

DAFTAR ISI

Identifikasi struktur geologi pada zona sesar di daerah Kalibening kabupaten Banjarnegara menggunakan metode gravitasi (Fatkhiyatul Maghfiroh, Sehad*, Sugito).....	1
Rancang bangun sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT) sebagai upaya pencegahan tindak pencurian.....	13
(Ahmad Rifqi Maulana, Abdul Hakim Prima Yuniarto*).....	13
Analisis gugus fungsi nanopartikel magnetite Fe_3O_4 yang disintesis hijau menggunakan ekstrak <i>moringa oleifera</i> (Fazri Firdaus, Rizqi A'mal Hibatullah Tabrani, Asep Saefullah, Ganesha Antarnusa*).....	19
Rancang bangun dan implementasi <i>Internet of Things</i> pada sistem monitoring transformator menggunakan aplikasi Blynk (Yulia Rahmawati*, Hartono, R. Farzand Abdullatif)	25
Rancang bangun <i>smart door double lock</i> menggunakan sensor RFID dan piezoelektrik dengan <i>home security detector</i> berbasis IoT (Ningrum Ayu Cahyani, Hartono, Umi Pratiwi)	31

Identifikasi struktur geologi pada zona sesar di daerah Kalibening kabupaten Banjarnegara menggunakan metode gravitasi

Fatkhiyatul Maghfiroh, Sehad*, Sugito

Program Studi Fisika, Fakultas FMIPA, Universitas Jenderal Soedirman
Jalan Dr. Suparno No.61 Karangwangkal Purwokerto Jawa Tengah Indonesia
*email: sehad@unsoed.ac.id

Abstrak - Penelitian menggunakan metode gravitasi telah dilakukan di daerah Kalibening Kabupaten Banjarnegara. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan dan jenis sesar serta perlapisan batuan bawah permukaan daerah penelitian berdasarkan data anomali gravitasi. Penelitian menggunakan analisis First Horizontal Derivative (FHD) dan Second Vertical Derivative (SVD) untuk mengetahui keberadaan dan jenis sesar. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh melalui Peta Anomali Bouguer yang diterbitkan oleh Pusat Sumberdaya Geologi Bandung. Jumlah data yang digunakan pada penelitian sebanyak 540 data dengan resolusi spasial kira-kira 1 km dan luas daerah 26 km × 19 km. Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi reduksi data ke bidang datar, pemisahan data anomali regional dan residual, serta analisis FHD dan SVD untuk mengetahui keberadaan sesar dan jenisnya. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa di daerah Kalibening terdapat sebuah sesar dengan kategori sesar rotasi yang memiliki orientasi barat laut-tenggara dengan kemiringan 10°. Sedangkan hasil pemodelan dua dimensi memperlihatkan bahwa daerah Kalibening tersusun atas tujuh formasi batuan yaitu Formasi Gunungapi Jambangan (Qj) dengan nilai densitas 2,59-2,69 g/cm³, Formasi Ligung (QTlb) dengan nilai densitas 2,60-2,75 g/cm³, Formasi Halang (Tmph) dengan nilai densitas 2,66-2,79 g/cm³, Formasi Rambatan (Tmr) dengan nilai densitas 2,70-2,85 g/cm³, Anggota Sigugur Formasi Rambatan (Tmrs) dengan nilai densitas 2,67-2,85 g/cm³, Formasi Totogan (Tomt) dengan nilai densitas 2,82-2,88 g/cm³, dan batuan intrusi (Tm) dengan nilai densitas 2,83-2,90 g/cm³.

Kata kunci: Struktur geologi, zona sesar, FHD dan SVD, Kalibening, metode gravitasi

Abstract – Research using the gravity method was carried out in the Kalibening area, Banjarnegara Regency. This research aims to identify the existence and type of faults as well as the subsurface geological structure of the research area based on gravity anomaly data. The research uses First Horizontal Derivative (FHD) and Second Vertical Derivative (SVD) analysis to determine the existence and type of faults. The data used is secondary data obtained through the Bouguer Anomaly Map published by the Bandung Geological Resources Center. The amount of data used in the research was 540 data with an area of 26 km × 19 km. The research stages carried out include reducing data to a flat plane, separating regional and residual anomaly data, as well as FHD and SVD analysis to determine the presence of faults and their types. The research results indicate that in the Kalibening area there is a fault with a rotational fault category which has a northwest-southeast orientation with a slope of 10°. Meanwhile, the results of two dimensional modeling show that the Kalibening area is composed of seven rock formations, namely the Jambangan Volcano Formation (Qj) with a density value of 2.59–2.69 g/cm³, the Ligung Formation (QTlb) with a density value of 2.60–2.75 g/cm³, Halang Formation (Tmph) with a density value of 2.66–2.79 g/cm³, Rawat Formation (Tmr) with a density value of 2.70 – 2.85 g/cm³, Sigugur Member of the Rangkat Formation (Tmrs) with density value 2.67–2.85 g/cm³, Totogan Formation (Tomt) with a density value of 2.82–2.88 g/cm³, and intrusive igneous rock (Tm) with a density value of 2.83–2.90 g/cm³.

Key words: Geological structure, fault zones, FHD and SVD, Kalibening, gravity methods

PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar dunia meliputi Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik [1]. Lempeng tersebut bergerak aktif dan saling berinteraksi satu sama lain sehingga mengakibatkan gempa bumi, pembentukan rantai

gunungapi, pegunungan dan dataran tinggi. Oleh sebab itu secara geologi Indonesia menjadi salah satu wilayah yang memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terjadinya gempa bumi. Gempa bumi dapat disebabkan dari pergerakan kerak bumi atau lempeng bumi. Selain itu gempa bumi juga bisa disebabkan dari letusan gunungapi dan aktivitas sesar di darat. Bencana gempa bumi

belum dapat diperhitungkan dan diperkirakan secara akurat kapan terjadinya. Mengingat gempabumi bisa mengakibatkan kerugian yang besar, maka perlu diteliti daerah yang memiliki sesar aktif yang berpotensi menyebabkan gempabumi. Hal ini dilakukan untuk mengurangi resiko bahaya gempabumi agar dampak negatif yang timbul seperti korban jiwa, kerugian ekonomi, dan sumberdaya lainnya dapat diminimalkan [2].

Daerah Kalibening Kabupaten Banjarnegara Jawa Tengah merupakan wilayah yang dilalui banyak sesar. Sesar tersebut dapat mengakibatkan bencana alam tanah longsor dan gempa bumi. Salah satunya adalah sesar mendatar tipe dekstral yang mengakibatkan bencana tanah longsor di kawasan Kalibening [3]. Daerah Kalibening merupakan bagian dari Pegunungan Serayu Utara dimana lapisan wilayahnya tidak stabil akibat topografi bergelombang, mudah longsor, curam dan memiliki berbagai jenis batuan serta struktur geologi yang kompleks [4]. Selain terdapat sesar mendatar, pada daerah Kalibening juga terdapat sesar naik (*reverse fault*) yang berada di daerah timur Kalibening dan sesar turun (*normal fault*) yang berada di daerah tengah hingga timur Kalibening [4].

Secara geologis, daerah Kalibening tersusun atas batuan berumur Pleistosen - Pliosen [5], dimana dari stratigrafinya batuan tersebut terpotong oleh struktur sesar. Sesar tersebut diperkirakan termasuk sesar aktif mengingat banyak kejadian gempabumi dengan episenter di daerah tersebut [3]. Sebagian besar daerah ini tersusun atas Formasi Batuan Gunungapi Jambangan berbentuk batuan lava andesit dan batuan klastik gunungapi berupa aliran lava, breksi aliran dan piroklastik yang berumur Pliosen. Selain Gunungapi Jambangan, terdapat pula anggota breksi dari Formasi Ligung berumur Pliosen hingga Plestosen, endapan danau dan *alluvium* yang berumur Holosen, serta Formasi Rambatan berumur Miosen Tengah [5].

Bentukan struktur sesar dapat diidentifikasi dengan metode gravitasi. Metode gravitasi merupakan cara yang tepat untuk mengidentifikasi struktur patahan yang tampak pada sesar di daerah Kalibening. Metode ini merupakan salah satu metode Geofisika yang dapat dimanfaatkan untuk menggambarkan keadaan bawah permukaan bumi berdasarkan variasi medan gravitasi yang diakibatkan perbedaan densitas batuan bawah permukaan

[6]. Parameter fisis yang diukur adalah perbedaan nilai medan gravitasi terukur di suatu titik observasi terhadap medan gravitasi teoritis. Struktur bawah permukaan termasuk sesar dapat diidentifikasi berdasarkan variasi nilai densitas batuan bawah permukaan [7]. Penggunaan metode gravitasi, karena metode ini mampu digunakan untuk mendeteksi nilai kontras atau perbedaan densitas batuan atau struktur geologi bawah permukaan secara teliti.

Penggunaan metode gravitasi dalam penelitian didukung oleh analisis derivatif untuk mengetahui lokasi dan arah sesar serta jenisnya. Metode derivatif yang digunakan adalah *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) [8]. FHD bisa digunakan untuk mengidentifikasi batas struktur geologi bawah permukaan atau batas kontak litologi (sesar) berdasarkan peta anomali gravitasi. Sedangkan SVD bisa digunakan untuk mengetahui jenis-jenis sesar. Analisis tersebut diharapkan dapat membantu memodelkan struktur geologi berdasarkan data anomali Bouguer yang diakibatkan adanya sesar turun, sesar naik, maupun sesar geser di daerah penelitian. Oleh sebab itu analisis derivatif (FHD dan SVD) ini dapat dimanfaatkan untuk mendukung tercapainya tujuan penelitian yaitu mengidentifikasi keberadaan dan jenis sesar, serta perlapisan batuan bawah permukaan daerah penelitian berdasarkan data anomali gravitasi.

LANDASAN TEORI

A. Metode Gravitasi

Konsep dasar metode gravitasi yang mendasari eksplorasi geofisika adalah hukum Newton tentang gaya tarik-menarik antara dua titik massa. Gaya tarik-menarik (F) antara dua titik massa (m_1, m_2) tersebut sebanding dengan massa keduanya serta berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya (r) yang dapat dinyatakan dengan persamaan [9]:

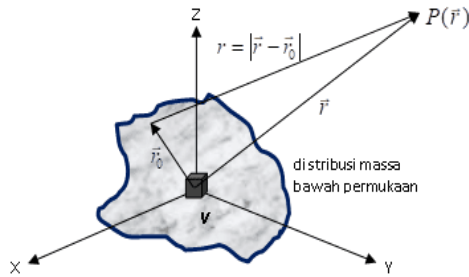
$$\vec{F}(\vec{r}) = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r} \quad (1)$$

G adalah konstanta gravitasi universal ($6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$). Telford *et.al.* [9] telah menjabarkan hukum Newton seperti persamaan (1) untuk memperoleh potensial gravitasi di suatu titik P di luar volume V seperti ditunjukkan pada **Gambar 1** yang dapat dinyatakan dengan persamaan [9]:

$$U_P(\vec{r}) = - \int_V \frac{G}{|\vec{r} - \vec{r}_0|} dm = -G \int_V \frac{\rho(\vec{r}_0)}{|\vec{r} - \vec{r}_0|^2} d^3\vec{r}_0 \quad (2)$$

di mana

$$|\vec{r} - \vec{r}_0|^2 = \sqrt{r^2 + r_0^2 - 2r r_0 \cos \gamma}$$



Gambar 1. Potensial gravitasi di titik P pada permukaan bumi akibat distribusi massa yang kontinu di bawah permukaan [9].

Jika integral volume Persamaan (2) diterapkan untuk seluruh bumi, maka dapat diperoleh potensial gravitasi di permukaan bumi. Sedangkan kuat medan gravitasi diperoleh dengan cara mendiferensialkan potensial gravitasi hingga diperoleh suatu persamaan [9]:

$$\vec{E}(\vec{r}) = |-\nabla U_P(\vec{r})| \quad (3)$$

Nilai medan gravitasi bumi (E) pada persamaan (3) sering disebut sebagai percepatan gravitasi bumi (g). Berdasarkan hasil substitusi persamaan (2) ke dalam persamaan (3), nilai percepatan gravitasi bumi dapat dinyatakan sebagai [9]:

$$g(\vec{r}) = |-\vec{E}(\vec{r})| = |\nabla U_P(\vec{r})| \quad (4)$$

$$g(\vec{r}) = -G \int_V \frac{\rho(\vec{r}_0)(z_0 - z) d^3\vec{r}_0}{\left[(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2 \right]^{3/2}} \quad (5)$$

Persamaan (5) menunjukkan bahwa nilai medan gravitasi di permukaan bumi bervariasi. Variasi medan gravitasi bumi ini dipengaruhi oleh posisi bujur, lintang, elevasi, dan distribusi massa bawah permukaan. Distribusi massa batuan dinyatakan sebagai densitas batuan (g/cm^3), yang merupakan parameter utama dalam survei gravitasi [9].

B. Analisis Derivative

First Horizontal Derivative (FHD) atau turunan mendatar pertama mempunyai istilah lain *horizontal gradient*. FHD merupakan analisis

derivative yang dapat diterapkan untuk menggambarkan batas-batas suatu struktur bawah permukaan pada kontur anomali gravitasi. FHD dari anomali gravitasi yang berasal dari suatu *body* batuan, cenderung menunjukkan batas-batas *body* tersebut. Prinsip yang digunakan analisis ini adalah menghitung turunan mendatar pertama terhadap data anomali gravitasi, sehingga teknik FHD ini dapat digunakan dalam menentukan lokasi batas kontak litologi untuk kontras densitas horizontal dari data anomali gravitasi. Secara visual nilai turunannya memperlihatkan perubahan nilai anomali gravitasi secara lateral dan mempunyai puncak maksimum serta minimum pada kontak benda anomalnya [10]. Secara matematis nilai FHD dapat dihitung melalui persamaan (1):

$$f(x, y) = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2} \quad (6)$$

dengan g adalah nilai anomali (mgal).

Second Vertical Derivative (SVD) merupakan suatu teknik analisis *derivative* yang digunakan untuk mengetahui jenis sesar. Metode ini menentukan jenis sesar dengan bantuan peta geologi regional daerah penelitian, yaitu dengan cara *slicing* secara tegak lurus terhadap arah sesar yang terlihat pada peta geologi. Metode SVD dikembangkan oleh Elkins [11] untuk menentukan nilai medan gravitasi di permukaan bumi dengan asumsi bidang horizontal dari tanah adalah saat kedalaman $z=0$ [11]. *Second Vertical Derivative* (SVD) bersifat sebagai filter tapis tinggi (*high pass filter*), sehingga dapat digunakan untuk menggambarkan anomali residual yang berasosiasi dengan struktur dangkal, termasuk untuk mengidentifikasi jenis sesar turun atau naik [8]. Perhitungan nilai SVD dapat diturunkan dari persamaan Laplace untuk anomali gravitasi di permukaan bumi dengan persamaan:

$$\nabla^2 \Delta g = 0 \quad (7)$$

Persamaan (7) dijabarkan lebih lanjut sehingga diperoleh:

$$\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} = - \left[\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial y^2} \right] \quad (8)$$

Ketika metode SVD digunakan sebagai data penampang (1D) maka persamaan yang digunakan dapat dituliskan [10]:

$$\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial z^2} = - \left[\frac{\partial^2(\Delta g)}{\partial x^2} \right] \quad (9)$$

Anomali medan gravitasi dapat diturunkan terhadap beberapa arah, namun turunan terhadap arah vertikal (sumbu- z) lebih sering digunakan seperti terlihat pada persamaan (9). Terkait penentuan jenis sesar, metode SVD dapat diterapkan untuk mengidentifikasi jenis sesar naik, turun, atau geser. Kriteria penentuan jenis sesar dengan metode SVD dapat dijelaskan sebagai berikut [11]:

$$\left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{min} < \left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{max} \quad \text{Sesar turun} \quad (10)$$

$$\left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{min} > \left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{max} \quad \text{Sesar naik} \quad (11)$$

$$\left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{min} = \left| \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \right|_{max} \quad \text{Sesar geser} \quad (12)$$

METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 8 bulan yaitu Maret -Oktober 2022 dengan data yang diekstrak dari peta Anomali Bouguer Lengkap (ABL) yang diterbitkan oleh Pusat Survei Geologi (PSG) Bandung tahun 1984. Data yang digunakan adalah data ABL Lembar Banjarnegara dan Pekalongan yang meliputi Kecamatan Kalibening, Kecamatan Wanayasa, dan sebagian Kecamatan Batur. Sedangkan kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika, Instrumentasi dan Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA), Universitas Jenderal Soedirman. Secara geografis daerah penelitian dibatasi oleh koordinat $7^{\circ}5'0''$ - $7^{\circ}15'24.99''$ LS dan $109^{\circ}30'0''$ - $109^{\circ}44'9.99''$ BT seperti **Gambar 2**.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian (sumber: Google Earth).

B. Peralatan dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian meliputi laptop yang dilengkapi perangkat lunak seperti aplikasi Microsoft Excel 2019 dan Fortran 77 untuk pengolahan data, Surfer 17 untuk membuat peta kontur topografi dan data ABL daerah penelitian, serta Oasis Montaj untuk pemodelan 2D. Adapun bahan penelitian adalah data anomali gravitasi yang diperoleh dari peta Anomali Bouguer Lengkap yang diterbitkan Pusat Survei Geologi Bandung sejumlah 540 titik data dengan luas wilayah $26 \text{ km} \times 19 \text{ km}$ dan resolusi spasial sebesar 1 km.

C. Prosedur Penelitian

Data Anomali Bouguer Lengkap (ABL) diperoleh secara langsung melalui proses ekstrak data (digitasi) terhadap peta Anomali Bouguer Lengkap yang diterbitkan Pusat Survei Geologi (PSG) Bandung. Data ABL yang diperoleh masih tersebar di permukaan topografi, yang secara matematis dapat dituliskan $\Delta g(\lambda, \vartheta, h)$. Untuk keperluan pengolahan data pada tahap berikutnya, data ABL harus direduksi ke bidang datar. Metode yang digunakan untuk mereduksi data ABL adalah pendekatan Deret Taylor dengan persamaan [10]:

$$\Delta g(\lambda, \vartheta, h_0)^{[i+1]} = \Delta g(\lambda, \vartheta, h) - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(h - h_0)^n}{n!} \frac{\partial^n}{\partial h^n} \Delta g(\lambda, \vartheta, h_0)^{[i]} \quad (13)$$

Berdasarkan persamaan (13), $\Delta g(\lambda, \vartheta, h_0)$ yang terdistribusi di bidang datar dapat diestimasi melalui pendekatan, yaitu nilai $\Delta g(\lambda, \vartheta, h_0)$ yang diperoleh pada proses iterasi ke- i digunakan

untuk mengestimasi nilai $\Delta g(\lambda, \vartheta, h_0)$ untuk iterasi ke $(i+1)$, demikian seterusnya. Proses iterasi ini dilakukan secukupnya, sedemikian hingga nilai $\Delta g(\lambda, \vartheta, h_0)$ yang diperoleh ini telah menunjukkan konvergen [10].

Data $\Delta g(\lambda, \vartheta, h_0)$ yang diperoleh dari persamaan (13) belum bersih dari efek anomali regional. Oleh sebab itu data tersebut tersebut harus dibersihkan dari efek anomali regional, sebab target penelitian adalah sumber anomali yang bersifat lokal. Data anomali regional dapat diperoleh melalui pengangkatan (*upward continuation*) hingga ketinggian tertentu. Proses ini berfungsi sebagai filter tapis rendah (*low pass filter*), dimana data anomali diangkat sedemikian hingga perubahan *closure* anomali menunjukkan pola yang sangat halus dengan interval nilai yang sangat kecil. Persamaan *upward continuation* bisa dituliskan sebagai [10]:

$$\Delta g(\lambda, \vartheta, h_0 - \Delta h) = \frac{\Delta h}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Delta g(\lambda', \vartheta', h_0)}{\sqrt{[(\lambda - \lambda')^2 + (\vartheta - \vartheta')^2 + \Delta h^2]^3}} d\lambda' d\vartheta' \quad (14)$$

Data yang diperoleh, selanjutnya dikoreksikan terhadap data $\Delta g(\lambda, \vartheta, h_0)$ dari persamaan (13), sehingga diperoleh data ABL residual dengan persamaan [12]:

$$\Delta g_{res}(\lambda, \vartheta, h_0) = \Delta g(\lambda, \vartheta, h_0) - \Delta g(\lambda, \vartheta, h_0 - \Delta h) \quad (15)$$

Setelah didapatkan data anomali residual dan data anomali regional dari proses pengangkatan ke atas, maka selanjutnya dilakukan analisis *derivative* untuk mengidentifikasi lokasi sebaran sesar di daerah penelitian dan jenis-jenisnya.

Dengan demikian analisis *derivative* ini berperan untuk memudahkan proses pemodelan data ABL residual dalam penelitian ini. Analisis *derivative* yang digunakan pada penelitian ini adalah *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD). Perhitungan SVD dilakukan berdasarkan prinsip dasar dan teknik perhitungan yang telah dijelaskan oleh Henderson dan Zietz, Elkins, dan Rosenbach [11][13]. Pembuatan kontur SVD dapat dilakukan pada aplikasi Surfer 17 dengan filter matriks Rosenbach. Umumnya filter matriks Rosenbach memiliki resolusi yang relatif lebih baik daripada filter matriks lainnya [14].

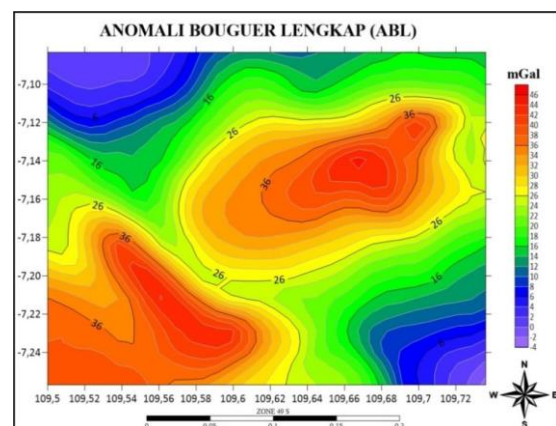
Data ABL residual merupakan data anomali gravitasi lokal yang telah bersih dari berbagai efek sumber anomali lain yang tidak menjadi

target dalam penelitian dan diasumsikan hanya berasosiasi dengan sumber anomali lokal yang menjadi target penelitian. Data ABL residual yang diperoleh dapat langsung dimodelkan. Pada penelitian ini, data ABL akan dimodelkan secara 2D untuk menggambarkan struktur geologi pada zona sesar daerah Kalibening Kabupaten Banjarnegara. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan bisa menjadi sumber informasi bagi masyarakat sekitar dan instansi terkait seperti Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Banjarnegara sebagai upaya pra-mitigasi bencana alam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Anomali Bouguer Lengkap (ABL)

Pengaksesan data ABL telah dilakukan pada peta Anomali Bouguer Lengkap Lembar Pekalongan dan Banjarnegara dari Pusat Survei Geologi (PSG) Bandung menggunakan teknik digitasi manual. Berdasarkan hasil digitasi, didapatkan data yang terdiri atas posisi lintang, bujur, dan ABL yang dibatasi oleh posisi koordinat geografis seperti dituliskan pada bagian Lokasi dan Waktu Penelitian. Peta kontur ABL hasil digitasi ditunjukkan pada **Gambar 3**. Adanya kontras anomali diduga terdapat perubahan litologi dan indikasi keberadaan struktur sesar. Nilai anomali tinggi diperkirakan akibat pengaruh dari batuan yang memiliki nilai densitas yang tinggi, demikian pula sebaliknya.



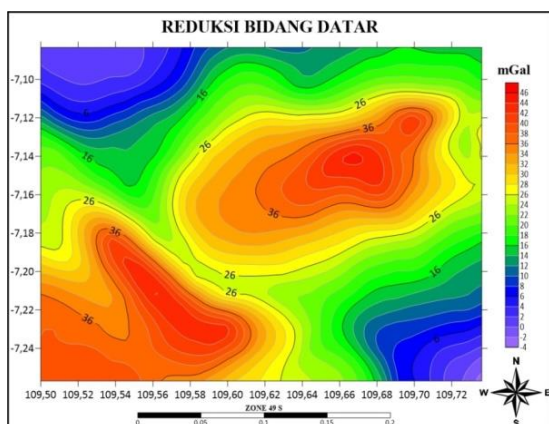
Gambar 3. Peta kontur ABL daerah penelitian.

B. Hasil Pengolahan Data

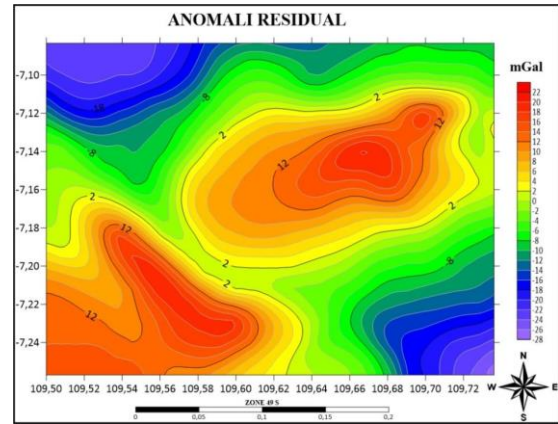
Data ABL masih terdistribusi di permukaan topografi yang memiliki elevasi bervariasi. Reduksi bidang datar dilakukan untuk membawa data ABL pada ketinggian sama. Proses ini

dilakukan untuk meminimalkan distorsi akibat elevasi yang bervariasi dan merupakan syarat pengolahan data pada tahap berikutnya [15]. Reduksi data ke bidang datar menggunakan pendekatan Deret Taylor dilakukan dengan bantuan *software* Fortran 77. Peta kontur ABL pada bidang datar dapat dilihat pada **Gambar 4**. Ketinggian yang digunakan adalah elevasi rata-rata daerah penelitian yaitu 868,287 m. Pola persebaran anomali pada kontur ABL di bidang datar tidak jauh berbeda dengan peta kontur ABL, namun peta kontur ABL di bidang datar relatif lebih halus dan merata dibandingkan peta kontur ABL pada topografi.

Data ABL merupakan hasil dari superposisi antara anomali regional dan anomali residual [16]. Kedua anomali tersebut saling bersuperposisi dan menimbulkan anomali yang saling tumpang tindih. Oleh karena itu data yang telah direduksi ke bidang datar perlu dipisahkan dengan menggunakan metode pengangkatan ke atas (*upward continuation*). Pengangkatan ke atas merupakan langkah perubahan data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan di atasnya [17]. Hasil pengangkatan ke atas hingga ketinggian tertentu adalah anomali regional, sedangkan ABL residual diperoleh dengan menghitung selisih antara data ABL di bidang datar terhadap data anomali regional. Pada penelitian ini ketinggian yang digunakan untuk memperoleh data anomali gravitasi regional adalah 18.000 m. Peta kontur ABL residual ditunjukkan pada **Gambar 5**. Peta kontur ABL residual memiliki rentang nilai -28 – 22 mGal. Pola anomali positif dan negatif merupakan salah satu indikasi adanya struktur patahan [18].



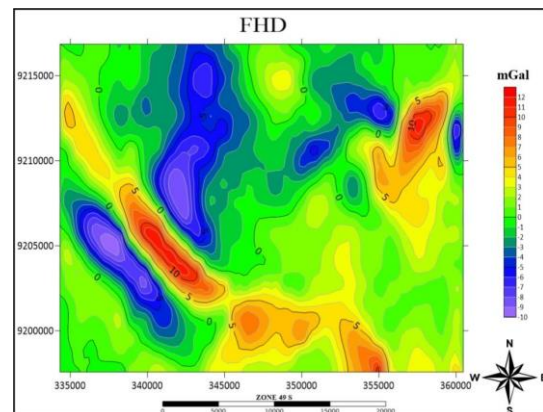
Gambar 4. Peta kontur ABL di bidang datar.



Gambar 5. Peta kontur ABL residual daerah penelitian.

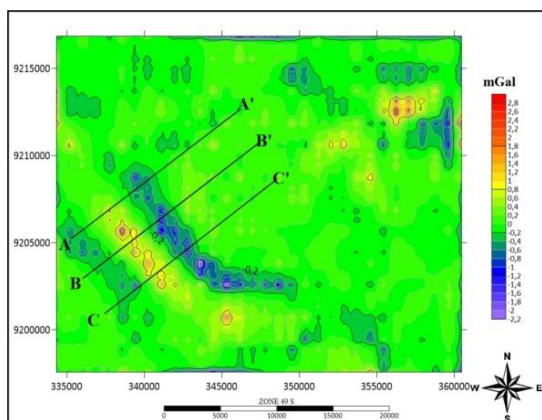
C. Hasil Analisis Derivative

Analisis FHD telah dilakukan terhadap peta kontur ABL residual untuk mengidentifikasi keberadaan struktur patahan atau sesar dengan melakukan sayatan pada peta kontur ABL residual. Hasil analisis FHD berupa grafik atau kurva untuk mempermudah identifikasi daerah penelitian yang memiliki nilai gradien maksimum. Prinsip analisis FHD terkait adanya indikasi patahan dapat dilihat dari nilai maksimum (puncak) atau minimum [10]. Peta kontur hasil FHD dapat dilihat pada **Gambar 6**. Berdasarkan peta kontur FHD dapat ditunjukkan bahwa nilai minimum FHD adalah -10 mGal, sedangkan nilai maksimumnya adalah 12 mGal. Data sayatan pada peta FHD akan digunakan untuk interpretasi batas dari keberadaan sesar berdasarkan variasi lateral ABL residual. Batas keberadaan sesar dapat dilihat dari nilai maksimum FHD. Perubahan pada nilai FHD dari maksimum ke nilai minimum dan sebaliknya, menunjukkan batas kontak litologi secara lateral [19].



Gambar 6. Peta kontur FHD data ABL residual daerah penelitian.

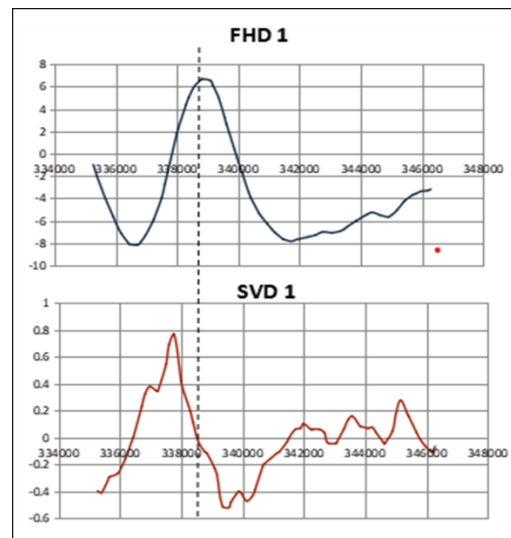
Pada penelitian ini peta kontur SVD dari data ABL residual dihasilkan menggunakan filter Rosenbach pada Surfer 17. Peta kontur SVD ditunjukkan pada **Gambar 7**. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat nilai SVD memiliki rentang sebesar $-2,2 - 2,8$ mGal. Perubahan nilai SVD dari tinggi ke rendah atau sebaliknya menunjukkan adanya batas perbedaan densitas batuan bawah permukaan secara lateral yang disebabkan dari perbedaan litologi bawah permukaan (berupa sesar). Dugaan keberadaan sesar menurut peta kontur SVD ini terdapat pada bagian kiri peta kontur. Namun ada beberapa sesar yang tidak memiliki kecocokan dengan peta geologi. Hal ini diestimasi akibat kompleksnya struktur geologi serta pendekatan yang berbeda dengan hasil perhitungan SVD. Struktur sesar dapat diidentifikasi dengan menganalisis hubungan grafis analisis FHD dan SVD. Bidang kontak litologi sesar berada pada kurva FHD dengan nilai minimum atau maksimum yang berada pada kurva SVD, sehingga dapat diperkirakan batas-batas terjadinya perubahan nilai anomali [20]. Sedangkan untuk mengidentifikasi jenis sesar dapat dihitung melalui persamaan (10), (11), dan (12).



Gambar 7. Peta kontur anomali gravitasi regional daerah penelitian.

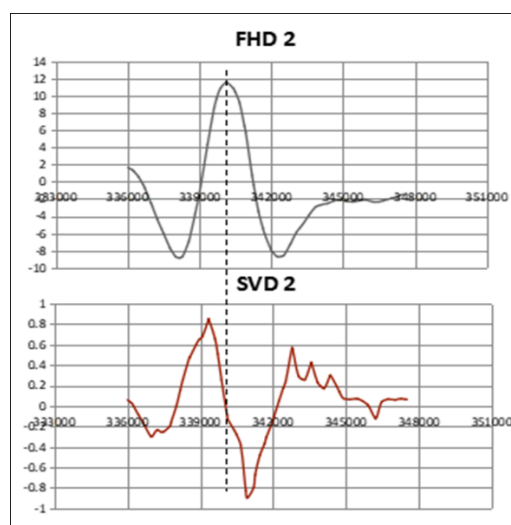
Pendugaan adanya sistem sesar dapat dilihat berdasarkan grafik hubungan nilai maksimum pada grafik FHD dengan nilai absolut nol pada grafik SVD yang dihubungkan dengan garis putus-putus. Hasil analisis kurva FHD dan SVD pada lintasan A-A' memperlihatkan bahwa jenis sesar merupakan sesar turun. Hal ini didasarkan atas nilai SVD maksimum lebih besar daripada nilai SVD minimum. Sesar ini memiliki arah relatif dari barat laut ke tenggara [5]. Grafik yang berisi hubungan kurva FHD dan kurva

SVD di sepanjang lintasan A-A' yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis sesar bisa dilihat pada **Gambar 8**.



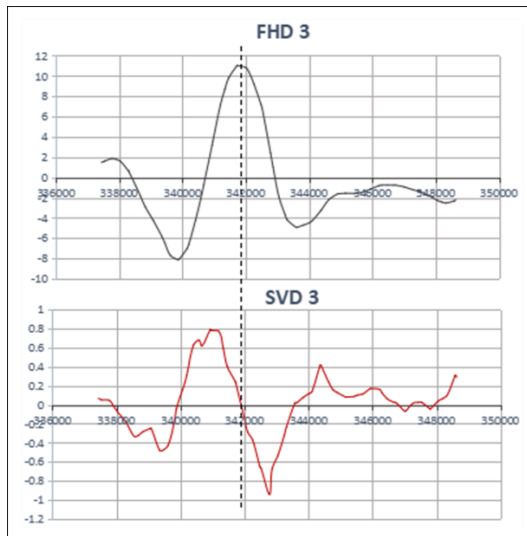
Gambar 8. Grafik analisis kurva FHD dan kurva SVD pada lintasan A-A'.

Hasil analisis terhadap kurva FHD dan SVD pada grafik lintasan B-B' mengindikasikan jenis sesar naik seperti terlihat pada garis putus-putus. Pendugaan sesar naik ini didasarkan atas analisis terhadap grafik SVD, dimana nilai absolut SVD maksimum lebih kecil daripada nilai absolut SVD minimum. Sesar ini memiliki arah relatif dari barat laut ke tenggara [5]. Secara visual grafik yang berisi hubungan antara kurva FHD dan kurva SVD di sepanjang lintasan B-B' yang digunakan untuk mengestimasi jenis sesar dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 8. Grafik analisis kurva FHD dan kurva SVD pada lintasan B-B'.

Hasil analisis terhadap kurva FHD dan SVD pada grafik lintasan C-C' mengindikasikan jenis sesar naik seperti terlihat pada garis putus-putus. Pendugaan sesar naik ini didasarkan atas analisis terhadap grafik SVD, dimana nilai absolut SVD maksimum lebih kecil daripada nilai absolut SVD minimum. Grafik yang menunjukkan hubungan antara kurva FHD dan kurva SVD di sepanjang lintasan C-C' yang digunakan untuk mengestimasi jenis sesar dapat dilihat pada **Gambar 10**.



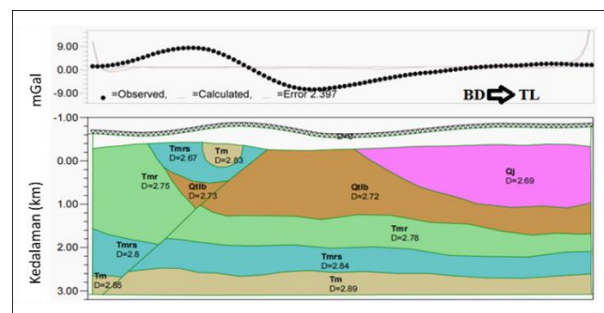
Gambar 10. Grafik analisis kurva FHD dan kurva SVD pada lintasan C-C'

D. Hasil Pemodelan dan Interpretasi Data

Pemodelan 2D pada penelitian bertujuan untuk mengetahui informasi litologi serta struktur geologi bawah permukaan di sepanjang lintasan yang dimodelkan. Untuk membuat model 2D pada penelitian ini, digunakan peta kontur ABL residual, dimana daerah yang akan diidentifikasi adalah daerah yang diestimasi memiliki struktur sesar. Lintasan yang digunakan untuk pemodelan ini adalah lintasan yang sama saat analisis *derivative*, yaitu sejumlah tiga lintasan. Pemodelan dilakukan dengan teknik pemodelan maju (*forward modeling*), yaitu proses perhitungan data dari hasil teori yang teramati pada permukaan bumi jika parameter model diketahui [21]. Untuk melakukan pemodelan 2D, maka digunakan perangkat lunak *Geosoft Oasis Montaj*. Forward modeling ini dilakukan pada data ABL residual, sebab target pemodelan adalah struktur dangkal. Oleh sebab itu struktur sesar yang umumnya terletak dangkal bisa diidentifikasi. Demikian pula model penampang litologi bawah permukaan dapat diinterpretasi.

Hasil pemodelan pada lintasan A-A' menghasilkan sebuah penampang litologi yang memanjang dengan arah relatif dari barat daya ke timur laut. Hal ini dikarenakan pada daerah penelitian sesar yang dimodelkan memiliki arah barat laut ke tenggara. Panjang penampang A-A' adalah 13.258,88 m dan kedalaman sebesar 3.096,41 m. Hasil pemodelan ini memiliki nilai eror sebesar 2,4%. Sesar yang dimodelkan pada lintasan A-A' merupakan patahan turun yang memiliki arah barat dari laut ke tenggara [5] dengan kemiringan 15°. Model 2D pada lintasan A-A' dapat dilihat pada **Gambar 11**. Model batuan menyerupai cekungan pada permukaan lintasan A-A' bukan suatu cekungan karena secara geologi tidak ditemukan model cekungan air tanah di daerah penelitian.

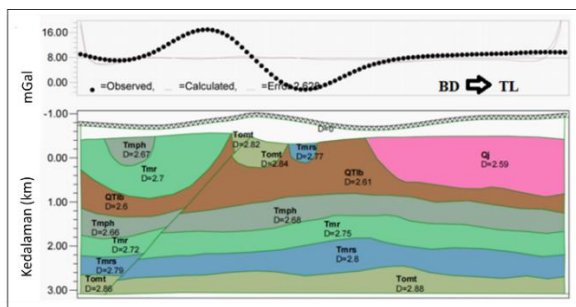
Berdasarkan peta geologi pada lintasan A-A' terdapat lima formasi batuan. Formasi Gunungapi Jambangan (Qj) berumur Plistosen yang terdiri aliran lava, breksi aliran, piroklatika, lahar dan aluvium. Formasi Ligung (QTlb) berumur Pliosen hingga Plestosen terdiri atas breksi gunungapi (aglomerat) bersusunan andesit, lava andesit horonblenda, dan tuf. Formasi Rambatan (Tmr) berumur Miosen Tengah terdiri atas serpih, napal, dan batupasir gampingan. Anggota Sigugur Formasi Rambatan (Tmrs) berumur Oligosen Akhir hingga Miosen Awal terdiri atas batugamping terumbu yang mengandung fosil foraminifera. Sedangkan lapisan paling bawah adalah batuan intrusi (Tm) berumur Miosen Tengah yang berupa karsanit [5].



Gambar 11. Model penampang litologi bawah permukaan di sepanjang lintasan A-A'.

Hasil pemodelan pada lintasan B-B' menghasilkan sebuah penampang litologi yang memanjang dengan arah relatif dari barat daya ke timur laut sebagaimana lintasan A-A'. Panjang penampang model B-B' adalah 13.949,50 m dan kedalaman sebesar 3.085,65 m. Hasil pemodelan ini memiliki nilai eror sebesar

2,6%. Sesar yang dimodelkan di sepanjang lintasan B-B' merupakan sesar naik yang memiliki arah dari barat laut menuju tenggara [5] dengan kemiringan 29°. Model yang dihasilkan berupa penampang litologi bawah permukaan di sepanjang lintasan B-B' seperti terlihat pada **Gambar 12**. Model yang menyerupai cekungan pada permukaan lintasan B-B' juga bukan suatu cekungan karena secara geologi tidak ditemukan cekungan air tanah di daerah penelitian. Selain itu tidak ada kemenerusan batuan tersebut dengan model serupa pada lintasan A-A' sebab formasi batuanya berbeda.

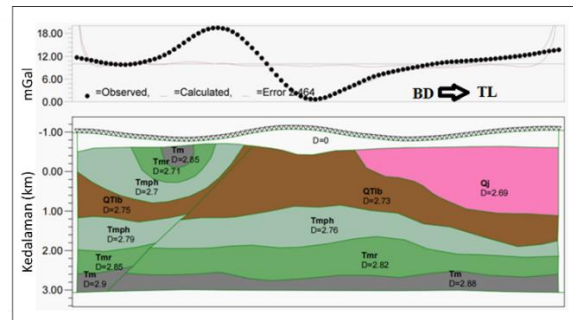


Gambar 12. Model penampang litologi bawah permukaan di sepanjang lintasan B-B'.

Berdasarkan peta geologi pada lintasan B-B' terdapat enam formasi batuan. Formasi Gunungapi Jambangan (Qj) berumur Plistosen terdiri aliran lava, breksi aliran, piroklatika, lahar, dan aluvium. Formasi Ligung (QTlb) berumur Pliosen hingga Plestosen terdiri breksi gunungapi (aglomerat) bersusunan andesit, lava andesit hornblenda, dan tuf. Formasi Halang (Tmph) berumur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir terdiri atas batupasir tufan, konglomerat, napal dan batulempung. Formasi Rambatan (Tmr) berumur Miosen Tengah terdiri atas serpih, napal, dan batupasir gampingan. Anggota Sigugur Formasi Rambatan (Tmrs) berumur Oligosen Akhir hingga Miosen Awal terdiri atas batugamping terumbu mengandung fosil foraminifera. Sedangkan paling bawah adalah Formasi Totogan (Tomt) yang berumur Oligosen hingga Miosen Awal terdiri atas batulempung, breksi, napal, konglomerat, tuf, dan batupasir [5].

Hasil pemodelan pada lintasan C-C' menghasilkan sebuah penampang litologi yang memanjang dengan arah relatif dari barat daya menuju timur laut, sebagaimana lintasan A-A' dan B-B'. Arah pemodelan ini diambil tegak lurus terhadap arah sesar yang diestimasi berarah dari barat laut menuju tenggara. Panjang

lintasan C-C' adalah 13.648,92 m dengan kedalaman sebesar 3.055,40 m . Hasil pemodelan ini memiliki nilai eror sebesar 2,5%. Sesar yang dimodelkan pada lintasan C-C' ini merupakan sesar naik yang memiliki dari arah barat laut ke tenggara [5] dengan kemiringan 29°. Model yang dihasilkan berupa penampang litologi bawah permukaan di sepanjang lintasan C-C' seperti terlihat pada **Gambar 13**.

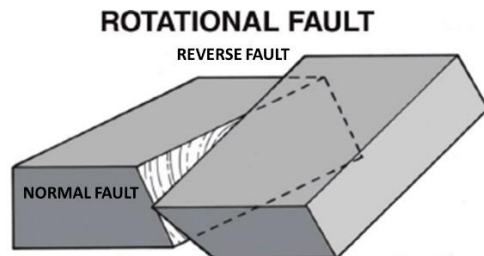


Gambar 13. Model penampang litologi bawah permukaan di sepanjang lintasan C-C'.

Berdasarkan peta geologi pada lintasan C-C' terdapat lima formasi batuan. Formasi Gunungapi Jambangan (Qj) berumur Plistosen terdiri aliran lava, breksi aliran, piroklatika, lahar, dan aluvium. Formasi Ligung (QTlb) berumur Pliosen hingga Plestosen terdiri breksi gunungapi (aglomerat) bersusunan andesit, lava andesit hornblenda, dan tuf. Formasi Halang (Tmph) berumur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir terdiri atas batupasir tufan, konglomerat, napal, dan batulempung. Formasi Rambatan (Tmr) berumur Miosen Tengah terdiri atas serpih, napal, dan batupasir gampingan. Adapun lapisan paling bawah adalah batuan intrusi (Tm) berumur Miosen Tengah berupa Diorit porfir [5][22]. Model penampang pada lintasan C-C' terlihat kurang selaras dengan lintasan A-A' dan lintasan B-B'. Ini merupakan efek dinamika batuan bawah permukaan yang mungkin sering mengalami gerak translasi maupun rotasi akibat gempa dan tanah longsor yang sering melanda daerah penelitian.

Berdasarkan analisis *derivative* dan hasil pemodelan 2D terhadap data ABL residual diperoleh model struktur sesar di tiga lintasan, yaitu A-A', B-B', dan C-C'. Posisi sesar yang dimodelkan sudah sesuai dengan peta geologi [5], meskipun beberapa sesar lain yang ditunjukkan pada peta geologi tidak selalu terlihat pada peta kontur ABL residual. Pada lintasan A-A' diperoleh struktur sesar turun (*normal fault*), sedangkan di sepanjang lintasan B-B' dan C-C' diperoleh struktur sesar naik

(*reverse fault*). Pemodelan 2D hanya dilakukan pada tiga lintasan, sehingga informasi model sesar pada zona sebelum lintasan A-A dan setelah C-C tidak diketahui. Oleh sebab itu berdasarkan hasil pemodelan, struktur sesar yang diperoleh dapat dikategorikan sebagai sesar rotasi seperti ditunjukkan pada **Gambar 14** [23].



Gambar 14. Model ilustrasi sesar naik (*reverse fault*) dan sesar turun (*normal fault*) dengan gerak rotasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil-hasil penelitian dengan metode gravitasi di daerah Kalibening Kabupaten Banjarnegara dapat diambil kesimpulan:

1. Pengolahan data Anomali Bouguer Lengkap (ABL) telah dilakukan sesuai prosedur umum pengolahan data yang sering digunakan dalam metode gravitasi. Hasil akhir dari pengolahan data adalah data ABL residual yang dengan nilai yang berkisar $-28 - 22$ mGal. Data terdistribusi pada bidang datar dengan ketinggian 868,287 m.
2. Hasil analisis *derivative* yang meliputi *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) terhadap data ABL residual di sepanjang tiga lintasan di daerah Kalibening menunjukkan keberadaan sebuah sesar dengan gerak rotasi (naik dan turun).
3. Hasil pemodelan dua dimensi menunjukkan bahwa daerah Kalibening tersusun atas tujuh formasi batuan, meliputi Formasi Gunungapi Jambangan (Qj) dengan nilai densitas $2,59 - 2,69$ g/cm³, Formasi Ligung (QTlb) dengan nilai densitas $2,60 - 2,75$ g/cm³, Formasi Halang (Tmph) dengan densitas $2,66 - 2,79$ g/cm³, Formasi Rambatan (Tmr) dengan nilai densitas $2,70 - 2,85$ g/cm³, Anggota Sigugur Formasi Rambatan (Tmrs) dengan nilai densitas $2,67 - 2,85$ g/cm³, Formasi Totogan (Tomt) dengan nilai densitas $2,82 - 2,88$ g/cm³, dan yang paling bawah adalah batuan

intrusi (Tm) dengan densitas $2,83 - 2,90$ g/cm³.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kepala Pusat Survei Geologi (PSG), Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia atas peta anomali Bouguer yang disediakan. Terimakasih juga disampaikan kepada Saudari Lala Ariska, S.Si. yang berkenan membantu proses pemodelan dan memberikan tutorial penggunaan *Software Oasis Montaj 8.4*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Netrisa, Z., Syafriani, Triyono, R., Arifin, H., 2018. "Pemetaan Bahaya Gempabumi Deterministik dengan Pendekatan Peak Ground Acceleration (PGA) Di Kota Padang", *Pillar of Physics*, vol. 11 no. 2, Oktober 2018, hal. 41 – 48.
- [2] Sumari, A.D.W., Nugroho, S.P., Addin, T.N., 2016. "Pengurangan Risiko Bencana Gempa Bumi-Tsunami di Pangkalan TNI AU Padang Akibat Megathrust Mentawai". *Jurnal Pertahanan*, vol. 6, no. 1, April 2016, hal: 119-149.
- [3] Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), "Gempa Banjarnegara Akibat Aktivitas Sesar Daratan", 2018. URL: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/news-archives/pvmbg-gempa-banjarnegara-akibat-aktivitas-sesar-daratan> [diakses: 25 Mei 2024].
- [4] Sunan, L.H., Akhmad K,G., Maulana Rizki A., Sachrul, I., Fajar, R.W., Asmoro,W., Fx Anjar Tri, L. "Interpretasi Struktur Geologi Berdasarkan Fault Fracture Density (FFD) dan Implikasinya terhadap Potensial Likuifaksi di Daerah Kalibening, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah". *Explorium, Buletin Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir*, vol. 42, no. 1, hal. 47-54, 2021 .
- [5] Condon, W.H., Pardyanto, I., Ketner, K.B., Amin, T.C., Gafoer, S., dan Samodra H. "Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, Jawa", Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1996.
- [6] Sehad, Prabowo, U.N., Raharjo, S.A. "Pemanfaatan Data Anomali Gravitasi

- Citra Satelit untuk Interpretasi Kualitatif Batas-Batas Cekungan Air Tanah Purwokerto-Purbalingga". *Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers: Pengembangan Sumberdaya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XI*, 12-14 Oktober 2021. Purwokerto, 2022.
- [7] Arisbaya, I., Handayani, L., Sudrajat, Y.. "Evaluasi Data Gravitasi Terrestrial dan Perbandingannya dengan Data Gravitasi Skala Regional dan Model Geopotensial Global: Studi Kasus Zona Sesar Cimandiri di Sekitar Pelabuhan Ratu". *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, vol. 19, no.1, hal. 19-28, 2018.
- [8] Zaenudin, A., Yulistina, S.. "Studi Identifikasi Struktur Geologi Bawah Permukaan untuk Mengetahui Sistem Sesar Berdasarkan Analisis First Horizontal Derivative (FHD), Second Vertical Derivative (SVD), Dan 2,5D Forward Modeling di Daerah Manokwari Papua Barat". *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, vol. 4, no. 2, hal. 173-186, 2018.
- [9] Telford W.M., Gedaart L.P., Sheriff R.E. *Applied Geophysics*. Cambridge. New York, 1990.
- [10] Blakely R.J. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press. USA, 1995.
- [11] Elkins, T.A., "The Second Derivative Method of Gravity Interpretation". *Geophysics Journal*. vol. 23. hal 97-127, 1951.
- [12] Sehad, Rizqi, N.S., Abdullatif, R.F.. "Modeling of Coal-Bearing Rock Formations in the Kutai Basin, North Panajam Paser Regency, Kalimantan Based on Satellite Gravity". *Earth Sciences Malaysia (ESMY)*, vol. 8, no. 2, hal. 41-47, 2024
- [13] Soraya, V., "Identifikasi Patahan Kawasan Blawan-Ijen Berdasarkan Data Anomali Gravitasi GGMplus dengan Analisa Second Vertical Derivative (SVD)". Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember. Jember, 2020.
- [14] Harhale, Erlangga, "Aplikasi Turunan Pertama dan Kedua Vertikal pada Analisis Data Gravitasi dan Geomagnet". Skripsi. Jurusan Fisika. Universitas Indonesia. Depok, 2007.
- [15] Sehad, Prabowo, U.N., Raharjo, S.A., Kurniati, R., "Utilization of Satellite Gravity Anomaly Data for Two-Dimensional Modeling of Subsurface Structure of Slamet Volcano, Central Java, Indonesia". *Malaysian Journal of Geosciences*, vol. 7, no. 1, p. 01 – 07, 2023.
- [16] Guo, L. Meng, X., Chen, Z., Li, S., and Zheng Y.. "Preferential Filter-ing for Gravity Anomaly Sparation". *Computers and Geosciences*, vol. 5, p. 247 – 254, 2013.
- [17] Hiskiawan, P., "Effect of Upward Continuation Contour Patterns on Geomagnetic Data of Interpretation of Reduction to the Poles". *Saintifika*, vol. 18, no. 1, p. 18 – 26, 2016.
- [18] Zaenudin, A., Dani, I., Amalia, N. "Delineasi Sub-Cekungan Sorong Berdasarkan Anomali Gayaberat". *Jurnal Geocelebes*, vol. 4, no. 1, hal. 14-22, 2020.
- [19] Sehad, Prabowo, U.N., Raharjo, S.A.. "Pemanfaatan Data Anomali Gravitasi Citra Satelit untuk Interpretasi Kualitatif Batas Cekungan Air Tanah Purwokerto-Purbalingga". *Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XI*, 12-14 Oktober 2021. Purwokerto, 2022.
- [20] Yulistina, S., "Studi Identifikasi Struktur Geologi Bawah Permukaan untuk Mengetahui Sistem Sesar Berdasarkan Analisis First Horizontal Derivative (FHD), Second Vertical Derivative (SVD), dan 2,5D Forward Modeling di Daerah Manokwari Papua Barat". *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, vol. 4, no. 2, hal. 62-76, 2020.
- [21] Grandis, H., *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia. Jakarta, 2009.

- [22] Saputra, F.R.T., Rosid, M.S., Fachruddin, Ali, S., Huda, S., and Wiguna, I.P.A.P., "Analysis of Soil Dynamics and Seismic Vulnerability in Kalibening District, Banjarnegara Using the HVSr Method". *Journal of Physics: Conference Series 2377* (2022) 012038.
- [23] Mukherjee, S., Khonsari, M.M., Brittle Rotational Faults and The Associated Shear Heating. *Marine and Petroleum Geology*, vol. 88, p. 551 – 554, 2017.

Rancang bangun sistem keamanan rumah berbasis Internet of Things (IoT) sebagai upaya pencegahan tindak pencurian

Ahmad Rifqi Maulana¹, Abdul Hakim Prima Yuniarto^{2*}

^{1,2}Prodi Fisika, Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pekalongan
Kab. Pekalongan, Jawa Tengah, Indonesia

*email: a.hakim.py@gmail.com

Abstrak – Peningkatan kasus pencurian akibat masa pandemi Covid-19 tidak kunjung mengalami penurunan yang signifikan, akibatnya pembobolan rumah kerap terjadi dikarenakan juga sistem keamanan rumah yang masih kurang. Penelitian terdahulu yang dirasa masih perlu adanya inovasi dan pembaharuan. Penelitian ini menggunakan metode R&D dimana penelitian ini merancang sistem keamanan rumah berbasis IoT menggunakan *NodeMCU ESP8266* dan aplikasi Android untuk kontrol jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan sistem ini dapat berjalan sesuai rencana, yaitu modul *RFID* yang dapat mendeteksi kartu yang telah terdaftar sebelumnya (KTP) untuk membuka *solenoid doorlock*, *solenoid doorlock* yang dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui aplikasi *Blynk*, sensor *LDR* & laser dapat mendeteksi adanya pencuri yang mendekati segala sisi rumah dan mengirimkan notifikasi pada aplikasi *Blynk*, alarm yang dapat berbunyi jika jendela yang terpasang sensor magnetik berhasil dibobol, dan informasi yang diberikan secara dua arah akan keberadaan masing-masing dari dan kepada tamu serta pemilik rumah melalui *push button*, *LCD*, dan notifikasi dari aplikasi *Blynk*.

Kata kunci: *NodeMCU ESP8266, Internet of Things, Smartdoorlock, Blynk, Laser.*

Abstract – The increase in theft cases during the Covid-19 pandemic has not shown a significant decline, resulting in frequent home break-ins due to inadequate home security systems. Previous research is considered to still require innovation and improvement. This study uses the R&D method, where it designs a home security system based on IoT using *NodeMCU ESP8266* and an Android application for remote control. The test results show that the system operates as planned: the *RFID* module can detect pre-registered cards (ID cards) to unlock the *solenoid door lock*; the *solenoid door lock* can be controlled remotely via the *Blynk* app; *LDR* & laser sensors can detect intruders approaching any side of the house and send notifications to the *Blynk* app; an alarm sounds if a window equipped with a magnetic sensor is breached; and two-way information is provided about the presence of guests and homeowners through the *push button*, *LCD*, and notifications from the *Blynk* app.

Key words: *NodeMCU ESP8266, Internet of Things, Smartdoorlock, Blynk, Laser*

PENDAHULUAN

Peningkatan kasus kriminalitas terutama tindak pencurian mengalami peningkatan yang cukup drastis pada masa pandemi Covid-19 [1]. Hingga tahun 2024 kasus tindak pencurian hanya sedikit mengalami penurunan [2].

Pembobolan rumah sering terjadi karena kurangnya keamanan, seperti pintu atau jendela yang tidak terkunci, dan metode manual seperti gembok dan kawat berduri kurang efektif [3]. Di kota besar, banyak rumah ditinggalkan kosong karena aktivitas dan liburan, sehingga rumah tanpa sistem keamanan yang baik menjadi rentan terhadap pencurian [4].

Pada dua penelitian sebelumnya, penggunaan sensor *LDR* dan laser dirasa kurang efektif karena hanya menjangkau bagian depan rumah saja (pintu gerbang), dan juga tidak terdapat

sistem kendali kunci jarak jauh dan pemberitahuan tamu yang datang [5], [6].

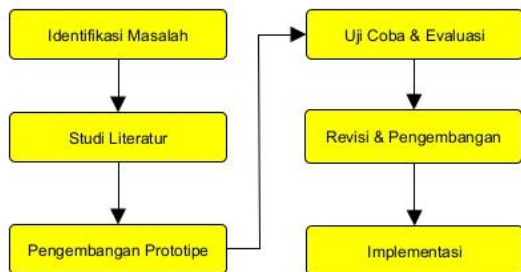
Diperlukan sistem keamanan rumah canggih berbasis IoT yang dapat dikontrol melalui smartphone dengan *NodeMCU ESP8266*, memungkinkan pemantauan dan pengendalian kunci pintu secara *real-time* dari jarak jauh untuk memberikan rasa aman dan kenyamanan [7].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode R&D (*Research and Development*), yaitu pendekatan yang bertujuan mengembangkan atau memperbaiki produk melalui penelitian sistematis, dengan langkah-langkah merancang, menguji, dan mengembangkan produk yang lebih baik atau inovatif [6].

1. Tahapan Penelitian

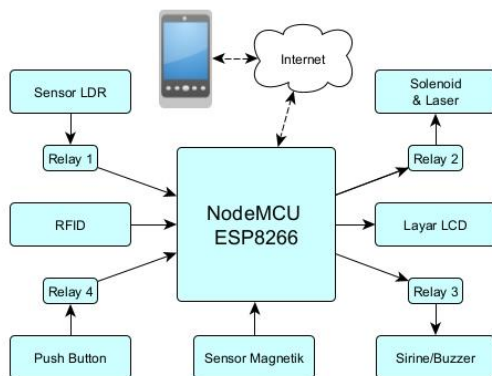
Berikut tahapan penelitiannya:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2. Diagram Blok Sistem

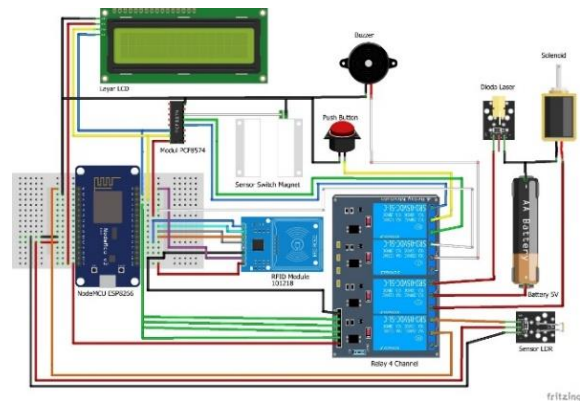
Sistem keamanan rumah dan smart doorlock ini menggunakan *NodeMCU ESP8266* sebagai mikrokontroler, terhubung dengan *smartphone* dan aplikasi *Blynk* melalui WiFi, serta mengontrol beberapa komponen, termasuk empat dari tujuh komponen utama yang tersambung dengan *relay*. Konsep diagram blok sistem terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

3. Perancangan Sistem

Sistem yang telah dirancang kemudian diilustrasikan melalui pengkabelan alat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan Sistem

4. Alat dan Bahan

Peneitian ini menggunakan beberapa komponen utama seperti:

- a. *NodeMCU* menggabungkan *ESP8266*, mikrokontroler, WiFi, dan *chip USB to serial* dalam satu *board*, sehingga mudah diprogram hanya dengan menggunakan kabel USB seperti yang digunakan pada *smartphone* Android [8].
- b. *Relay 4 channel* yang menggunakan elektromagnetik untuk menggerakkan saklar, yang terhubung dan mengontrol beberapa komponen [9].
- c. *Solenoid Doorlock* memiliki kumparan listrik yang melilit tabung silinder dengan aktuator *ferromagnetik* atau *plunger* yang bergerak masuk dan keluar [4].
- d. *RFID (Radio Frequency Identification)* adalah teknologi identifikasi objek melalui gelombang radio yang dapat digunakan sebagai pengganti kunci pintu dengan mengontrol *relay* yang terhubung ke *Solenoid Doorlock* [10].
- e. *Sensor LDR (Light Dependent Resistor)* mengubah hambatannya berdasarkan intensitas cahaya, digunakan sebagai detektor cahaya. Dioda Laser adalah semikonduktor yang menghasilkan radiasi koheren saat dialiri arus listrik, dan terbentuklah sinar laser [11].
- f. *Buzzer* mengubah aliran listrik menjadi suara dan digunakan sebagai alarm peringatan, dengan frekuensi suara 1-5 KHz [12].
- g. Sensor magnetik berfungsi sebagai saklar *on/off* yang dipicu oleh medan magnet. Dalam sistem keamanan, sensor ini dipasang pada jendela dan akan mengaktifkan *buzzer* jika jendela dibuka paksa [13].
- h. *Layar LCD (Liquid Crystal Display) 16x2* adalah jenis display elektronik yang menampilkan data berupa karakter, huruf,

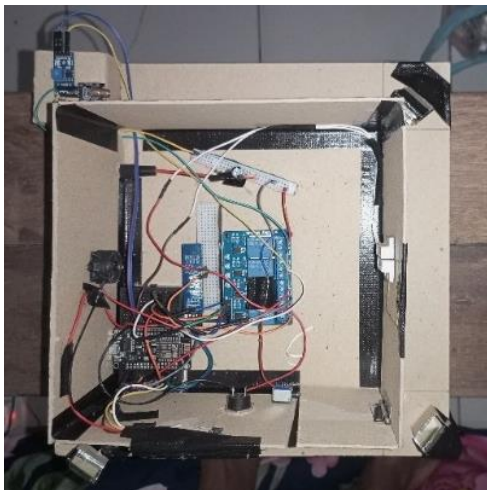
simbol, atau grafik dengan menggunakan kristal cair sebagai bahan penampil. *LCD* ini memanfaatkan teknologi *CMOS logic* untuk memantulkan atau mentransmisikan cahaya, bukan menghasilkan cahaya sendiri [14][15].

- i. *Blynk* adalah aplikasi IoT yang memungkinkan monitoring dan kontrol komponen elektronik secara jarak jauh dan *real-time* melalui internet atau LAN [13].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu dan melalui ide yang dikembangkan, prototipe yang akan dirancang memiliki kemampuan untuk mendeteksi dan mengirimkan sinyal kepada pemilik rumah jika ada pencuri yang mendekati rumah dari segala sisi melalui sinar laser & sensor LDR, dapat menyalakan alarm keamanan jika pencuri berhasil membobol jendela yang terpasang sensor magnetik, memberikan informasi dua arah akan keberadaan masing-masing dari dan kepada tamu serta pemilik rumah melalui *push button & LCD*, serta sistem kendali kunci pintu menggunakan *RFID* dan *Blynk*.

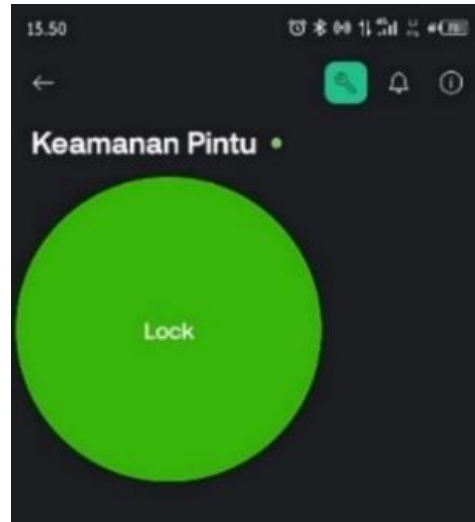
1. Tampilan Alat



Gambar 4. Tampilan Alat Nampak Atas

2. Tampilan Antarmuka *Blynk*

Rancang bangun ini berbasis IoT dengan aplikasi *Blynk* untuk kendali jarak jauh melalui aplikasi Android, menggunakan satu tombol untuk membuka atau mengunci pintu. Berikut tampilannya:



Gambar 5. Tampilan Aplikasi Android *Blynk*

3. Hasil Pengujian Alat

Variabel yang diuji pada alat ini adalah sistem keamanan dan fitur bel tamu yang terpasang pada alat, berikut hasil pengujianya:

a. Pengujian Sistem Kemanan

- 1) Membuka dan mengunci pintu dengan RFID

Tabel 1. Hasil Pengujian RFID

Kartu	LCD	Relay	Blynk
KTP	“KTP dikenal”	On	Open
Card Tag	“KTP tak dikenal”	Off	Lock



Gambar 6. Pengujian RFID dengan KTP

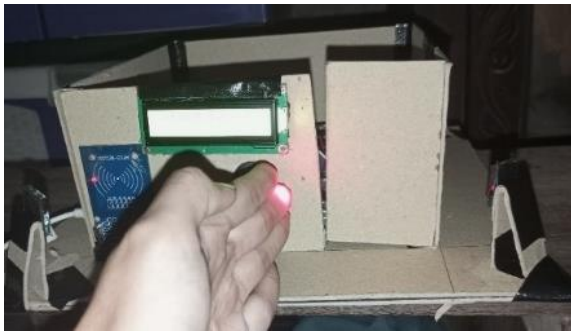
- 2) Pengujian Sensor *LDR & Laser*

Pengujian ini dilakukan dengan cara menghalangi lintasan sinar laser disekeliling

rumah dengan objek (asumsikan sebagai pencuri) agar tidak mencapai sensor *LDR*.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor *LDR* & Laser

Sisi	Notifikasi	Keterangan
Kanan	Aktif	“Ada Pencuri...!!!”
Kiri	Aktif	
Depan	Aktif	
Belakang	Aktif	



Gambar 7. Pengujian Sensor *LDR* & Laser

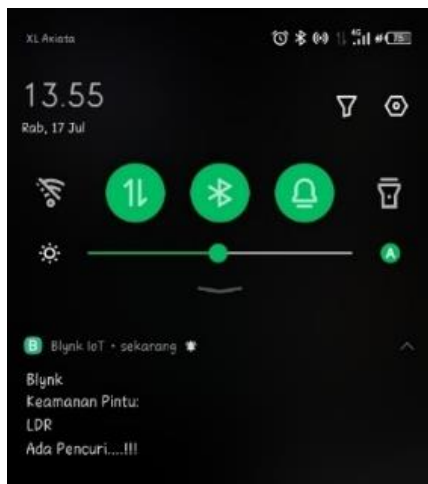


Gambar 9. Pengujian Sensor Magnetik

b. Pengujian Fitur Bel Tamu

Tabel 4. Hasil Pengujian Fitur Bel Tamu

Kondisi	Layar LCD	Notifikasi
Terbuka	“Tunggu sebentar”	“Ada tamu”
Terkunci	“Mohon maaf, penghuni rumah sedang pergi. Hubungi nomor: 08xx-xxxx-xxxx”	“Ada tamu”



Gambar 8. Notifikasi Saat Sensor *LDR* Terpicu

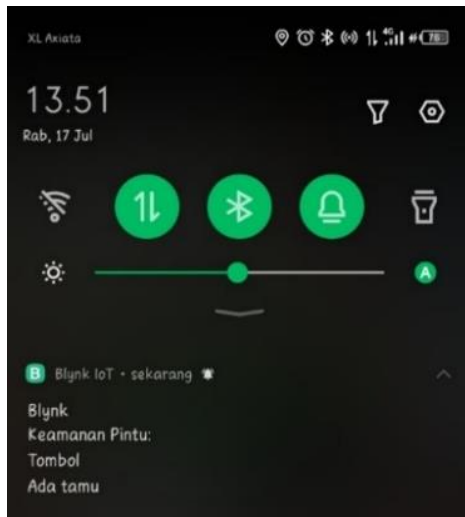


Gambar 10. Pengujian Bel Tamu Saat Terbuka

3) Pengujian Jendela yang terpasang Sensor Magnetik

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Magnetik

Kondisi	Percobaan	Buzzer
Terkunci (Dibuka paksa)	1	Aktif
	2	Aktif
	3	Aktif
Terbuka (Dibuka manual)	1	Nonaktif
	2	Nonaktif
	3	Nonaktif



Gambar 11. Notifikasi Saat Bel Tamu Ditekan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang sudah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penelitian ini sukses membangun *Smart Doorlock* berbasis IoT (*Blynk*) dengan menggunakan Module RFID serta sistem keamanan rumah menggunakan sensor magnetik, *LDR* dan laser dengan *output* berupa *buzzer*. Selain itu juga terdapat *user interface* dengan menggunakan layar *LCD* dan *push button* sebagai bel tamu.
2. Rancang bangun yang telah dibuat berjalan dan berfungsi dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Program Studi Fisika ITSNU Pekalongan atas dukungan dan fasilitas yang diberikan, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. A. Wulandari, “Tinjauan Kriminologi Dalam Penanggulangan Kejahatan Pencurian Di Masa Pandemi COVID-19,” *J. Nalar Keadilan*, vol. 2, no. 1, hal. 34–47, 2022.
- [2] Hamdiyah, “Analisis Unsur-Unsur Tindak Pidana Pencurian: Tinjauan Hukum,” *J. Tahqiq*, vol. 18, no. 1, hal. 98–198, 2024.

- [3] A. H. P. Yuniarto, Y. Lestiyanti, M. F. Asrori, N. Laela, dan A. Nurcholis, “Perancangan Smart Door Lock System dengan Multi Sensor untuk Sistem Keamanan Rumah,” *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 22, no. 2, hal. 333–342, 2023.
- [4] W. Istiana dan R. P. Cahyono, “Sistem Keamanan Pintu Rumah Berbasis Internet Of Things (IoT) Dengan ESP8266,” *Portaldata*, vol. 2, no. 6, hal. 1–10, 2022.
- [5] R. N. Dendra, S. Rachman, dan A. Zainuddin, “Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Laser dan ESP32-CAM Berbasis Internet Of Things (IoT),” *JEITECH*, vol. 1, no. 1, hal. 1–5, 2023.
- [6] H. Aziz dan I. Suharjo, “Pengembangan Sistem Keamanan Gerbang Rumah Smart Home Berbasis IoT dengan Metode RnD,” *J. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 3, hal. 663–674, 2024.
- [7] R. Devita, N. T. Wirawan, dan D. A. Syafni, “Perancangan Prototipe Keamanan Pintu Rumah Menggunakan Kamera TTL dan Aplikasi Telegram Berbasis Arduino,” *JUISIK*, vol. 2, no. 2, hal. 49–61, 2022.
- [8] M. Wijayanti, “Prototype Smart Home Dengan NodeMCU ESP8266 Berbasis IoT,” *J. Ilm. Tek.*, vol. 1, no. 2, hal. 101–107, 2022.
- [9] A. H. P. Yuniarto, Y. Lestiyanti, A. Nurcholis, Feriawan, dan R. Nofillah, “Perancangan Sistem Monitoring dan Controlling Smart Home Berbasis Internet of Things,” *Komun. Fis. Indones.*, vol. 19, no. 3, hal. 176–182, 2022.
- [10] G. D. Ramady dan R. Juliana, “Sistem Kunci Otomatis Menggunakan RFID Card Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3,” *Tekno. STT Mandala*, vol. 14, no. 1, hal. 28–32, 2019.
- [11] S. D. Infantri, H. Priyatman, E. Derdian M, M. Saleh, dan B. Wibowo S., “Rancang Bangun Simulator Latihan Tembak Menggunakan Laser Berbasis Arduino Nano,” *J. Tek. Elektro Univ Tanjungpura*, vol. 1, no. 1, hal. 1–9, 2020.
- [12] R. Prihatini, R. A. Wijayanto, M. Nurjaman, dan Y. Sahría, “Pengembangan Sistem Keamanan Laser Untuk Melindungi Aset Museum Dari Pencurian dan

- Manipulasi,” *J. Inf. Interaktif*, vol. 9, no. 1, hal. 29–34, 2024.
- [13] P. R. Ananda dan Thamrin, “Perancangan dan Pembuatan Sistem Keamanan Rumah Berbasis Smartphone,” *Vote Tek.*, vol. 9, no. 4, hal. 64–73, 2021.
- [14] A. R. Alaudin, I. Usrah, dan F. M. S. Nursuwars, “Sistem Penghitung Otomatis Jumlah Orang Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things,” *E-JOINT*, vol. 5, no. 1, hal. 1–5, 2024.
- [15] T. Supriyanto, D. D. Rais, dan M. R. Zulkifli, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah di Perumahan Cluster Menggunakan Komunikasi Long Range (Lora),” *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 8, hal. 27–29, 2023.

Analisis gugus fungsi nanopartikel magnetite Fe_3O_4 yang disintesis hijau menggunakan ekstrak *moringa oleifera*

Fazri Firdaus, Rizqi A'mal Hibatullah Tabrani, Asep Saefullah, Ganesha Antarnusa*

Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jalan Raya Ciwaru No. 25 Serang Banten Indonesia

*email: ganesha.antarnusa@untirta.ac.id

Abstrak – Sintesis nanopartikel yang dimediasi oleh tanaman telah diakui sebagai metode yang efisien dan ramah lingkungan karena tidak beracun, berbiaya rendah dan prosesnya sederhana. Dalam penelitian, kami berhasil membuat nanopartikel Fe_3O_4 melalui sintesis hijau dengan menggunakan ekstrak *Moringa Oleifera* (MO). Analisis *Fourier Transforms Infra-Red* (FTIR) dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM) digunakan untuk menyelidiki karakteristik mikrostruktur dan ukuran butir dari Fe_3O_4 yang disintesis hijau. Spektra FTIR memverifikasi keberadaan mode vibrasi Fe-O dari Fe_3O_4 pada kisaran bilangan gelombang 447 – 686 cm^{-1} . dan keberadaan cincin aromatik C-C pada bilangan gelombang 1625 cm^{-1} yang mengindikasikan bahwa Fe_3O_4 yang disintesis hijau berhasil diperoleh. Setelah penambahan MO, citra TEM mengonfirmasi penurunan ukuran butir dan efek *capping* pada GS- Fe_3O_4 , ditandai dengan tidak adanya nanorods pada sampel. Selain itu, hasil ini membuktikan bahwa modifikasi metode konvensional pada Fe_3O_4 dapat mengontrol sifat mikrostruktur dan ukuran butir, yang mengindikasikan bahwa Fe_3O_4 yang disintesis secara hijau memiliki potensi untuk aplikasi di masa depan.

Kata kunci: Green synthesis, *Moringa Oleifera*, Fe_3O_4 .

Abstract – *Plant-mediated synthesis of nanoparticles has been recognized as an efficient and environmentally friendly method due to its non-toxicity, low cost and simple process. In the study, we successfully fabricated Fe_3O_4 nanoparticles via green synthesis using *Moringa Oleifera* (MO) extract. Fourier Transform Infra-Red (FTIR) analysis and Transmission Electron Microscopy (TEM) were used to investigate the microstructure and grain size characteristics of the green synthesized Fe_3O_4 . The FTIR spectra verified the presence of Fe-O vibrational mode of Fe_3O_4 in the wave number range of 447 - 686 cm^{-1} and the presence of C-C aromatic ring at wave number 1625 cm^{-1} indicating that green synthesized Fe_3O_4 was successfully obtained. After the addition of MO, the TEM image confirmed the decrease of grain size and capping effect in GS- Fe_3O_4 , characterized by the absence of nanorods in the sample. In addition, these results prove that the modification of conventional methods on Fe_3O_4 can control the microstructure and grain size properties, indicating that green-synthesized Fe_3O_4 has potential for future applications.*

Key words: Green synthesis, *Moringa Oleifera*, Fe_3O_4

PENDAHULUAN

Meningkatnya minat yang muncul untuk mensintesis nanopartikel magnetik Fe, Ni, Cu, Ti, dan Mg tidak lain karena sifat unggul yang dimilikinya dan aplikasinya di berbagai bidang seperti sensor, katalis, adsorpsi dan biomedis [1]. Akan tetapi terdapat kekurangan dalam proses sintesisnya karena memberikan efek toksisitas terhadap lingkungan dari produk samping yang dihasilkan.

Salah satu nanopartikel magnetik yang sering dipelajari yaitu besi oksida (Fe_3O_4 dan $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), bahan yang paling banyak dipelajari untuk nanopartikel magnetik di bidang nanoteknologi karena ketergantungan ukuran, sifat magnetiknya [2] dan biokompatibilitasnya

yang tinggi. Keduanya bersifat ferrimagnetik dengan transisi magnetik di atas 800K. Magnetite Fe_3O_4 dan maghemite $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ memiliki magnetisasi saturasi (MS) tertinggi di antara oksida besi (masing-masing 92-100 dan 60-80 emu / g) [3].

Berbagai metode telah dilaporkan dalam literatur untuk mensintesis nanopartikel Fe_3O_4 superparamagnetik, seperti kopresipitasi ion besi (Fe^{2+}) dan besi (Fe^{3+}), dekomposisi termal larutan alkali khelat Fe^{3+} dengan adanya hidrazin, dekomposisi sonokimia garam Fe-(II) terhidrolisis, reduksi hematit oleh CO, dan dekomposisi fase larutan organik dari $\text{Fe}(\text{cup})_3$, $\text{Fe}(\text{acac})_3$, atau $\text{Fe}(\text{CO})_5$, dan lain-lain [4]. Mengembangkan metode yang mudah dan ramah lingkungan untuk mensintesis Fe_3O_4

superparamagnetik sangat penting dan masih menjadi tantangan bagi para ilmuwan material. Untuk mencapai tujuan ini, dari beberapa metode yang sudah disebutkan, tidak ada keraguan bahwa ko-presipitasi kimia adalah metode sintesis yang sangat menarik karena keserbagunaan dan kemudahan penggunaannya [5]. Metode ini memungkinkan untuk penyempurnaan struktur, morfologi partikel, dan sifat kimia dari nanopartikel yang akan diproduksi [6]. Dari metode ini banyak parameter reaksi yang dapat dikontrol, seperti seperti pH [7], temperatur [8], waktu reaksi [9], rasio molar reaktan [10], pemilihan *capping agent* [11] prekursor [12] dan sifat pelarut [13], keterlibatan agen pereduksi alami juga merupakan faktor terpenting dalam pengembangan metode yang ramah lingkungan.

Selama dua dekade terakhir, telah terjadi peningkatan penekanan pada topik kimia hijau dan proses kimia. Pemanfaatan bahan kimia tidak beracun, pelarut ramah lingkungan, dan bahan terbarukan adalah beberapa masalah utama yang patut dipertimbangkan dalam strategi sintesis hijau yang melibatkan agen pereduksi alami. Reduktor yang digunakan dalam literatur hingga saat ini adalah hidrazin, natrium borohidrida (NaBH_4), karbon monoksida (CO), dan dimetil formamida (DMF) [14]. Semua bahan kimia tersebut merupakan bahan kimia yang sangat reaktif dan berpotensi menimbulkan risiko lingkungan dan biologis.

Di sini, kami telah melaporkan, metode yang mudah dan ramah lingkungan atau *Green Synthesized* (GS) untuk mensintesis nanopartikel Fe_3O_4 superparamagnetik dengan melibatkan bahan alami yaitu ekstrak *Moringa Oleifera* (MO) sebagai reduktor, yang merupakan zat pereduksi yang ringan, dapat diperbaharui, murah, dan tidak beracun, serta tanpa penstabil dan dispersan tambahan. Sebagai perbandingan beberapa tanaman lain seperti *Garcinia mangostana* [15], *Aloe barbadensis* [16], *Myrtus communis L.* [17], dan *Salvia hispanica L.* [18], telah digunakan sebagai agen pereduksi untuk mensintesis nanopartikel Fe_3O_4 . kemudian, berdasarkan literatur, ekstrak daun MO mengandung hampir 20% fenolat dan flavonoid, yang berperan penting dalam mereduksi ion besi pada proses sintesisnya [19]. Selain itu, konstituen biokimiawi yang terkandung di dalam MO dapat berperan sebagai agen penstabil dan pengikat pada struktur nanopartikel Fe_3O_4 [20].

Penelitian ini melaporkan adanya ikatan atomik (gugus fungsi) pada nanopartikel Fe_3O_4 murni, nanopartikel Fe_3O_4 yang diberi penambahan ekstrak MO dengan rasio MO/ NH_4OH (1:7) dan pengaruhnya pada ukuran butir nanopartikel. Metode ini dapat memberikan konsep baru untuk sintesis nanomaterial lain karena kondisi reaksi yang mudah, kesederhanaan proses dan ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Serbuk ekstrak daun kelor/MO sebanyak 5 g didispersikan dalam 60 ml air suling pada suhu 60°C dan diaduk selama 1 jam untuk mendapatkan larutan MO. Setelah didinginkan hingga suhu kamar, larutan disaring dan didinginkan.

Proses sintesis nanopartikel Fe_3O_4 yaitu mencampurkan reaksi $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan perbandingan 2:1 kedalam 15 ml aquades. Selanjutnya larutan tersebut ditambahkan 5 ml larutan MO 8%, kemudian dititrasi dengan 35 ml larutan NH_4OH 10% dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* \pm 90 menit menggunakan suhu 60°C dengan kecepatan adukan 600 rpm.

Kemudian untuk menghilangkan aroma dari NH_4OH yaitu di cuci menggunakan aquades. Selanjutnya yaitu proses dekantansi (pengendapan) menggunakan medan magnet eksternal (magnet permanen), kemudian dicuci menggunakan aquades hingga beberapa kali agar memperoleh sampel Fe_3O_4 yang lebih murni. Kemudian keringkan sampel Fe_3O_4 yang telah dicuci menggunakan hot plate dengan mengatur suhu pengeringan 100 °C selama 120 menit. Endapan yang kering selanjutnya digerus dengan menggunakan alu dan mortar agar menghasilkan serbuk Fe_3O_4 .

Semua sampel dikarakterisasi menggunakan *Fourier transform Infrared Spectroscopy* (FTIR spectroscopy) dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM) untuk menganalisis ikatan atomik atau gugus fungsi dan ukuran butir partikel. Alat-alat yang digunakan dalam sintesis nanopartikel Fe_3O_4 diantaranya yaitu gelas beker, gelas ukur, timbangan digital, spatula, labu ukur, *magnetic stirrer*, *furnace*, *hot plate*, magnet permanen, pipet, dan pinset.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bilangan gelombang tertentu, masing-masing gugus fungsional memiliki pita serapan inframerah yang identik jika dikenakan inframerah. Gelombang vibrasi setiap ikatan memberikan citra berupa puncak yang khas sehingga berguna untuk identifikasi gugus fungsi senyawa [21]. Untuk memastikan ada tidaknya perbedaan pada terbentuknya MNPs dari penggunaan MO, ikatan molekul diamati menggunakan spektra FTIR.

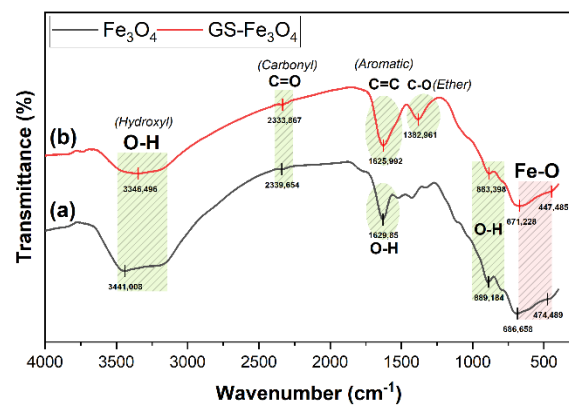
Melalui spektra inframerah, tabel 1 menunjukkan ikatan atomik (gugus fungsi) yang pada sampel nanopartikel Fe₃O₄ murni, nanopartikel Fe₃O₄ yang diberi penambahan ekstrak MO dengan rasio MO/NH₄OH 1:7.

Tabel 1. Ikatan atomik (gugus fungsi) nanopartikel Fe₃O₄ murni, nanopartikel GS-Fe₃O₄.

Ikatan atomik (gugus fungsi)	Fe ₃ O ₄ (/cm)	Fe ₃ O ₄ (GS) (/cm)
O-H	3441,01	3346,49
C=O	2339,65	2333,86
O-H	1629,85	-
C=C	-	1625,99
C-O	-	1382,96
O-H	889,18	883,39
Fe-O tetrahedral	686,65	671,23
Fe-O oktahedral	474,48	447,48

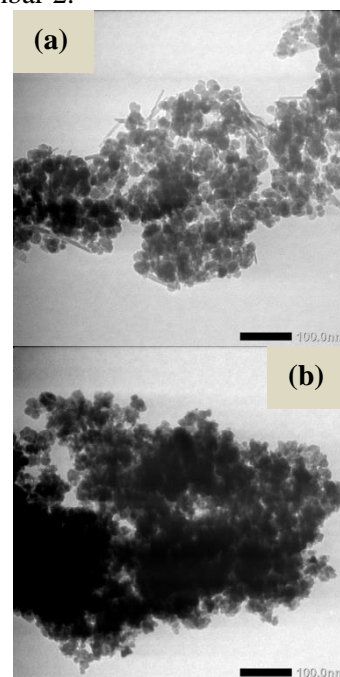
Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi sampel Fe₃O₄ (Gambar 1 (a)) dengan basis data GS-Fe₃O₄ (Gambar 1 (b)). Pada gambar tersebut, puncak serapan nanopartikel magnetit menunjukkan dua pita vibrasi pada kisaran bilangan gelombang 447-686 cm⁻¹, yang sesuai dengan vibrasi peregangan ikatan M-O (logam-oksida), sesuai dengan laporan lain [22]. Secara khusus (Gambar 1 (b)), penambahan MO pada nanopartikel Fe₃O₄ tidak menghadirkan puncak serapan yang baru hanya saja terdapat pergeseran ke arah panjang gelombang. Hal ini menunjukkan nanopartikel Fe₃O₄ yang dihasilkan dari sintesis hijau menggunakan ekstrak daun MO tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada karakteristik gugus fungsi dibandingkan dengan karakteristik asli Fe₃O₄ [23]. Serapan di sekitar 447 – 686 cm⁻¹ berhubungan dengan vibrasi peregangan pada situs oktahedral logam (Fe_{octa}-O) dan tetrahedral

logam (Fe_{tetra}-O). Pembentukan GS-Fe₃O₄ sangat dikonfirmasi dengan adanya karakteristik yang serupa dengan Fe₃O₄ konvensional pada kisaran bilangan gelombang 1382, 1625 dan 2333 cm⁻¹, yang mewakili vibrasi peregangan ikatan kimia C-O, C=C, C=O, dan puncak serapan lain yaitu pada bilangan gelombang 3346 cm⁻¹ yang berkaitan dengan vibrasi gugus O-H (hidroksil). Munculnya puncak vibrasi ini menunjukkan adanya serapan molekul air pada permukaan nanopartikel Fe₃O₄ dan GS-Fe₃O₄ yang memungkinkan untuk dapat berikatan dengan unsur lain melalui ikatan kovalen.



Gambar 1. Spektrum FTIR (a) sampel nanopartikel Fe₃O₄ dan (b) sampel nanopartikel GS-Fe₃O₄

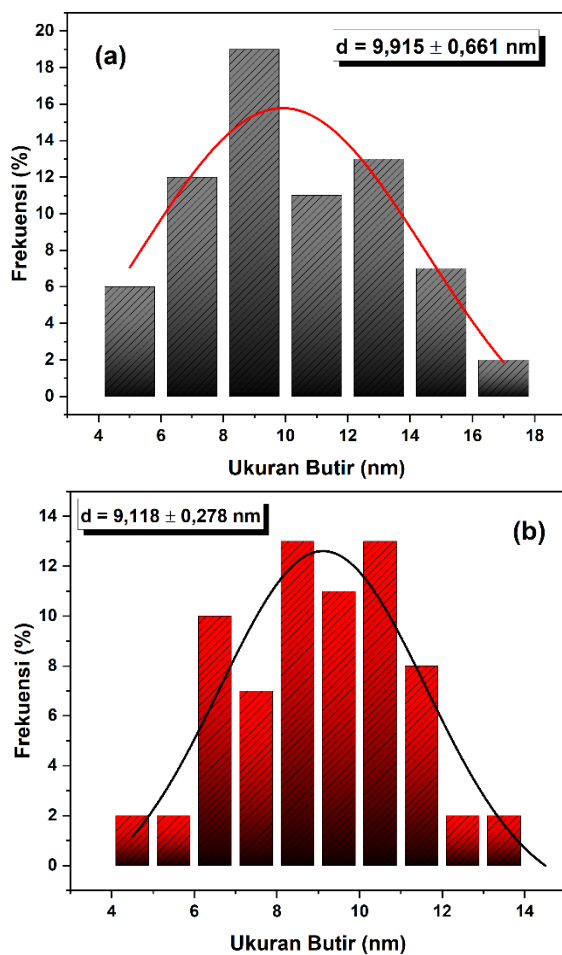
Struktur morfologi dan distribusi butir bahan nano dipelajari dengan analisis TEM. Citra morfologi dari Fe₃O₄ dan GS-Fe₃O₄ diberikan pada gambar 2.



Gambar 2. Citra morfologi nanopartikel (a) Fe₃O₄ (b) GS-Fe₃O₄

Tampilan citra TEM Fe_3O_4 menampilkan adanya nanopartikel dengan bentuk batas kristal (*nanorods*), terbentuknya *nanorods* terjadi karena interaksi dipol magnetik yang kuat antara nanopartikel yang teragregasi membentuk rantai nano [24]. Pada citra morfologi GS- Fe_3O_4 cenderung tidak banyak terbentuk nanorods dikarenakan efek *capping* dari molekul MO [25]. penambahan MO tidak mengubah bentuk partikel, tetapi membawa perubahan pada dispersibilitas yang meningkat dan lebih baik jika dibandingkan dengan laporan penelitian lain [26].

Hasil analisis pengukuran butir dari nanopartikel Fe_3O_4 dan GS- Fe_3O_4 diberikan pada gambar 3.



Gambar 3. Distribusi ukuran butir dari (a) Fe_3O_4 (b) GS- Fe_3O_4

Nilai rata-rata distribusi ukuran nanopartikel Fe_3O_4 ialah sebagai berikut:

Tabel 2. rata-rata distribusi ukuran butir.

Sampel	Ukuran butir (nm)
Fe_3O_4	$9,915 \pm 0,661$
GS- Fe_3O_4	$9,118 \pm 0,278$

KESIMPULAN

Secara ringkas, nanopartikel Fe_3O_4 yang dihasilkan dari sintesis hijau atau *Green Synthesis* menggunakan ekstrak daun MO tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam karakteristik gugus fungsi dibandingkan dengan karakteristik asli Fe_3O_4 . Berdasarkan hasil ini, MNPs yang disintesis hijau dapat dianggap sebagai kandidat baru untuk berbagai aplikasi nanoteknologi yang ramah lingkungan. Selanjutnya, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang analisis struktur kristal, sifat optik dan sifat magnetik. Dengan demikian, Fe_3O_4 yang disintesis secara hijau dapat dikembangkan dan diaplikasikan untuk berbagai bidang, terutama bidang biomedis seperti sistem penghantaran obat dan aplikasi hipertermia magnetik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada seluruh dosen dan rekan-rekan laboratorium Fisika Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah membantu atau berkontribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Di, D. R., He, Z. Z., Sun, Z. Q., and Liu, J, A "new nano-cryosurgical modality for tumor treatment using biodegradable MgO nanoparticles," *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, vol. 8 no. 8, pp. 1233–1241, 2012.
- [2] Natarajan, S., Harini, K., Gajula, G. P., Sarmento, B., Neves-Petersen, M. T., and Thiagarajan, V, "Multifunctional magnetic iron oxide nanoparticles: diverse synthetic approaches, surface modifications, cytotoxicity towards biomedical and industrial applications," *BMC Materials*, vol. 1, no.1, pp. 1–22, 2019.
- [3] Lu, J., Jiao, X., Chen, D., and Li, W "Solvothelmal Synthesis and Characterization of Fe_3O_4 and gamma- Fe_2O_3 nanoplates". *Chinese Journal of Lasers*, vol. 113, no.1, pp. 4012–4017, 2019.
- [4] Lu, W., Shen, Y., Xie, A., and Zhang, W, "Green synthesis and characterization of superparamagnetic Fe_3O_4 nanoparticles," *Journal of Magnetism and Magnetic*

- Materials*, vol. 322, no. 13, pp. 1828–1833, 2010.
- [5] Antarnusa, G., Nene, A., Umam, R., and Swastika, P. E., "Controlling crystal habit and magnetik properties of Fe₃O₄ nanoparticles through the stirring velocity for bio-detection applications," *Nano-Structures and Nano-Objects*, vol. 38(March), no. 101123, 2024.
- [6] Ba-Abbad, M. M., Benamour, A., Ewis, D., Mohammad, A. W., and Mahmoudi, E., "Synthesis of Fe₃O₄ Nanoparticles with Different Shapes Through a Co-Precipitation Method and Their Application," *Jom*, vol. 74 no. 9, pp. 3531–3539, 2022.
- [7] Rani, S., and Varma, G. D., "Superparamagnetism and metamagnetic transition in Fe₃O₄ nanoparticles synthesized via co-precipitation method at different pH," *Physica B: Condensed Matter*, vol. 472, pp. 66–77, 2015.
- [8] Hu, P., Chang, T., Chen, W. J., Deng, J., Li, S. L., Zuo, Y. G., Kang, L., Yang, F., Hostetter, M., and Volinsky, A. A., "Temperature effects on magnetic properties of Fe₃O₄ nanoparticles synthesized by the sol-gel explosion-assisted method," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 773, pp. 605–611, 2019.
- [9] Yan, H., Zhang, J., You, C., Song, Z., Yu, B., and Shen, Y., "Influences of different synthesis conditions on properties of Fe₃O₄ nanoparticles," *Materials Chemistry and Physics*, vol. 113, no. 1, pp. 46–52, 2009.
- [10] Zhang, Y., Chai, C. P., Luo, Y. J., Wang, L., and Li, G. P., "Synthesis, structure and electromagnetik properties of mesoporous Fe₃O₄ aerogels by sol-gel method," *Materials Science and Engineering: B*, vol. 188, pp. 13–19, 2014.
- [11] Rezanezhad, A., Hajalilou, A., Eslami, F., Parvini, E., Abouzari-Lotf, E., and Aslibeiki, B., "Superparamagnetic magnetite nanoparticles for cancer cells treatment via magnetik hyperthermia: effect of natural capping agent, particle size and concentratio," *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, vol. 32, no.19, pp. 24026–24040, 2021
- [12] Hong, R. Y., Pan, T. T., Han, Y. P., Li, H. Z., Ding, J., and Han, S., "Magnetic field synthesis of Fe₃O₄ nanoparticles used as a precursor of ferrofluids," *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 310, no. 1, pp. 37–47, 2007.
- [13] Nabiyouni, G., Julae, M., Ghanbari, D., Aliabadi, P. C., and Safaie, N., "Room temperature synthesis and magnetik property studies of Fe₃O₄ nanoparticles prepared by a simple precipitation method," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol 21, pp. 599–603, 2015.
- [14] Lu, W., Shen, Y., Xie, A., and Zhang, W., "Green synthesis and characterization of superparamagnetic Fe₃O₄ nanoparticles," *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 322, no. 13, pp. 1828–1833, 2010.
- [15] Yusefi, M., Shameli, K., Yee, O. S., Teow, S. Y., Hedayatnasab, Z., Jahangirian, H., Webster, T. J., and Kuča, K., "Green synthesis of Fe₃O₄ nanoparticles stabilized by a garcinia mangostana fruit peel extract for hyperthermia and anticancer activities," *International Journal of Nanomedicine*, vol. 16, pp. 2515–2532, 2021.
- [16] Hermosa, G. C., Liao, C. S., Wu, H. S., Wang, S. F., Liu, T. Y., Jeng, K. S., Lin, S. S., Chang, C. F., and Sun, A. C. A., "Green Synthesis of Magnetic Ferrites (Fe₃O₄, CoFe₂O₄, and NiFe₂O₄) Stabilized by Aloe Vera Extract for Cancer Hyperthermia Activities," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 58 no. 8, pp. 1–7, 2022.
- [17] I. Saleh, H., "Green Synthesis of Magnetite Nanoparticles using MyrtuscommunisL. Grown in Egypt," *International Research Journal of Innovations in Engineering and Technology*, vol. 4 no. 9, pp. 06–13, 2020.
- [18] Farmanbar, N., Mohseni, S., and Darroudi, M., "Green synthesis of chitosan-coated magnetic nanoparticles for drug delivery of oxaliplatin and irinotecan against colorectal cancer cells," *Polymer Bulletin*, vol. 79, no.12, pp. 10595–10613, 2022.
- [19] Vongsak, B., Sithisarn, P., Mangmool, S., Thongpraditchote, S., Wongkrajang, Y., and Gritsanapan, W., "Maximizing total phenolics, total flavonoids contents and antioxidant activity of Moringa oleifera leaf extract by the appropriate extraction

- method," *Industrial Crops and Products*, vol. 44, pp. 566–571, 2013.
- [20] Archana, V., Joseph Prince, J., and Kalainathan, S, "Simple One-Step Leaf Extract-Assisted Preparation of α -Fe₂O₃ Nanoparticles, Physicochemical Properties, and Its Sunlight-Driven Photocatalytic Activity on Methylene Blue Dye Degradation," *Journal of Nanomaterials*, vol. 2021, 2021.
- [21] Rampengan, A. M, "Analisis gugus fungsi pada polimer polyethylene glycol (PEG) coated-nanopartikel oksida besi hitam (Fe₃O₄) dan biomolekul," *Fullerene Journal of Chemistry*, vol. 2 no. 2, pp. 96, 2017.
- [22] Asri, N. S., Tetuko, A. P., Esmawan, A., Addin, M., Setiadi, E. A., Putri, W. B. K., Ginting, M., and Sebayang, P, "Syntheses of ferrofluids using polyethylene glycol (PEG) coated magnetite (Fe₃O₄), citric acid, and water as the working liquid in a cylindrical heat pipe," *Nano-Structures and Nano-Objects*, 25, 100654, 2021.
- [23] Mabarroh, N., Alfansuri, T., Aji Wibowo, N., Imani Istiqomah, N., Marsel Tumbelaka, R., and Suharyadi, E, Detection of green-synthesized magnetite nanoparticles using spin-valve GMR-based sensor and their potential as magnetik labels. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 560(June), no. 169645, 2022.
- [24] Antarnusa, G., Nene, A., Umam, R., & Swastika, P. E, "Controlling crystal habit and magnetic properties of Fe₃O₄ nanoparticles through the stirring velocity for bio-detection applications," *Nano-Structures and Nano-Objects*, vol. 38(March), no. 101123, 2024.
- [25] Shafey, A. M. El, "Green synthesis of metal and metal oxide nanoparticles from plant leaf extracts and their applications: A review," pp. 304–339, 2020.
- [26] Abedini, A., Daud, A. R., Hamid, M. A. A., & Othman, N. K, "Radiolytic formation of Fe₃O₄ nanoparticles: Influence of radiation dose on structure and magnetic properties," *PLoS ONE*, vol. 9, no. 3, 2014.

Rancang bangun dan implementasi *Internet of Things* pada sistem monitoring transformator menggunakan aplikasi Blynk

Yulia Rahmawati*, Hartono, R. Farzand Abdullatif

Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman
Jalan Dr. Suparno No.61 Karangwangkal Purwokerto Jawa Tengah Indonesia
*email: yulia.rahmawati@mhs.unsoed.ac.id

Abstrak - Ketersediaan energi listrik memiliki peran penting bagi rumah tangga dan industri. Transformator distribusi merupakan komponen vital dalam energi listrik yang memiliki peran penting dalam pendistribusian energi listrik ke konsumen. Gangguan pada transformator seperti *overload* dan *overheat* dapat terjadi dan menurunkan kinerja sistem distribusi listrik. Oleh karena itu, penting untuk melakukan monitoring transformator. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sistem monitoring transformator berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan aplikasi Blynk. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen. Penelitian dilakukan di laboratorium Elektronika, Instrumentasi, dan Geofisika yang mencakup proses pembuatan alat monitoring transformator serta pengujian sensor-sensor utama, yaitu sensor suhu DS18B20, sensor arus ACS712 5A, dan sensor tegangan ZMPT1010B. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring berhasil dibuat dan berfungsi dengan baik dalam memantau suhu, arus, dan tegangan transformator dengan akurasi tinggi, yaitu 99,44% untuk suhu, 98,35% untuk arus, dan 98,09% untuk tegangan. Data monitoring transformator dapat diakses secara real-time melalui aplikasi Blynk. Selain itu, sistem otomatisasi bekerja sesuai harapan di mana sistem akan mematikan beban secara otomatis dan mengirimkan notifikasi ke smartphone pengguna ketika suhu mencapai nilai ambang batas yang ditetapkan, yaitu $>50^{\circ}\text{C}$.

Kata Kunci: Transformator, Monitoring, *Internet of Things*, Blynk

Abstract – The availability of electrical energy plays a crucial role for households and industries. Distribution transformers are vital components in electrical energy systems, playing a key role in delivering electricity to consumers. Transformers are susceptible to issues such as *overload* and *overheating*, which can degrade the performance of the power distribution system. Therefore, monitoring transformers is essential. This study aims to design and develop an *Internet of Things* (IoT)-based transformer monitoring system using the Blynk application. The research methodology used in this study is an experimental method conducted in the Electronics, Instrumentation, and Geophysics laboratory, covering the process of building the transformer monitoring device and testing the primary sensors, namely the DS18B20 temperature sensor, ACS712 5A current sensor, and ZMPT1010B voltage sensor. The results show that the monitoring system was successfully developed and performed effectively in monitoring the transformer's temperature, current, and voltage with high accuracy, reaching 99.44% for temperature, 98.35% for current, and 98.09% for voltage. Transformer monitoring data can be accessed in real-time through the Blynk application. Additionally, the automation system functions as expected, automatically disconnecting the load and sending notifications to the user's smartphone when the temperature reaches the set threshold of $>50^{\circ}\text{C}$.

Key words: Transformer, Monitoring, *Internet of Things*, Blynk

PENDAHULUAN

Ketersediaan energi listrik memiliki peran penting untuk rumah tangga maupun industri. Pengelola tenaga listrik perlu memastikan adanya pasokan listrik yang memadai sesuai dengan standar yang berlaku. Salah satu komponen penting dalam menjaga ketersediaan energi listrik adalah transformator distribusi [1]. Transformator distribusi memiliki peran penting dalam pendistribusian energi listrik ke konsumen [2]. Transformator adalah suatu alat

listrik yang dapat menurunkan tegangan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet [3].

Pada pengoperasian transformator, gangguan seperti *overload* dan *overheat* dapat terjadi [4]. Peningkatan arus beban lebih (*overload*) pada transformator adalah kondisi di mana arus yang melewati transformator melebihi kapasitas transformator. Sementara, peningkatan suhu lebih (*overheat*) pada transformator adalah kondisi di mana suhu komponen transformator, seperti kumparan dan minyak isolasi melebihi kapasitas transformator

[5]. Peningkatan suhu akibat beban berlebih pada transformator akan menyebabkan efek panas [6]. Gangguan ini dapat menyebabkan kerusakan dan penurunan kinerja sistem pendistribusian energi listrik. Oleh karena itu, penting dilakukan penelitian mengenai monitoring transformator distribusi agar pasokan energi listrik kepada konsumen tetap terjamin [7].

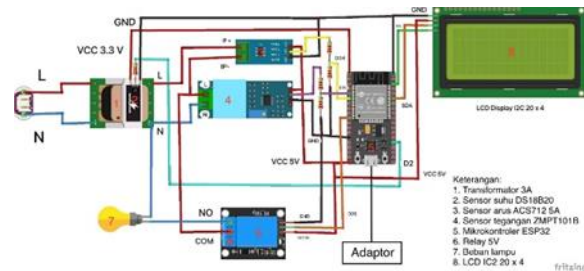
Monitoring transformator dilakukan melalui pemeliharaan rutin bulanan dengan kunjungan langsung ke area transformator. Hal ini menyebabkan kesulitan dalam mendeteksi kondisi tidak normal di luar jadwal pemeliharaan [8]. Jumlah aset yang besar dan cakupan luas dalam pemasangan transformator mendorong perusahaan untuk berinvestasi lebih dalam teknologi monitoring guna mencegah kerusakan dan mengurangi biaya perawatan [9]. Salah satu teknologi yang relevan dalam monitoring transformator adalah *Internet of Things* (IoT). Teknologi ini memungkinkan perangkat berinteraksi dan mentransfer data melalui jaringan internet, sehingga dapat mendeteksi gangguan lebih awal melalui jarak jauh [10].

Berdasarkan latar belakang di atas, pada penelitian ini disampaikan pengembangan sistem monitoring transformator jarak jauh yang dapat memberikan informasi *real-time* suhu, arus, dan tegangan transformator menggunakan teknologi IoT melalui aplikasi *Blynk*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sistem monitoring transformator berbasis *Internet of Things* menggunakan aplikasi *Blynk* serta menentukan hasil pengujian sistem monitoring yang dibuat. Penelitian ini penting dilakukan karena dapat meningkatkan keandalan dan efisiensi dalam pengelolaan distribusi listrik, sekaligus memperpanjang umur operasional transformator. Selain itu, implementasi sistem monitoring berbasis IoT diharapkan dapat meminimalisasi risiko kerusakan akibat kondisi yang tidak terpantau.

METODE PENELITIAN

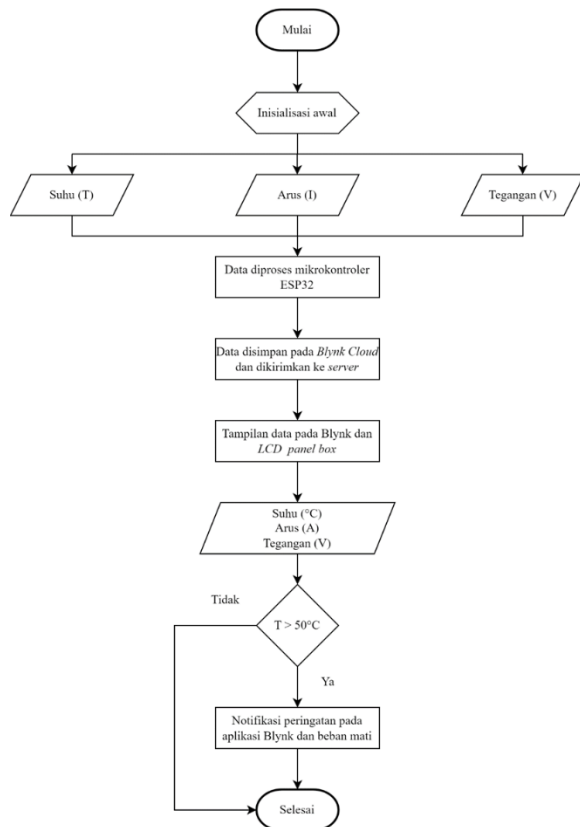
Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu pengujian sensor suhu DS18B20, sensor arus ACS712 5A, dan sensor tegangan ZMPT101B, perakitan perangkat keras, pemrograman Arduino Uno dan aplikasi *Blynk*, dan pengujian sistem monitoring transformator dan Aplikasi *Blynk*.

Komponen yang dibutuhkan dalam rancang bangun sistem monitoring transformator meliputi ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor arus ACS712 5 A untuk mengukur arus keluaran transformator, sensor suhu DS18B20 untuk mengukur suhu transformator, sensor tegangan ZMPT101B untuk mengukur tegangan keluaran transformator, dan transformator dengan 3 A sebagai objek penelitian. Adapun rancangan skema rangkaian sistem monitoring transformator ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Wiring Komponen Sistem Monitoring Transformator

Secara singkat cara kerja sistem diawali dari sensor suhu DS18B20 mendeteksi suhu transformator, sensor arus ACS712 5 A mendeteksi arus keluaran transformator, dan sensor tegangan ZMPT101B mendeteksi tegangan keluaran transformator. Selanjutnya, respons sensor dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses. Data yang diterima dari sensor-sensor akan diproses oleh ESP32. Lalu, hasil pengukuran ditampilkan pada LCD panel box dan aplikasi *Blynk* pada *smartphone* pengguna.



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Monitoring Transformator

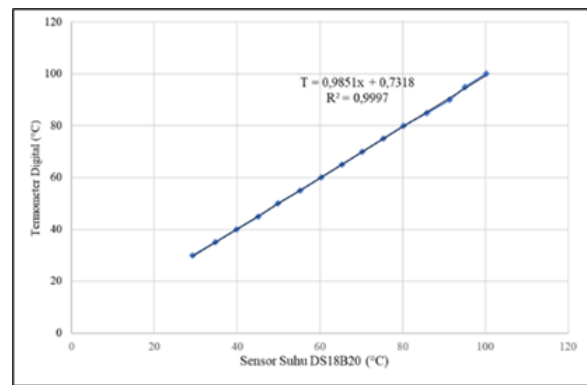
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor

Pengujian sensor bertujuan untuk memastikan kinerja sensor dan hasil pengukuran sensor mencapai tingkat akurasi yang optimal. Tahapan pengujian masing-masing sensor sebagai berikut.

1. Pengujian Sensor Suhu DS18B20

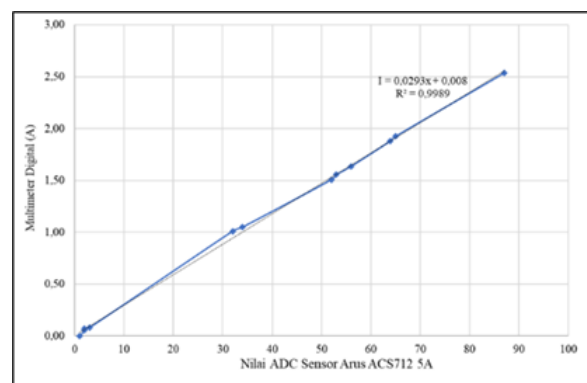
Sensor suhu DS18B20 adalah sensor suhu digital seri terbaru dari Maxim IC (sebelumnya Dallas Semiconductor). Sensor ini mampu membaca suhu dengan resolusi 9-12 bit, rentang -55 °C hingga 125 °C dengan ketelitian (+/-0.5 °C) [11]. Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan cara menempelkan sensor suhu DS18B20 pada solder yang difungsikan sebagai pemanas. Pengujian menggunakan variasi suhu dari 30-100 °C dengan interval pencatatan setiap 5 °C. Pada waktu yang bersamaan, suhu juga diukur menggunakan termometer digital sebagai pembanding pembacaan sensor. Berdasarkan pengujian, maka diperoleh hasil seperti berikut.



Gambar 3. Grafik Kalibrasi Sensor Suhu DS18B20

2. Pengujian Sensor Arus ACS712 5 A

Arus listrik AC maupun DC dapat diukur menggunakan sensor ACS712. Sensor ini dapat mengukur arus dengan suplai daya sebesar 5 V (Widyatmika dkk., 2021) [12]. Pengujian sensor arus ACS712 5 A dilakukan dengan mengukur nilai arus pada variasi perangkat elektronik dengan daya yang berbeda seperti lampu, setrika, solder, panci listrik, oven, *blender*, *chopper*, dan *rice cooker* yang terhubung pada listrik PLN. Setiap pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai ADC yang terbaca oleh sensor arus ACS712 dengan nilai arus pada multimeter digital. Berdasarkan pengujian, maka diperoleh hasil seperti berikut.

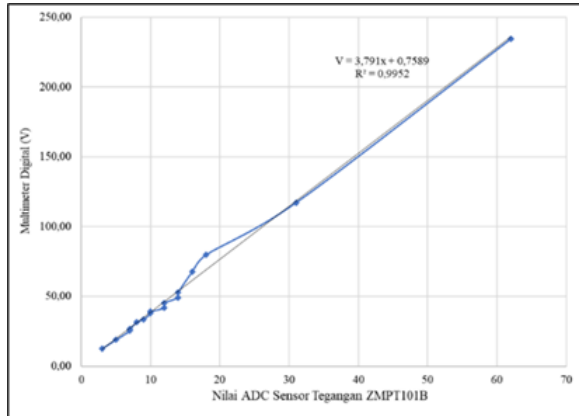


Gambar 4. Grafik Kalibrasi Sensor Arus ACS712 5A

3. Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B

Sensor tegangan ZMPT101B adalah suatu modul sensor tegangan AC yang menggunakan trafo isolasi dengan rasio tegangan 1:1 [12]. Sensor ini memiliki transformator kecil di dalamnya yang berfungsi untuk menurunkan tegangan AC yang diukur menjadi tegangan yang lebih rendah dan lebih aman untuk diproses oleh rangkaian elektronik selanjutnya [13]. Pengujian sensor tegangan ZMPT101B

dilakukan dengan mengukur nilai tegangan pada kumparan primer dan sekunder transformator 3 A yang terhubung pada listrik PLN. Setiap pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai ADC yang terbaca oleh sensor ZMPT101B dengan nilai tegangan yang terbaca oleh multimeter digital. Berdasarkan pengujian, maka diperoleh hasil seperti berikut.



Gambar 5. Grafik Kalibrasi Sensor Tegangan ZMPT101B

Berdasarkan hasil pengujian masing-masing sensor maka diperoleh karakteristik sensor seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

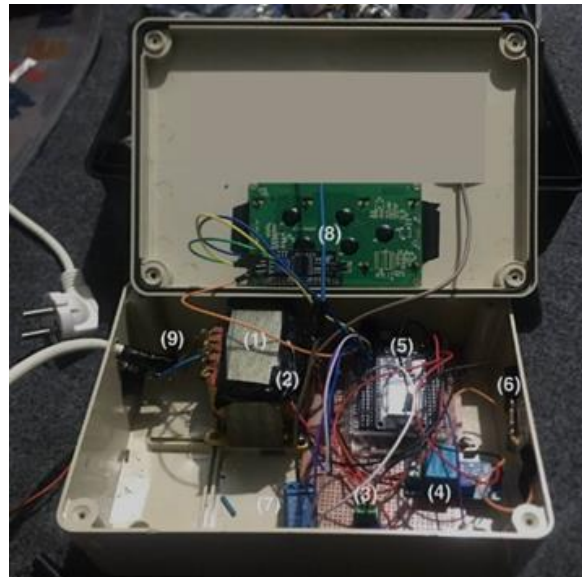
Tabel 1. Karakteristik Sensor

Sensor	Parameter	Karakteristik Sensor	
		Error (%)	Akurasi (%)
Suhu DS18B20	Suhu (°C)	0,67	99,33
Arus ACS712 5 A	Arus (A)	1,42	98,58
Tegangan ZMPT101B	Tegangan (V)	1,15	98,85

Tabel 1. menunjukkan nilai *error* masing-masing sensor <2% yang berarti selisih antara nilai terukur dengan nilai sebenarnya sangat kecil. Akurasi masing-masing sensor >98% yang menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi. Oleh karena itu, hasil tersebut menegaskan bahwa sistem mampu memberikan pengukuran yang akurat terhadap suhu, arus, dan tegangan pada transformator.

B. Perakitan Perangkat Keras

Tahap perakitan perangkat keras diawali dengan menghubungkan semua komponen sesuai skema rangkaian **Gambar 1**. Lalu, dilanjutkan dengan penyolderan komponen dan penempatan ke dalam kotak. Hasil perakitan perangkat keras dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Hasil Perakitan Perangkat Keras Sistem Monitoring Transformator

C. Pemrograman Arduino IDE dan Aplikasi Blynk

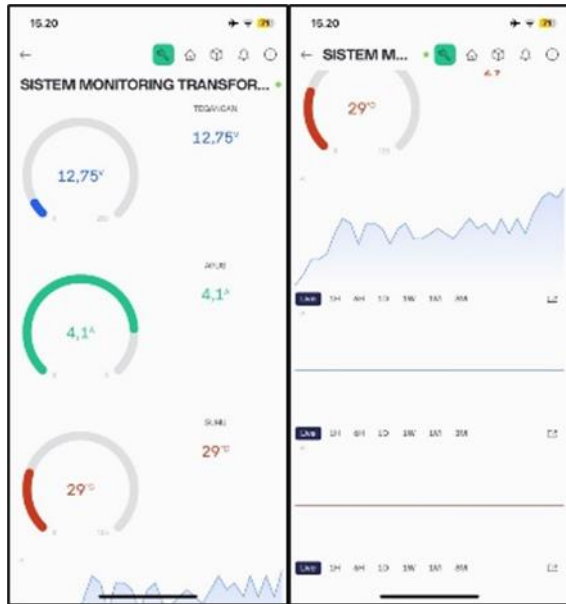
Pembuatan pemrograman terbagi menjadi dua bagian yaitu pemrograman sistem monitoring transformator menggunakan *software* Arduino IDE dan menyiapkan *WebServer* aplikasi *Blynk*. Pemrograman Arduino IDE sistem monitoring transformator dapat dilihat pada **Gambar 7**.

```

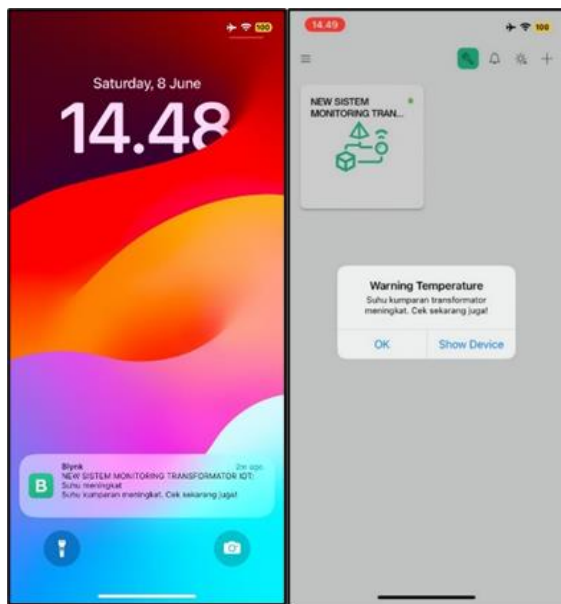
1 #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL63BrSb_un"
2 #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "SISTEM MONITORING TRANSFORMATOR"
3 #define BLYNK_AUTH_TOKEN "I8sM4RFzsrqRATj8RDj9i3gcPw_XLnt1"
4
5 #include <Wire.h>
6 #include <liquidCrystal_I2C.h>
7 #include <OneWire.h>
8 #include <DallasTemperature.h>
9 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
10
11 //VARIABLE JARINGAN
12 const char* ssid = "4G-MIFI-Yulia"; //ssid wifi bisa diganti
13 const char* password = "K1C020017"; //pass wifi bisa diganti
14 char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;
15
16 #define ZMPT_PIN_ADC 34 // ZMPT101B pin D34
17 #define ACS_PIN_ADC 35 // ACS712 pin D35
18 #define ONE_WIRE_BUS 4 // DS18B20 pin D4
19 #define I2C_ADDR 0x27 // Alamat LCD I2C 20x4
20 #define BACKLIGHT_PIN 13 // Backlight control
21 #define RELAY_PIN 26 // Relay pin
    
```

Gambar 7. Pemrograman Sistem Monitoring Transformator pada Arduino IDE

Setelah pembuatan program Arduino IDE selesai, langkah selanjutnya yaitu membuat *WebServer Internet of Things* pada *website Blynk* agar dapat terhubung aplikasi *Blynk* pada *smartphone*. Tampilan monitoring transformator pada aplikasi Blynk ditunjukkan pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Tampilan Sistem Monitoring Transformator pada Aplikasi Blynk



Gambar 9. Notifikasi Peringatan pada Aplikasi Blynk

D. Pengujian Sistem Monitoring Transformator dan Aplikasi Blynk

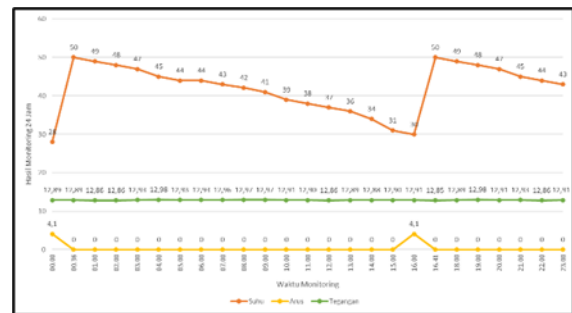
Pengujian ini mencakup beberapa aspek yaitu karakteristik sistem monitoring transformator, pengujian otomatisasi, dan pengujian stabilitas sistem selama 24 jam. Berikut merupakan hasil pengujian sistem monitoring transformator.

Tabel 2. Karakteristik Sistem Monitoring Transformator

Sensor	Parameter	Karakteristik Sistem	
		Error (%)	Akurasi (%)
Suhu DS18B20	Suhu (°C)	0,56	99,44
Arus ACS712 5 A	Arus (A)	1,65	98,35
Tegangan ZMPT101B	Tegangan (V)	1,91	98,09

Tabel 3. Pengujian Otomatisasi

Kondisi Transformator	Kondisi Relay	Kondisi Beban	Notifikasi Peringatan Blynk
Suhu 30-50 °C	Mati	Menyala	Tidak Ada
Suhu >50 °C	Menyala	Mati	Ada



Gambar 10. Pengujian Stabilitas Sistem Monitoring Transformator Selama 24 Jam

Secara keseluruhan, sistem monitoring transformator menunjukkan kinerja yang baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Sistem yang dibuat mampu memantau suhu, arus, dan tegangan transformator dengan tingkat akurasi tinggi yaitu 99,44% untuk suhu, 98,35% untuk arus, dan 98,09% untuk tegangan. Sistem ini juga berhasil mendeteksi kenaikan arus dan mengendalikan suhu transformator melalui sistem otomatisasi, di mana sistem akan mematikan beban secara otomatis dan mengirimkan notifikasi peringatan ke *smartphone* pengguna jika suhu >50 °C. Selain itu, nilai arus dan tegangan sepanjang waktu monitoring juga menunjukkan kestabilan sistem secara keseluruhan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat sistem monitoring transformator dengan implementasi *Internet of Things* menggunakan aplikasi Blynk telah berhasil dibuat dan berfungsi dengan baik. Sistem ini mampu memantau suhu, arus, dan tegangan transformator dengan tingkat akurasi yang tinggi, yaitu 99,44% untuk suhu, 98,35% untuk arus, dan 98,09% untuk tegangan. Hasil monitoring dapat diakses melalui aplikasi Blynk.

Selain itu, sistem otomatisasi bekerja sesuai harapan di mana beban dimatikan secara otomatis dan notifikasi peringatan dikirimkan jika suhu transformator melebihi 50°C. Sistem monitoring juga menunjukkan kinerja yang stabil selama pengujian selama 24 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prasetyo, B. E., Hayuhardhika, W., Putra, N., Syauqy, D., & Bhawiyuga, A., “Sistem Monitoring Trafo Distribusi PT.PLN(Persero) Berbasis IoT”. *Jtiik*, 7(1), 205–210,2020.
<https://Doi.Org/10.25126/Jtiik.202071951>.
- [2] Zebua, O., Komalasari, E., Alam, S., & Aldiansyah, A., “Rancang Bangun Alat Monitoring Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Berbasis Internet of Things. *Electrician*, 15(2), 146–152, 2021.
<https://Doi.Org/10.23960/Elc.V15n2.2203>.
- [3] Pertama, E., & Lestari, I., Maintenance “Preventive Pada Transformator Step-Down AV05 Dengan Kapasitas 150 Kv Di PT. Krakatau Daya Listrik”, *Science Of The Total Environment*, 9(1), 1–10, 2020.
<https://Doi.Org/10.1016/J.Scitotenv.2021.147444%0A>.
- [4] Madjid, A. R., & Suprianto, B., “Prototype Monitoring Arus, Dan Suhu Pada Transformator Distribusi Berbasis Internet of Things (IoT)”, *Teknik Elektro*, 8(01), 111–119, 2019. www.instructables.com.
- [5] Kulkarni, S. V., & Khaparde, S. A., *Transformer Engineering*, CRC Press, 2004
<https://Doi.Org/10.1201/9780367800598>.
- [6] Aidil, M., & Syukri, M., “Analisis Pengaruh Suhu Akibat Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Daya di Gardu Induk Lambaro”, *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, 3(2), 1–8, 2018.
- [7] Hanafi, D., & Aziz, Z., “Health Monitoring System For Transformer By Using Internet of Things (IoT)”, *International Journal of Electrical, Energy And Power System Engineering*, 5(1), 19–23, 2022.
<https://Doi.Org/10.31258/Ijeepse.5.1.19-23>.
- [8] Aditya, S., Jie, S., & Aliansyah, A. N., “Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Uji Analisis Performansi Tranformator Berbasis Internet Of Things (IoT)”, *Jurnal Fokus Elektroda: Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika Dan Kendali*, 7(2), 68, 2022.
<https://Doi.Org/10.33772/Jfe.V7i2.25345>.
- [9] Prasetyo, B. E., Hayuhardhika, W., Putra, N., Syauqy, D., & Bhawiyuga, A., Sistem “Monitoring Trafo Distribusi PT . PLN (Persero) Berbasis IoT”, *Jtiik*, 7(1), 205–210, 2020.
<https://Doi.Org/10.25126/Jtiik.202071951>.
- [10] Najib, W., Sulisty, S., & Widyawan, “Tinjauan Ancaman Dan Solusi Keamanan Pada Teknologi Internet Of Things (Review On Security Threat And Solution Of Internet Of Things Technology)”, *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 9(4), 2020.
- [11] Suprpto, D. E., “Monitoring Temperatur Trafo Distribusi 220 V Dengan Arduino Berbasis IoT”, *Inovtek Polbeng*, 9(1),155, 2019.
<https://Doi.Org/10.35314/Ip.V9i1.982>.
- [12] Widyatmika, I. P. A. W., Indrawati, N. P. A. W., & Prastya, I. W. W. A., “Perbandingan Kinerja Arduino Uno Dan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan”, *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, 13(1), 35–47, 2021.
<https://Doi.Org/10.5614/Joki.2021.13.1.4>.
- [13] Laisana, L., “Leak Current Detector In Low Voltage Network (Jtr) System Using ZMPT101B Sensor Based On The Internet Of Things (IoT)”, *International Journal Of Multidisciplinary Sciences And Arts*, 2(1), 48–54, 2023.

Rancang bangun *smart door double lock* menggunakan sensor RFID dan piezoelektrik dengan *home security detector* berbasis IoT

Ningrum Ayu Cahyani, Hartono, Umi Pratiwi

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman,
Jl. DR. Soeparno No.61, Karangwangkal, Purwokerto Utara, Banyumas 53122

*email: ayucahyani086@gmail.com

Abstrak – Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, kunci konvensional dinilai semakin tidak efisien. Selain rentan terhadap pembobolan, kunci konvensional juga lebih mudah diduplikat dan kurang praktis. Kekurangan-kekurangan pada sistem kunci konvensional tersebut dapat diatasi dengan beralih ke sistem kunci digital. Peneliti merancang dan membangun sistem *smart door double lock* yang dapat diakses menggunakan irama ketukan dan NUID pada RFID tag. Kunci pintu ada sistem ini juga diakses menggunakan ponsel android berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT). Selain itu, *smart door double lock* ini juga dapat mendeteksi adanya tindakan pembobolan dan langsung mengirimkan notifikasi kondisi anomali ke ponsel pengguna. Penelitian dilakukan dalam empat tahapan, yaitu persiapan, perancangan sistem, pembangunan sistem, dan pengujian sistem untuk mendapatkan karakterisasi dari sistem yang dibuat. Untuk dapat menghasilkan sistem yang sesuai, tahap perancangan sistem dibagi menjadi beberapa jenis diagram dan desain sistem, meliputi diagram blok, diagram pengkabelan, diagram skematik, desain prototipe 3D, dan desain antarmuka teknologi IoT. Dalam penelitian ini, sistem telah berhasil dibangun dan dapat berjalan dengan karakteristik statik berupa *error* sebesar 0% dan akurasi serta presisi sebesar 100% sehingga dapat dikatakan bahwa sistem telah berjalan dengan baik. Kebutuhan daya listrik dalam kondisi aktif *stand by* sebesar 1,788 W – 2,652 W, dan kebutuhan daya listrik ketika sistem aktif bekerja selama ± 6 detik sebesar 6,960 W – 8,016 W.

Kata Kunci: piezoelektrik, RFID, IoT, kunci digital.

Abstract – As science and technology advance, traditional locks are increasingly considered inefficient. Traditional keys are not only vulnerable to break-ins, but also easy to copy and impractical. The shortcomings of traditional locking systems can be overcome by switching to digital locking systems. Researchers have designed and built a smart double locking system for doors that can be accessed via the rhythm of knocking and the NUID of the RFID tag. The door locking system can also be accessed through an Android smartphone based on Internet of Things (IoT) technology. In addition, this smart double door lock can also detect intrusion and instantly send notifications of abnormal situations to the user's mobile phone. The research was conducted in four stages: preparation, system design, system development, and system testing to characterize the system. To create a suitable system, the system design phase is divided into several types of diagrams and system designs, including block diagrams, circuit diagrams, schematics, 3D prototype design, and IoT technology interface design. In this research, the system was successfully built and can run with static characteristics of 0% error and 100% accuracy, so it can be said that the system is working well. The power requirement in the active standby state was 1,788W to 2,652W, and the electrical power demand when the system is actively working for ± 6 seconds is 6.960 W - 8.016 W.

Key words: piezoelectric, RFID, IoT, digital lock.

PENDAHULUAN

Sistem pengaman pada pintu rumah maupun toko terbagi menjadi dua jenis, yaitu sistem konvensional dan sistem digital [1]. Sistem kunci digital memiliki tingkat keamanan yang jauh lebih tinggi dibanding sistem konvensional karena sistem ini dapat digabungkan dengan berbagai macam sensor yang tidak dapat dengan mudah diduplikat serta diakses oleh sembarang orang. Terdapat beberapa literatur berupa penelitian terdahulu yang menggunakan

berbagai sensor untuk menghasilkan sebuah sistem keamanan digital, seperti sistem *smart door lock* dengan menggunakan *keypad* dan sensor ultrasonik. Sistem keamanan digital menggunakan sms *gateway* [2]. Penelitian hampir serupa menggunakan sensor RFID (*Radio Frequency Identification*) dan piezoelektrik dan menghasilkan sistem keamanan satu tingkat yang berarti pintu dapat langsung terbuka ketika masukan (sandi) dari salah satu sensor bernilai benar [1]. Penggunaan teknologi IoT pada sistem keamanan rumah

telah sangat mungkin diterapkan, seperti sistem *smart door lock* dengan menggunakan sensor RFID, *fingerprint*, dan *keypad* serta dihubungkan dengan teknologi IoT menggunakan aplikasi android yang dibuat menggunakan *website* bernama App Inventor [3].

Konsep IoT telah banyak diterapkan di berbagai bidang, contohnya pada sistem *Smart Home* yang digunakan untuk memonitor serta mengontrol rumah dari manapun dan kapanpun [4]. Sistem kunci pintu digital yang telah banyak dibangun sebelumnya hanya memiliki satu tingkat keamanan dan belum banyak yang mengkombinasikan sistem kunci digital dengan sistem *home security detector* berbasis IoT. Guna menjawab masalah tersebut, peneliti merancang dan membangun sistem *Smart Door Double Lock* yang dapat otomatis membuka kunci pintu menggunakan irama ketukan dan ketika sistem berhasil mengenali identitas pengguna melalui *tap* RFID tag berupa E-KTP, kartu Mifare, ataupun *keychain* yang memiliki *chip* NUID di dalamnya. Pembacaan sensor pada sistem ini dilakukan secara berurut dimulai dari sensor piezoelektrik dan diakhiri dengan RFID *read* sehingga keamanan dari sistem ini menjadi bertingkat karena pengguna harus berhasil memasukkan kedua sandi tersebut secara berurut untuk dapat membuka akses kunci digital tersebut. Peneliti juga menambahkan teknologi *Internet of Things* sebagai *home security detector* dan sebagai tombol darurat ketika pengguna mengalami lupa kata sandi, atau ketika pengguna membutuhkan akses saat berada di tempat yang jauh.

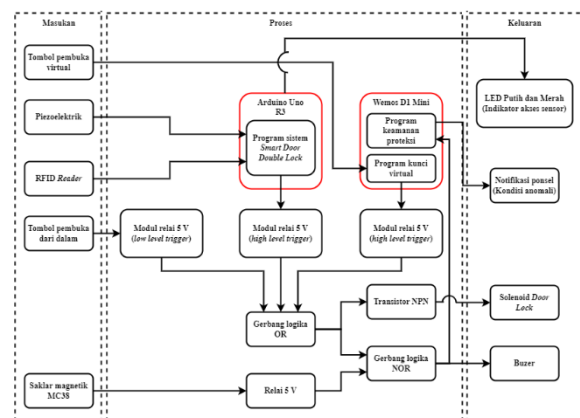
METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dalam tiga tahapan, perencanaan dan perancangan sistem, pembangunan prototipe, dan pengujian sistem.

A. Tahap Perancangan Sistem Smart Door Double Lock

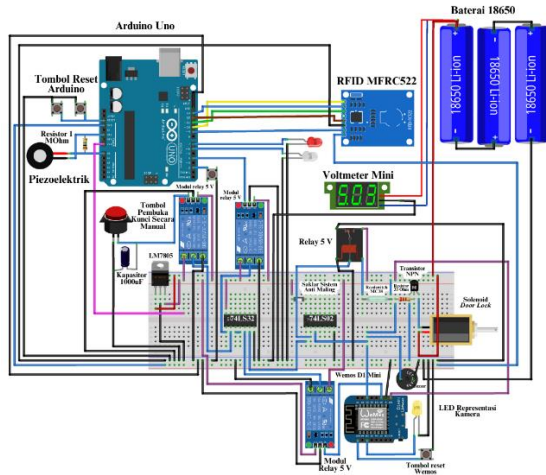
Sebelum melakukan penelitian, peneliti membuat desain sistem berdasarkan informasi yang telah didapatkan dari studi pustaka. Desain sistem yang dibuat mencakup diagram blok, diagram pengkabelan, desain prototipe 3D menggunakan *software* TinkerCAD, dan desain tampilan antarmuka teknologi IoT menggunakan *software* MIT App Inventor 2.

Diagram blok penelitian mencakup tiga bagian utama, yaitu masukan, proses, serta keluaran sistem *smart door double lock*. Pada **Gambar 1** terlihat bahwa bagian masukan memiliki lima komponen yang digunakan oleh sistem, yaitu sensor RFID, sensor piezoelektrik, tombol darurat secara virtual yang terhubung dengan teknologi IoT, tombol pembuka kunci manual, dan sensor *magnetic switch* dengan tipe saklar *normally open*. Masing-masing sinyal dari perangkat masukan diolah oleh mikrokontroler berupa Arduino Uno. Kemudian, hasil sinyal keluaran dari mikrokontroler akan masuk ke IC gerbang logika tipe TTL untuk dilakukan pengolahan logika dan diteruskan ke keluaran yang dibutuhkan. Terdapat beberapa keluaran yang digunakan dalam sistem ini, yaitu LED Hijau dan Merah sebagai indikator status masukan sensor (berhasil atau gagal menyimpan/membaca sandi pada mikrokontroler), aktuator berupa solenoid *door lock* 12 Volt sebagai pengunci pintu mekanik, *buzzer* sebagai alarm saat kondisi anomali (terjadi pembobolan), dan satu buah LED merah sebagai representasi kamera *home security detector*.



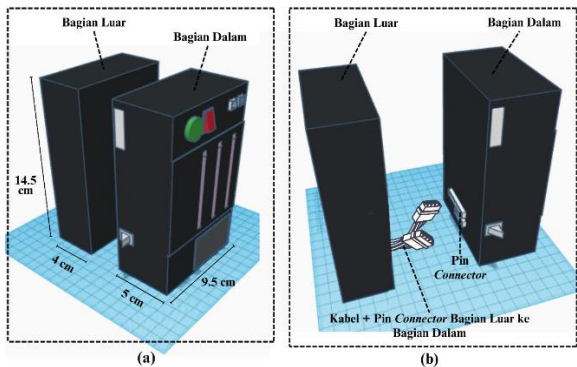
Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Diagram pengkabelan sistem *smart door double lock* dirancang untuk mempermudah melakukan pembangunan sistem. Kedua diagram tersebut memiliki fungsi yang hampir serupa, tetapi tetap ada perbedaan antara keduanya. Diagram pengkabelan sistem berfungsi untuk menunjukkan koneksi fisik antar komponen dalam rangkaian sistem, sedangkan diagram skematik berfungsi untuk menunjukkan koneksi antar komponen secara simbolis. Diagram pengkabelan sistem dapat dilihat pada **Gambar 2**.

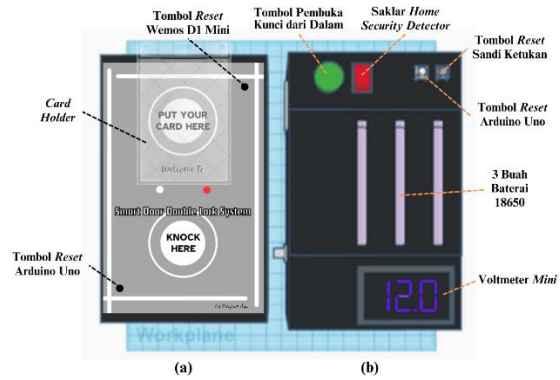


Gambar 2. Diagram Pengkabelan Sistem *Smart Door Double Lock*

Desain Prototipe 3D Sistem *Smart Door Double Lock*. Sistem *Smart Door Double Lock* dipasangkan pada prototipe berbentuk rumah dengan tipe 20/36 berskala 1:10. Satu buah LED merah yang digunakan sebagai representasi kamera diletakkan pada pintu bagian dalam rumah seperti pada. Dimensi sistem *smart door double lock* lebih detail dapat dilihat pada **Gambar 3**, sedangkan desain tampilan sistem dapat dilihat pada **Gambar 4**.

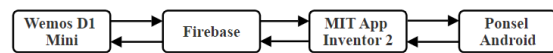


Gambar 3. Dimensi Sistem *Smart Door Double Lock*, (a) Tampak Dalam Menyamping, (b) Tampak Menyamping



Gambar 4. Desain Tampilan *Smart Door Double Lock*, (a) Bagian Luar, (b) Bagian Dalam

Antarmuka teknologi IoT digunakan sebagai jembatan antara pengguna dengan sistem *smart door double lock*. Sistem ini dapat diatur atau digunakan menggunakan teknologi IoT melalui sebuah aplikasi pada *smartphone* yang dibuat melalui *website* MIT App Inventor 2. Basis data yang digunakan untuk keperluan IoT disimpan pada *webservice* berupa *cloud* Firebase. Teknologi IoT yang diterapkan memiliki beberapa bagian, seperti yang terlihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Diagram Blok Teknologi IoT *Smart Door Double Lock*

B. Tahap Pembangunan Prototipe Sistem *Smart Door Double Lock*

Pada tahap pembangunan prototipe, penelitian dapat dimulai dengan membuat sistem irama ketukan pada piezoelektrik, mengintegrasikan RFID tag (kartu Mifare Classic 1K), e-KTP, dan keychain) dengan RFID reader, sistem *home security detector*, dan teknologi IoT sebagai sistem *home security detector* dan tombol pembuka *emergency*. Setelah semua sistem dibuat, selanjutnya dilakukan penggabungan menjadi sistem akhir berupa prototipe *smart door double lock* berbasis IoT menggunakan sensor RFID dan piezoelektrik.

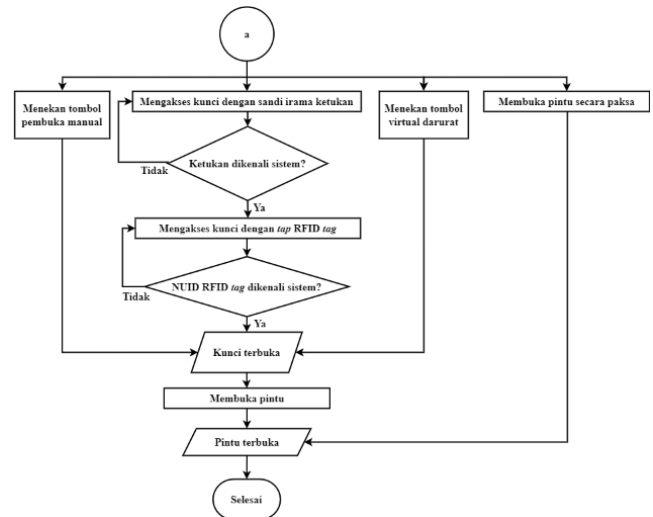
C. Tahap Pengujian Sistem *Smart Door Double Lock*

Guna mengetahui tingkat keberhasilan sistem *smart door double lock*, dilakukan tahap pengujian atau karakterisasi. Karakterisasi yang dilakukan berupa karakterisasi statis. Hal ini dikarenakan sistem *smart door double lock*

memiliki masukan yang konstan dengan harus menyesuaikan kode ketukan sandi dan alamat RFID tag yang telah tersimpan pada sistem. Karakteristik statis terdiri atas kalibrasi, ketelitian (akurasi), ketepatan (presisi), kepekaan, jangkauan (*rangeability*), dan kesalahan (*error*) [5]. Karakterisasi sistem yang diuji pada penelitian ini meliputi akurasi, presisi, dan *error*.

Diagram Alir Sistem Smart Door Double Lock

Smart door double lock bekerja secara sistematis seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6**. Ketika sistem diaktifkan, pengguna dapat mulai mengakses kunci dengan sandi irama ketukan. Jika sandi yang dimasukkan benar, pengguna dapat mengakses kunci kedua yaitu melakukan tap kartu NUID RFID pada RFID reader. Jika kartu yang di-tap pengguna telah terdaftar pada sistem, kunci pintu dapat otomatis terbuka dengan aman. *Smart door double lock* juga dilengkapi dengan sistem *smart home detector* yang dapat mendeteksi adanya pembobolan (terbuka, tetapi tidak melalui serangkaian cara akses) dan dapat mengirimkan notifikasi terjadinya pembobolan pada sistem kepada ponsel pengguna menggunakan teknologi IoT.



Gambar 6. Diagram Alir Sistem *Smart Door Double Lock*

HASIL DAN PEMBAHASAN

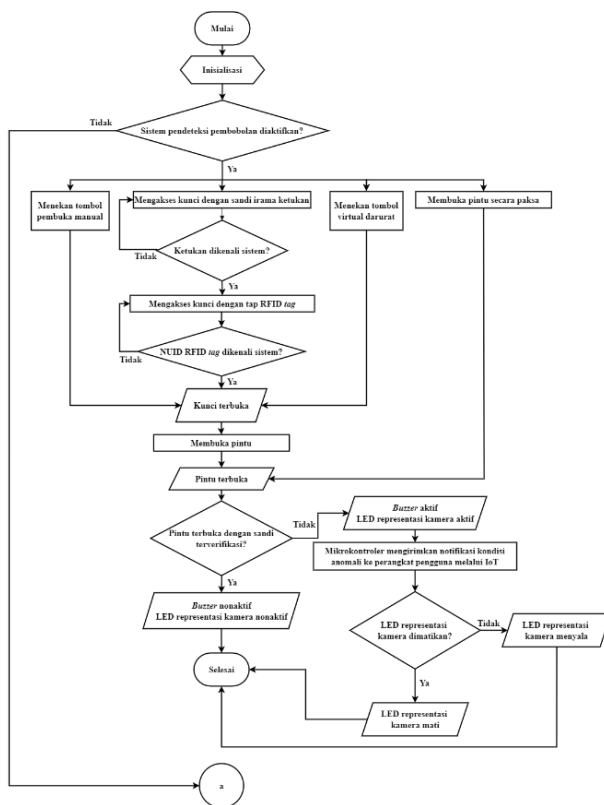
A. Hasil Fisik Sistem *Smart Door Double Lock* dan Prototipe Rumah

Sistem *smart door double lock* telah berhasil dibuat dalam dua bagian, yaitu bagian luar dan bagian dalam. Bagian luar sistem memiliki dimensi 14,5 cm × 4 cm × 9,5 cm, sedangkan bagian dalam sistem memiliki dimensi 14,5 cm × 5 cm × 9,5 cm. Masing-masing bagian sistem memiliki penampang sebagai antarmuka pada pengguna.

B. Pengujian Hardware Sistem *Smart Door Double Lock*

Pengujian Sensor Piezoelektrik

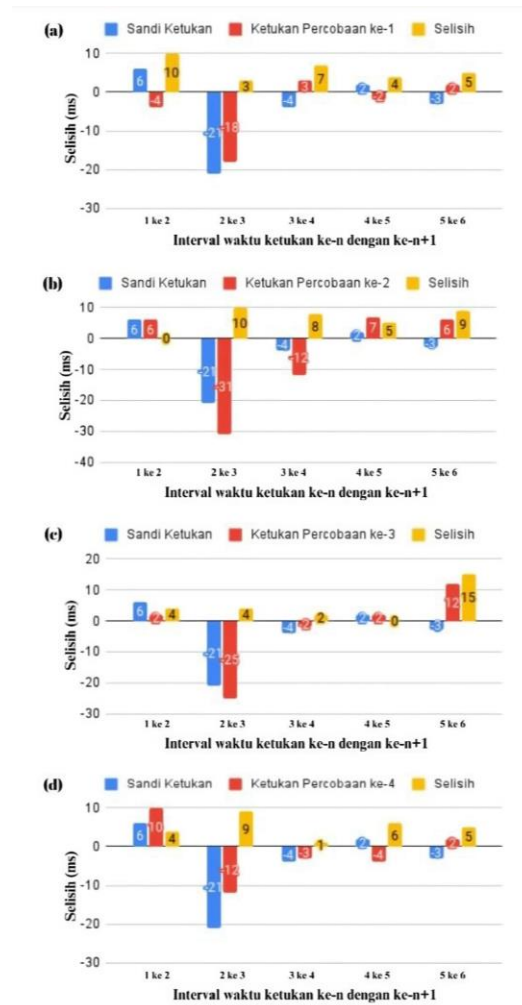
Pengujian batas toleransi tempo dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh toleransi selisih ketukan pada sistem. **Gambar 7** menunjukkan hasil pengujian selisih interval waktu antara ketukan pada setiap pengulangan percobaan. Data ketukan pada setiap pengulangan selanjutnya dicocokkan dengan ketukan pada sandi yang telah ditetapkan sebelumnya. Dari delapan kali percobaan, telah dilakukan dua macam variasi uji akses, yaitu memasukkan empat kali sandi ketukan dengan benar untuk mendapatkan hasil akses berhasil dan memasukkan empat kali sandi ketukan salah untuk mendapatkan hasil akses gagal.



	Interval Waktu Ketukan (ms)						Lampu Indikator Kunci	Kesimpulan Akses
	1 ke 2	2 ke 3	3 ke 4	4 ke 5	5 ke 6	6 ke 7		
Sandi ketukan tersimpan	54	48	69	73	71	74	-	-
Ketukan percobaan 1	Benar	57	61	79	76	78	Menyala	Berhasil
Ketukan percobaan 2	Benar	49	43	74	86	79	Menyala	Berhasil
Ketukan percobaan 3	Benar	58	56	81	83	81	Menyala	Berhasil
Ketukan percobaan 4	Benar	41	31	43	46	50	Menyala	Berhasil
Ketukan percobaan 5	Salah	47	61	28	25	75	Mati	Gagal
Ketukan percobaan 6	Salah	94	26	26	87	23	Mati	Gagal
Ketukan percobaan 7	Salah	45	50	85	73	62	Mati	Gagal
Ketukan percobaan 8	Salah	45	33	49	19	18	Mati	Gagal

Gambar 7. Pengujian Batas Toleransi Tempo (Tempo Irama Balonku Ada Lima)

Masing-masing variasi uji akses selanjutnya dianalisis untuk mengetahui kesesuaian batas toleransi interval waktu ketukan yang telah ditetapkan pada pemrograman sistem dan realitas kerja sistem. Analisis toleransi tempo ketukan dilakukan dengan cara mencari terlebih dahulu jarak waktu dari masing-masing interval ketukan (ketukan 1 ke 2, 2 ke 3, dan seterusnya). Nilai pada perhitungan jarak waktu dapat berupa angka negatif karena tipe data yang digunakan pada pemrograman sistem untuk variabel waktu tersebut merupakan bilangan bulat. Setelah jarak interval ketukan sandi yang ditetapkan dan jarak interval ketukan pengulangan percobaan didapatkan, kedua rangkaian data tersebut dapat dihitung nilai selisihnya seperti pada seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Perbandingan Selisih Interval Waktu Akses Berhasil antara Sandi Tersimpan dan Ketukan Percobaan ke-n, (a) Percobaan ke-1, (b) Percobaan ke-2, (c) Percobaan ke-3, (d) Percobaan ke-4

Grafik-grafik pada **Gambar 8** menunjukkan nilai selisih untuk akses ‘Berhasil’ berada pada rentang 0-15 ms. Data tersebut menunjukkan bahwa sistem kunci sensor piezoelektrik sudah berjalan sesuai perintah yang ditetapkan pada pemrograman sebelumnya yang bernilai 25 ms seperti pada **Gambar 9** sehingga semua variasi selisih dinyatakan gagal ketika terdapat selisih yang bernilai lebih dari atau sama dengan 25 ms.

```
const int rejectValue = 25;
```

Gambar 9. Batas Toleransi Interval Ketukan Sensor Piezoelektrik pada Pemrograman Arduino Uno

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari delapan kali percobaan, semua lampu indikator kunci berhasil menyala. Itu berarti tidak semua akses kunci dapat dinyatakan berhasil terbaca. Dengan demikian, persentase *error*, akurasi, dan presisi dari pengujian ini adalah 0%, 100%, dan

100% sehingga sensor piezoelektrik yang telah terintegrasi oleh program sandi ketukan pada mikrokontroler dapat masuk ke dalam kategori sangat baik.

Pengujian Sensor RFID

Uji rentang pembacaan dilakukan untuk mengetahui apakah sensor RFID reader sudah dapat bekerja dengan baik dan seberapa jauh jangkauan pembacaan RFID reader. Pengujian dilakukan menggunakan tiga jenis RFID tag yang berbeda, yaitu *keychain*, kartu MiFare, dan E-KTP. Jarak pengujian yang ditetapkan adalah 0 cm sampai 5 cm dengan hasil berupa ketiga jenis RFID tag memiliki jarak maksimum pembacaan yang berbeda. Jarak terjauh yang dapat dibaca RFID reader jenis kartu Mifare sejauh 4,5 cm; *keychain* sejauh 2,5 cm; dan E-KTP sejauh 1 cm sehingga dapat disimpulkan bahwa agar sistem *smart door double lock* dapat berfungsi dengan baik menggunakan ketiga jenis RFID tag, jarak terbaik antara RFID reader dan tag dibuat kurang dari atau sama dengan 1 cm. Selanjutnya dilakukan uji validasi akses untuk mengetahui apakah sistem kunci digital menggunakan RFID sudah berjalan dengan baik Hasil pengujian validasi akses dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Uji Validasi Akses

Jarak Pembacaan = 1 cm						
No	Jenis Tag	Status Pendaftaran	Status Lampu Indikator		Keterangan Akses	Status Validasi Akses
			Merah	Putih		
1.	Mifare 1	Terdaftar	Mati	Menyal a	Berhasil	Valid
2.	E-KTP 1 (D*S*)	Terdaftar	Mati	Menyal a	Berhasil	Valid
3.	E-KTP 3 (F*1**H)	Terdaftar	Mati	Menyal a	Berhasil	Valid
4.	<i>Keychain</i>	Tidak Terdaftar	Menyal a	Mati	Gagal	Valid
5.	Mifare 2	Tidak Terdaftar	Menyal a	Mati	Gagal	Valid
6.	E-KTP 2 (A*T***A)	Tidak Terdaftar	Menyal a	Mati	Gagal	Valid
7.	E-KTP 4 (H*S*I)	Tidak Terdaftar	Menyal a	Mati	Gagal	Valid
8.	E-KTP 5 (W*N*I)	Terdaftar	Menyal a	Mati	Gagal	Valid
Error						0%
Akurasi						100%
Presisi						100%

Ketika digunakan RFID tag dengan NUID (*Number Unique ID*) yang tidak terdaftar, sistem akan menolak akses yang ditandai dengan menyalnya LED berwarna merah, sedangkan ketika digunakan RFID tag dengan NUID yang telah terdaftar sebelumnya, sistem akan menerima akses yang ditandai dengan menyalnya LED putih. Dari delapan kali percobaan telah didapatkan hasil yang sesuai. RFID reader dapat merespon seluruh sampel tag

dengan baik dan sistem dapat merespon seluruh sampel tag sesuai dengan program yang ditanamkan pada mikrokontroler sehingga sensor RFID yang telah terintegrasi oleh program RFID pada mikrokontroler dapat masuk ke dalam kategori sangat baik.

Pengujian Saklar Magnetik (MC38)

Pengujian saklar MC38 dilakukan untuk mengetahui jenis saklar pada MC38 dan memastikan bahwa saklar dapat bekerja dengan baik. Total sebanyak 8 kali dengan dua macam variasi, yaitu pengujian dari jarak 0 cm sampai dengan 2 cm dan pengujian dari jarak 2 cm ke 0 cm.

Pengujian Akhir Sistem Smart Door Double Lock

Pengujian akhir akses sistem kunci digital dilakukan untuk mengetahui besar karakteristik statis sistem dalam membaca masukan berupa kombinasi dari sandi ketukan dan tap RFID tag. Pengujian dilakukan dengan cara mengetukkan sandi ketukan dan melakukan tap RFID tag pada sistem dengan pengulangan sebanyak sepuluh kali. Uji akses ini dilakukan dengan dua macam variasi, yaitu uji tanpa menekan tombol reset sistem setiap kali akan melakukan pengulangan pembacaan, dan uji dengan selalu menekan tombol reset sistem ketika akan melakukan pengulangan pembacaan. Dari hasil percobaan didapatkan persentase akurasi dan presisi sistem *smart door double lock* sebesar 100% pada kedua variasi.

Des	Masukan				A + B + C (OR) X	Hasil Kondisi Nyata Kunci Digital Z	Keluaran		
	A	B	C	D			X + D (NOR) Z	Hasil Kondisi Nyata	
								Home Security Detector	Home Security Detector
0	0	0	0	0	0	Tertutup	1	Aktif	
1	0	0	0	1	0	Tertutup	0	Tidak Aktif	
2	0	0	1	0	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
3	0	0	1	1	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
4	0	1	0	0	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
5	0	1	0	1	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
6	0	1	1	0	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
7	0	1	1	1	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
8	1	0	0	0	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
9	1	0	0	1	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
10	1	0	1	0	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
11	1	0	1	1	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
12	1	1	0	0	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
13	1	1	0	1	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
14	1	1	1	0	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
15	1	1	1	1	1	Terbuka	0	Tidak Aktif	
Error							0%		
Akurasi							100%		
Presisi							100%		

Gambar 10. Pengujian Tabel Kebenaran Sistem *Smart Door Double Lock* Gambar 10 terlihat bahwa kunci digital dapat terbuka ketika salah satu atau ketiga jenis pembuka kunci berhasil diakses (berlogika 1). Ketika tidak ada satupun pembuka kunci yang terakses, maka kunci pintu

tidak dapat terbuka, sedangkan sistem *home security detector* dapat aktif jika dan hanya jika saklar MC38 mendeteksi adanya pergerakan pintu dari tertutup menjadi terbuka (berlogika 1).

Pengujian Tegangan dan Daya Sistem Smart Door Double Lock

Pengujian rentang tegangan kerja sistem dilakukan untuk mengetahui rentang tegangan dari maksimum hingga minimum agar sistem dapat bekerja. Tegangan kerja pada solenoid *door lock* sangat penting untuk dijadikan batas maksimum tegangan dari sistem *smart door double lock* agar sistem dapat tetap aman dalam bekerja. Hal tersebut dikarenakan komponen solenoid *door lock* merupakan komponen yang membutuhkan tegangan terbesar pada sistem yaitu sebesar 12 V, sehingga tegangan tertinggi pada sistem ini ditetapkan di batas 12 V, sedangkan tegangan minimum sistem dapat didapatkan dari hasil pengujian rentang tegangan sistem yang telah dilakukan yaitu sebesar 10,5 V.

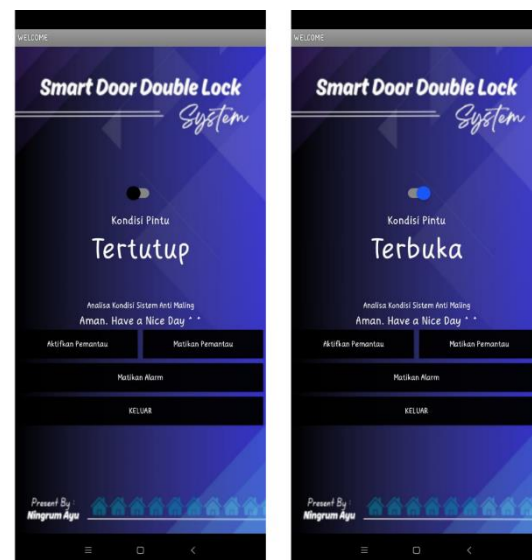
Selanjutnya dilakukan pengujian daya listrik sistem. Pengujian ini dilakukan untuk dapat mengetahui besarnya konsumsi daya yang digunakan oleh sistem ketika sedang aktif dengan cara mencatu daya sistem menggunakan *power supply* 12 V, lalu mengukur nilai arus dan tegangan menggunakan voltmeter dan amperemeter. Agar mendapatkan data yang lebih spesifik, pengujian diklasifikasikan menjadi empat skema kondisi berbeda, yaitu kondisi ketika sistem *home security detector* aktif dan pintu tertutup, ketika *system home security detector* aktif dan pintu terbuka, ketika sistem *home security detector* tidak aktif dan pintu tertutup, dan ketika sistem *home security detector* tidak aktif dan pintu terbuka. Masing-masing skema diuji berdasarkan tiga jenis akses kunci, yaitu akses melalui rangkaian sensor, melalui tombol virtual, dan melalui tombol manual.

Pengujian arus dan tegangan sistem dilakukan untuk mengetahui seberapa besar daya listrik yang dibutuhkan oleh sistem agar dapat aktif bekerja. Dari data hasil pengujian ketika kondisi solenoid *door lock* aktif, diketahui bahwa daya listrik yang dibutuhkan oleh sistem ketika sedang membuka kunci selama ± 6 detik berada pada rentang 6,960 W sampai 8,016 W, sedangkan ketika sistem berada pada kondisi aktif *stand by* (sistem aktif,

tetapi solenoid *door lock* tidak dalam kondisi aktif), sistem membutuhkan daya listrik pada rentang 1,788 W sampai 2,652 W.

Pengujian Software Sistem Smart Door Double Lock

Aktuator pengunci berupa solenoid *door lock* pada sistem dapat juga dikontrol menggunakan aplikasi berbasis android yang dibuat melalui *website* MIT App Inventor 2. Pada aplikasi ini, terdapat beberapa tombol yang dapat diakses oleh pengguna, di antaranya yaitu saklar pembuka kunci secara virtual, tombol untuk mengaktifkan dan mematikan LED representasi kamera, dan juga tombol mematikan alarm seperti pada **Gambar 11**. Selain itu, pengguna juga dapat mengetahui hasil *home security detector* melalui aplikasi ini. Ketika kondisi anomali terjadi, aplikasi berhasil membunyikan alarm berupa suara peringatan bahwa sedang terjadi kondisi anomali dan memunculkan notifikasi kondisi anomali yang terdapat tombol bertuliskan “Tindakan Lanjut” seperti pada **Gambar 12** dan memunculkan suara alarm peringatan pada ponsel pengguna. Ketika tombol tersebut ditekan, aplikasi akan otomatis terbuka dan pengguna dapat memutuskan tindakan lebih lanjut seperti mematikan alarm atau mematikan LED representasi kamera.



Gambar 11. Antarmuka Aplikasi *Smart Door Double Lock System*



Gambar 12. Notifikasi Kondisi Anomali

Berdasarkan **Gambar 10** dapat diketahui data hasil pengujian sistem akhir dengan menggunakan total 16 kombinasi dari 4 masukan, 8 di antaranya merupakan data akses ketika menggunakan tombol virtual IoT (masukan B). Dari data tersebut dapat dilihat bahwa seluruh kondisi nyata pada kunci digital dapat terbuka ketika masukan B berlogika 1 atau aktif. **Gambar 13** menunjukkan percobaan ketika beberapa kombinasi masukan dilakukan pengujian.



(a)



(b)



(c)

Gambar 13. Pengujian Kombinasi Masukan (a) Logika 0000, (b) Logika 0100, (c) Logika 0001

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian rancang bangun *smart door double lock* dengan *home security detector* berbasis IoT menggunakan sensor RFID dan piezoelektrik didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Rancang bangun sistem *smart door double lock* menggunakan sensor RFID dan piezoelektrik dengan *home security detector* berbasis IoT telah berhasil dibuat dan dapat berfungsi dengan baik karena hasil pengujian akurasi dan presisi masuk ke dalam kategori sangat baik.
2. Sistem *smart door double lock* menggunakan sensor RFID dan piezoelektrik dengan *home security detector* berbasis IoT memiliki karakteristik berupa: nilai *error* sistem ketika dijalankan tanpa menekan tombol reset dan ketika dengan menekan tombol reset sebelum mengakses kunci sebesar 0% sedangkan nilai akurasi dan presisinya didapatkan nilai sebesar 100%. Kebutuhan daya listrik dalam kondisi aktif *stand by* sebesar 1,788 W – 2,652 W, dan kebutuhan daya listrik ketika sistem aktif bekerja selama ± 6 detik sebesar 6,960 W – 8,016 W.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada seluruh dosen dan staf jurusan Fisika Universitas Jenderal Soedirman yang telah membantu peneliti dalam melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Putra and E. Fitriani, "Rancang Bangun pengaman Pintu Otomatis Dengan RFID (Radio Frequency Identification) Dan Sensor Piezoelektrik Menggunakan Arduino Uno," *Bina Darma Conference on Engineering Science*, vol. 2, no. 1, pp. 92–102, 2020.
- [2] R. M. E. Tama, H. Hermawan, and H. Pratiwi, "Rancang Bangun Sistem Kunci Pintu Digital Berbasis Arduino Mega 2560," *Widyakala*, vol. 5, no. 2, pp. 137–145, 2018, doi: <https://doi.org/10.36262/widyakala.v5i2.83>.
- [3] S. Kaya, E. A. Ayyıldız, and M. Ayyıldız, "SMART DOOR LOCK DESIGN WITH

- INTERNET OF THINGS,” *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, vol. 6, no. 2, pp. 201–206, 2022, doi: 10.46519/ij3dptdi.1074468.
- [4] C. Gunawan and T. N. Nizar, “Perancangan Sistem Kontrol dan Monitor Kunci Pintu Cerdas (Smart Lock) menggunakan Internet,” *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 1–7, 2019.
- [5] A. Nugraha and M. N. Ramadhan, *Buku Ajar Pengukuran Teknik dan Instrumentasi HMKK314*. 2018. [Online]. Available: https://mesin.ulm.ac.id/assets/dist/bahan/Pengukuran_Teknik_dan_Instrumentasi1.pdf