) = 3. Berdasarkan tabel Durbin Watson (d) pada signifikasi 0,05 maka diperoleh nilai batas atas (d_u) = 1,7645 serta nilai batas bawah (d_l) = 1,1893 serta nilai $4-d_u=2,2355$. Hasil pengukurannya adalah $1,7645 \leq 1,893 \leq 2,2355$. Dengan demikian, dapat disimpulkan tidak ada terjadi autokorelasi.

d. Uji Heteroskedastisitas

Menurut Ghozali (2016), uji ini bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi terjadi ketidaksamaan *variance* dari residual satu pengamatan ke pengamatan yang lain (Ghozali, 2016). Model regresi yang baik adalah tidak terjadi gejala heterokedastisitas. Diketahui tidak ditemuka heteroskedastisitas pada analisis data, dapat dilihat dari grafik scatterplots.



Gambar 4. Grafik Scatterplot

Dari gambar diatas dapat dilihat titik-titik tersebar secara acak dan tidak membentuk pola tertentu serta tersebar diatas dan dibawah garis 0 yang berarti tidak terjadi gejala heteroskedastisitas. Deteksi ada atau tidaknya heterokedastisitas dapat juga dilakukan dengan menggunakan uji statistik non parametrik yaitu uji park (*park test*). Dasar pengambilan keputusan pada uji park yaitu dengan melihat nilai signifikansinya, jika nilai signifikasinya berada diatas 0,05 maka dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi gejala heteroskedasitas. Adapun hasil uji park dala penelitian ini adalah sebagai berikut:

Table 4. Uji Park

	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	,653	,591		1,105	,271
Ln_x1	-,427	,230	-,162	-1,857	,066
Ln_x2	-,134	,228	-,052	-,588	,558
Ln_x3	,272	,160	,148	1,697	,092

a. Dependent Variable: Ln_res_2

Sumber: Hasil Pengolahan Data SPSS

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa seluruh nilai signifikasi uji park variabel bebas yang terdiri dari CR (X₁), DER (X₂) dan ROA (X₃) memiliki nilai signifikasi diatas 0,05 oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini bebas dari gejala heteroskedasitas.

e. Analisis Linier Berganda

Bertujuan untuk memprediksi perubahan Dari variabel dependen yang dihubungkan oleh atau lebih variabel independen yang menjadi faktor predictor yang dimanipulasi serta untuk mengetahui dapat atau tidak pengaruh antara variabel *independent* dan variabel *dependent*.

Tabel 5. Persamaan Regresi

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	8,795	,375		23,427	,000
LN_CR	-,112	,146	-,059	-,764	,446
LN_DER	-,333	,145	-,181	-2,305	,023
LN_ROA	,645	,102	,493	6,344	,000

a. Dependent Variable: LN_H.SAHAM

Harga saham = 8,795 + CR 0,112 – DER 0,333 + ROA 0,645

Dimana penjelasan regresi linier berganda adalah sebagai berikut:

1. Nilai konstanta sebesar 8,795 artinya jika *Current Ratio*, *Debt to Equity Ratio* dan *Return On Assets* bernilai 0 (nol) atau konstanta maka harga saham perusahaan akan bernilai Rp 8,795
Harga saham akan senilai Rp. 8,795 jika variabel X₁, X₂, dan X₃ nya tidak ada atau tidak diperhatikan .
2. Koefisien *Current Ratio* sebesar -0,112 satuan artinya, jika *Current Ratio* naik sebesar 1 (satu) kali dengan anggapan variabel independen lainnya bernilai 0 (nol) atau konstan, akan menyebabkan peningkatan harga saham sebesar Rp -0,112.
3. Koefisien *Debt to Equity Ratio* sebesar -0,333 satuan artinya jika *Debt to Equity Ratio* naik sebesar 1 (satu) kali dengan anggapan variabel independen lainnya bernilai 0 (nol) atau konstan, maka harga saham akan mengalami penurunan sebesar Rp -0,333.
4. Koefisien *Return On Assets* sebesar 0,645 satuan artinya jika *Return On Assets* naik sebesar 1 (satu) kali dengan anggapan variabel independen lainnya bernilai 0 (nol) atau konstan akan menyebabkan peningkatan harga saham sebesar Rp 0,645.

f. Koefisien Determinasi Hipotesis

Koefisien ini mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel dependen. Nilai koefisien determinasi adalah antara nol dan satu.

Tabel 6. Hasil Uji Koefisien Determinasi

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estiate
1	.491a	0,241	,224	1,50609

a. Predictors: (Constant), LN_ROA, LN_CR, LN_DER

Sumber: Pengolahan Data SPSS

Dari hasil tabel diatas dapat dilihat bahwa besarnya nilai R square (R^2) sebesar 0,224 hal ini berarti 22,4% perubahan variabel harga saham dapat dijelaskan oleh variabel independen CR, DER dan ROA. Artinya ketiga variabel (CR, DER dan ROA mampu menjelaskan atau memprediksi harga saham sektor properti dan *real estate* sebesar 22%. Maka, sisanya sebesar 77,6% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak dicantumkan dalam penelitian ini.

g. Pengujian Hipotesis Secara Simultan (Uji F)

Uji hipotesis secara simultan ini digunakan untuk mengetahui apakah variabel independen secara bersama-sama mempengaruhi variabel dependen.

Tabel 7. Hasil Uji Simultan (Uji F) ANOVA^a

Model	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Regression	94,456	3	3,485	13,881	,000b
Residual	297,149	131	2,268		
Total	391,605	134			

a. Dependent Variable: LN_H.SAHAM

b. Predictors: (Constant), LN_ROA, LN_CR, LN_DER

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan nilai F_{hitung} adalah sebesar 13,881 dan pada derajat bebas 1 ($df_1=3$), dan derajat bebas 2 ($df_2=131$). Nilai F_{tabel} pada taraf kepercayaan signifikan 0,05 adalah 2,67. Oleh karena itu nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($13,881 > 2,67$). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variabel independent, *Current Ratio*, *Debt to Equity Ratio*, *Return on Assets* secara simultan berpengaruh signifikan terhadap harga saham pada sektor *Properti and Real Estate*.

h. Pengujian Hipotesis Secara Parsial (Uji T)

Pengujian hipotesis secara parsial atau uji t digunakan untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen.

Tabel 8. Hasil Uji Parsial (Uji T)^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	8,795	,375		23,427	,000
LN_CR	-,112	,146	-,059	-,764	,446
LN_DER	-,333	,145	-,181	-2,305	,023
LN_ROA	,645	,102	,493	6,344	,000

a. Dependent Variable: LN_H.SAHAM

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa nilai t tabel untuk tingkat signifikan 0,05 pada dua arah dan pada derajat kebebasan ($n-k$) = $135-4 = 131$ adalah sebesar 1,978 dengan demikian uji t dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Current Ratio* (X_1) terhadap harga saham (Y) diperoleh t_{hitung} sebesar 0,764 dan nilai *signifikansi* 0,446 karena $t_{hitung} < t_{tabel}$ 1,978 maka H_0 diterima dan H_a ditolak berarti secara parsial *Current Ratio* tidak berpengaruh dan tidak signifikan terhadap harga saham (Y).
2. *Debt to Equity Ratio* (X_2) diperoleh t_{hitung} sebesar 2,305 dan nilai *signifikansi* 0,446 karena $t_{hitung} > t_{tabel}$ 1,978 maka H_0 ditolak dan H_a diterima berarti secara parsial *Debt to Equity Ratio* berpengaruh negatif dan signifikan terhadap harga saham (Y).

3. *Return On Assets* (X_3) diperoleh t_{hitung} sebesar 6,344 dan nilai *signifikansi* 0,000 karena t_{hitung} 6,344 > t_{tabel} 1,978 aka H_a diterima dan H_0 ditolak berarti secara parsial *Return On Assets* berpengaruh positif dan signifikan terhadap harga saham (Y).

Hasil dan pembahasan berisi data yang disajikan dengan tabel-tabel dan/atau gambar-gambar yang harus disertai dengan analisis/pembahasan secara ilmiah.

Kesimpulan

Pengaruh *Current Ratio* terhadap harga saham. Hasil uji t terhadap variabel CR diperoleh nilai t_{hitung} sebesar -0,764 < t_{tabel} 1,978 dengan nilai *signifikansi* 0,446 > 0,05. Yang artinya secara parsial variabel *Current Ratio* tidak berpengaruh dan tidak signifikan terhadap harga saham pada perusahaan sektor *Properti and Real Estate* periode 2014-2018. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang diteliti oleh Manoppo et al. (2017) yang menyatakan bahwa CR berpengaruh negatif dan tidak signifikan terhadap harga saham. Dari hasil pengukuran rasio apabila rasio rendah dapat dikatakan perusahaan kekurangan modal untuk membayar hutang namun apabila hasil pengukuran rasio tinggi belum tentu kondisi perusahaan sedang baik, hal ini dapat saja terjadi karena kas tidak digunakan sebaik mungkin (Manoppo, Bernhard, Tewal, & Jan, 2017).

Pengaruh *Debt to Equity Ratio* terhadap harga saham. Hasil uji t terhadap variabel DER diperoleh nilai t_{hitung} sebesar -2,305 > t_{tabel} 1,978 dengan nilai *signifikansi* 0,023 > 0,05. Yang artinya secara parsial variabel DER berpengaruh negatif dan berpengaruh signifikan terhadap harga saham pada perusahaan sektor *Properti and Real Estate* periode 2014-2018. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang diteliti oleh Marzuki (2019) yang menyatakan bahwa DER berpengaruh negatif dan signifikan terhadap harga saham. DER untuk setiap perusahaan tentu berbeda-beda tergantung bisnis dan keberanekaragaman arus kasnya. Perusahaan dengan arus kas stabil biasanya memiliki rasio yang lebih tinggi dari rasio kas yang kurang stabil (Marzuki, 2019).

DER 'dinilai mampu mempengaruhi perubahan harga saham pada sektor properti. DER menjadi faktor yang dapat digunakan investor untuk memprediksi harga saham sektor properti dan *real estate* di masa depan.

Pengaruh *Return On Assets* terhadap harga saham. Hasil uji t terhadap variabel ROA diperoleh nilai t_{hitung} sebesar 6,344 > t_{tabel} 1,978 dengan nilai *signifikansi* 0,00 < 0,05. Yang artinya secara parsial variabel ROA berpengaruh positif dan berpengaruh signifikan terhadap harga saham pada perusahaan sektor *Properti and Real Estate* periode 2014-2018. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang diteliti oleh Nur'Aidawati (2018) yang menyatakan bahwa ROA berpengaruh positif dan signifikan terhadap harga saham. Dimana ROA digunakan untuk melihat sejauh mana investasi yang telah ditanamkan mampu memberikan pengembalian keuntungan sesuai yang diharapkan dan investasi tersebut sama dengan aset perusahaan yang ditanamkan atau ditempatkan dengan kata lain peningkatan ROA akan mempengaruhi peningkatan harga saham secara signifikan (Nur'Aidawati, 2018).

Dengan demikian, CR berpengaruh negatif dan tidak signifikan terhadap harga saham pada sektor *Properti and Real Estate*, secara parsial DER berpengaruh negatif dan signifikan terhadap harga saham pada sektor *Properti and Real Estate*. Secara parsial ROA berpengaruh positif dan signifikan terhadap harga saham pada sektor *Properti and Real Estate*. Dan Secara simultan, *Current Ratio*, *Debt to Equity Ratio*, dan *Return On Asset* berpengaruh terhadap harga saham.

Penelitian ini memberikan masukan bagi para investor yang ingin berinvestasi pada sektor properti harus memperhatikan *Current Ration* (CR), *Debt To Equity Ratio* (DER) dan *Return on Assets* (ROA). Tetapi investor juga disarankan untuk tidak hanya menggunakan analisis rasio itu saja melainkan juga harus menggunakan analisis rasio lainnya. Ketiga rasio dalam penelitian ini menjadi rasio yang paling cepat untuk memprediksi kesehatan keuangan perusahaan.

Saran dari hasil penelitian ini bagi investor yang akan berinvestasi pada sebuah perusahaan, sebaiknya jangan hanya berpacu pada analisis rasio yang dilakukan oleh peneliti saja karena masih banyak faktor-faktor lain yang mempengaruhi harga saham tersebut yang tidak disebutkan dalam penelitian ini. Mengingat faktor-faktor yang mempengaruhi atau memprediksi harga saham atau kondisi keuangan dan kesehatan perusahaan di masa akan datang cukup bervariasi maka penelitian berikutnya juga bisa mempertimbangkan menggunakan alat analisis atau metode lain dan memperbaharui atau menambah periode waktu penelitian agar lebih relevan.

Daftar Pustaka

- Ghozali, I. (2016). *Aplikasi Analisis multivariete dengan progra IB SPSS23* (VIII). Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hartono, J. (2016). *Teori Portofolio dan Analisis Investasi* (X). Yogyakarta: Salemba Empat.
- Hery. (2015). *Analisa Laporan Keuangan Pendekatan Rasio Keuangan* (I). Yogyakarta: CAPS (Center For Academic Publishing Service).
- Kasmir. (2015). *Analisis Laporan Keuangan* (VIII). Jakarta: Pt Raja Grafindo Persada.
- Manoppo, V. C. O., Bernhard, Tewal, & Jan, A. B. H. (2017). Pengaruh Current Ratio, DER, ROA da NP. Terhadap Harga Saham Pada Perusahaan Food and Beverages yang Terdaftar di BEI (Periode 2013-2015). *Jurnal EMBA*, 5(2), 1813–1822.

- Marzuki, C. A. (2019). Pengaruh Return on Equity, Debt to Equity Ratio dan Size terhadap Harga Saham Pada Perusahaan Manufaktur Yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia. *Jurnal Bisnis Dan Manajemen (BISA)*, 12(1), 27–36.
- Nur'Aidawati, S. (2018). Pengaruh Current Ratio (CR), Total Assets Turnover (TATO), Debt to Equity Ratio (DER) dan Return On Assets (ROA). Terhadap Harga Saham dan Dampaknya Pada Nilai Perusahaan (Studi Kasus Pada 10 Bank Terbesar) Yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia Periode 2. *Jurnal Sekuritas*, 1(3), 70–83.
- Pratama, A., & Erawati, T. (2014). Pengaruh Current Ratio, Debt to Equity Ratio, Return on Equity, Net Profit Margin dan Earning Per Share Terhadap Harga Saham (Study Kasus Pada Perusahaan Manufaktur Yang Terdaftar Di Bursa Efek Indonesia Periode 2008-2011). *Jurnal Akuntansi*, 2(1), 1–10.
- Setiyawan, I., & Pardiman. (2014). Pengaruh Current Ratio, Inventory Turnover, Time Interest Earned dan Return On Equity Terhadap Harga Saham Pada Perusahaan Manufaktur Sektor Barang Konsumsi Yang Terdaftar di BEI Periode 2009-2012. *Jurnal Nominal*, III(1), 35–51.
- Watung, R. W., & Ilat, V. (2016). Pengaruh Return on Asset (ROA), Net Profit Margin (NPM), dan Earning Per Share (EPS) Terhadap Harga Saham Pada Perusahaan Perbankan di Bursa Efek Indonesia Periode 2011-2015. *Jurnal EMBA*, 4(2), 518–529.

Rancang Bangun Simulator Sinkronisasi Generator Sinkron 3 Fasa Semiotomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino

Dedi Nono Suharno¹ dan Iwan Setiawan²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Indonesia

¹dedi.ns@polban.ac.id, ²iwan9h@gmail.com

Abstrak

Suplai daya listrik yang besar pada sebuah industri diperoleh dari pembangkit dan PLN yang dapat dioperasikan secara bergantian atau bersama-sama secara paralel untuk mensuplai daya ke beban baik manual maupun otomatis. Kondisi ini dilakukan atas pertimbangan ekonomi atau untuk *maintenance*. Dalam proses paralel generator dengan generator atau dengan sumber lain diperlukan persyaratan yaitu, frekuensi, tegangan dan urutan fasa harus sama. Untuk keperluan proses paralel diperlukan alat yang disebut sinkronoskop. Pada penelitian ini dibuat sebuah simulator sinkronoskop generator sinkron tiga fasa yang bekerja paralel dengan sumber PLN secara semiotomatis dengan menggunakan mikrokontroler arduino. Simulator sinkronoskop bekerja secara semiotomatis karena pengaturan tegangan dan frekuensi generator sinkron tidak secara manual. Untuk mendeteksi parameter-parameter sinkronisasi generator sinkron tiga fasa dibuatlah sensor dan kontroler yang kemudian dijadikan sebuah sistem yang dapat digunakan untuk sinkronisasi generator tiga fasa dengan sumber PLN. Komponen dari simulator sinkroskop terdiri dari sensor tegangan ZMPT101B, sensor frekuensi optocoupler PC817, sensor urutan fasa serta mikrokontroler Arduino Mega 2560. Tujuan penelitian ini merancang dan membuat simulator sinkronisasi generator tiga fasa berbasis mikrokontroler arduino yang proses sinkronisasi generator dapat dilakukan dengan waktu maksimal 15 detik, dengan *error* pengukuran dibawah 5%. Dari pengujian diperoleh hasil waktu proses sinkronisasi maksimum 11 detik dan *error* pengukuran 4,5%.

Kata kunci: energi, listrik, generator, mikrokontroler, arduino

Abstract

A large supply of electrical power at industry is obtained from generators and PLN which can be operated alternately or together in parallel to supply power to loads either manually or automatically. This condition is for economic reasons and maintenance purposes. In parallel process of a generator, requirements are needed, the frequency, voltage and phase sequence must be the same. For parallel processing, a device called a synchronoscope is needed. In this research, a three-phase synchronous generator synchronoscope simulator that works in parallel with the PLN source semi-automatic using an Arduino microcontroller is made. The synchronoscope simulator works semi-automatically because the voltage and frequency settings of the synchronous generator are not manual. To detect the synchronization parameters of a three-phase synchronous generator, sensors and controllers are made. The components are ZMPT101B voltage sensor, PC817 optocoupler frequency sensor, phase sequence sensor and Arduino Mega 2560. The purpose of this research is to design and create a three-phase generator synchronization simulator based on the Arduino microcontroller which can be synchronized with a maximum of 15 seconds with a measurement error below 5%. The result is that the maximum synchronization process time is 11 seconds and the measurement error is 4.5%.

Keywords: energy, electricity, generators, microcontroller, arduino

1. Pendahuluan

Penyedia layanan energi listrik tiap tahun menaikkan pasokan energi listrik yang disebabkan karena meningkatnya kebutuhan konsumen akan energi listrik. Salah satu cara untuk meningkatkan jumlah pasokan energi listrik yang dilakukan oleh penyedia layanan energi listrik adalah dengan menambah jumlah generator listrik yang dioperasikan secara paralel (Firmansyah, Susanti, Rumiasih, & Carlos, 2018).

Dalam sebuah sistem tenaga listrik terdapat interkoneksi generator sinkron dalam jumlah yang banyak. Generator sinkron tersebut bekerja secara paralel, terinterkoneksi oleh jaringan transmisi dan mensuplai daya listrik ke beban. Saat generator sinkron terhubung dengan generator sinkron lainnya, maka tegangan dan frekuensi pada terminal generator sinkron akan diperbaiki oleh sistem (Fitzgerald A, 1992). Generator sinkron terhubung paralel dengan

Info Makalah:

Dikirim : 07-21-20;

Revisi 1 : 08-27-20;

Revisi 2 : 09-12-20;

Diterima : 09-12-20.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-815-602-2301

e-mail : dedi.ns@polban.ac.id

generator sinkron lainnya untuk mensuplai daya yang lebih besar pada beban, dan juga untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik. Saat syarat paralel generator terpenuhi, generator dapat dihubungkan paralel dengan generator lainnya atau dengan jaringan transmisi. Syarat-syarat tersebut ialah :

1. Kedua frekuensi harus sama

Dengan adanya tegangan kerja yang sama diharapkan pada saat dipararel dengan beban kosong, faktor dayanya satu. Dengan faktor daya satu berarti tegangan antara

dua generator sama persis pada saat generator bekerja paralel perubahan arus eksitasi akan mengubah faktor daya, jika arus eksitasi diperkuat maka nilai faktor daya akan membesar mendekati satu.

2. Kedua tegangan harus sama

Didalam dunia industri dikenal dua buah sistem frekuensi yaitu 50 Hz. Dalam operasionalnya sebuah genset bisa saja mempunyai frekuensi yang berubah-ubah karena faktor tertentu. Pada jaringan distribusi dipasang alat pembatas frekuensi yang membatasi frekuensi minimal 48,5 Hz dan maksimal 51,5 Hz.

3. Urutan fasa (arah perputaran medan putar) harus sama
4. Kondisi paralel harus pada waktu sinkronnya (Bekiroglu E, 2009)

Dalam prakteknya persyaratan sinkronisasi memiliki toleransi antara lain:

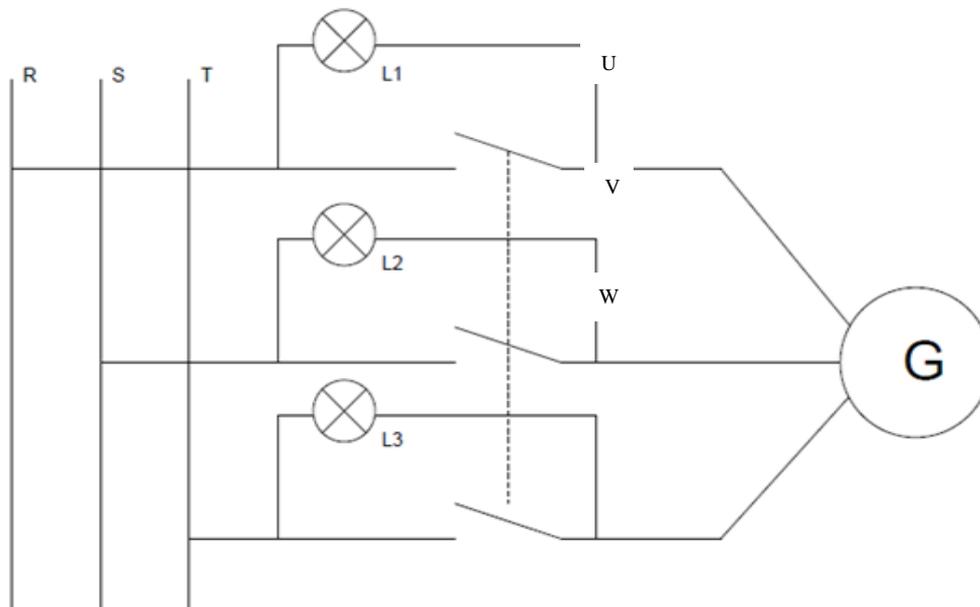
1. Beda tegangan generator dengan jala-jala PLN sebesar $\pm 5\%$
2. Beda frekuensi generator dengan frekuensi jala-jala PLN sebesar $\pm 0,2\%$
3. Beda sudut fasa generator dengan sudut fasa jala-jala PLN $\pm 5^\circ$ (Thamrin, 2011)

Dalam dunia industri diperlukan sistem suplai daya listrik yang dapat :

1. Dioperasikan secara bergantian, kondisi ini dilakukan atas pertimbangan ekonomi atau perbaikan (*maintenance*)
2. Dioperasikan secara bersama-sama, namun mensuplai daya ke beban masing-masing.
3. Dioperasikan paralel (sinkron) baik secara manual, maupun otomatis (Setya, 2015)

Perangkat bantu dalam proses paralel generator adalah sinkronoskop yang berfungsi mendeteksi apakah generator sudah sinkron dan bila sudah sinkron baru proses paralel dilaksanakan.

Salah satu metoda untuk memparalel dua generator atau generator dengan jaringan, adalah dengan menggunakan sinkronoskop lampu gelap yang rangkaianannya ditunjukkan pada Gambar 1. Generator G akan dihubung paralel dengan PLN U=R, V=S, W=T. Pada setiap fasa akan dipasang sebuah lampu L antara titik satu dan titik dua. Jika antara kedua titik itu ada perbedaan tegangan maka lampu akan menyala, jika urutan fasa sudah sama maka tidak ada beda tegangan pada kedua titik itu, maka lampu akan mati, pada saat itulah saklar boleh ditutup. Ketiga lampu tadi boleh diganti dengan alat ukur voltmeter. Ketika voltmeter menunjukkan angka 0V maka saklar boleh ditutup (Dwi B, 2018).



Gambar 1. Rangkaian Sinkronoskop Lampu Gelap

Beberapa metode untuk mensinkronkan generator dengan generator lainnya atau generator dengan jaringan PLN memerlukan operator yang mempunyai kemampuan yang baik (terampil). Dengan menggunakan sistem otomatis akan lebih memastikan saklar menutup pada waktu yang tepat dengan cepat (Shawon S, 2014).

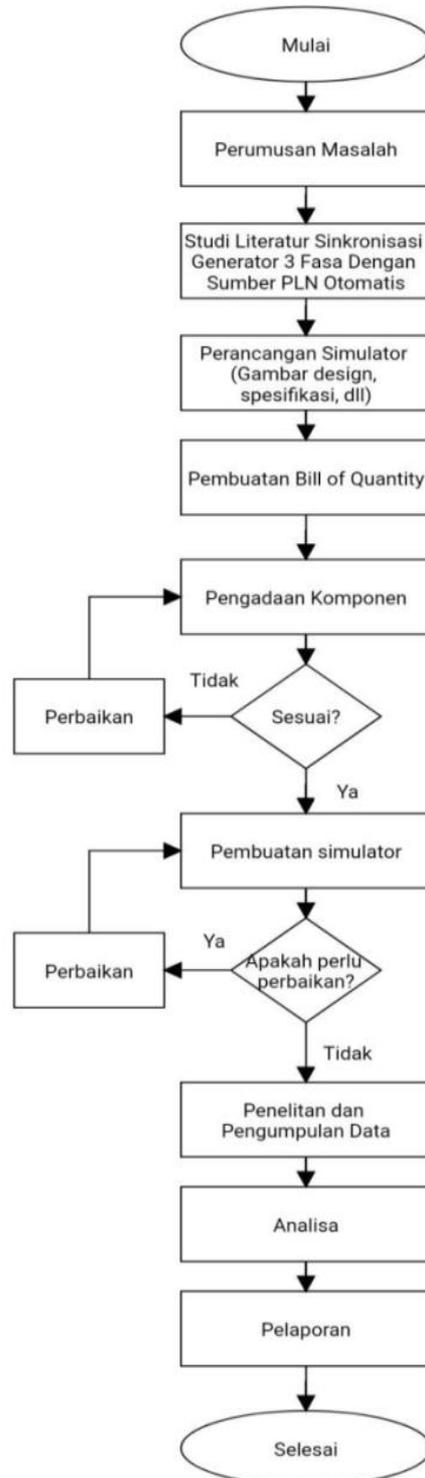
Sudah ada beberapa penelitian yang melakukan rancang bangun sinkronoskop. Salah satunya telah dilakukan rancang bangun alat sinkron untuk menggabungkan dua generator tiga fasa dengan menggunakan metoda sinkronoskop lampu gelap dan berbasis mikrokontroler ATMEGA32 (Dwi B, 2018).

Pada penelitian ini sinkronoskop yang dirancang terdiri dari sensor tegangan menggunakan modul sensor tegangan ZMPT101B, sensor frekuensi rangkaian *optocoupler* PC817 untuk membaca nilai tegangan saat *HIGH* dan saat *LOW*, sensor urutan fasa menggunakan rangkaian IC flip-flop 4013 serta mikrokontroler Arduino Mega 2560.

2. Metode

Rancang bangun simulator sinkronoskop generator 3 fasa semiotomatis berbasis mikrokontroler arduino ini dilakukan dalam beberapa tahapan meliputi tahapan perancangan, tahapan implentasi dan tahapan pengujian.

Tahapan perancangan diawali mendiskripsikan simulator sinkronoskop, merumuskan masalah, studi literatur dan membuat rancangan (gambar dan spesifikasi komponen dll). Tahapan implementasi hasil rancangan menjadi simulator sinkronoskop baik *hardware* maupun *software*. Tahapan pengujian terdiri dari pengujian komponen dan pengujian simulator sinkronoskop. Tahapan–tahapan diatas diberikan dalam diagram alir pada Gambar 2.

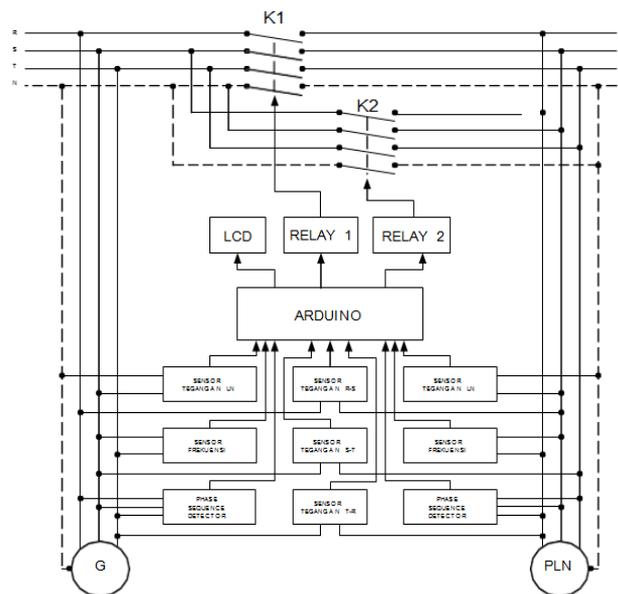


Gambar 2. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Simulator Sinkronisasi

Simulator sinkronisasi ini digunakan untuk mensinkronisasikan generator dengan jala-jala PLN dengan menggunakan mikrokontroler Arduino dan dilengkapi LCD yang menampilkan parameter-parameter yang diukur dalam proses sinkronisasi yaitu tegangan, frekuensi, dan urutan fasa. Simulator sinkronisasi ini menggunakan tiga buah sensor yaitu, sensor tegangan, sensor frekuensi, dan sensor urutan fasa. Sensor tegangan yang digunakan menggunakan modul sensor tegangan ZMPT101B, sedangkan untuk sensor frekuensi menggunakan *optocoupler* PC817 dan resistor, terakhir sensor urutan fasa komponen yang digunakan: resistor, dioda zener, kapasitor, IC 4013, dan *optocoupler* PC817. Keluaran ketiga sensor tersebut menjadi masukan mikrokontroler arduino.

Jika nilai tegangan, frekuensi, dan urutan fasa sudah sama maka mikrokontroler Arduino akan memerintahkan relay untuk ON, relay tersebut akan menyalakan kontaktor (K1) untuk ON, maka proses sinkronisasi selesai. Jika nilai tegangan dan frekuensi sama, sedangkan urutan fasa tidak sama, maka mikrokontroler Arduino akan memerintahkan relay 2 untuk ON, relay tersebut akan mehidupkan kontaktor (K2). Kontaktor 2 mengubah urutan fasa sehingga urutan fasa generator dan PLN sama, dengan begitu proses sinkronisasi selesai. Proses sinkronisasi digambarkan dalam sebuah diagram blok yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Blok Simulator Sinkronoskop

Perancangan dan Realisasi Perangkat Keras Simulator Sinkronisasi

Untuk mengukur parameter- parameter simulator sinkronisasi diperlukan sensor-sensor, seperti sensor tegangan, sensor frekuensi, dan sensor urutan fasa.

Untuk mengukur tegangan pada generator dan jala-jala PLN diperlukan sebuah sensor tegangan yang dapat mengukur tegangan dari 0 sampai 220 VAC. Modul sensor tegangan ZMPT101B dipilih karena modul sensor tegangan ini dapat membaca tegangan dari 0 volt sampai dengan 250 Volt. Gambar 4 menunjukkan modul sensor tegangan ZMPT101B.



Gambar 4. Modul Sensor Tegangan ZMPT101B

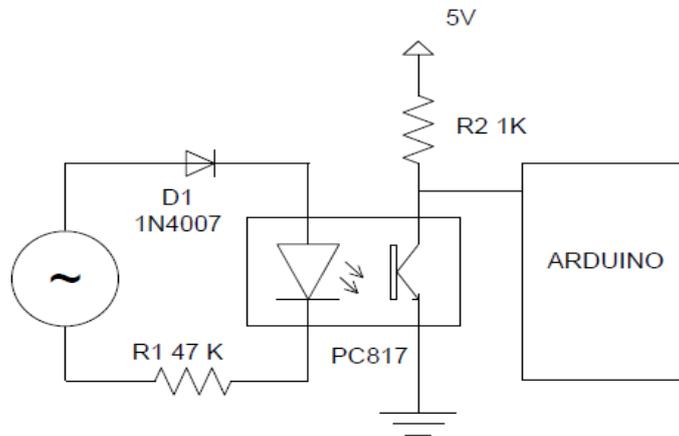
Spesifikasi modul sensor tegangan ZMPT101B diberikan dalam Tabel 1

Tabel 1. Spesifikasi Modul Sensor Tegangan ZMPT101B

Parameter	Nilai
Arus input maksimum, mA	2
Arus output maksimum, mA	2
Rasio lilitan	1000:1000
Error sudut fasa, °	<20
Isolasi tegangan maksimum, kV	4
Tegangan operasi, VAC	0-250
Temperatur kerja, °C	-40 – 60

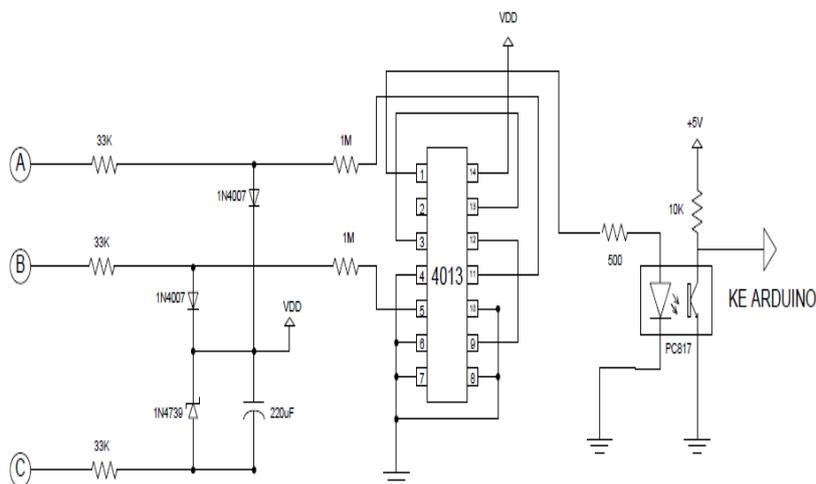
Sedangkan untuk mengukur frekuensi pada generator dan jala-jala PLN digunakan sensor frekuensi yang rangkaiannya diperlihatkan pada Gambar 5.

Tegangan AC dari generator akan disearahkan oleh dioda menjadi tegangan DC setengah gelombang sebagai tegangan input *optocoupler* yang kemudian mengubah menjadi tegangan dc sebagai tegangan keluaran sebagai fungsi frekuensi. Tegangan keluaran *optocoupler* digunakan sebagai input mikrokontroler Arduino.

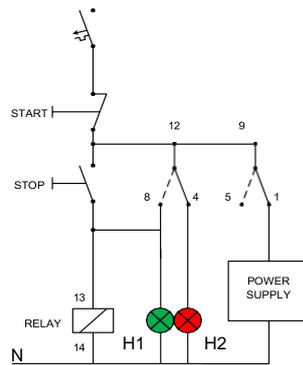


Gambar 5. Rangkaian Sensor Frekuensi

Untuk mengetahui urutan fasa generator dan jala-jala PLN digunakan sensor urutan fasa yang rangkaiannya diberikan dalam Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Rangkaian Sensor Urutan Fasa



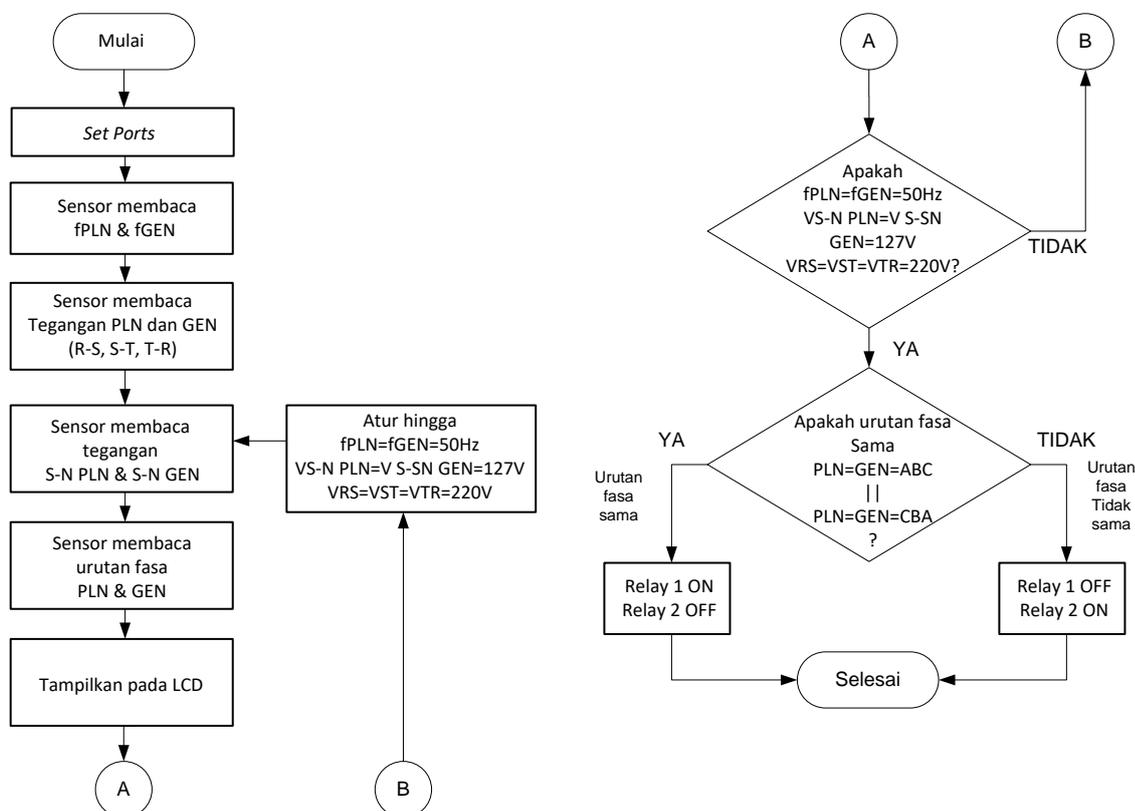
Gambar 7. Rangkaian Kontrol

Perancangan dan Relalisasi Perangkat Lunak (Program) Simulator Sinkronisasi

Dalam membuat program untuk simulator sinkronisasi, dilakukan dengan menggunakan aplikasi Arduino IDE. Program dibuat sehingga dapat menjalankan Mikrokontroler Arduino untuk membaca nilai tegangan, nilai frekuensi, dan urutan fasa pada generator sinkron 3 fasa dan jala-jala PLN.

Jika nilai tegangan V_{SN} Generator sama dengan tegangan V_{SN} PLN yaitu 127 VAC, nilai frekuensi tegangan Generator sama dengan frekuensi tegangan PLN yaitu 50 Hz, tegangan R-S, S-T, T-R antara jala-jala PLN dan Generator sama dengan 220V dan urutan fasanya sama ABC atau CBA, maka arduino akan memerintahkan untuk menyalakan Relay 1 dan mematikan Relay 2 (*interlocking*). Pada LCD ditampilkan kontaktor 1 dalam keadaan ON (K1 ON). Namun jika nilai tegangan V_{SN} PLN sama dengan tegangan V_{SN} Generator yaitu 127 VAC, nilai frekuensi f_{PLN} sama dengan $f_{Generator}$ yaitu 50 Hz, tegangan R-S, S-T, T-R antara jala-jala PLN dan Generator sama dengan 220V, tapi urutan fasanya berbeda yaitu ABC dan CBA, atau CBA dan ABC, maka arduino akan memerintahkan untuk menyalakan Relay 2 dan mematikan Relay 1 (*interlocking*). Pada LCD ditampilkan kontaktor 2 dalam keadaan ON (K2 ON).

Berdasarkan deskripsi diatas, maka dibuatlah algoritma pemrograman sebagai acuan dalam membuat program sebagai berikut :



Gambar 8. Algoritma Pemrograman Simulator Sinkronisasi

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian Sensor dan Tegangan

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan menggunakan sumber tegangan AC variabel (0-220 Volt). Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai *input* dan *output* sensor tegangan. Jika nilai *input* tegangan (V_{in}) naik, maka seharusnya nilai tegangan *output* (V_{out}) juga naik. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran sensor tegangan ketika mengatur tegangan suplai AC dari 0 sampai dengan 240 volt untuk sensor tegangan satu dan sensor tegangan 2. Mengulangi pengujian untuk sensor tegangan 2. Hasil pengujian sensor tegangan diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Tegangan

Tegangan <i>Input</i> V_{in} (V)	Sensor tegangan 1	Sensor tegangan 2	Sensor tegangan 1	Sensor tegangan 2
	Tegangan <i>Output</i> V_{out} (V)	Tegangan <i>Output</i> V_{out} (V)	<i>Error</i> sensor tegangan 1 (%)	<i>Error</i> sensor tegangan 2 (%)
19,97	19,84	20,01	-0,66	0,20
40,40	40,18	40,17	-0,55	-0,57
60,2	60,73	60,65	0,87	0,74
80,4	80,43	80,24	0,04	-0,20
101,0	100,45	100,49	-0,55	-0,51
120,4	119,97	120,9	-0,36	0,41
140,5	140,24	141,20	-0,19	0,50
160,8	160,27	160,3	-0,33	-0,31
180,7	180,53	180,67	-0,09	-0,02
200,5	200,86	200,98	0,18	0,24
221,5	220,15	220,13	-0,61	-0,62
239,9	239,80	240,30	-0,04	0,17
<i>Error</i> tegangan rata-rata			0,3725	0,374

Dari Tabel 2 diatas dapat dilihat ketika tegangan input sensor (V_{in}) semakin naik maka tegangan output (V_{out}) pada sensor semakin naik pula. Menandakan modul sensor tegangan dalam keadaan baik.

$$\%ErrorV = \frac{V_{sensor} - V_{multimeter}}{V_{multimeter}} \times 100 \quad (1)$$

Untuk tegangan 239,9 V pada multimeter terbaca nilai sebesar 239,8 V pada sensor tegangan 1, nilai *error* pembacaan sebesar,

$$\%ErrorV = \frac{239,8 - 239,9}{239,9} \times 100 \quad (2)$$

$$\%ErrorV = -0,04\% \quad (3)$$

Hasil perhitungan *error* tegangan dari sensor 1 dan sensor 2 dimasukan kedalam Tabel 2.

Pengujian Sensor Frekuensi

Pengujian sensor frekuensi dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor frekuensi dengan cara membandingkan nilai yang terbaca oleh sensor frekuensi dengan frekuensi meter pada multimeter digital FLUKE 179. Sensor frekuensi meter dipasang pada terminal tegangan antar fasa generator sinkron, begitu pula dengan frekuensi meter pada multimeter digital FLUKE 179. Arus eksitasi pada generator sinkron diatur sedemikian rupa sehingga tegangan pada terminal antar fasanya terbaca 220Volt. Untuk mengeluarkan nilai frekuensi yang bervariasi pada generator sinkron, maka diatur putaran pada *prime mover* dari 300 rpm sampai 1650 rpm, sehingga keluar nilai frekuensi yang berubah-ubah pada tegangan 220 Volt.

Hasil pengujian sensor frekuensi diberikan dalam Tabel 3.

Untuk menghitung *error* sensor terhadap multimeter, dapat menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\%Errorf = \frac{fsensor - fmultimeter}{fmultimeter} \times 100 \tag{4}$$

Untuk frekuensi 50,51 Hz pada multimeter, terbaca nilai sebesar 50,76 Hz pada sensor frekuensi 1 (PLN) nilai error pembacaan sebesar:

$$\%Error.f = \frac{50,76 - 50,51}{50,51} \times 100 \tag{5}$$

$$\%Error.f = -0,495\% \tag{6}$$

Hasil perhitungan error sensor frekuensi 1 diberikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Frekuensi dan Hasil Perhitungan Error

Frekuensi terbaca pada Multimeter Fluke 179 (Hz)	Kecepatan putar rotor (Rpm)	Sensor Frekuensi 1 (Hz)	Error sensor frekuensi 1 (%)
10	300	-	-
20	600	-	-
30,54	900	30,82	0.91
35,29	1050	35,43	0.40
40,58	1200	40,75	0.42
45,30	1350	45,61	0.68
50,51	1500	50,76	0.49
55,11	1650	55,40	0.52

Pengujian Sensor Urutan Fasa

Pengujian sensor urutan fasa dilakukan dengan menggunakan sumber tegangan AC 3 fasa. Sensor urutan fasa dihubungkan pada sumber tegangan kemudian diukur nilai tegangan DC pada output sensor urutan fasa. Jika tegangan terbaca mendekati 0V (LOW) maka urutan fasanya searah jarum jam CW (ABC, BCA, atau CAB). Jika tegangan DC yang terbaca pada output adalah 5V (HIGH) urutan fasanya berlawanan arah jarum jam (CBA, BAC, atau ACB).

Hasil pengujian sensor urutan fasa diberikan dalam Tabel 4

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Urutan Fasa

Sensor Urutan Fasa 1 (PLN)			Sensor Urutan Fasa 2 (GENERATOR)		
Urutan Fasa	Tegangan Terbaca	Ket.	Urutan Fasa	Tegangan Terbaca	Ket.
ABC	0,111 mV	LOW	ABC	0,120 mV	LOW
BCA	0,101 mV	LOW	BCA	0,103 mV	LOW
CAB	0,121 mV	LOW	CAB	0,123 mV	LOW
CBA	5,03 V	HIGH	CBA	5,02V	HIGH
BAC	5,02 V	HIGH	BAC	5,02V	HIGH
ACB	5,01 V	HIGH	ACB	5,04V	HIGH

Dari Tabel 4 dapat dilihat ketika urutan fasa searah jarum jam maka tegangan terbaca 0V (LOW) dan pada saat urutan fasanya berlawanan arah jarum jam, maka tegangan terbaca 5V (HIGH). Dari hasil pengujian ini tidak terdapat kesalahan sehingga error 0%.

Pengujian Simulator Sinkronisasi

Pengujian simulator sinkronisasi dilakukan untuk mensinkronkan jala-jala PLN yang sudah diturunkan tegangan VLL nya menjadi 220 Volt dengan generator sinkron AC Tiga Fasa dengan spesifikasi teknisnya diberikan dalam Tabel 5.

Tabel 5 .Spesifikasi Generator Sinkron Tiga Fasa

Spesifikasi Generator Sinkron Tiga Fasa	
Daya, KVA	1,2 KVA
Cos phi	0,8
Kecepatan, rpm	1500
Frekuensi, Hz	50
Tegangan dan arus hubungan bintang, V/A	220 / 3,5
Tegangan dan arus hubungan delta, V/A	127 / 6,1
Magnetisasi maksimal, V/A	220 / 1,4

- Prosedur Pengujian Simulator Sinkronisasi.

Setelah rangkaian lengkap, generator sinkron dioperasikan dengan mengatur putaran dan arus penguat untuk memperoleh frekuensi dan tegangan yang sama dengan dengan frekuensi dan tegangan jala-jala PLN . Bila tegangan dan frekuensi generator sudah sama dengan tegangan dan frekuensi jala-jala PLN ditandai dengan tegangan pada voltmeter sama dengan nol, simulator sinkronoskop diaktifkan untuk memparalel generator dengan jala-jala secara otomatis dan waktu yang diperlukan sinkronoskop pada proses paralel diukur.

Proses pengujian dilakukan berulang hingga 10 kali yang terdiri dari 5kali untuk urutan fasa ABC dan 5 kali untuk urutan fasa ACB.

Hasil pengujian simulator sinkronoskop dimasukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Simulator Sinkronisasi

Percobaan Ke-	Kontaktor yang menyala	Waktu sinkron (detik)	Ket.
1	K1	2	Sinkron
2	K1	1	Sinkron
3	-	-	Gagal
4	-	-	Gagal
5	K1	2	Sinkron
6	K2	11	Sinkron
7	K2	4	Sinkron
8	K2	9	Sinkron
9	K2	7	Sinkron
10	K2	6	Sinkron

Dari sepuluh kali percobaan itu mengalami kegagalan sebanyak 2 kali sehingga persentase *error* sistem/gagal sinkron sebanyak 20%. Waktu untuk sistem mensinkronkan generator dengan jala-jala pun bervariasi dengan rentang 1-11 detik.

Kesimpulan

Perangkat simulator sinkronisasi generator tiga fasa semiotomatis yang menggunakan sensor tegangan, sensor frekuensi, sensor urutan fasadan mikrokontroler Arduino dengan menggunakan *software* Arduino IDE. berfungsi dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan data hasil pengujian dan perhitungan menunjukkan besarnya *error* pembacaan sensor tegangan rata-rata 0,37% . sensor frekuensi 0,48%, dan sensor urutan fasa 0%. Nilai selisih antara tegangan PLN dengan Tegangan Generator pada program diatur sebanyak 4,5 % dari 220VLL sedangkan untuk frekuensi diatur selisihnya sebanyak 3% dari frekuensi nominal 50 Hz. Proses sinkronisasi memerlukan waktu 1sampai dengan 11 detik, lebih cepat dari yang diinginkan yaitu 15 detik.

UcapanTerima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Bandung atas dukungan finansialnya pada penelitian ini sehingga penelitian ini dapat berhasil dilaksanakan berdasarkan kontrak Nomor: B/249.130/PL1.R7/PG.00.03/2020. Kemudian kepada seluruh pihak tim yang senantiasa membantu dalam melakukan perancangan dan pembuatan simulator sinkronisasi generator tiga fasa berbasis mikrokontroler arduino ini sehingga berjalan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Bekiroglu E, B. A. (2009). *Automatic Synchronization Unit for the Parallel Operation of Synchronous Generators*. Proc. IEEE EUROCON, pp.766-771.
- Dwi B, A. R. (2018). Rancang Bangun Alat Sinkron untuk Menggabungkan Dua Generator Tiga Fasa. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, vol.3, no.2 , pp. 92-103.
- Firmansyah, A., Susanti, I., Rumiasih, & Carlos, R. (2018). Pemanfaatan Motor Induksi Tiga Fasa Sangkar Tupai Sebagai Pembangkit Energi Listrik Tenaga Mikrohidro. *ELEKTRA*, vol.3, no.1, pp. 1-12.
- Fitzgerald A, K. U. (1992). *Electric Machinery*. Singapore: McGraw-Hill.
- Setya, A. (2015). Pengendalian Sinkronisasi Generator Dengan Sumber Pembangkit Listrik Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, vol.7, no.1, pp. 36-42.
- Shawon S, P. M. (2014). Design & Construction of a Low Cost Quasi Automatic Synchronizer for Alternators. . *International Journal of Engineering Research & Technology*, vol.3, no.5, pp. 1860-1865.
- Thamrin, N. (2011). Alat Sinkronisasi Otomatis pltmh Dengan Jaringan Distribusi Pln Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 16. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, vol.11, no.3, pp. 50-54.

Studi Potensi Resiko Tanah Lunak dalam Pembangunan Ibu Kota Negara dengan Ajuan Penanganan Menggunakan Metode *Prefabricated Vertical Drain* Berbahan Alami

Benny Arianto

Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Kalimantan Timur, Direktorat Jenderal Bina Marga,
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Indonesia

jurnalteknik@unjani.ac.id, bennyarianto@hotmail.com

Abstrak

Pemindahan ibu kota pemerintahan ke sebagian Kabupaten Penajam Paser Utara dan sebagian di Kabupaten Kutai Kertanegara, Provinsi Kalimantan Timur, akan segera dimulai. Namun berdasarkan penelitian dan kasus terdahulu, terdapat potensi lahan dengan sifat tanah lunak di wilayah sekitar Ibu Kota Negara (IKN). Investigasi lapangan dan laboratorium mengungkapkan bahwa pada wilayah sekitar IKN terdapat tanah lunak yang ditunjukkan oleh hasil uji sondir dengan nilai tahanan konus kurang dari 10 kg/cm². Tidak hanya tanah lunak, penyelidikan juga menunjukkan keberadaan potensi gerakan tanah, tanah mengembang, likuifaksi, dan tanah bersifat illitik dengan aktifitas sedang sampai sedang-tinggi. Penelitian ini merupakan studi literatur menggunakan data sekunder untuk mencoba memberi ajuan teknik untuk mengatasi potensi tanah lunak di IKN. Metode *Preloading* dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) adalah metode yang telah digunakan dalam mengatasi tanah lunak di beberapa pembangunan infrastruktur di Kalimantan. Namun, hasil uji laboratorium dan uji lapangan beberapa peneliti terdahulu menghasilkan bahwa material PVD konvensional berupa polimer dapat digantikan dengan bahan serat alami dari *jute* dan serabut kelapa. Tidak hanya lebih ramah lingkungan, namun hasil capaian efektifitas penurunan dan kapasitas penyaluran alir PVD bahan alami lebih baik dibanding PVD konvensional. Penggunaan teknik ini mendukung visi pembangunan IKN: *Smart, Green, Beautiful, dan Sustainable*.

Kata kunci: Tanah lunak, *Prefabricated Vertical Drain* Alami, Ibu Kota Negara, Kalimantan Timur

Abstract

The Capital City of Indonesia will be moving to East Kalimantan Province soon. However, based on previous research and cases, the area around the National Capital (IKN) has potentially soft soil problem. Field and laboratory investigations revealed that in the area around IKN there was soft soil as indicated by the results of the cone penetrometer tests which generally, have resistance values of less than 10 kg/cm². Moreover, the investigation also shows the existence of swelling soil, land movement, liquefaction, and illitic soil with medium to medium activity. This research is a literature study using secondary data to propose techniques to overcome the potential of soft soils in IKN. Preloading method with Prefabricated Vertical Drain (PVD) is a method that has been used in overcoming soft soils in several infrastructure developments in Kalimantan. However, the results of laboratory tests and field tests of several previous researchers have produced that conventional PVD material in the form of polymers can be replaced with natural fiber materials from jute and coconut fibers. It is more environmentally friendly and effective than conventional PVD. The use of this technique supports the vision of IKN development: *Smart, Green, Beautiful, and Sustainable*.

Keywords: Soft soil, Natural Prefabricated Vertical Drain, Capital City of Indonesia, East Kalimantan

1. Pendahuluan

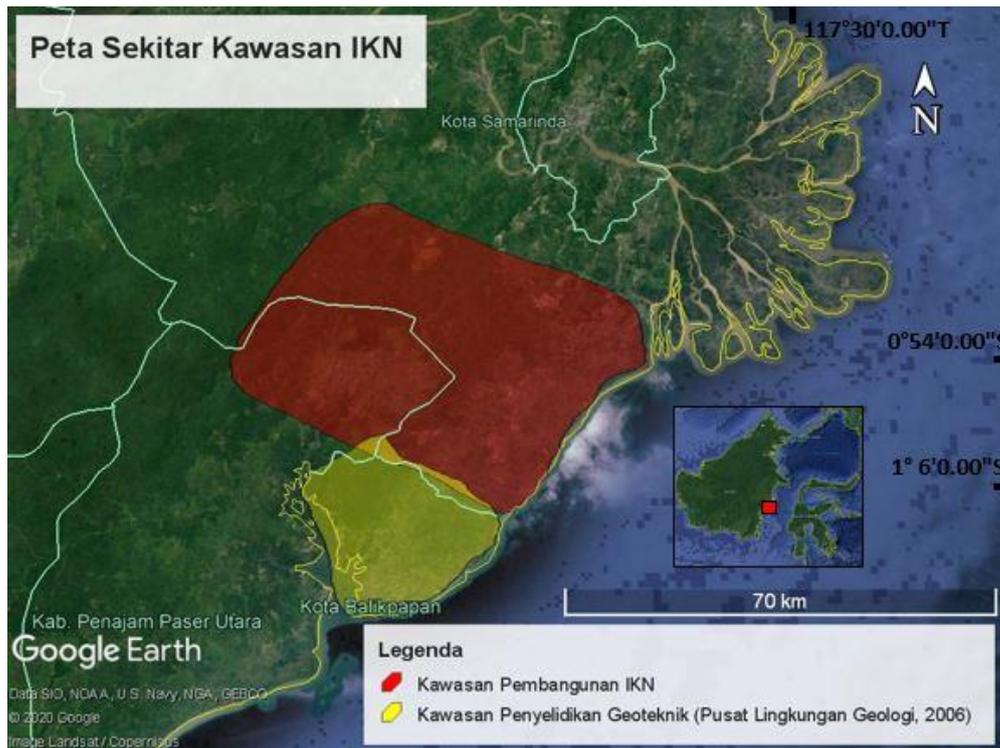
Pemindahan Ibu Kota Negara (IKN) Indonesia dari DKI Jakarta ke Kalimantan Timur bukan sekedar wacana. Desain detail IKN beserta landasan hukumnya sedang dipersiapkan sebelum dimulainya pembangunan. Lahan seluas 256.142,74 Ha sudah disediakan untuk kawasan IKN. Lahan ini terletak di sebagian Kabupaten Penajam Paser Utara, dan sebagian Kutai Kartanegara (Gambar 1). Resiko bencana yang minim, lokasi di pusat Indonesia, ketersediaan akses dengan perkotaan yang berkembang (Balikpapan dan Samarinda), infrastruktur relatif lengkap, dan ketersediaan lahan milik pemerintah adalah beberapa alasan utama terpilihnya lokasi pemindahan ibu kota baru. Rencana pemindahan ibu kota sudah masuk dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020-2025. Pembangunan IKN akan menerapkan beberapa konsep utama yaitu *Smart, Green, Beautiful, dan Sustainable*.

Info Makalah:

Dikirim : 04-19-20;
Revisi 1 : 06-15-20;
Revisi 2 : 07-07-20;
Diterima : 07-07-20.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-857-2057-5493
e-mail : bennyarianto@hotmail.com



Gambar 1. Peta Kawasan Pembangunan IKN.

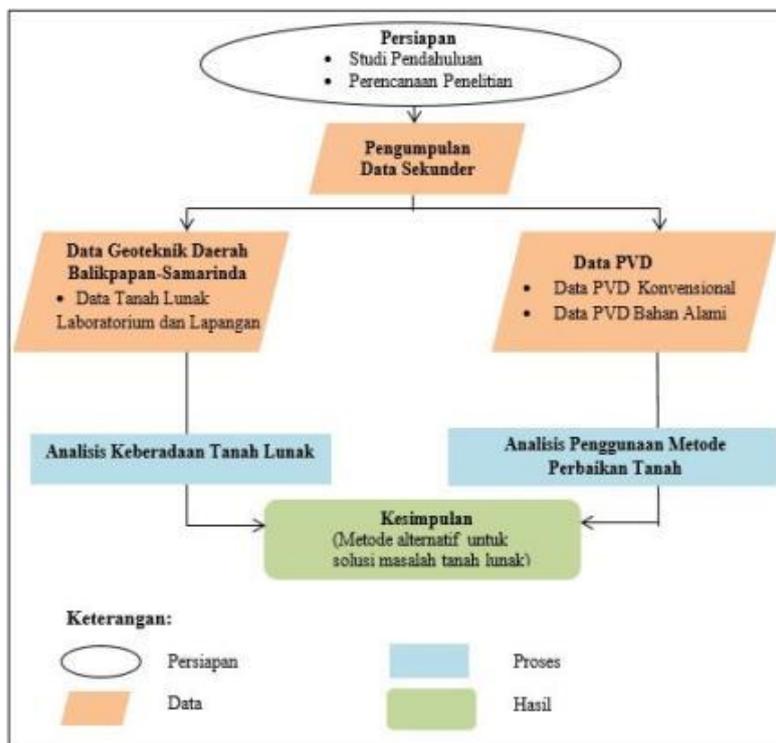
Penyelidikan geoteknik yang dilakukan Pusat Lingkungan Geologi tahun 2006 pada lokasi sekitar IKN menyatakan bahwa ada beberapa potensi yang dapat menghambat pembangunan infrastruktur yaitu: tanah lunak, *clayshale*, material mudah tererosi, dan lapisan batubara. Namun tulisan ini hanya akan membahas potensi masalah tanah lunak. Contoh kasus yang berkaitan dengan tanah lunak disekitar IKN adalah pembangunan Jalan Tol Balikpapan–Samarinda (Balsam). Kuswanda (2016) menjelaskan bahwa masalah tanah lunak sudah muncul pada pembangunan Jalan Tol Balsam Paket 4 Samarinda tahun 2014. Jalan Tol Balsam yang awalnya direncanakan untuk diresmikan akhir tahun 2018 mengalami hambatan sehingga sampai pertengahan tahun 2019 masih belum diresmikan. Terdapat dua hambatan utama yaitu masalah pengadaan lahan dan keberadaan tanah lunak sebagai polemik utama dalam pembangunan jalan tol ini. Bila masalah ini tidak diperhatikan dengan seksama maka bukan tidak mungkin pembangunan IKN nanti mengalami hal serupa.

Identifikasi akan lokasi dengan potensi tanah lunak dan metode penanganan yang tepat untuk daerah Balikpapan-Samarinda perlu dikaji dan diteliti lebih lanjut. Terlebih lagi karena di daerah ini akan dibangun banyak infrastruktur baru penunjang Ibu Kota Negara baru. Metode yang akan diterapkan untuk menangani masalah ini sebaiknya sesuai dengan konsep utama pembangunan IKN.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari keberadaan lokasi dengan potensi tanah lunak dan cara mengatasinya untuk daerah sekitar IKN. Penulis ingin mengajukan sebuah metode non-konvensional untuk mengatasi masalah yang sebaiknya dipelajari lebih lanjut sebelum diaplikasikan.

2. Metode

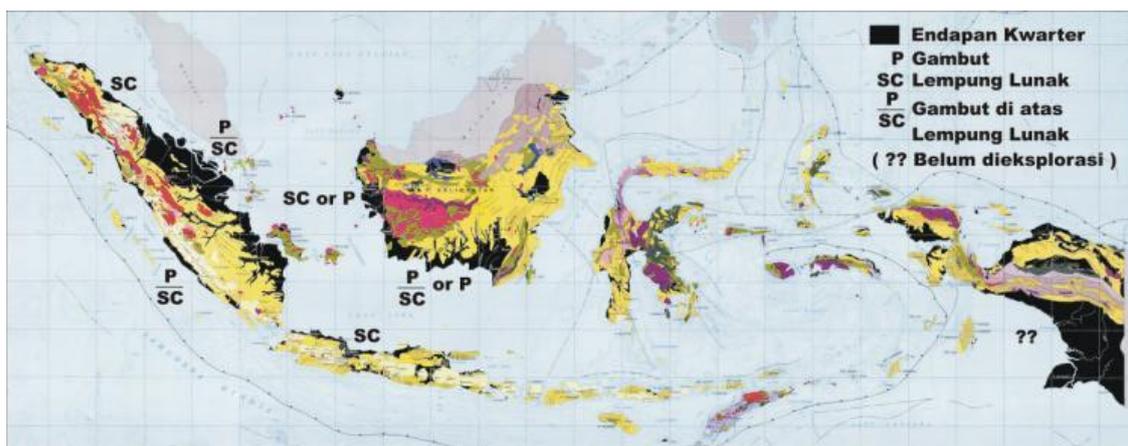
Penelitian ini merupakan studi literatur yang dilaksanakan melalui beberapa tahapan (Gambar 2), yaitu tahapan persiapan berupa studi literatur mengenai pendahuluan dan perencanaan penelitian. Kemudian tahapan pengumpulan data dari penelitian terdahulu, melakukan analisis, dan membuat kesimpulan.



Gambar 2. Diagram Alir Tahapan Penelitian.

Studi literatur dimulai dengan membahas karakteristik tanah lunak dan tanah lunak di daerah Ibu Kota Negara di Kalimantan Timur.

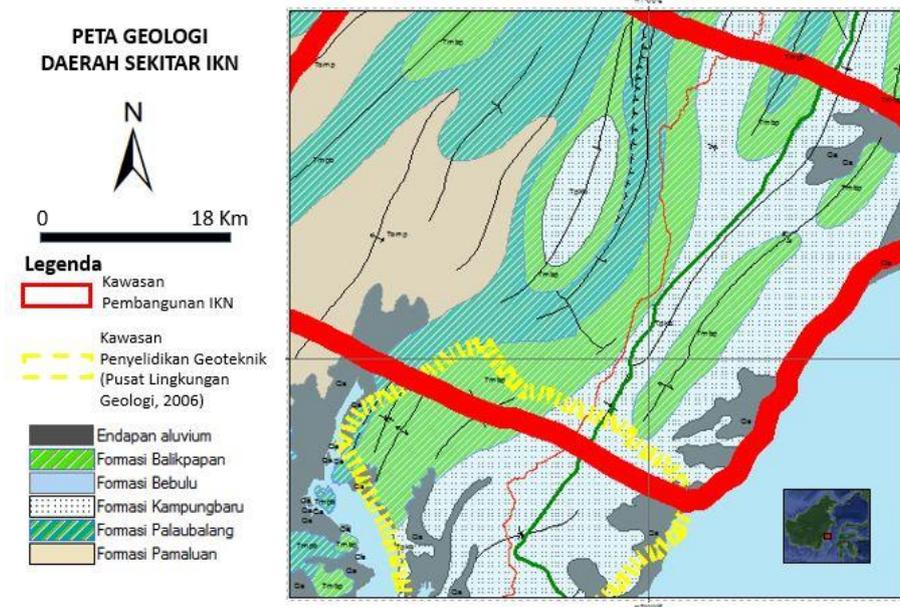
Tanah lunak mempunyai karakteristik daya dukung yang relatif rendah dan pemampatannya yang relatif besar serta berlangsung relatif lama. Apabila tanpa dilakukan perbaikan terlebih dahulu maka bangunan infrastruktur yang dibangun di atasnya berpotensi mengalami kerusakan sebelum mencapai umur konstruksi yang direncanakan (Kuswanda, 2016). Tahun 2002, Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi memetakan penyebaran tanah lunak di Indonesia mencapai lebih kurang 10 juta hektar atau sekitar 10% dari luas daratan Indonesia (Gambar 3).



Gambar 3. Peta Penyebaran Tanah Lunak (Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, 2002).

Tanah lunak dibagi dalam dua tipe: lempung lunak, dan gambut. Tanah lempung lunak memiliki nilai kuat geser kurang dari 25 kN/m^2 dan Gambut mengandung $>75\%$ kadar organik (Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, 2002).

Tahun 2006, Pusat Lingkungan Geologi melakukan penyelidikan geologi teknik di Kawasan Pengembangan Ekonomi Terpadu (KAPET) Sasamba (Samarinda, Sanga-Sanga, Muara Jawa, dan Balikpapan) (Gambar 1). Lokasi penyelidikan ini berada di sekitar IKN dengan formasi batuan yang identik dan menerus (dapat diamati dari peta geologi wilayah sekitar pada gambar 4) sehingga hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi untuk memahami karakteristik keteknikan tanah/batuan dan potensi bahaya geologi yang terdapat di daerah IKN.



Gambar 4. Peta Geologi Daerah Sekitar IKN (dimodifikasi dari Hidayat & Umar (1994) dan Supriatna dkk. (1995)).

Penyelidikan Geologi Teknik menyatakan bahwa terdapat lima satuan geologi teknik di daerah sekitar IKN (Badan Geologi, 2006), yaitu:

a. Satuan Pasir-Pasir Lanauan A (s-m) [A]

Satuan ini merupakan endapan pantai dan sungai. Satuan Pasir-Pasir Lanauan A didominasi oleh pasir di bagian atas dan berubah menjadi lanauan di bagian bawah dengan ketebalan antara 1 sampai lebih dari 10 meter. Butiran sangat lepas-agak padat dan berukuran lanau sampai pasir sedang (setempat terdapat butiran kerikil). Kelulusan butir tinggi sampai sangat tinggi.

b. Satuan Lempung-Lanau Lempungan A (c-mc) [B]

Satuan geologi teknik ini merupakan endapan sungai dan pantai, tebal antara 1 sampai lebih dari 15 meter, bagian atas didominasi oleh lempung dan lanau lempungan, secara berangsur ke arah bawah berubah menjadi lanau pasiran. Lempung berwarna abu-abu sampai abu-abu gelap kehijauan lempung bersifat permeabilitas rendah sampai sedang, lunak sampai agak teguh, dan nilai plastisitas rendah sampai sedang.

c. Satuan Lempung Lanauan-Lanau Pasiran R (cm-ms) [C]

Tersusun dari perlapisan lempung lanauan sampai lanau pasiran dengan ketebalan 1,25 meter sampai 2 meter. Satuan ini merupakan hasil pelapukan Formasi Palaubalang (Tmptb) dan Formasi Balikpapan (Tmbp). Satuan ini memiliki konsistensi agak teguh sampai teguh, plastisitas sedang sampai tinggi, permeabilitas rendah sampai sedang, dengan kedalaman muka air tanah bebas dalam sampai sangat dalam, dan penggalian mudah hingga agak sukar dilakukan dengan peralatan non-mekanis.

d. Satuan Lempung-Lanau Lempungan R (c-mc) [D]

Dengan ketebalan 1,5 sampai 2,5 meter satuan ini berupa lempung lanauan sampai lanau lempungan yang merupakan hasil pelapukan Formasi Kampungbaru (Tpkb) dengan beberapa sifat yaitu: plastisitas sedang sampai tinggi, permeabilitas sedang sampai rendah, konsistensi agak teguh sampai teguh, kedalaman muka air tanah bebas dalam sampai sangat dalam, dan pada satuan ini penggalian mudah hingga agak sukar dilakukan dengan peralatan non mekanis.

e. Satuan Batupasir-Batulempung Lanauan (SS-CM) [E]

Satuan ini didominasi oleh batupasir kuarsa dan batulempung lanauan, sebagian terdapat sisipan serpih dengan daya dukung bersifat tinggi sampai sangat tinggi, agak sukar digali dengan peralatan non-mekanis. Kedalaman muka air tanah bebas dalam sampai sangat dalam. Setempat pada lereng terjal berpotensi terjadi gerakan tanah. Hasil penyelidikan lapangan dan analisis laboratorium mekanika tanah dapat diamati pada Tabel 1 sampai Tabel 5.

Tabel 1. Hasil Uji Penetrometer dan Uji Sondir KAPET Sasamba (Pusat Lingkungan Geologi, 2006).

No.	Satuan	Lapisan	Uji Penetrometer Saku (kg/cm ²)	Tekanan Konus (kg/cm ²)
1	A	Pasir	<1-2	3-10
		Pasir lanauan	1-2	3-10
2	B	Lempung	<1-1,6	2-5
		Lanau lempungan	<1-2	3-11
3	C	Lempung lanauan dan lanau pasiran	2-3	3-12
4	D	Lempung	2-3	3-11

Tabel 2. Hasil Pengukuran Daya Dukung Tanah KAPET Sasamba (Pusat Lingkungan Geologi, 2006).

No	Satuan	Daya dukung tanah pondasi dangkal (ton/m ²)		Daya dukung tanah pondasi dalam (ton/m ²)	Penurunan tanah akibat beban pondasi (cm)
		kedalaman 1 meter	kedalaman 2 meter	kedalaman 5 meter	
1	A	3,3-6,05	7,2-14,4	20,975-27,733	0,35-1,21
2	B	1,65-4,4	3,2-14,4	6,957-28,772	1,44-10,35
3	C	3,85-7,15	8,8-11,2	23,221-35,044	1,28-2,42
4	D	3,3-11	8,8-16,8	11,349-42,405	0,79-1,57

Tabel 3. Persentase Kandungan Ukuran Butir pada Tanah KAPET Sasamba (Pusat Lingkungan Geologi, 2006).

No.	Satuan	Rentang persentase kandungan (%)					
		Lempung	Lanau	Pasir halus	Pasir sedang	Pasir kasar	Kerikil halus
1	A	-	0-13	78-96	0-20	-	-
2	B	51-65	20-33,58	10-15	0-18	-	-
3	C	17-29	18-33	14-19	9-40	0-9	0-18
4	D	33-58	26-48	8-17	0-23	0-4	0-6

Tabel 4. Hasil Pengukuran Sifat Fisik Tanah KAPET Sasamba (Pusat Lingkungan Geologi, 2006).

No.	Satuan	Berat jenis (Gs)	Berat isi asli (γ _n)(gr/cm ³)	Berat isi kering (γ _d) (gr/cm ³)	Porositas (n) (%)	Derajat kejenuhan (S _r) (%)	Kohesi (c) (kg/cm ²)	Sudut geser dalam (φ) (°)
1	A	2,616-2,692	1,537-1,716	1,412-1,49	44,56-46,49	10,6-63,66	0-0,07	0-29,4
2	B	2,648-2,655	1,666-1,896	1,071-1,441	45,58-59,62	99,76-99,81	0,117-0,135	20,39-23,94
3	C	2,651-2,75	1,648-1,963	1,379-1,697	35,99-48,18	55,74-76,2	0,149-0,187	22,61-23,79
4	D	2,574-2,674	1,708-1,969	1,379-1,616	38,87-48,23	83,72-99,34	0,119-0,65	19,16-24,72

Tak hanya indikasi tanah lunak, namun dari hasil penelitian Pusat Lingkungan Geologi tahun 2006 ini, diketahui akan adanya potensi bencana di wilayah penelitian (berupa potensi gerakan tanah, lempung mengembang dan likuifaksi) yang perlu diperhatikan dalam pembangunan IKN.

Tabel 5. Potensi Bencana di Wilayah KAPET Sasamba (Pusat Lingkungan Geologi, 2006).

No	Satuan	Potensi bencana		
		Gerakan tanah (sudut lereng kritis (°))	Lempung mengembang	Likuifaksi
1	A	10-12,5	Tidak ada	Berpotensi
2	B	15-20	Sangat tinggi	Berpotensi
3	C	25-32,5	Rendah-sedang	Tidak ada
4	D	17,5-50	Sedang- sangat tinggi	Tidak ada

Dari penelitian lainnya, Zakaria dkk. (2007), menyatakan: umumnya jenis tanah lempung Samboja (daerah sekitar IKN) dapat diperkirakan sebagai lempung jenis Illitik, mempunyai sifat seperti Ilit dengan angka aktifitas 0,55-0,91 yang menunjukkan sedang sampai sedang-tinggi. Plastisitas pada umumnya tinggi.

Studi Literatur dilanjutkan dengan membahas metode PVD konvensional berbahan polimer dan penerapan metode PVD alami.

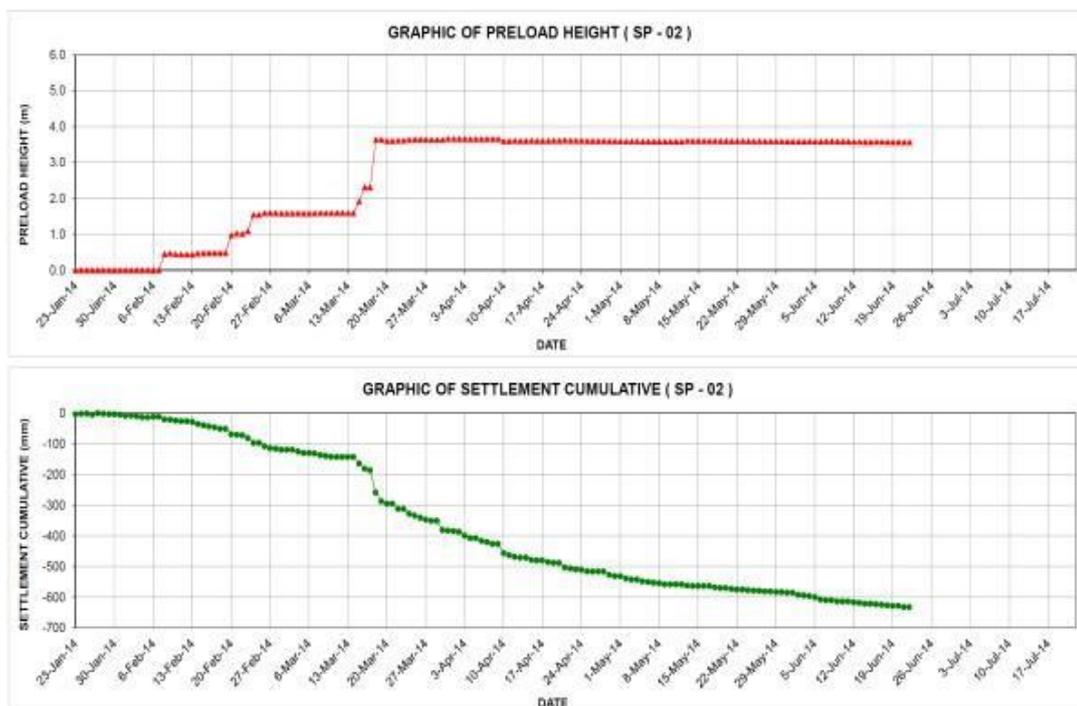
Teknik *preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) merupakan teknik perbaikan tanah yang paling banyak diaplikasikan di Indonesia. Dibandingkan dengan teknologi perbaikan tanah lainnya, maka keunggulan PVD memiliki beberapa keunggulan, yaitu:

- Proses pemasangannya, lebih cepat dan sederhana dibandingkan teknologi perbaikan tanah lainnya.
- Gangguan yang terjadi pada massa tanah di sekelilingnya (*smear zone*) lebih kecil.
- Memiliki daya saing ekonomis serta dapat dikombinasikan dengan teknologi perbaikan tanah lain.

Mengingat biaya yang relatif jauh lebih murah dibandingkan dengan teknik perbaikan tanah lainnya, bilamana waktu yang tersedia cukup memadai untuk menunggu waktu konsolidasi, teknik ini merupakan pilihan yang utama untuk mempercepat penurunan konsolidasi dan meningkatkan kuat geser *undrained* tanah lempung lunak (Tjie-Liong, 2015). Kuswanda (2016) menyatakan bahwa teknik ini sudah banyak diaplikasikan dan berhasil dalam menyelesaikan masalah tanah lunak pembangunan infrastruktur di Kalimantan (Gambar 5). Salah satu kasus suksesnya aplikasi teknik *preloading* dengan PVD yang berdekatan dengan IKN adalah pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Balikpapan Samarinda (Balsam) Paket 4. Kinerja penurunan tanah lempung lunak tampak pada Gambar 6.

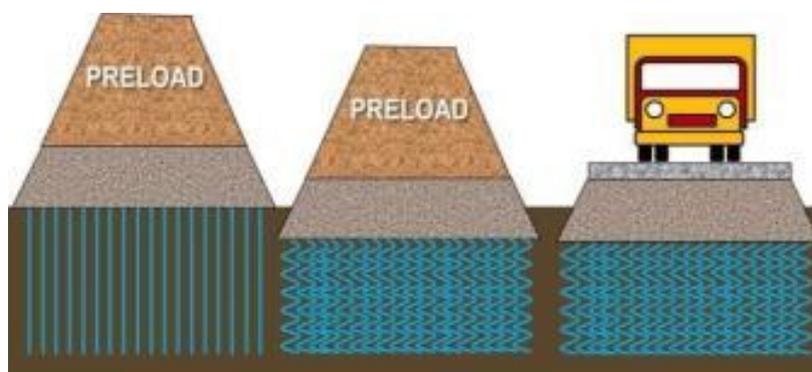
NO	NAMA PROYEK	LOKASI	TAHUN
1	Bendungan Manggar	Balikpapan	1999
2	Stadion Utama Palaran	Samarinda	2005
3	Pelabuhan Trisakti	Banjarmasin	2006
4	Stadion Madya Perjiwa	Tenggarong	2006
5	Pelabuhan Bagendang	Sampit	2008
6	Pelabuhan Trisakti	Banjarmasin	2008
7	Pelabuhan Palaran	Samarinda	2008
8	Bandara Samarinda Baru	Samarinda	2008
9	Depo Meratus	Banjarmasin	2010
10	Pelabuhan Bagendang	Sampit	2010
11	Bandara Juwata	Tarakan	2010
12	Pelabuhan Trisakti	Banjarmasin	2012
13	Pelabuhan Kariangau	Balikpapan	2012
14	Pabrik Kantong Semen Indonesia	Balikpapan	2013
15	Pabrik Pupuk PT. PKT	Bontang	2013
16	Perumahan Citraland City	Samarinda	2013
17	Bandara Samarinda Baru	Samarinda	2013
18	Jalan Balikpapan - Samarinda	Samarinda	2014
19	Bendungan Teritip	Balikpapan	2015
20	Pabrik Pupuk PT. PKT	Bontang	2015
21	Jalan Trisakti - Liangganggang	Banjarmasin	2016

Gambar 5. Daftar Pekerjaan dengan Penerapan PVD (Kuswanda, 2016).



Gambar 6. Kinerja Penurunan Tanah pada Proyek Jalan Tol Balsam (Kuswanda, 2016).

Metode *preloading* dengan PVD merupakan metode perbaikan tanah yang dilakukan dengan cara meletakkan beban (*preload*) pada tanah dasar sesuai dengan beban kerja (*work load*) dan beban konstruksi (*construction load*) yang direncanakan. Durasi pembebanan dilakukan sampai konsolidasi tanah dasar mencapai derajat konsolidasi yang direncanakan. Apabila derajat konsolidasi tanah dasar telah mencapai pada derajat yang direncanakan maka preload dibongkar dan konstruksi dimulai pelaksanaannya. Ilustrasi metoda *preloading* dengan penggunaan PVD ditunjukkan pada Gambar 7.



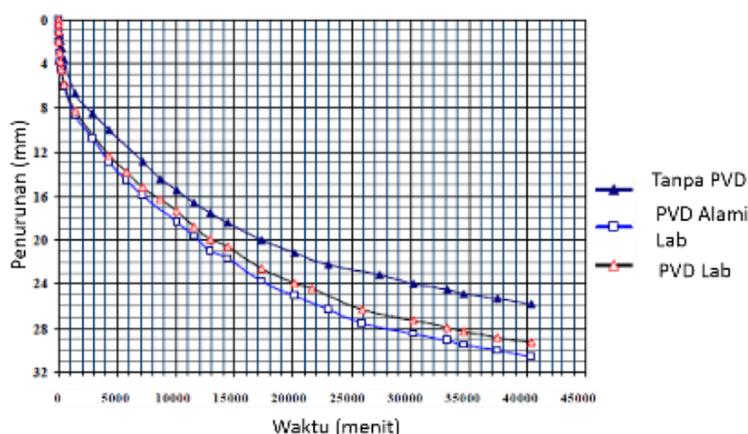
Gambar 7. Prinsip *Preloading* dengan PVD (Kuswanda, 2016).

Dalam penelitian ini, penulis turut mensosialisasikan alternatif solusi lain PVD non-konvensional yang berbahan alami (serat tanaman), dibandingkan dengan PVD konvensional yang berbahan plastik atau polimer (polipropilena atau poliester) (Gambar 8). Bentuk umum yang digunakan PVD berbahan alami adalah inti yang terbuat dari jalinan serabut kelapa berbentuk benang dan selimut filter yang terbuat dari anyaman serat jute (*jute sheath*). Gumilar (2019) menjelaskan bahwa PVD berbahan alami terbuat dari jute sebagai inti dan serabut kelapa yang bertindak sebagai filter yang berfungsi untuk mengalirkan air secara vertikal dalam arah radial. Selimut filter juga berfungsi sebagai pembatas fisik yang memisahkan inti PVD dari tanah berbutir halus di sekelilingnya, dan penyaring yang membatasi masuknya tanah dasar tersebut ke dalam inti PVD berbahan alami merupakan opsi sebagai pengganti PVD berbahan plastik.



Gambar 8. PVD Bahan Polimer (Kiri) dan Bahan Alami (Kanan) (John, 2016).

Teknologi PVD berbahan alami ini sudah diteliti dan diaplikasikan di berbagai negara antara lain Jepang, Korea, India dan Bangladesh. Di Bangladesh, Islam dan Khan, pada tahun 2009, melakukan penelitian untuk PVD berbahan alami di laboratorium. Hasilnya dapat dilihat di Gambar 9 yang menunjukkan bahwa PVD Alami memberikan penurunan tanah lebih cepat dari PVD bahan sintesis dan tanpa PVD.



Gambar 9. Hasil Percobaan PVD Skala Laboratorium (Islam dan Khan, 2009).

Nguyen dkk., pada tahun 2016, menjelaskan bahwa PVD berbahan alami yang diinvestigasi di laboratorium telah memberikan hasil baik dalam 4 aspek teknik yaitu: kapasitas mengalirkan, kuat tarik, analisis mikroskopik, dan biodegradasi sehingga dapat digunakan dengan metode pemasangan PVD berbahan polimer.

PVD berbahan alami ini sudah diaplikasikan pada beberapa proyek infrastruktur di Indonesia (Purwondho dan Burhanuddin, 2018). Pemasangan PVD berbahan alami ini terbukti dapat mencapai nilai konsolidasi diatas 90% dalam waktu 4-6 bulan dengan kedalaman penetrasi 15-30 m, tergantung pada ketebalan dari lapisan kompresibel.

Uji coba efektifitas PVD berbahan alami di lapangan dan simulasi menggunakan Program Plaxis 2D dilakukan oleh Gumilar tahun 2019 di Desa Wonorejo, Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah. Lokasi penelitian ini tepatnya berada di sebelah utara ruas jalan Lingkar Kaliwungu. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa nilai penurunan PVD berbahan alami dan plastik masing masing sebesar 24 cm dan 14 cm. Simulasi model dengan Plaxis 2D menunjukkan bahwa nilai penurunan PVD berbahan alami sebesar 21 cm, sedangkan untuk PVD berbahan plastik adalah 13 cm. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kapasitas aliran air PVD berbahan alami adalah 61,5% - 71,42% lebih besar dari PVD berbahan plastik.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil uji penyelidikan tanah di lapangan yang dilakukan oleh Pusat Lingkungan Geologi tahun 2006, maka sebelum memulai pembangunan IKN, lahan dengan potensi bersifat tanah lunak wajib diwaspadai. Dari data hasil uji sondir (Tabel 1) menunjukkan bahwa seluruh satuan tanah di daerah penyelidikan memungkinkan bersifat sangat lunak sampai kaku sedang, sesuai dengan klasifikasi Begemann (Tabel 6). Tabel 1, 2 dan 5 menunjukkan tanah yang merupakan hasil endapan sungai dan pantai adalah jenis tanah yang harus lebih diwaspadai karena menunjukkan nilai uji sondir yang lebih rendah, penurunan tanah paling tinggi, dan memiliki potensi likuifaksi. Tidak hanya potensi tanah lunak, namun lempung mengembang pun perlu diperhatikan seperti tampak pada tabel 5 yang menunjukkan hampir semua satuan memiliki potensi lempung mengembang, termasuk tanah yang merupakan pelapukan Formasi Balikpapan dan Formasi Kampungbaru yang juga merupakan tanah penyusun kawasan inti IKN.

Tabel 6. Hubungan antara Konsistensi dengan Tekanan Konus (Begemann, 1965)

No	Konsistensi	Tekanan Konus, Q_c (kg/cm ²)	<i>Undrained Cohesion</i> (T/m ²)
1	<i>Very soft</i>	<2,5	<1,25
2	<i>soft</i>	2,5-5	1,25-2,5
3	<i>Medium stiff</i>	5-10	2,5-5
4	<i>Stiff</i>	10-20	5-10
5	<i>Very stiff</i>	20-40	10-20
6	<i>Hard</i>	>40	>20

Teknik perbaikan tanah kombinasi *preloading* dengan PVD merupakan teknik yang terbukti dalam menstabilisasikan tanah di Kalimantan, termasuk Kalimantan Timur, sebagaimana teknik ini juga sudah digunakan dalam Pembangunan Jalan Tol Balsam Paket 4 Samarinda (Kuswanda, 2016) yang melewati wilayah Pengembangan IKN. Sehingga teknik ini merupakan teknik yang bisa diaplikasikan nantinya dalam pembangunan IKN.

Dalam aspek utama pembangunan IKN terdapat aspek ramah lingkungan dan berkelanjutan. Maka teknologi PVD dengan bahan alami perlu dipertimbangkan agar menjadi salah satu metode dalam pembangunan IKN karena: sudah lulus uji parameter fisik (Nguyen, 2016), sudah terbukti diterapkan di uji lapangan (Gumilar, 2019), waktu yang dibutuhkan dalam proses disintegrasi atau pengahancuran di dalam tanah yang relatif lebih cepat dibandingkan PVD berbahan plastik karena materialnya bersifat mudah terurai (*biodegradable*) dalam waktu kurang lebih satu tahun (sehingga sangat efektif diterapkan di wilayah perkotaan) (John, 2016), lokasi bekas pemasangan PVD dapat dikeruk kembali dan difungsikan untuk konstruksi bangunan lainnya, dan sampai saat ini pengadaan PVD berbahan plastik sebagian besar masih diimpor dari mancanegara, selain biaya yang harus dikeluarkan cukup tinggi (sangat mahal) dan juga jaminan ketersediaannya tidak dapat dipastikan.

Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan dan analisis data dari beberapa peneliti terdahulu maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari investigasi geoteknik lapangan, laboratorium dan studi kasus terhambatnya pembangunan Jalan Tol Balsam, diketahui adanya potensi keberadaan tanah problematik yang bersifat lunak dan wajib diwaspadai di sekitar lokasi pembangunan Ibu Kota Negara Indonesia, Kalimantan Timur.
2. Teknik perbaikan tanah *preloading* dan PVD telah digunakan sebagai solusi masalah tanah lunak pada beberapa pembangunan infrastruktur di Kalimantan. Teknik ini dapat dimodifikasi dengan mengubah material bahan PVD konvensional (polimer) dengan bahan organik (serabut dan serat tumbuhan) yang dapat terurai sehingga mendukung visi pembangunan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.
3. Kinerja PVD berbahan alami bahkan terbukti lebih efektif dan efisien, ditunjukkan dari hasil uji coba laboratorium dan lapangan penelitian terdahulu.

Berdasarkan hasil studi, disarankan agar: survey dan pemetaan lebih detail untuk keberadaan dan potensi ancaman tanah lunak di Kawasan inti dan pengembangan IKN. Studi mengenai penggunaan PVD berbahan alami dan pengujian di lapangan harus terus dilakukan. Terutama uji lapangan di daerah Kalimantan Timur, sehingga teknologi ini kelak dapat digunakan dalam pembangunan IKN. Alternatif penggunaan PVD bahan alami perlu lebih disosialisasikan kepada seluruh pihak: pemilik proyek, penyedia jasa dan pembuat kebijakan sehingga menjadi pilihan utama dalam penyelesaian masalah tanah lunak dan mendapatkan dukungan dalam pelaksanaan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin berterima kasih kepada keluarga, pimpinan, mentor, pembimbing, seluruh Pegawai Pusjatan dan Bina Marga yang memberikan kontribusi positif selama proses penulisan.

Daftar Pustaka

- Badan Geologi. (2006). "Laporan Tahunan Pusat Lingkungan Geologi". Laporan Tahunan. Bandung.
- Begemann, HKSPH. (1965). "The Maximum Pulling Force on a Single Tension Pile Calculated on the Basis of Results of The Adhesion Jacket Cone". Proceedings of the 6th international conference on soil mechanics and foundation engineering, Montreal 2, pp. 229.
- Gumilar, Reza Pratama. (2019). "Kajian Efektifitas Kapasitas Pengaliran Air Antara Pvd Berbahan Plastik Dengan PVD Berbahan Alami (Uji Skala Penuh Di Lapangan)". Tugas Akhir. Institut Teknologi Nasional. Bandung.
- Hidayat,S., & Umar,I. (1994). "Peta Geologi Lembar Balikpapan, Kalimantan". Pusat Survey Geologi. Bandung.

- Islam, M. W., dan Khan A. J., (2009). "Performance Of A Prefabricated Vertical Jute Drain In A Remolded Soft Soil". Proceeding of Bangladesh Geotechnical Conference. Bangladesh.
- John, J. dan Thomas, U. J., (2016). "Improvement of Coir Reinforced Clay Soil by Natural and Synthetic Prefabricated Vertical Drains". International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 5 Issue 03.
- Kuswanda, Wahyu P. (2016). "Perbaikan Tanah Lempung Lunak Metoda *Preloading* Pada Pembangunan Infrastruktur Transportasi Di Pulau Kalimantan". Prosiding Seminar Nasional Geoteknik
- Nguyen T. T., Indraratna B. dan Rujikiatkamjorn C. (2016). "Natural Prefabricated Vertical Drainsstructure And Geo-Hydraulic Properties". Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development - Geotec Hanoi pp. 651-658.
- Purwondho, R. dan Burhanuddin. (2018). "Development of Drains made of Natural Fibers for Accelerate Consolidation in Soft Soil". International Journal of Environmental Research & Clean Energy, Vol. 9 No. 1.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi. (2002). "Panduan Geoteknik 1, Proses Pembentukan dan Sifat-Sifat Dasar Tanah Lunak". Pedoman Kimpraswil No: Pt T-8-2002-B, Bandung.
- Supriatna S., Sukasrudi, dan Rustandi E. (1995). "Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan". Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Tjie-Liong, Gouw. (2015). "Seberapa Besar Pengaruh Efek Gangguan dan Hambatan Alir pada Prefabricated Vertikal Drain?". 10th Indonesian Geotechnical Conference and 19th Annual Scientific Meeting, Jakarta.
- Zakaria, Z., Dipatunggoro, G., Haryanto, E. T., (2007). "Karakteristik tanah lempung lapukan Formasi Balikpapan di Samboja, Kalimantan Timur". Bulletin of Scientific Contribution, Vol. 5, No. 3.