



UNISBA

# JURNAL QUA TEKNIKA

Jurnal Ilmiah Teknik

Vol.12, No.1, Maret 2022

ISSN : 2088 - 2424 (cetak)

ISSN : 2527 – 3992 (elektronik)



Diterbitkan Oleh :

UNIVERSITAS ISLAM BALITAR (UNISBA)

Fakultas Teknik

Jl. Mojopahit No.12A Telp/Fax. (0342)813145 Blitar, Jawa Timur.

[Http://qua.unisbablitar.journal.web.id](http://qua.unisbablitar.journal.web.id)

[www.unisbablitar.ac.id](http://www.unisbablitar.ac.id)



**QUATEKNIKA**

Jurnal Ilmiah Ilmu Teknik  
Fakultas Teknik Universitas Islam Balitar

**Susunan Redaksi**

**Manager Direktur:**

Ahmad Yufron, S.T, M.M

**Mitra Bestari :**

Prof.Dr.Ir. Adang Suwandi Ahmad (ITB – Bandung)  
Dr. Enjang Ahmad Juanda, M.Pd, M.T. (UPI – Bandung)  
Dr. Ir. Sri Umniati, M.T, (UM – Malang)  
Dr. Nindyawati S.T., M.T. (UM – Malang)  
Sucipto, M.Kom (UNP – Kediri)

**Editor Kepala :**

Nurjanah, S.T, M.Eng

**Editor Bagian:**

Syamsudin Nur Wahid, S.Si., M.Si  
Hazairin Nukmatul Lukma, S.Si, M.Pd  
Devis Yusofa, M.Pd  
Achendri M. Kurniawan, S.Pd, M.T  
Deddy Setyawan, M.Pd

**Editor Layout :**

Sri Widoretno, M.T

**Alamat Redaksi :**

Fakultas Teknik Universitas Islam Balitar, Blitar  
Jl. Majapahit No. 04 Kota Blitar Telp/Fax. 0342-813145

# QUA TEKNIKA

## JURNAL ILMIAH ILMU-ILMU TEKNIK

<b>PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR</b> Widianto, Widoretno, Mukhlison	<b>1</b>
<b>SISTEM PENGONTROLAN SUHU PADA PROSES BUDIDAYA BLACK SLODIER FLY (BSF) SEBAGAI ALTERNATIF PENGURANGAN SAMPAH ORGANIK</b> Riska Nur Wakidah	<b>17</b>
<b>ANALISIS ENERGI SPESIFIK PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG LEBAR</b> Suhudi, Arga Pandawa	<b>25</b>
<b>ANALISIS KERAPATAN 3D POINT CLOUDS PADA UAV FOTOGRAMETRI</b> Martince Novianti Bani	<b>46</b>
<b>IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO, LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK</b> Gregorius Aryoko Gautama , Yusron Firmansah , Linda Alya Grestika	<b>58</b>
<b>ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN</b> Kiki Frida Sulistyani, Danang Bimo Irianto	<b>82</b>
<b>PENGARUH SUBSTITUSI PASIR NGANTANG DENGAN PASIR SILIKA TUBAN TERHADAP KUAT TEKAN BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)</b> Bobby Asukmajaya R. R., Sugiharti	<b>98</b>
<b>EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL (STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN – JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)</b> Rifky Aldila Primasworo , Blima Oktaviastuti , Delan Efri Aldo	<b>106</b>
<b>ANALISIS SAMBUNGAN KONTRUKSI RANGKA ATAP BAJA BERAT IWF PADA BANGUNAN GUDANG MENGGUNAKAN PEMODELAN EKSPERIMENTAL DENGAN SPESIFIKASI SNI 03-1729-2002</b> Ahmad Khoiron, Nurjanah, Ahmad Yufron	<b>121</b>

--	--





**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO**  
**UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

---

**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO**  
**UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**

**Fakultas Teknik Universitas Islam Balitar**

**Jl. Majapahit 4 Blitar Jawa Timur**

**Email: [ekobay02@gmail.com](mailto:ekobay02@gmail.com)<sup>1)</sup>, [swretno@gmail.com](mailto:swretno@gmail.com)<sup>2)</sup>, [mukhlisonst@gmail.com](mailto:mukhlisonst@gmail.com)<sup>3)</sup>**

**ABSTRAK**

The energy source for electricity generation in Indonesia is mostly supplied from fossil energy, but this energy source will run out in the next 20 years. Various researches are now leading to the development of alternative energy sources such as solar energy. There are two kinds of solar energy utilization technologies, namely solar thermal energy technology and solar photovoltaic energy. Thermal solar energy in Indonesia is generally used for the drying process of agricultural and marine products, while photovoltaic solar energy is used to meet electricity needs, especially in remote areas. Most solar panels are installed permanently at a fixed angle. This causes the solar panels to be unable to absorb solar heat optimally because the sun is always moving. Therefore we need a tool that can move solar panels to follow the direction of the sunlight. The tool used is known as a solar tracker panel. This tool consists of an Arduino Uno as a microcontroller, an LDR (light dependent resistor) as a sensor and a servo motor to drive the solar panels. This tool is double axis, so it can (up and down) as well (to the left and right). The purpose of making this tool is to optimize the absorption of sunlight into the solar panels in order to further reduce the cost of spending electricity PLN. This type of research used in this research is quantitative research with a descriptive approach. The test results proved to be more efficient than the patented on-site solar panels. This tool is applied as a source of energy for water pumps and also for other items such as lamps, etc

**Kata Kunci :** *Solar Tracker*, Sumbu Ganda, LDR, Motor Servo

**PENDAHULUAN**

Listrik telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan masyarakat modern. Hampir semua aktivitas manusia, baik di rumah tangga, perkantoran, maupun industry sangat bergantung pada listrik. Listrik dapat dibangkitkan dengan menggunakan generator listrik. Kebutuhan masyarakat Indonesia akan energi listrik saat ini semakin tinggi. Hal ini seiring dengan penambahan jumlah penduduk dan juga kemajuan teknologi. Selisih perusahaan listrik negara (PLN) gencar

---

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO**  
**UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

---

mensosialisasikan program hemat listrik dari pukul 17.00 hingga 22.00. Alasan PLN melakukan ini adalah untuk efisiensi energi terutama dalam menghadapi beban puncak pada jam tersebut.

Energi fosil merupakan sumber energi yang memasok sebagian besar pembangkit listrik yang ada di Indonesia, namun karena energi fosil tidak dapat diperbaharui dan digunakan dalam skala besar maka kemungkinan akan habis sekitar 20 tahun kedepan. Berbagai penelitian kini memanfaatkan perkembangan sumber – sumber energi alternatif yaitu energi surya, energi air, energi angin, energi biomassa, energi panas bumi, energi gelombang laut, dan terakhir energi nuklir. Energi alternatif tersebut merupakan sumber energi yang bisa diperbaharui dan ramah lingkungan, kecuali energi nuklir. [1]

Indonesia merupakan daerah tropis yang mempunyai energi surya yang cukup besar setiap tahunnya, oleh karena itu pemanfaatan energi surya sebagai energi alternatif sebagai kebutuhan listrik di Indonesia sangatlah tepat. [2]

Pemanfaatan energi surya bisa menggunakan teknologi termal dan fotovoltaik. Fungsi termal digunakan untuk proses pengeringan hasil agraris dan kelautan. Energi fotovoltaik digunakan untuk sumber pemasok listrik di daerah terpencil. Energi fotovoltaik merupakan energi yang mengkonversi panas matahari menjadi arus listrik dengan menggunakan alat semikonduktor yang disebut panel surya (*solar cell*).

Pemasangan panel surya kebanyakan dipasang secara permanen dengan sudut yang tetap. Hal itu akan mengakibatkan panas matahari tidak terserap penuh oleh panel surya karena matahari selalu bergerak, oleh karena itu diperlukan alat yang bisa menggerakkan panel surya agar bisa mengikuti arah dari sinar matahari dan dapat menyerap panas matahari secara optimal.

Alat yang digunakan untuk mengikuti arah gerak matahari dikenal sebagai pelacak panel surya. Alat terdiri dari ARDUINO UNO sebagai mikrokontroler, LDR (*Light Dependent Resistors*) sebagai sensor untuk mengidentifikasi cahaya matahari, dan motor servo sebagai penggerak dari panel surya. Jadi tujuan utama dari perancangan alat ini adalah untuk memanfaatkan energi matahari menjadi sumber energi listrik.

Alat ini nanti akan di manfaatkan untuk sumber energi pompa air mancur mini kolam ikan.

### **Panel Surya**

*Solar panel* merupakan kumpulan rangkaian *solar cell*. *Solar cell* adalah suatu perangkat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* adalah suatu kondisi dimana munculnya tegangan listrik yang



---

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO**  
**UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**

---

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

---

disebabkan adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, *solar cell* atau *solar cell* sering disebut juga dengan sel *Photovoltaic* (PV). Sama halnya seperti baterai, *solar cell* juga dapat dirangkai secara seri maupun paralel. Gambar 1 merupakan contoh dari panel surya.



**Gambar 1 Panel Surya**

### **Arduino Uno**

Arduino Uno sendiri merupakan papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328 seperti pada gambar 2. Arduino Uno memiliki 14 digital pin input / output (atau biasa ditulis I/O, dimana 14 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM antara lain pin 0 sampai 13), 6 pin input analog, menggunakan crystal 16 MHz antara lain pin A0 sampai A5, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler.



**Gambar 2 Arduino Uno**

### **Motor Servo**

Motor servo adalah salah satu jenis motor DC yang menggunakan sistem umpan balik (feed back) dimana posisi rotornya akan diinformasikan ke rangkaian control yang ada pada servo seperti pada gambar 3. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut

---

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO**  
**UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

---

dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor servo.



**Gambar 3 Motor Servo**

**LDR (*Light Dependen Resistor*)**

Sensor LDR merupakan sebuah komponen penghambat (resistor) yang nilai hambatannya dapat berubah-ubah bergantung pada intensitas cahaya yang diterima oleh sensor ini sehingga digunakan dapat sebagai sensor cahaya. Semakin banyak cahaya yang mengenainya, maka nilai hambatannya semakin kecil. Sebaliknya jika semakin sedikit cahaya (gelap) yang diterima LDR, maka nilai hambatannya akan semakin besar sehingga aliran arus listrik akan terhambat. Gambar 4 merupakan contoh sensor LDR (*light dependen resistor*)



**Gambar 4 LDR ( light dependen resistor)**

**Push Button**

Tombol push-on adalah tombol yang digunakan untuk mengontrol kondisi on atau off suatu rangkaian listrik. Tombol push-on memiliki tipe kontak NO (*Normally Open*) dengan prinsip kerja tombol tekan adalah kerja sesaat maksudnya jika tombol kita tekan sesaat maka akan kembali pada posisi semula (hanya memicu Vcc sesaat). Gambar 5 merupakan contoh tombol push button.

---

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO**  
**UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

---



**Gambar 5 Push Button**

### **LED ( *Light Emitting Diode* )**

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. Gambar 6 merupakan contoh LED (*light emitting diode*).



**Gambar 6 LED ( *light emitting diode* )**

### **Potensiometer**

Salah satu jenis Resistor yang Nilai Resistansinya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan Rangkaian Elektronika ataupun kebutuhan pemakainya contoh potensio seperti pada gambar 7. Potensiometer merupakan Keluarga Resistor yang tergolong dalam Kategori Variable Resistor. Secara struktur, Potensiometer terdiri dari 3 kaki Terminal dengan sebuah shaft atau tuas yang berfungsi sebagai pengaturnya.

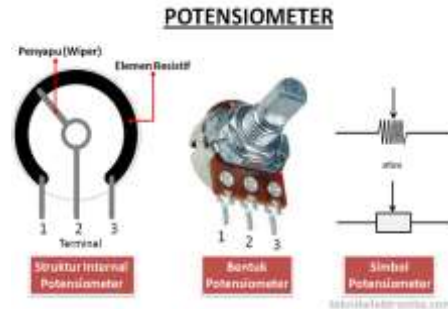
---

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO**  
**UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**

---

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

---



**Gambar 7 Potensiometer**

**Module TP 4056 + Protection**

Merupakan module untuk mengecharge baterai lhitium 18650 1A yang dilengkapi dengan 2 lampu indicator, masing – masing menunjukkan status mengisi ulang/ charging warna led merah dan saat baterai sudah terisi penuh warna led biru. Gambar module TP4056 ada pada gambar 8.

Modul ini menggunakan IC TP4056 yang merupakan IC pengisi ulang linear untuk baterai lithium 18650 dengan arus dan tegangan konstan yang dilengkapi dengan system pengaturan suhu. Tegangan konstan di 4,2V, ideal untuk digunakan mengisi ulang baterai tegangan kurang 3 – 3,7V. fitur lainnya dari ic ini adalah pemantau arus.



**Gambar 8 TP 4056**

**Pompa Air Mini 3 – 5V**

Merupakan pompa air DC yang fungsinya untuk menaikkan air keatas s/d 40 cm dan berkemampuan 240L/jam. Arus dari pompa mini ini sebesar 130 – 220 mA dengan besar pipa sebesar 7,5mm dan memiliki tegangan sebesar 3 – 5V. contoh gambar pompa air ada pada gambar 9.

---

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO**  
**UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

---



**Gambar 9 Pompa Air**

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Metode ini merupakan salah satu jenis penelitian yang spesifikasinya sistematis, terencana, dan terstruktur dari awal hingga pembuatan desain “Panel Pelacak Surya Sumbu Ganda Mode Otomatis Berbasis Arduino Uno Sebagai Catu Daya Motor Pompa Air”. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dengan tujuan untuk mendeskripsikan objek penelitian dan hasil penelitian. [3]

### **a. Sumber data [4]**

#### **1. Sumber data primer**

Data penelitian yang diperoleh dari sumber aslinya yang berupa pengumpulan data dengan cara melakukan pengembangan riset atau penelitian alat yang dibuat. Data di dapat dari pengujian sudut motor servo dan pengujian tegangan panel surya.

#### **2. Sumber data sekunder**

Data penelitian yang diperoleh dari peneliti secara tidak langsung melalui media perantara. Jenis data yang digunakan adalah kualitatif data ini digunakan untuk melengkapi atau menjelaskan serta memperkuat data agar dapat memberikan kemudahan dalam menganalisa alat yang dibuat. Data ini diperoleh dari data sheet panel surya, dan data sheet LDR (Light Dependent Resistor).

### **b. Teknik Pengumpulan Data**

#### **1. Observasi**

---

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

---

Melakukan pengamatan secara langsung dan pencatatan secara sistematis dari pembuatan dan pengujian Panel Pelacak Surya Sumbu Ganda Mode Otomatis Berbasis Arduino Uno Sebagai Catu Daya Motor Pompa Air.

**2. Dokumentasi**

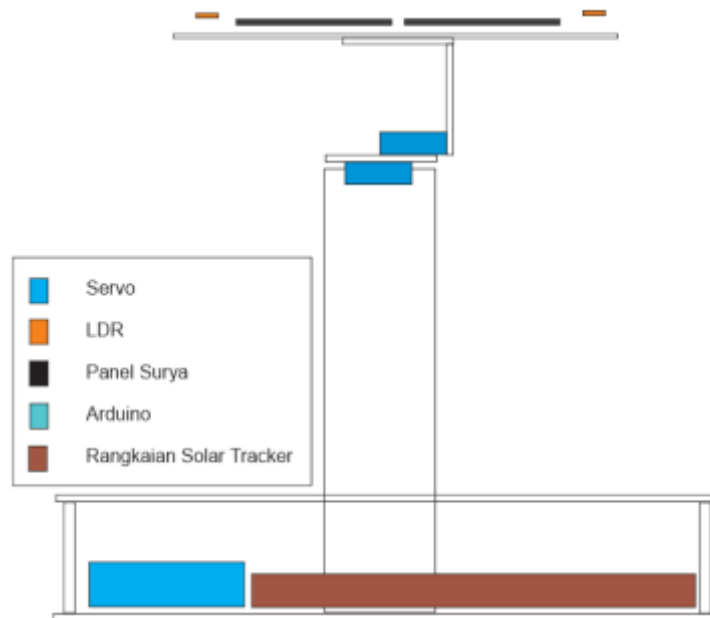
Pengumpulan data dilakukan dengan dokumen yang berhubungan dengan pembuatan perangkat ini.

**3. Studi literature**

Dalam pengumpulan data yang cukup peneliti perlu mempelajari beberapa buku literasi dan jurnal-jurnal untuk menentukan arah pembuatan perangkat ini. [5] [6]

**Operasional Variabel Penelitian**

**a. Perancangan perangkat keras**



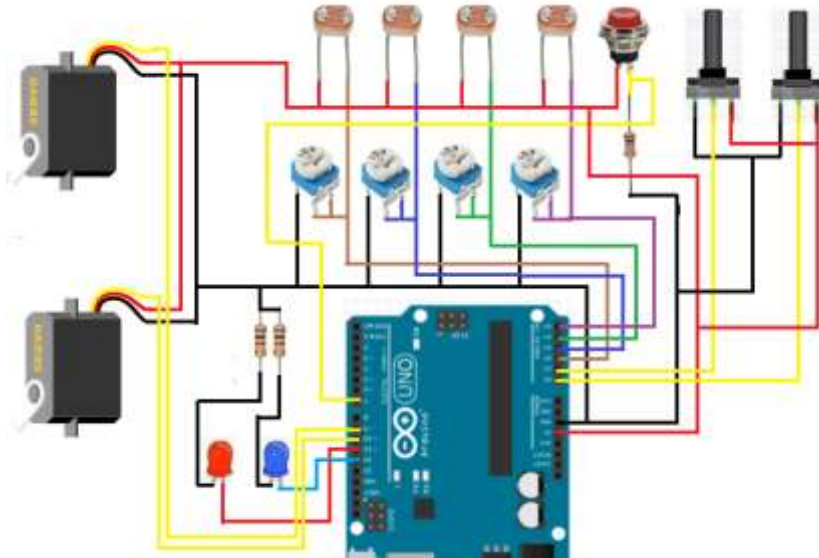
**Gambar 10 Desain Tata Letak Komponen Pada Panel Pelacak Surya Sumbu Ganda Berbasis Arduino Uno**

---

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO**  
**UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

---



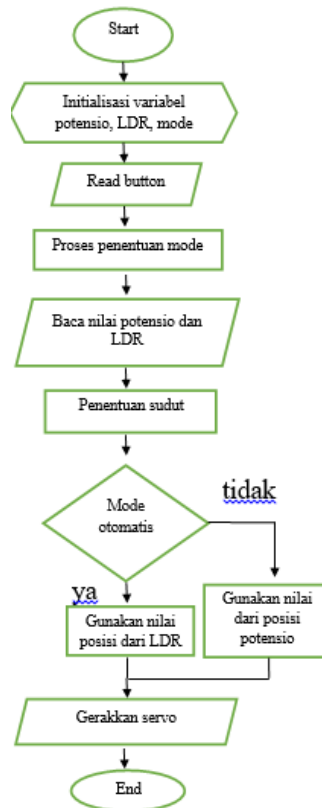
**Gambar 11 Skematik Panel Pelacak Surya Sumbu Ganda Berbasis Arduino Uno**

b. Flowchart panel pelacak surya sumbu ganda berbasis arduino uno

---

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

---



**c. Perangkat Lunak**

Setelah proses rangkaian hardware selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah membuat program pada aplikasi program Arduino IDE.

**d. Pembuatan Prototipe Panel Pelacak Surya Sumbu Ganda Berbasis Arduino Uno**

Prototipe panel pelacak surya berbasis ARDUINO UNO yang dirancang adalah komponen elektronik yang terdiri dari prototipe panel pelacak surya, solar panel, motor servo, LDR, potensiometer, LED dan push button. Prototipe panel pelacak surya dapat melacak sinar matahari dengan sumbu ganda menggunakan sensor LDR sebagai penerima cahaya untuk penggerak solar panel menggunakan motor servo.

**e. Uji Coba**



**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

Pada uji coba ini Prototype panel pelacak surya beserta modulnya akan diuji validitasnya terlebih dahulu oleh peneliti. Tujuan dari uji coba ini adalah untuk mengetahui sejauh mana kelayakan Prototype panel pelacak surya apakah siap diuji coba ke tahap selanjutnya.

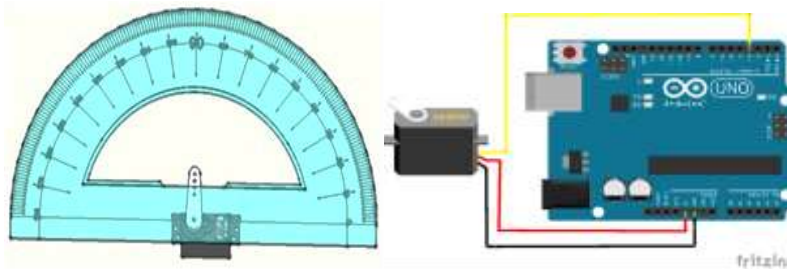
**f. Analisis Data**

Dilakukan dengan menuliskan data yang didapat dari menganalisa atau menguji system alat yang dibuat dalam hal kinerja sensor LDR (Light Dependent Resistor), keakuratan motor servo, dan pengujian tegangan panel surya.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**a. Uji coba motor servo**

Pengujian dilakukan dengan bantuan busur derajat guna mengetahui besar pergeseran dari motor servo. Pada program arduino motor servo disetting melakukan penambahan derajat sebesar 45° dengan waktu delay 3000 ms (3 detik).



**Gambar 12 Rangkaian Uji Coba Motor Servo**

**Tabel 1 Pengujian Sudut Servo**

Sudut yang diinginkan	Pembacaan busur derajat	Error (%)
0	0°	0%
10	13°	30%
20	23°	15%
30	35°	16,6%
40	45°	12,5%
50	53°	6%
60	65°	8,3%
70	73°	4,28%
80	84°	5%

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO**  
**UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

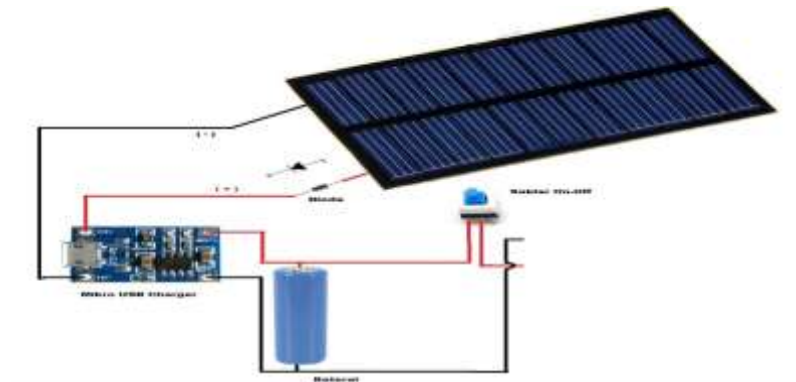
90	90°	0%
100	105°	5%
110	115°	4,54%
120	123°	2,5%
130	135°	3,84%
140	145°	3,57%
150	153°	2%
160	165°	3,12%
170	173°	1,76%
180	180°	0%

Selisih yang didapatkan dari pembacaan sudut menggunakan busur adalah 0 - 5°.

$$\text{Error: } \frac{(\text{sudut yang diinginkan} - \text{sudut pembacaan}) \text{ absolut}}{\text{sudut yang diinginkan}} \times 100\%$$

**b. Uji Coba Panel Surya**

Pengujian dilakukan untuk mengisi baterai lithium 18650 sebesar 2000 mAh dengan dirangkai dua buah panel surya secara paralel dengan menghasilkan tegangan 6V, arus 0,6A, dan daya sebesar 2 watt.



**Gambar 13 Rangkaian Uji Coba Panel Surya Pengisi Baterai Lhitium 2000 Mah**

$$\text{Rumus untuk pengisian baterai: } \frac{\text{kapasitas baterai}}{\text{arus panel surya}} \times 60 \text{ menit}$$

Jika menurut data sheet panel surya maka hasil pengisian baterai sampai penuh adalah

$$\frac{2A}{0,6 A} \times 60 \text{ menit} = 200 \text{ menit} / 3 \text{ jam } 20 \text{ menit.}$$

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO**  
**UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

**Tabel 2 Uji Coba Arus Tegangan Pada Keadaan Cerah**

Waktu	Arus panel surya	Arus baterai	$\frac{\text{kapasitas baterai}}{\text{arus panel surya}} \times 60 \text{ menit}$
09.00	0,3329A	2A	360 menit
10.00	0,3681A	2A	325 menit
11.00	0,4011A	2A	299 menit
12.00	0,4287A	2A	279 menit

Keterangan : kapasitas baterai 2000mAh dijadikan Ampere menjadi 2A.

Jadi rata – rata untuk arus panel surya sebesar  $\frac{1,5308}{4} = 0,3827A$ , dengan rata – rata pengisian baterai full  $\frac{2A}{0,3827A} \times 60 \text{ menit} = 313 \text{ menit}$ .

Dikarenakan intensitas sinar UV yang tidak sama setiap jamnya maka hasil dari arus yang dikeluarkan panel surya juga berubah – ubah.

**Tabel 3 Uji Coba Arus Tegangan Pada Keadaan Mendung**

Waktu	Arus panel surya	Arus baterai	$\frac{\text{kapasitas baterai}}{\text{arus panel surya}} \times 60 \text{ menit}$
09.00	0,1529A	2A	784 menit
10.00	0,1559A	2A	769 menit
11.00	0,2496A	2A	481 menit
12.00	0,2789A	2A	430 menit

---

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

---

Keterangan : kapasitas baterai 2000mAh dijadikan Ampere menjadi 2A.

Jadi rata – rata untuk arus panel surya sebesar  $\frac{0,8373}{4} = 0,209325A$ , dengan rata – rata pengisian baterai full  $\frac{2A}{0,209325A} \times 60 \text{ menit} = 573 \text{ menit}$ .

Maka hasil dari keadaan cerah adalah 313 menit/ 5 jam dan hasil dari keadaan mendung adalah 573 menit/ 9 jam. Jadi selisih yang dihasilkan antara keadaan cerah dan mendung adalah  $9 - 5 = 4$  jam. Pada saat keadaan mendung pengisian baterai lebih lama 4 jam dari keadaan cerah.

**c. Uji Coba Alat Panel Pelacak Surya Sumbu Ganda**

Uji coba ini dilakukan di depan rumah pada jam 06.00 sampai 17.30 menggunakan software LUX meter/pengukur intensitas cahaya yang telah ada di perangkat hp android dimana software ini di download di playstore. Software ini untuk membantu peneliti dalam menghitung intensitas cahaya matahari sebagai inputan dari LDR atau sensor cahaya. Berikut uji coba dari alat ini:

**Tabel 4 Uji Coba Panel Pelacak Surya Sumbu Ganda**

Jam	Nilai lux meter	Sudut V	Sudut H
06.00	524	144	89
07.00	8975	153	132
08.00	15463	68	168
09.00	44574	107	164
10.00	54692	114	180
11.00	79322	100	110
12.00	109965	153	116
13.00	12190	130	125

---

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO**  
**UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**

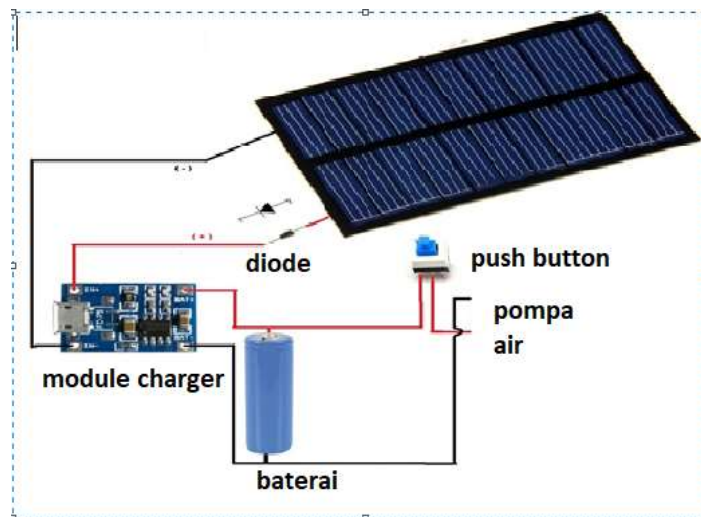
---

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

---

14.00	18918	123	98
15.00	4904	153	47
16.00	3102	91	84
17.00	1407	89	77
17.30	404	79	79

**d. Rangkaian Panel Surya ke Motor Pompa Air**



**Gambar rangkaian panel surya ke motor pompa air**

pada rangkaian panel pelacak surya sumbu ganda berbasis Arduino uno diaplikasikan untuk mencatu daya motor pompa air kolam ikan.

Cara kerja dari rangkaian tersebut adalah sinar matahari diterima oleh panel surya diteruskan ke module TP 4056 sebagai sumber tegangan ke baterai lhitium 18650 yang

---

**Eko Bayu Widiyanto<sup>1)</sup>, Sri Widoretno<sup>2)</sup>, Mukhlison<sup>3)</sup>**  
**PANEL PELACAK SURYA SUMBU GANDA MODE OTOMATIS BERBASIS ARDUINO**  
**UNO SEBAGAI CATU DAYA MOTOR POMPA AIR**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 1-16

---

diteruskan sebagai pencatu daya dari motor pompa air kolam ikan. Durasi yang bisa didapatkan baterai 2000mAh untuk mencatu daya pompa air DC adalah kurang lebih 13 jam.

Jika dimasukkan rumus  $\frac{\text{arus baterai}}{\text{arus motor pompa air}} \times 60 \text{ menit}$  maka hasil yang diperoleh untuk durasi baterai 2000mAh mencatu daya motor pompa air 130mA adalah  $\frac{2000}{130} \times 60 \text{ menit} = 923 \text{ menit}$ . Jadi durasi yang diperoleh 923 menit atau 15 jam.

## SIMPULAN

Hasil penelitian yang di dapatkan cukup efisien alat ini bisa menyimpan energi dari panel di transferkan ke baterai lithium 2000 Mah menggunakan module TP 4056, jadi pada saat panel tidak dapat panas dari matahari motor pompa air masih bisa berputar karena ada aliran tegangan dari baterai lithium 2000 Mah. Perbedaan nilai mode manual dan otomatis jika mode manual mengisi baterai sampai full durasi 7 – 8 jam dan untuk mode otomatis hanya 5 jam.

## REFERENSI

- [1] Priatman, J. 2000. Perspektif Arsitektur Surya Di Indonesia. Dimensi Teknik Arsitektur. Universitas Kristen Petra. Surabaya
- [2] Septiadi, D., Nanlohy, P., Souissa, M., dan Rumlawang, F.Y., 2009, Proyeksi Potensi Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan (Studi Wilayah Ambon dan Sekitarnya). Universitas Pattimura. Ambon.
- [3] Sugiyono , 2013. Metode Penelitian *Research and Development*. UGM Press. Yogyakarta.
- [4] Bungin Burhan. 2010. Metodologi Penelitian Kualitatif. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- [5] Fadhullah, Khalid. 2017. *Solar Tracking System* Berbasis Arduino. Fakultas SAINS dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
- [6] Fardani, Maulana Imam M. 2018. Perancangan Prototipe *2 Axis Solar Tracker* Guna Optimalisasi *Output Daya Solar Panel*. Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

---

**Riska Nur Wakidah**  
**SISTEM PENGONTROLAN SUHU PADA PROSES BUDIDAYA BLACK SLODIER FLY (BSF)**  
**SEBAGAI ALTERNATIF PENGURANGAN SAMPAH ORGANIK**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 17-24

---

**SISTEM PENGONTROLAN SUHU PADA PROSES BUDIDAYA BLACK SLODIER FLY (BSF)**  
**SEBAGAI ALTERNATIF PENGURANGAN SAMPAH ORGANIK**

**Riska Nur Wakidah**  
**Fakultas Teknik, Universitas Kahuripan Kediri**

**email: riskanurwakidah@kahuripan.ac.id**

**ABSTRAK**

Permasalahan sampah kini menjadi hal yang sudah cukup sulit untuk diselesaikan. Populasi yang semakin meningkat mengakibatkan volume sampah semakin besar. Bukan hanya sampah anorganik, kini sampah organik-pun sudah menjadi masalah lingkungan yang cukup besar. belum adanya pengolahan sampah secara maksimal menjadi faktor utamanya. Namun kini penelitian dan pengembangan terkait pengolahan sampah sudah mulai ditingkatkan. Dan salah satu solusi permasalahan sampah organik yang kini tengah ramai adalah menggunakannya sebagai media budidaya Black Slodier Fly (BSF) yang dapat digunakan sebagai pakan ternak. Black Slodier Fly (BSF) atau yang sering disebut manggot adalah salah satu spesies lalat yang dapat mendegradasi sampah organik dengan memanfaatkan larvanya yang akan mengekstrak energi dan nutrisi dari sampah organik sebagai bahan makanannya. Dalam perkembangannya, larva BSF sangat sensitif terhadap lingkungan luar seperti suhu dan media pemeliharannya. Larva BSF dapat berkembang secara optimal pada kisaran suhu 25-30<sup>o</sup> C. Suhu yang terlalu rendah atau tinggi dapat mempengaruhi perkembang biakan BSF dan bobot dari BSF itu sendiri. Dari permasalahan tersebut, pada penelitian ini dibuat kontrol suhu sehingga suhu pada kandang akan stabil pada suhu yang dibutuhkan BSF. Kontrol suhu dilaksanakan dengan desain sistem elektronika digital terprogram. Arduino digunakan sebagai controller dari sistem yang dijalankan. Metode kontrol yang digunakan berupa metode analisa hysteresis.

Kata kunci: Black Slodier Fly (BSF), kontrol suhu, arduino, metode hysteresis

**PENDAHULUAN**

Meningkatnya populasi manusia pada era ini berbanding lurus dengan sampah yang mereka hasilkan. Salah satu sampah terbesar yang mereka hasilkan adalah sampah organik. Sampah organik dengan jumlah yang besar akan memberikan dampak terhadap lingkungan maupun Kesehatan masyarakat sekitar [1, 2]. Untuk itu, perlu dilakukan pengolahan sampah yang tepat agar sampah organik dapat teratasi dengan tepat. Pengolahan sampah organik yang sudah dilakukan yaitu dengan menjadikannya pupuk kompos dan biogas. Selain hal tersebut, daur ulang sampah organik juga dapat dilakukan dengan biokonversi. Biokonversi merupakan salah satu proses pengolahan sampah organik untuk menjadi produk bernilai tinggi dengan melibatkan mikroorganisme seperti jamur, ragi, bakteri dan larva [3]. Salah satu proses biokonversi yaitu menggunakan bantuan larva, larva tersebut mengkonversi nutrisi dari sampah dan disimpan sebagai biomasnya. Larva yang digunakan dalam proses ini adalah Black Slodier Fly (BSF).

Black Slodier Fly (BSF) merupakan spesies lalat yang dapat mendegradasi sampah organik dengan memanfaatkan larvanya yang akan mengekstrak energi dan nutrisi dari sampah organik sebagai bahan makanannya [1]. BSF sendiri dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak bernutrisi tinggi. Dalam perkembangannya, BSF sangat sensitif terhadap lingkungan luar seperti suhu dan media pemeliharannya [4, 5]. Suhu yang terlalu rendah atau tinggi dapat mempengaruhi perkembangbiakan dan bobot BSF. Suhu yang tepat untuk budidaya BSF adalah kisaran 25 – 30 °C [4]. Dengan suhu kandang yang stabil, produktifitas BSF akan lebih optimal.

**Riska Nur Wakidah**

**SISTEM PENGONTROLAN SUHU PADA PROSES BUDIDAYA BLACK SLODIER FLY (BSF)  
SEBAGAI ALTERNATIF PENGURANGAN SAMPAH ORGANIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 17-24

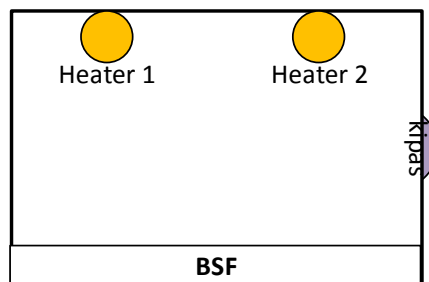
Pengontrolan suhu pada kandang BSF menjadi salah satu hal penting dalam perkembangannya. Suhu pada kandang diharapkan stabil sesuai dengan kebutuhan BSF selama masa perkembangannya. Namun sejauh ini, peternak BSF masih menggunakan cara manual dalam menjaga kestabilan suhu [4]. Para peternak harus melakukan pengecekan suhu secara rutin pada kandangnya. Hal tersebut menyebabkan suatu masalah apabila para peternak lupa dalam pengecekan kandangnya, suhu yang terus meningkat dapat menyebabkan BSF mengalami penurunan daya tahan tubuh dan akan mati. Selain itu, masih ada juga petani yang belum memperhatikan tingkat suhu kandang dalam budidaya. sehingga, produktifitas BSF tidak bisa maksimal [4].

Dari permasalahan tersebut, maka dibutuhkan suatu alat pengontrol suhu yang dapat membuat suhu pada kandang stabil tanpa harus dipantau terus menerus. Pengontrolan dilakukan dengan menggunakan Arduino, relay, sensor suhu dan lampu pijar.

Dengan adanya alat ini bertujuan untuk membantu peternak BSF dalam melakukan budi daya BSF. Peterenak tidak perlu melakukan pengecekan kandang secara berkala. Lampu pijar akan otomatis mati ketika mencapai suhu maksml ( $30^{\circ}\text{C}$ ), dan akan menyala ketika suhu minimal ( $25^{\circ}\text{C}$ ). metode yang diterapkan dalam kontrol suhu adalah metode hysteresis [7] Selain membantu para peternak, dengan adanya alat ini bertujuan untuk dapat membantu menyelesaikan permasalahan sampah organic yang semakin besar.

#### PEMODELAN SISTEM

Alat pengontrolan optimasi suhu pada kandang BSF ini didesign sesuai dengan Gambar 1. Lampu dipasang dari atas dan ditambahkan dengan kipas disampingnya kearah keluar untuk meratakan suhu didalam ruangan. Lampu yang digunakan pada sistem adalah lampu pijar. Lampu pijar dapat menghantarkan panas dibandingkan dengan lampu LED [8]. Jumlah lampu pijar yang dipasang tergantung dari luar kandang yang digunakan. Pada penelitian ini, dibuat dengan 2 lampu pijar.

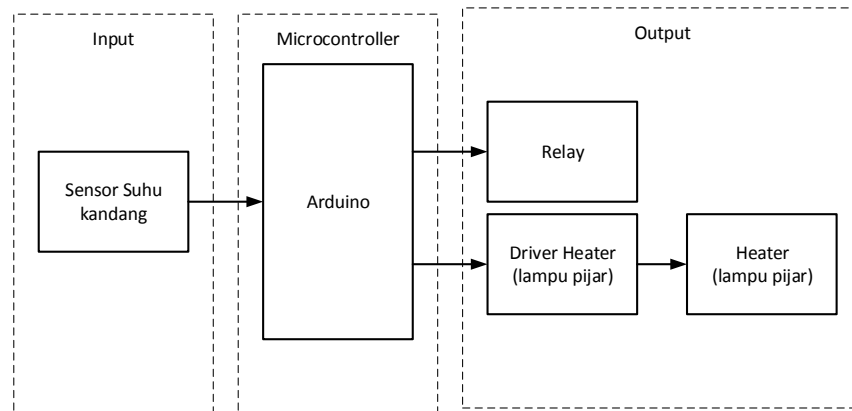


**Gambar 1.** Design Mekanik Alat

*Blok Diagram Sistem*



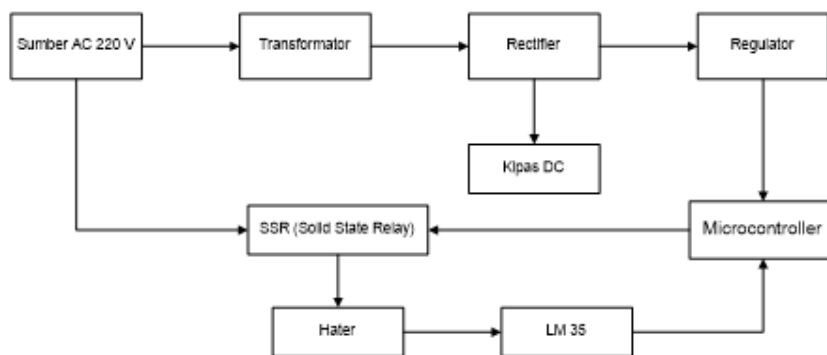
**Riska Nur Wakidah**  
**SISTEM PENGONTROLAN SUHU PADA PROSES BUDIDAYA BLACK SLODIER FLY (BSF)**  
**SEBAGAI ALTERNATIF PENGURANGAN SAMPAH ORGANIK**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 17-24



**Gambar 2.** Blok Diagram Sistem

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2., pada sistem ini terdapat tiga blok yang diantaranya adalah blok input, Microcontroller, dan Output. Blok input yaitu sensor suhu yang berfungsi untuk membaca suhu yang ada di ruang kandang, dan diteruskan ke blok microcontroller yang dalam sistem ini menggunakan Arduino. Masukan dari blok input akan diterima oleh Arduino dan akan memberikan perintah ke blok output. blok output terdiri dari relay dan heater. Karena masukan heater berupa tegangan AC, maka dibutuhkan driver heater untuk menjembatani output tegangan DC dari Arduino ke heater.

*Diagram Blok Sistem Elektrik*

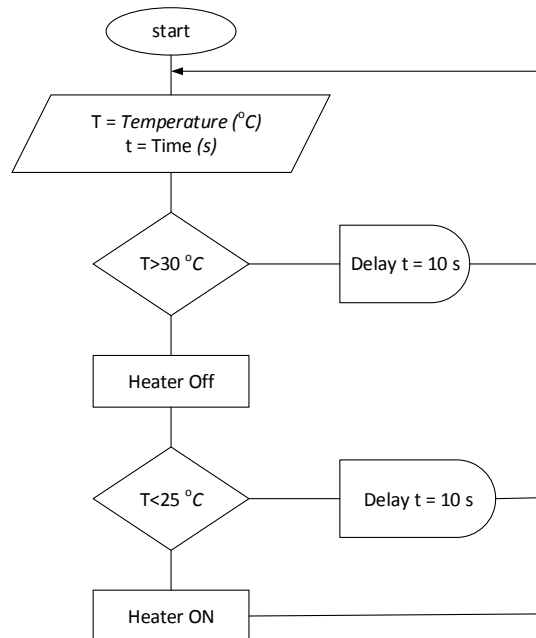


**Gambar 3.** Diagram Blok Sistem Elektrik

Blok diagram sistem elektrik ditunjukkan pada Gambar 3. Sumber dari sistem berupa tegangan AC 220 V untuk memberi masukan ke transformator dan SSR (Solid State Relay). Dari transformator tegangan diturunkan sesuai kebutuhan sistem, dalam hal ini 12V. Tegangan 12V yang sudah diturunkan dari transformator disearahkan dengan rectifier dan dilanjutkan ke regulator untuk keluaran yang stabil. Tegangan keluaran dari regulator berupa tegangan DC 12 V untuk tegangan masukan Arduino.

**Riska Nur Wakidah**  
**SISTEM PENGONTROLAN SUHU PADA PROSES BUDIDAYA BLACK SLODIER FLY (BSF)**  
**SEBAGAI ALTERNATIF PENGURANGAN SAMPAH ORGANIK**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 17-24

*Flowchart Sistem Kontrol*

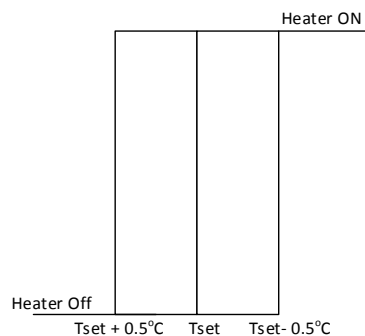


**Gambar 4.** Flowchart Sistem Kontrol

Flowchart sistem kontrol ditunjukkan Gambar 4. Parameter terkontrol adalah besarnya suhu didalam sistem. Apabila suhu leboh dari 30°C maka Heater akan OFF dan apabila suhu kurang dari 25°C maka Heater akan ON. Dengan sistem kontrol yang diterapkan, diharapkan suhu di ruangan sesuai dengan kebutuhan BSF, dan bisa meningkatkan produksi dari BSF itu sendiri.

*Metode Histerisis*

Metode histerisis digunakan agar sistem elektrik tidak terlalu sering untuk on/off. Sistem elektrik yang terlalu sering on/off dapat merusak perangkat keras, dan konsumsi daya lebih [riska]. Jarak suhu dibuat pada metode ini, heater akan ON ketika  $T_{set} + 0.5^{\circ}\text{C}$  dan off  $T_{set} - 0.5^{\circ}\text{C}$ . metode histerisis digambarkan sesuai dengan Gambar 5.



**Gambar 5.** Metode Histerisis

---

**Riska Nur Wakidah**  
**SISTEM PENGONTROLAN SUHU PADA PROSES BUDIDAYA BLACK SLODIER FLY (BSF)**  
**SEBAGAI ALTERNATIF PENGURANGAN SAMPAH ORGANIK**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 17-24

---

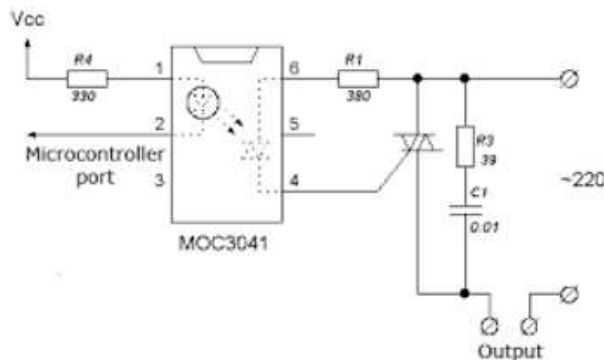
## HASIL DAN PEMBAHASAN



**Gambar 6.** *Prototype* Mekanik Kandang BSF Terkontrol

*Prototype* sistem kontrol suhu pada proses budidaya BSF ditunjukkan pada Gambar 6. Dapat dilihat bahwa heater yang digunakan adalah lampu pijar seperti yang telah dijelaskan pada point 2. Blower juga ditambahkan pada sistem yang berfungsi untuk meratakan suhu didalam kandang. Selain itu, kipas juga bisa membantu proses pendinginan apabila terjadi suhu berlebih didalam kandang.

### *Rangkaian Driver Heater dan pengujian*



**Gambar 7** Driver Heater

Unjuk kerja dari Gambar 7 yaitu MOC bekerja seperti optocoupler yang akan memancarkan cahaya pada photodiode sehingga gate pada TRIAC akan tertrigger. Apabila TRIAC telah tertrigger maka kaki mt1 dan mt2 akan tersambung dan arus akan mengalir yang menyebabkan beban (Heater) menyala.

### *pengujian Driver Heater*

pengujian dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja driver. Hasil dari pengujian ditampilkan pada Tabel 1.

**Riska Nur Wakidah**  
**SISTEM PENGONTROLAN SUHU PADA PROSES BUDIDAYA BLACK SLODIER FLY (BSF)**  
**SEBAGAI ALTERNATIF PENGURANGAN SAMPAH ORGANIK**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 17-24

**Tabel 1.** Pengujian Driver Heater

Suhu	Pengukuran			Nilai yang Diinginkan			Hasil
	Vin	Vmt1mt2	Vout	Vin	Vmt1mt2	Vout	
30,8 °C	4,5 V	0 V	225 Vac	5 V	0 V	220 Vac	√
31,8 °C	4,5 V	0 V	225 Vac	5V	0 V	220 Vac	√
35,4 °C	4,5 V	0 V	225 Vac	5 V	0 V	220 Vac	√
40,6 °C	0 V	225 Vac	0 V	0 V	220 Vac	0 V	√
41,1 °C	0 V	225 Vac	0 V	0 V	220 Vac	0 V	√

Dari Tabel 1. Dapat dilihat bahwa driver yang telah dirancang terdapat error yang kecil dengan rata-rata error 2.27 % . sehingga dapat disimpulkan bahwa driver berfungsi dengan baik dan dapat digunakan dalam sistem.

$$error(\%) = \frac{|N_{diinginkan} - N_{pengukuran}|}{N_{diinginkan}} \times 100\% \quad (1)$$

*Pengujian Sensor Suhu*

Sensor suhu digunakan untuk mendeteksi besar suhu pada kandang, sensor suhu yang digunakan pada sistem ini adalah LM-35. Pengujian sensor suhu dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan thermometer. Hasil pengujian dari sensor suhu ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengujian Sensor Suhu

Suhu Thermometer (°C)	LM-35 (°C)	Error (%)
30	30.5	1.6
34	34.9	2.64
37	37	0
40	40.1	0.25
42	42	0
45	45	0
60	60.3	0.5

Dari hasil pengujian yang ditampilkan di Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa sensor suhu maupun program yang dilaksanakan dapat berkerja dengan baik, hal itu ditunjukkan dengan rata-rata nilai error yang kecil yaitu dengan maksimal error sebesar 2.64 %.

*Pengujian Sistem*

---

**Riska Nur Wakidah**  
**SISTEM PENGONTROLAN SUHU PADA PROSES BUDIDAYA BLACK SLODIER FLY (BSF)**  
**SEBAGAI ALTERNATIF PENGURANGAN SAMPAH ORGANIK**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 17-24

---

Pengujian sistem dilakukan dengan menyalakan keseluruhan sistem, apakah suhu pada ruangan kandang stabil pada suhu yang telah ditentukan aman untuk proses budidaya BSF yaitu antara 25 – 30 °C. sistem dikatakan berhasil apabila suhu ruangan dibawah 25 °C maka heater akan ON dan apabila suhu diatas 30°C maka heater akan OFF. Selain hal tersebut, diharapkan suhu diseluruh ruangan merata dan tidak hanya terpusat pada sumber heater.

#### *Pengujian Sistem Kontrol Suhu*

Pengujian sistem kontrol suhu dilakukan dengan membandingkan suhu yang terbaca pada sensor suhu dengan thermometer. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Pengujian Sistem Kontrol Suhu

Suhu	Nilai SetPoint	Pengukuran	Keadaan yang Diinginkan	Hasil
		Keadaan Lampu	Keadaan Lampu	
25,8 °C	24.5 – 30.5 °C	Nyala	Nyala	√
27,5 °C		Nyala	Nyala	√
28,6 °C		Nyala	Nyala	√
30,8 °C		Mati	Mati	√
32,1 °C		Mati	Mati	√

Dari pengujian yang dilakukan, suhu di dalam ruangan dapat stabil di suhu 25 – 30 °C. sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem siap digunakan untuk proses budidaya BSF.

#### *Pengujian Tingkat Kerataan Suhu Di Dalam kandang*

Pengujian tingkat kerataan suhu ditujukan agar suhu pada kandang merata, panas tidak hanya terpusat di area sekitar heater. Pengujian dilakukan dengan meembandingkan suhu di titik-titik tertentu pada kandang dengan suhu pada area heater. Pengujian tingkat kerataan suhu di dalam kandang ditujukan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Pengujian Tingkat Kerataan Suhu Ruang

Letak Sensor	Suhu disekitar Heater	Suhu Sensor	Hasil
Sisi bawah ruang	26 °C	25.8 °C	√
Sisi kanan ruang	26 °C	26 °C	√
Sisi kiri ruang	26 °C	25.6 °C	√

Dari Tabel 4. Dapat dilihat bahwa suhu pada keseluruhan ruangan memiliki besar yang hampir sama dengan sumber panas. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pemberian blower pada ruangan memiliki dampak untuk meratakan suhu pada ruang.

## **SIMPULAN**

BSF adalah salah satu spesies lalat yang dapat mendegradasi sampah organik. Sehingga BSF bisa menjadi salah satu solusi untuk pengurangan atau pengolahan sampah organik yang semakin besar. Pertumbuhan BSF sangat sensitif terhadap suhu dan lingkungan luar. suhu yang terlalu besar atau kecil dapat mempengaruhi

---

**Riska Nur Wakidah**

**SISTEM PENGONTROLAN SUHU PADA PROSES BUDIDAYA BLACK SOLDIER FLY (BSF)  
SEBAGAI ALTERNATIF PENGURANGAN SAMPAH ORGANIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 17-24

---

perkembangbiakan dan berat BSF. Suhu yang ideal untuk proses budidaya BSF pada kisaran 25-30°C. untuk itu, suhu pada kandang BSF harus terkontrol. Pengontrolan suhu dilakukan dengan menggunakan Arduino dan sistem SSR (Solid State Relay). Sistem kerjanya yaitu apabila suhu diatas set poin maka heater akan OFF dan apabila dibawahnya maka akan ON. Dari penelitian yang telah dilakukan, sistem mampu melakukan kontrol dengan error suhu yang relatif kecil dengan error maksimal 2.64 %. Selain suhu yang stabil sesuai dengan kebutuhan BSF, suhu pada seluruh sisi ruangan kandang juga dapat merata. Sehingga, dengan meratanya suhu pada keseluruhan ruangan kandang, suhu yang akan diterima oleh seluruh BSF juga akan sama.

**REFERENSI**

- [1] Purnomo, Bayu Chondro, Nurjazuli Nurjazuli, and Suhartono Suhartono. "Pengaruh Luas Penampang Wadah Terhadap Besarnya Reduksi Volume Sampah Organik Rumah Tangga Menggunakan Larva Lalat Bsf (Black Soldier Fly)." *Jurnal Sehat Mandiri* 16.2 (2021): 99-108.
- [2] Cheng, Jack YK, Sam LH Chiu, and Irene MC Lo. "Effects of moisture content of food waste on residue separation, larval growth and larval survival in black soldier fly bioconversion." *Waste management* 67 (2017): 315-323.
- [3] Salman, Nurcholis, Estin Nofiyanti, and Tazkia Nurfadhilah. "Pengaruh dan Efektivitas Maggot Sebagai Proses Alternatif Penguraian Sampah Organik Kota di Indonesia." *Jurnal Serambi Engineering* 5.1 (2020).
- [4] Shumo, Marwa, et al. "Influence of temperature on selected life-history traits of black soldier fly (*Hermetia illucens*) reared on two common urban organic waste streams in Kenya." *Animals* 9.3 (2019): 79.
- [5] PUTRA, RIZKI ALDY DESTAMA. "MONITORING DAN KONTROL SUHU LAMPU UNTUK BUDIDAYA MAGGOT BSF BERBASIS IOT."
- [6] Harnden, Laura M., and Jeffery K. Tomberlin. "Effects of temperature and diet on black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae), development." *Forensic Science International* 266 (2016): 109-116.
- [7] Setiawan, Budhy, and Riska Nur Wakidah. "Solar Hybrid Hatching Machine Applying a Thermal Accumulator with a Reflective Array Method." *Environmental Research, Engineering and Management* 77.3 (2021): 23-31.
- [8] Setiawan, Budhy, et al. "Regulator Panas untuk Mesin Tetas Hybrid Dengan Metode Buck PID." *Prosiding Sentrinov (Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif)*. Vol. 3. No. 1. 2017.

---

Suhudi<sup>(1)</sup>, Arga Pandawa<sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI  
PANJANG AMBANG LEBAR**

Suhudi<sup>1)</sup>, Arga Pandawa<sup>2)</sup>

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi

Alamat : Jl. Telaga Warna Tlogomas Malang Jawa Timur 65144

e-mail: [suhudisuhudi@yahoo.co.id](mailto:suhudisuhudi@yahoo.co.id) No. HP 0818-531-512

---

**ABSTRAK**

Aliran saluran terbuka adalah aliran di saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Kajian tentang perilaku aliran dikenal dengan mekanika fluida (*fluid mechanics*). Salah satu klasifikasi aliran melalui saluran terbuka disebut seragam (*uniform*) yaitu apabila berbagai jenis aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit pada setiap tampang di sepanjang aliran adalah konstan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi dari pengaruh panjang ambang lebar terhadap energi spesifik yang dihasilkan. Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan mencatat hasil volume (V), waktu (T), tinggi air di hulu (h) dan di hilir (h') pada tabung hidrolis. Data yang sudah didapatkan kemudian akan dilanjutkan ke tahap analisa data. Analisa yang dimaksud adalah untuk mendapatkan Q (debit), h (hulu) dan h' (penambahan ambang dengan variasi lebar 10 cm, 20 cm, dan 30 cm). Setelah itu dianalisa untuk mendapatkan bilangan Froude, energi spesifik dan jenis aliran yang terjadi akibat ambang. Penelitian ambang lebar saluran terbuka dengan menggunakan 3 variasi debit ( $4,62 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det}$ ;  $3,24 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det}$ ;  $1,78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det}$ ) dan 3 variasi ambang (panjang 10 cm, 20 cm, dan 30 cm). Hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa bentuk penampang ambang lebar yang menghasilkan aliran yang efisiensi yaitu ambang lebar dengan panjang 10 cm pada aliran  $Q_3$  ditinjau dari bilangan Froude  $< 1$  yaitu : 0,210 dan kehilangan energi lebih kecil yaitu : 0,068 dan termasuk kategori aliran subkritis.

*Kata kunci : energ spesifik, panjang ambang lebar, aliran saluran terbuka*

**ABSTRACT**

An open channel is a channel through which water flows with a free water level. The study of flow behavior is known as fluid mechanics. The classification of flow through an open channel is called uniform (uniform), that is, when the various types

---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

of flow such as depth, wet face, velocity and discharge at each face along the flow are constant. This is to determine the condition of the effect of the wide threshold length on the specific energy produced. Data collection is done by recording the results of volume (V), time (T), water level upstream (h) and downstream (h') on hydraulic tubes. The data that has been obtained will then proceed to the data analysis stage. The analysis in question is to obtain Q (discharge), h (upstream) and h' (additional thresholds with a wide variation of 10 cm, 20 cm, and 30 cm). After that, it is analyzed to get Froude's number, specific energy and type of flow that occurs due to the threshold. Research the threshold of open channel width using 3 variations of discharge ( $4.62 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s;  $3.24 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s;  $1.78 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s) and 3 variations of the threshold (length 10 cm, 20 cm, and 30 cm). The results of the discussion can be concluded that the cross-sectional shape of the wide threshold that produces efficient flow is a wide threshold with a length of 10 cm in Q3 flow in terms of the Froude number 1, namely: 0.210 and the energy loss is smaller, namely: 0.068 and belongs to the category of subcritical flow.

*Key word: specific energy, wide threshold length, open channel flow*

## **PENDAHULUAN**

Alat ukur ambang lebar adalah bangunan aliran atas (*over flow*), untuk ini tinggi energi hulu lebih kecil dari panjang mercu. Karena pola aliran diatas alat ukur ambang lebar dapat ditangani dengan teori hidrolika yang sudah ada sekarang, maka bangunan ini bisa mempunyai bentuk yang berbeda-beda, sementara debitnya tetap serupa. (*KP-04 Bagian Bangunan*)

Bangunan ukur biasanya difungsikan pula sebagai bangunan pengontrol. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan taraf muka air yang direncanakan dan untuk mengalirkan air dengan debit tertentu sesuai kebutuhan. (*K.G Ranga Raju, 1986*). Debit yang mengalir pada suatu penampang terbuka lebih mudah diamati dibanding debit pada penampang tertutup, namun untuk analisisnya justru kebalikannya. Faktanya, debit



---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

yang mengalir di suatu sungai lebih sulit diamati daripada debit yang mengalir dalam suatu pipa (saluran tertutup) (*Triatmodio, 1993*).

Pembendungan aliran akan menyebabkan perbedaan elevasi muka air antara hulu dan hilir bendung cukup besar, sehingga mengakibatkan adanya terjunan dan terjadi perubahan energi yang cukup besar ketika air melewati mercu bendung. Akibatnya, aliran akan mengalami kejut-normal atau loncatan hidraulik yaitu suatu aliran yang mengalami perubahan dari aliran super kritis menjadi sub kritis (*Frank M, White, 2001*) dalam (*Fitriana, N. 2014*).

Karakteristik aliran dengan adanya ambang lebar sebelum, sedang, dan sesudah melewati ambang lebar masing-masing memiliki kecenderungan tersendiri dengan menggunakan skala model alat ukur debit ambang lebar yaitu dengan mengasumsikan bahwa bilangan Froude yang terjadi pada model sama dengan bilangan Froude yang terjadi pada kondisi di lapangan, hubungan antara karakteristik dapat menimbulkan perbedaan dengan variasi ambang. Sehingga dengan demikian skala debit, waktu, kecepatan dan volume akan dapat mewakili kondisi sesungguhnya di lapangan.

**Aliran tunak (*steady flow*)**

Aliran tunak (*steady flow*) terjadi jika kedalaman aliran tidak berubah atau selalu dalam keadaan konstan pada selang waktu tertentu. Untuk menentukan debit aliran ( $Q$ ) pada suatu penampang saluran dapat dirumuskan sebagai  $Q = V \cdot A$

Dengan  $V$  adalah kecepatan rata-rata dan  $A$  adalah luas penampang melintang tegak lurus terhadap arah aliran. Pada aliran tunak, disimpulkan bahwa debit aliran dianggap konstan di sepanjang saluran yang bersifat kontinyu. Maka persamaan (2.1) diubah menjadi :

$$Q = V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2$$

**Aliran seragam (*uniform flow*)**

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

Aliran seragam merupakan aliran dengan kecepatan rata-rata sepanjang alur aliran adalah sama sepanjang waktu. Aliran dikatakan seragam, jika kedalaman aliran sama pada setiap penampang saluran. Di dalam aliran seragam, dianggap bahwa aliran adalah mantap dan satu dimensi yang berarti kecepatan aliran di setiap titik pada tampang lintang tidak berubah, misalnya aliran melalui saluran irigasi yang sangat panjang dan tidak ada perubahan penampang. Pada umumnya aliran seragam pada saluran terbuka dengan tampang lintang prismatik adalah aliran dengan kecepatan konstan dan kedalaman air konstan. Di samping itu permukaan aliran sejajar dengan permukaan dasar saluran, sehingga kecepatan dan kedalaman aliran disebut dalam kondisi seimbang (*kondisi equilibrium*).

**Aliran tak seragam (*vared flow*)**

Aliran tak seragam adalah kedalaman dan kecepatan aliran disepanjang saluran tidak konstan, garis tenaga tidak sejajar dengan garis muka air dan dasar saluran. Analisis aliran tak seragam biasanya bertujuan untuk mengetahui profil aliran disepanjang saluran atau sungai. Analisis ini banyak dilakukan dalam perencanaan perbaikan sungai atau penanggulangan banjir, elevasi jembatan dan sebagainya. Dalam hal ini analisis aliran menjadi jauh lebih mudah dan hasil hitungan akan lebih aman, karena debit yang diperhitungkan adalah debit puncak yang sebenarnya terjadi sesat tetapi dalam analisis ini dianggap terjadi dalam waktu yang lama. **Aliran Pada Mercu Ambang Lebar**

Alat ukur ambang lebar adalah bangunan aliran atas (*over flow*), untuk ini tinggi energi hulu lebih kecil dari panjang mercu. Karena pola aliran di atas alat ukur ambang lebar dapat ditangani dengan teori hidrolika yang sudah ada sekarang, maka bangunan ini bias mempunyai bentuk yang berbeda-beda, sementara debitnya tetap serupa.

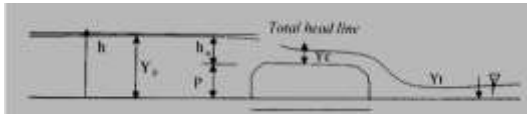
Dalam kondisi kenyataan di lapangan, ambang ini berguna untuk meninggikan muka air di sungai atau pada saluran irigasi sehingga dapat mengairi areal persawahan

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

yang luas. Selain itu, ambang juga dapat digunakan mengukur debit air yang mengalir pada saluran terbuka.



Gambar 1. Pola aliran diatas ambang lebar

Keterangan:

$Q$  = debit aliran ( $m^3/dt$ )

$H$  = tinggi tekanan total hulu ambang =  $Y_o + (V_2/2g)$

$P$  = tinggi ambang (m)

$Y_o$  = kedalaman hulu ambang (m)

$Y_c$  = tinggi muka air di atas hulu ambang (m)

$Y_t$  = tinggi muka air setelah hulu ambang (m)

$H_u$  = tinggi muka air di atas hilir ambang =  $Y_o - P$  (m)

Pada saat melewati ambang biasanya aliran akan berperilaku sebagai aliran kritis, selanjutnya aliran akan mencari posisi stabil. Pada kondisi tertentu misalkan dengan adanya terjunan atau kemiringan saluran yang cukup besar, setelah melewati ambang aliran dapat pula berlaku sebagai aliran super kritis.

Rumus untuk menghitung debit

$$Q = Cd \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{2}{3} g \cdot b \cdot H^{1/5}}$$

Keterangan :

$Cd$  = koef.debit (1,03 untuk ambang lebar)

$g$  = percepatan Gravitasi ( $9,81 m/s^2$ )

$b$  = lebar ambang (m)

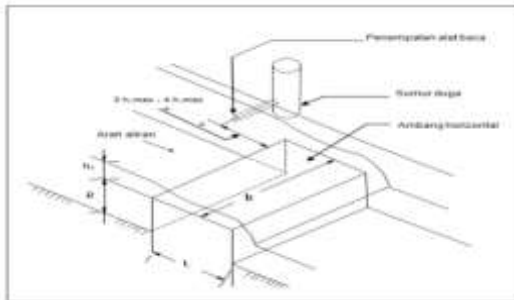
$H$  = tinggi Air dari atas ambang sampai permukaan air (m)

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
 PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
 LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

$Q$  = debit ( $m^3/s$ )



Gambar 2. Bentuk ambang lebar

Pengukuran debit yang melimpah di atas mercu ambang lebar didasarkan pada pengukuran tinggi tekan hidraulik.

Rumus debit yang digunakan adalah :

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{3/2} \sqrt{g \cdot b \cdot C} h_1^{3/2} = 1,705 b \cdot C h_1^{3/2}$$

Keterangan :

$Q$  = debit aliran ( $m^3/dt$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/dt^2$ )

$b$  = lebar ambang tegak lurus arah aliran (m)

$C$  = koefisien pengaliran debit

$h_1$  = tinggi tekan hidraulik di udik, terhadap elevasi ambang (m)

**Energi Spesifik**

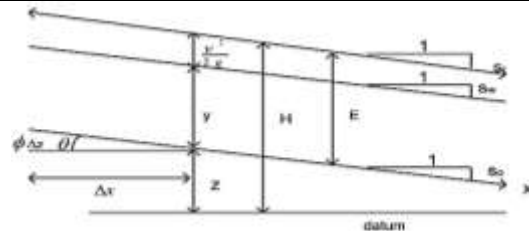
Besarnya energi spesifik dapat dirumuskan sebagai berikut (Ven Te Chow,

1959 dalam Robert, J.K., 2002)  $E = \frac{v^2}{2g} + h$

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
 PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
 LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44



Gambar 3. Parameter energi spesifik

(Sumber ;Robert.J.K. 2002)

Dasar saluran diasumsikan mempunyai kemiringan landai atau tanpa kemiringan. Z adalah ketinggian dasar diatas garis sreferensi yang dipilih, h adalah kedalaman aliran, dan faktor koreksi energi ( $\alpha$ ) dimisalkan sama dengan satu. Energi spesifik aliran pada setiap penampang tertentu dihitung sebagai total energi pada penampang itu dengan menggunakan dasar saluran sebagai referensi (Rangga Raju,

1981). Persamaan energi secara umum adalah  $H = z + h \cos \theta \frac{v^2}{2g}$

sehingga persamaan energi untuk saluran datar ( $\theta = 0$ ), adalah:

$$E = \frac{v^2}{2g} + h$$

Berhubung  $Q = v \times A$ , maka rumus energi spesifik menjadi:

$$E = \frac{Q^2}{2g A^2} + h$$

Keterangan :

H = tinggi energi (m),

z = tinggi suatu titik terhadap bidang referensi (m)

$\alpha$  = koefisien energi, pada perhitungan selanjutnya  $\alpha = 1$

E = energi spesifik (m)

h = kedalaman aliran (m)

---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

v = kecepatan aliran rata-rata (m/dt)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

g = percepatan gravitasi (m/dt)

Q = debit (m<sup>3</sup>/dt)

### **Kehilangan Energi**

Kehilangan energi menurut Bernoulli dapat terjadi karena adanya gesekan antara zat cair dan dinding batas (*hf*) atau karena adanya perubahan tampang lintang aliran (*he*). Menurut prinsip kekekalan energi, jumlah tinggi energi pada penampang 1 di hulu akan sama dengan jumlah tinggi energi pada penampang 2 di hilir akan sama dengan jumlah tinggi *hf* antara kedua penampang dan dinyatakan dengan persamaan energi dari Bernoulli :

$$z_1 + d_1 + \frac{v_1^2}{g} = z_2 + d_2 + \frac{v_2^2}{g} + hf$$

Keterangan :

z<sub>1</sub> = tinggi titik A di atas bidang persamaan pada penampang 1 (m)

d<sub>1</sub> = dalamnya titik A di bawah muka air diukur sepanjang penampang 1 (m)

v<sub>1</sub> = kecepatan rata-rata aliran melalui A pada penampang 1 (m/dt)

z<sub>2</sub> = tinggi titik A di atas bidang persamaan pada penampang 2 (m)

d<sub>2</sub> = dalamnya titik A di bawah muka air diukur sepanjang penampang 2 (m)

v<sub>2</sub> = kecepatan rata-rata aliran melalui A pada penampang 2 (m/dt)

g = percepatan gaya gravitasi bumi (m/dt<sup>2</sup>)

hf = kehilangan tekanan akibat gesekan (m)

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

## **METODE PENELITIAN**

Tiga variasi debit ( $Q$ ), penambahan ambang dengan variasi lebar 10 cm, 20 cm, dan 30 cm di tengah saluran dengan syarat  $\Delta H > 1/3h$

### **Langkah Kerja** (Suhudi, 2004)

Langkah kerja dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ukur tinggi ( $p$ ), panjang ( $L$ ) dan lebar alat ukur pelimpah ambang lebar dengan menggunakan penggaris.
2. Pasang alat ukur pelimpah ambang lebar dengan kuat di saluran pada posisi alat yang ditentukan.
3. Tentukan posisi pengamatan yang dilakukan pada saluran yang dilakukan pada posisi pengamatan pada bagian hulu ambang lebar dan posisi pengamatan pada bagian hilir ambang lebar.
4. Alirkan sebuah harga debit dengan menentukan tombol on pada motor listrik dan atur kutub pengatur aliran, kemudian tunggu sebentar sampai aliran dalam keadaan konstan.
5. Ukur kedalaman aliran pada posisi yang telah ditentukan dengan menggunakan meter taraf dimana dasar untuk setiap posisi pengamatan sama dengan nol.
6. Tentukan kecepatan aliran dengan menggunakan currnet meter untuk setiap posisi pengamatan yang telah ditentukan. Pengukuran dilakukan pada bagian tengah, artinya letak baling-baling currnet meter pada 0,6 kedalaman aliran dari muka air.
7. Ulangi langkah 5 dan 6 untuk kondisi debit yang berlainan dengan memutar kutub pengatur aliran, namun terlebih dahulu tunggu sebentar sampai aliran dalam keadaan konstan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

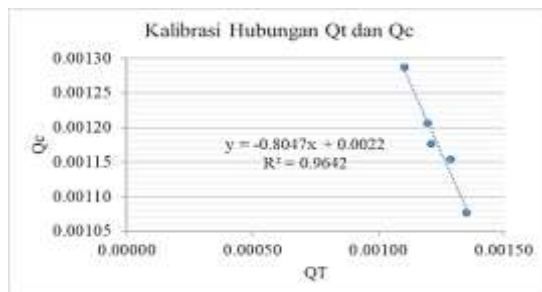
**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
 PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
 LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

Nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Berikut adalah data pengukuran untuk kalibrasi debit pada Laboratorium Hidrolika Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang

Tabel 1. Data pengukuran untuk kalibrasi debit

Titik	Posisi	h (cm)	b (cm)	v (m/dt)	Q (m <sup>3</sup> /dt)
1	50	5.70	15	0.126	0.00108
2	100	5.30	15	0.148	0.00118
3	290	5.20	15	0.148	0.00115
4	340	5.50	15	0.156	0.00129
5	400	6.00	15	0.134	0.00121
			Q rata-rata		0.00118



Gambar 4. Hubungan antara debit current meter dan tampungan

(Sumber : Analisa)

**Pengukuran dan Perhitungan Debit**

Penelitian ini menggunakan 3 variasi debit yaitu debit besar ( $Q_1$ ), debit sedang ( $Q_2$ ) dan debit kecil ( $Q_3$ ). Menurut Chow 1992, nilai debit didapatkan dengan perkalian antara kecepatan dan luas saluran seperti pada rumus berikut.

$$Q = v . A = v . b . h$$



---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

Keterangan :

Q = debit, ( $m^3/dt$ )

v = kecepatan aliran rata-rata, ( $m/dt$ )

h = kedalaman aliran, (m)

b = lebar dasar saluran,(m)

A = luas penampang aliran, ( $m^2$ )

Untuk mendapatkan nilai v, b dan h maka dilakukan pengukuran pada titik yang telah ditentukan di sepanjang saluran. Saluran yang ada di Laboratorium Hidrolika Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang memiliki lebar 15 cm dan panjang 4,20 m. Pengukuran dilakukan di 5 titik pada posisi 50, 100, 290, 340 dan 400. Alat yang digunakan dalam pengukuran yaitu *current meter* dan *point gauge*. *Current meter* digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan. Pengukuran kecepatan dilakukan selama 10 detik. *Point Gauge* digunakan untuk mengukur ketinggian air dari dasar saluran. Setelah semua data pengukuran didapatkan maka dilakukan perhitungan seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. Varian pengukuran debit

Debit Besar	Q <sub>1</sub>	0.00462
Debit Sedang	Q <sub>2</sub>	0.00324
Debit Kecil	Q <sub>3</sub>	0.00178

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
 PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
 LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

Pengukuran dan pengamatan dilakukan melalui 3 variasi debit dan 3 variasi ambang lebar dengan panjang 10 cm, 20 cm, dan 30 cm, ditambah dengan 1 kondisi *free flow* dari setiap debit. Hal yang diukur dan diamati yaitu tinggi muka air (h), kecepatan (v) aliran di atas ambang dan sesudah ambang. Pengukuran dan pengamatan dilakukan pada 23 titik di setiap posisi yang telah ditentukan. Ke 23 titik tersebut berada pada posisi 150 – 260 dan posisi ambang lebar berada pada posisi 170 – 200

**Hasil Pengukuran dan Pengamatan Q<sub>1</sub>**

Debit yang digunakan untuk debit terbesar atau Q<sub>1</sub> adalah 4,62 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/det. Hasil pengukuran Q<sub>1</sub> terhadap kondisi *free flow*, ambang lebar dengan panjang 10 cm, 20 cm, dan 30 cm dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 3. Data Pengukuran untuk Debit Besar (Q<sub>1</sub>)**

Titik	Posisi	Free Flow		Ambang 10		Ambang 20		Ambang 30	
		h (cm)	v (m/det)	h (cm)	v (m/det)	h (cm)	v (m/det)	h (cm)	v (m/det)
1	150	10	0,34	17,7	0,16	17,6	0,16	17,7	0,16
2	155	10	0,32	17,7	0,16	17,5	0,16	17,7	0,16
3	160	10	0,34	16,9	0,18	17,5	0,16	17,7	0,18
4	165	10	0,34	16,8	0,176	17,3	0,16	17,5	0,176
5	170	10	0,32	15,6	0,26	16,7	0,56	16,9	0,26
6	175	10	0,32	14,4	0,54	15,5	0,58	15,8	0,54
7	180	10	0,34	13,5	0,66	14,3	0,64	14,5	0,66
8	185	10	0,34	5,9	0,78	14	0,7	14	0,78
9	190	10	0,32	6,2	0,98	14	0,74	13,3	0,98
10	195	10	0,3	7,2	0,42	13,6	0,8	5,9	0,42
11	200	10	0,304	8	0,366	13	0,872	5	0,366
12	205	10	0,32	8,5	0,9	7	0,148	6,6	0,9
13	210	10	0,3	9	0,66	5	0,96	8	0,66
14	215	10	0,32	9	0,5	6,5	0,78	8,5	0,5
15	220	10	0,32	9	0,402	7,5	0,72	9	0,402

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
 PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
 LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

16	225	10	0,32	9,5	0,394	8	0,66	9	0,394
17	230	10	0,34	9,5	0,26	8	0,56	9,5	0,26
18	235	10	0,32	9,5	0,254	9	0,512	9,5	0,254
19	240	10	0,3	9,5	0,3	9	0,4	9,5	0,3
20	245	10	0,32	9,5	0,218	9,5	0,302	10	0,218
21	250	10	0,3	9,5	0,246	9,5	0,24	10	0,246
22	255	10	0,3	9,5	0,2	10	0,26	10	0,2
23	260	10	0,302	9,5	0,216	10	0,2	10	0,216

(Sumber: Pengukuran dan perhitungan)

Pada tabel di atas dapat diamati bahwa pada saat kondisi aliran *free flow* maka ketinggian air dan kecepatannya adalah konstan. Pada saat aliran melewati ambang lebar dengan panjang 10 cm, 20 cm, dan 30 cm maka tinggian muka air dan kecepatannya berubah disetiap ambang yang digunakan dengan ukuran yang berbeda.

### **Profil Muka Air**

Untuk menggambarkan profil muka air diperlukan data tinggi air. Tinggi air didapat dari pengukuran menggunakan alat *point gauge* dan penggaris dari dasar saluran. Pengukuran dilakukan 23 titik di setiap posisi yang telah ditentukan. Dari 23 titik tersebut berada pada posisi 150 – 400 dan ambang lebar saluran berada pada posisi 170 – 200. Profil muka air dapat dilihat dalam bentuk gambar antara titik yang telah ditentukan dan tinggi air (h). Oleh karena itu maka berikut ini tinggi muka air pada 3 debit dengan 3 variasi bentuk ambang lebar dengan panjang 10 cm, 20 cm, dan 30 cm. Profil muka air menggambarkan kondisi dengan keadaan aliran ambang(L) 10 cm  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  maka dapat dilihat dengan bentuk gambar tinggi muka air (h) sebagai berikut.

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
 PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
 LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

**Tabel 4. Ketinggian muka air untuk lebar ambang (L) 10 cm**

Titik	Posisi	hA10Q1	hA10Q2	hA10Q3
1	150	17,7	15,5	14,4
2	155	17,7	15,5	14,4
3	160	16,9	15,5	14,3
4	165	16,8	15,5	14
5	170	15,6	14,9	13,9
6	175	14,4	13,4	12,5
7	180	13,5	12	11,6
8	185	5,9	6	4,5
9	190	6,2	6,5	5
10	195	7,2	7	6
11	200	8	7	6
12	205	8,5	7,5	6,5
13	210	9	7,5	6,5
14	215	9	7,5	6,5
15	220	9	8	6,5
16	225	9,5	8	6,7
17	230	9,5	8	6,7
18	235	9,5	8	7
19	240	9,5	8	7
20	245	9,5	8	7
21	250	9,5	8	7
22	255	9,5	8	7
23	260	9,5	8	7

Pada saat profil muka air dengan ambang lebar panjang 10 cm dapat dilihat pada gambar 4.2 dengan kondisi debit yang berbeda  $Q_1, Q_2$ , dan  $Q_3$  kondisi profil muka air dengan debit yang berbeda, debit ke-1 ( $Q_1$ ) = 4,62 m<sup>3</sup>/dt, debit ke-2 ( $Q_2$ ) = 3,24 m<sup>3</sup>/dt, dan debit ke-3 ( $Q_3$ ) = 1,78 m<sup>3</sup>/dt.

**Hasil Perhitungan Dan Analisis Bilangan Froude**

Aliran dikatakan kritis apabila bilangan Froude (F) sama dengan satu (1), sedangkan aliran disebut subkritis atau kadang-kadang dinamakan aliran tenang (*trianguil flow*) apabila  $F < 1$  dan disebut superkritis atau aliran cepat (*rapid flow*) apabila  $F > 1$ . Perbandingan kecepatan aliran dengan gaya gravitasi (per satuan volume) dikenal sebagai bilangan Froude dan dapat dirumuskan sebagai berikut (Rangga Raju, 1986):

---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

$$F = v / \sqrt{gL}$$

Keterangan:

F = bilangan Froude,

v = kecepatan rata-rata aliran (m/dt),

g = percepatan gravitasi (m<sup>2</sup>/dt),

L = panjang karakteristik (m).

Pada aliran terbuka biasanya digunakan kedalaman hidraulis D sebagai panjang karakteristik, sehingga F dapat ditulis sebagai:

$$F = v / \sqrt{gD}$$

Contoh:

Pada debit Q<sub>1</sub> dititik 1 saat sebelum ambang lebar dengan panjang 10 cm:

$$F = \frac{4,62 \times 10^{-3}}{\sqrt{9,81 \times 14,4 \times 10^{-2}}} = 0,097 < 1 \quad \rightarrow \text{aliran subkritis}$$

Pada debit Q<sub>1</sub> dititik 9 saat melewati ambang lebar dengan panjang 10 cm:

$$F = \frac{4,62 \times 10^{-3}}{\sqrt{9,81 \times 12,2 \times 10^{-2}}} = 1,257 > 1 \quad \rightarrow \text{aliran superkritis}$$

Pada debit Q<sub>1</sub> dititik 16 saat melewati ambang lebar dengan panjang 10 cm:

$$F = \frac{4,62 \times 10^{-3}}{\sqrt{9,81 \times 9,5 \times 10^{-2}}} = 0,408 < 1 \quad \rightarrow \text{aliran subkritis}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui apabila pada saat aliran sebelum ambang lebar dengan panjang 10 cm jenis aliran adalah subkritis, pada saat melewati ambang aliran berubah menjadi superkritis dan pada saat setelah melewati ambang aliran berubah menjadi subkritis kembali.

Berikut ini Bilangan Froude pada 3 variasi debit dengan 3 variasi bentuk ambang lebar dengan panjang 10 cm Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, ambang dengan panjang 20 cm, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, dan ambang lebar dengan panjang 30 cm, Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub> sebagai berikut.

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
 PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
 LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

**Bilangan Froude pada 3 variasi debit dengan panjang ambang 10 cm, 20 cm dan 30 cm.**

Bilangan Froude pada ambang (L) 10 cm  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ , pada bentuk ambang (L) 10 cm dapat dilihat berikut.

**Tabel 5. Bilangan Froude untuk lebar ambang (L) 10 cm**

Titik	Posisi	BFA10Q1	BFA10Q2	BFA10Q3
1	150	0,121	0,097	0,084
2	155	0,121	0,097	0,084
3	160	0,140	0,114	0,084
4	165	0,137	0,130	0,085
5	170	0,210	0,314	0,176
6	175	0,454	0,541	0,340
7	180	0,574	0,535	0,416
8	185	1,025	0,808	0,314
9	190	1,257	0,676	0,300
10	195	0,500	0,410	0,310
11	200	0,413	0,483	0,240
12	205	0,986	0,396	0,188
13	210	0,702	0,350	0,150
14	215	0,532	0,233	0,225
15	220	0,428	0,316	0,173
16	225	0,408	0,248	0,141
17	230	0,269	0,203	0,173
18	235	0,263	0,226	0,203
19	240	0,311	0,178	0,210
20	245	0,226	0,296	0,217
21	250	0,255	0,289	0,232
22	255	0,207	0,271	0,145
23	260	0,224	0,260	0,133

(Sumber: Pengukuran dan perhitungan)

**Hasil Perhitungan dan Analisis Energi Spesifik**

Energi spesifik adalah tenaga tiap satuan berat air pada sembarang tampang diukur dari dasar saluran atau tinggi tenaga pada sembarang tampang diukur dari dasar saluran. Dalam energi spesifik, debit aliran adalah konstan dan variasi kedalaman air

---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

terjadi karena perubahan kekasaran, bentuk penampang saluran, kemiringan dasar atau kondisi di hulu dan hilir (Triatmodjo, 1993).

Rumus energi spesifik

$$E = \frac{Q^2}{2g} + h$$

Keterangan :

E = energi spesifik (m)

h = kedalaman aliran (m)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

g = percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

Q = debit (m<sup>3</sup>/dt).

**Contoh:**

Pada debit Q<sub>1</sub> dititik 1 saat sebelum ambang lebar dengan panjang 10 cm: E =

$$\frac{4,62 \times 10^{-2}}{2 \times 9,81} + 17,7 \times 10^{-2} = 0,303$$

Pada debit Q<sub>1</sub> dititik 5 saat ambang lebar dengan panjang 10 cm:

$$E = \frac{4,62 \times 10^{-2}}{2 \times 9,81} + 1,5 \times 10^{-2} = 0,488$$

Pada debit Q<sub>1</sub> dititik 8 saat setelah ambang lebar dengan panjang 10 cm:

$$E = \frac{4,62 \times 10^{-2}}{2 \times 9,81} + 5,9 \times 10^{-2} = 3,043$$

**Energi Spesifik untuk Ambang Lebar dengan 3 variasi Debit**

Energi Spesifik pada ambang 10 cm Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, pada bentuk ambang 10 cm dapat dilihat pada berikut.

**Tabel 6. Energi Spesifik untuk lebar ambang (L) 10 cm**

---

Titik	Posisi	ESA10Q1	ESA10Q2	ESA10Q3
-------	--------	---------	---------	---------

---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
 PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
 LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

1	150	0,303	0,226	0,193
2	155	0,303	0,226	0,193
3	160	0,328	0,251	0,193
4	165	0,320	0,281	0,189
5	170	0,488	0,857	0,347
6	175	1,574	2,019	0,818
7	180	2,272	1,770	1,083
8	185	3,043	1,945	0,287
9	190	0,698	1,495	0,266
10	195	0,937	0,637	0,338
11	200	0,716	0,855	0,226
12	205	4,058	0,642	0,175
13	210	2,227	0,516	0,136
14	215	1,316	0,271	0,224
15	220	0,883	0,465	0,158
16	225	0,856	0,317	0,131
17	230	0,427	0,239	0,163
18	235	0,411	0,276	0,208
19	240	0,536	0,202	0,219
20	245	0,328	0,417	0,229
21	250	0,392	0,401	0,251
22	255	0,291	0,363	0,141
23	260	0,324	0,339	0,129

(Sumber: Pengukuran dan perhitungan)

## SIMPULAN

Dari penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa penelitian ambang lebar saluran terbuka dengan menggunakan 3 variasi debit ( $4,62 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ ;  $3,24 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ ;  $1,78 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ ) dan 3 variasi ambang (panjang 10 cm, 20 cm, dan 30 cm) adalah sebagai berikut.



---

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 25-44

---

- 1, Perilaku air pada saat melewati ambang ketinggian air (h) mengalami penurunan, Bilangan Froude mengalami kenaikan dan penurunan terjadi pada akhir ambang. Pada kedalaman hidraulis (D) sebagai panjang karakteristik air setelah ambang juga terjadi perubahan Bilangan Froude hingga akhirnya menjadi stabil.
2. Perubahan ketinggian air lebih besar terjadi pada saluran  $Q_1$  ambang lebar dengan panjang 30 cm, sedangkan bilangan Froude dan energi spesifik lebih besar terjadi pada saluran  $Q_1$  ambang lebar dengan panjang 20 cm, sedangkan kehilangan energi terbesar terjadi pada ambang lebar dengan panjang 10 cm pada aliran  $Q_1$
3. Dari hasil pengamatan didapatkan aliran dengan kondisi debit aliran yang menghasilkan aliran subkritis pada ambang lebar dengan panjang 10 cm pada aliran  $Q_2$  dan  $Q_3$  begitu juga pada ambang lebar dengan panjang 20 cm dan 30 cm.
4. Dari hasil pembahasan atau analisa data bentuk penampang ambang lebar yang menghasilkan aliran yang efisiensi yaitu ambang lebar dengan panjang 10 cm pada aliran  $Q_3$  ditinjau dari bilangan Froude  $< 1$  yaitu : 0,210 dan kehilangan energi lebih kecil yaitu : 0,068 dan termasuk kategori aliran subkritis.

## **REFERENSI**

- Binilang, A. (2010). *Karakteristik parameter hidrolis aliran melalui ambang pada saluran terbuka*. *TEKNO*, 8(53).
- Fitriana, N. (2014). *Analisis gerusan di hilir bendung tipe vluhter (uji model di laboratorium)* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Harianja, J. A., & Gunawan, S. (2007). Tinjauan Energi Spesifik Akibat Penyempitan Pada Saluran Terbuka. *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta. Majalah Ilmiah UKRIM Edisi, 1*, 30-46.
- Kodoatie, R. J. (2002). Hidrolika terapan: aliran pada saluran terbuka dan pipa/oleh Robert J. Kodoatie.

Suhudi <sup>(1)</sup>, Arga Pandawa <sup>(2)</sup>

**ANALISIS ENERGI SPESIFIK  
PADA SALURAN TERBUKA DENGAN PENAMBAHAN VARIASI PANJANG AMBANG  
LEBAR**

Jurnal *Qua Teknik*, (2022), 12(1): 25-44

---

KP-04 Kementerian PU, Dirjen Sumber Daya Air, 2013, *Standar Perencanaan  
Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan.*

Mulyandari, R. (2010). Kajian Gerusan Lokal Pada Ambang Dasar Akibat Variasi Q  
(Debit), I (Kemiringan) dan T (Waktu).

Raju, K.G. Ranga. 1986. *Aliran Melalui Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.

Risman, R., Warsiti, W., Mawardi, M., Martono, M., & Satriyadi, L. (2017). Kajian  
Perilaku Debit Alat Ukur Ambang Lebar Terhadap Profil Aliran. *Bangun  
Rekaprima: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa, Sosial dan  
Humaniora*, 3(2, Oktober), 15-31.

Suhudi, (2004). *Buku Petunjuk Laboratorium Hidrolika Universitas Tribhuwana  
Tunggadewi Malang.*

Triatmodjo, B. (1993). *Hidrolika II. Yogyakarta: Beta Offset.*

Te Chow, V. (1991). *Aliran melalui saluran terbuka. Erlangga, Jakarta.*

Martince Novianti Bani  
**ANALISIS KERAPATAN 3D POINT CLOUDS PADA UAV FOTOGRAMETRI**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 45-57

---

6

---

**ANALISIS KERAPATAN 3D POINT CLOUDS PADA UAV FOTOGRAMETRI**

Martince Novianti Bani

Politeknik Negeri Malang

e-mail: novianti\_mb@polinema.ac.id

**ABSTRAK:**

Ketersediaan Informasi Spasial merupakan salah satu faktor utama untuk mengoptimalkan perencanaan pembangunan. Disisi lain, peningkatan kebutuhan data spasial berskala detail terus diupayakan untuk memenuhi tantangan tersebut. Salah satu upaya untuk percepatan penyediaan data dan informasi spasial dengan memanfaatkan teknologi pemetaan dengan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). UAV dipandang efektif dan efisien baik itu dari segi waktu maupun biaya. Keakuratan yang dihasilkan oleh citra dari UAV pun terus ditingkatkan. Salah satunya adalah melakukan studi lebih lanjut terhadap data yang dihasilkan oleh wahana UAV yakni peningkatan kerapatan *point cloud*. Pada penelitian ini, dilakukan analisis kerapatan 3D *point clouds* dan keakuratan kerapatan 3D *point clouds* tersebut direalisasikan dengan mengidentifikasi sejumlah *tie points* yang ideal pada lokasi *von gruber* kemudian diterapkan *filtering*. Setiap nilai hasil *filtering tie points* akan diproses kembali dengan menerapkan perhitungan *bundle adjustment* serta penambahan variabel lainnya. Ketelitian dari sejumlah *Point clouds* yang dihasilkan dari berbagai variasi jumlah *tie points*, ditentukan berdasarkan nilai RMSEnya.

**KATA KUNCI:** *Tie Point, Filtering, Point Clouds, UAV, Fotogrametri*

**ABSTRACT:**

*The availability of Spatial Information is one of the main factors for optimizing development planning. On the other hand, the increasing of spatial data in detailed-scale continues to be pursued to reach these challenges of the Spatial Information availability. One of the efforts to accelerate the provision of spatial data and information by utilizing mapping technology with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) vehicles. UAV is seen as effective and efficient both in terms of time and cost. The accuracy from the generated image by UAV continues to be improved. One of them is to conduct further studies on the generated data by the UA, such as the increase in point cloud density. In this research, the density analysis of 3D point clouds is carried out and the accuracy of the density of 3D point clouds is realized by identifying a number of ideal tie points at the von Gruber location and then applying the filter. Each value of the filtering tie points will be reprocessed by applying a bundle adjustment calculation and adding other variables. The accuracy of a number of point clouds that generated from various variations in the number of tie points is determined based on the RMSE value.*

**KEY WORDS:** *Tie Point, Filtering, Point Clouds, UAV, photogrammetry*

## PENDAHULUAN

*Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) (Schneider, 2014) dengan memanfaatkan fotogrametri merupakan teknologi yang beberapa tahun terakhir ini mengalami perkembangan sangat pesat untuk memenuhi permintaan pemetaan resolusi tinggi. Hasil pengukuran dengan memanfaatkan wahana ini kemudian ditransformasikan menjadi 3D *point cloud* tergeoreferensi menggunakan GPS/IMU. 3D *Point cloud* digunakan untuk mengekstraksi DEM yang merepresentasikan permukaan bumi. Akurasi dalam pemetaan dengan menggunakan wahana UAV yang berbasis pada fotogrametri diinterpretasikan sebagai akurasi relatif dan absolut. Akurasi relatif merupakan pengukuran dimana objek diposisikan relatif terhadap model yang direkonstruksi dalam hal ini berupa peta orthofoto, DSM atau 3d *point cloud*. Sedangkan, akurasi absolut sendiri mengacu pada perbedaan antara lokasi objek yang direkonstruksi dengan posisi sebenarnya di permukaan bumi.

Akurasi absolut sangat bergantung pada akurasi relatif. Oleh karena itu, dalam upaya untuk meningkatkan akurasi absolut maka diperlukan peningkatan kerapatan *point cloud*. *Point cloud* merupakan representasi dari permukaan bumi dalam bentuk titik-titik elevasi (Furukawa dkk., 2009; Yang dkk., 2013). Untuk memperoleh 3D *point cloud* tergeoreferensi, maka terlebih dahulu sepasang citra di suatu area dianalisis. Citra tersebut harus teregistrasi secara geometri satu terhadap yang lainnya. Registrasi *image-to-image* melibatkan beberapa hal sebagai berikut (1) identifikasi *Image Tie Point* (ITP), (2) transformasi koordinat *pixel* ke koordinat ruang, dan (3) proses resampling pada hasil transformasi. Langkah 2 dan 3 merupakan proses yang relatif terstandarisasi. Sedangkan untuk langkah pertama, teknik otomatisasi untuk mendeteksi *tie point* terus dikembangkan sehingga dapat mempercepat proses pengolahan citra. *Tie points* merupakan titik-titik pada foto yang mewakili lokasi yang sama pada foto yang bertampalan. Selain sebagai penghubung antar foto, *tie point* juga bertujuan untuk membuat mosaik foto. *Tie point* maupun *point cloud* diperoleh dari proses pencocokan citra. Dari hasil pencocokan citra ini kemudian dilakukan proses *bundle adjustment* yang merupakan model perhitungan matematis untuk mencari parameter *Exterior Orientation* (EO) dengan persamaan kolinear. Dengan menerapkan proses tersebut maka diperoleh 3D *point clouds* yang merepresentasikan model permukaan bumi digital dari foto dengan menggunakan wahana UAV.

Oleh karena itu, pada penelitian ini diidentifikasi posisi *tie point* pada lokasi-lokasi spesial (lokasi *von Gruber*), dan penelitian ini juga dimaksudkan untuk menganalisis pengaruh *tie point* terhadap keakurasian 3D *point clouds*. Selain itu, metode *filtering* terhadap titik-titik sekutu (*tie points*) juga dikaji.

## METODE dan DATA

### Data

Dalam penelitian ini, data foto diperoleh dengan menggunakan wahana UAV tipe fixed-wing skywalker 2013 1880 mm, sedangkan kamera yang digunakan adalah jenis Sony QX 10 (18mp), dengan pertampalan *sidelap* sebesar > 50%, dan overlap sebesar 50%. Tinggi terbang Pesawat adalah 250 m, dengan jumlah jalur terbang sebanyak 3 jalur. Kemudian, jarak antar jalur sebesar 150 m, dengan GSD 0.5 cm/pixel. GCP diperoleh dengan menggunakan GPS RTK SOUTH S86T.

Martince Novianti Bani  
**ANALISIS KERAPATAN 3D POINT CLOUDS PADA UAV FOTOGRAMETRI**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 45-57

**Metode**

Dalam proses mengekstraksi nilai koordinat *tie points* menggunakan teknik pencocokan citra, sehingga nilai korelasi antara kedua foto yang bertampalan dihitung berdasarkan persamaan (1) (Mitchell dan Pilgrim, 1987; Schenk, 1999; Wolf dan Dewitt, 2000; Campbell dkk., 2008):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^C (g_T(i,j) - \bar{g}_T)(g_S(i,j) - \bar{g}_S)}{\sqrt{\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^C (g_T(i,j) - \bar{g}_T)^2 \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^C (g_S(i,j) - \bar{g}_S)^2}} \quad (1)$$

Dimana,

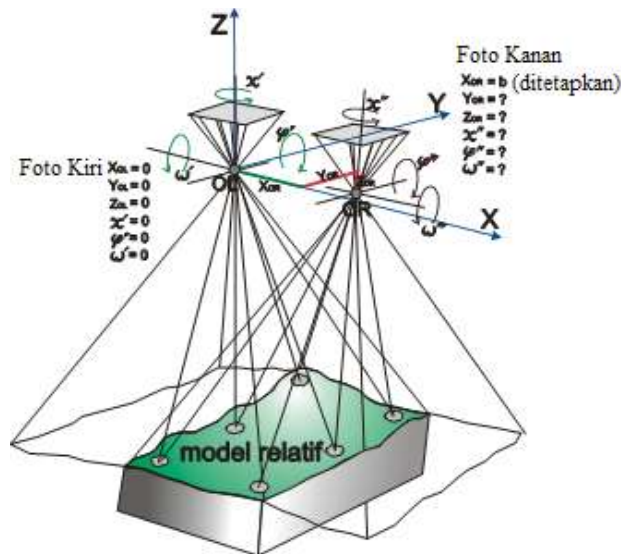
$r$  = koefisien *normalized cross correlation*

$g_T, g_S$  = nilai keabuan *template* dan *search image*

$\bar{g}_T, \bar{g}_S$  = nilai rata-rata dari *template* dan *search image*

$R, C$  = baris dan kolom dari *image patches*

Namun koefisien korelasi tidak ideal apabila kedua foto memiliki geometrik dan radiometrik yang berbeda. Sehingga metode di atas dikembangkan dengan menambahkan perhitungan *Least Squares Matching* (LSM). Dengan demikian geometrik dan radiometrik kedua foto akan saling berhubungan dan transformasi *affine* digunakan sebagai model linear geometriknya. (Elaksher, 2008; Bethmann dan Luhmann, 2010). Pembentukan model stereo antara kedua foto yang bertampalan diilustrasikan pada Gambar 2.1.

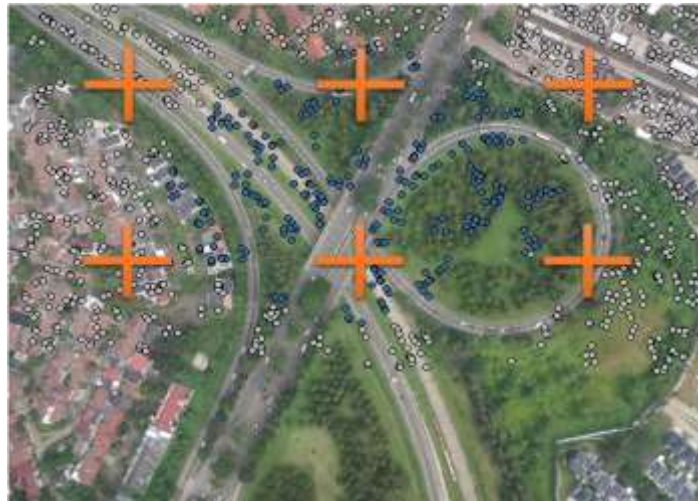


Gambar 2. 1 Pembentukan model stereo (orientasi relatif, model stereo relatif, model stereo non-georeferensi)

### *Filtering tie point*

*Tie points* merupakan titik-titik ikat yang mewakili lokasi yang sama pada foto yang bertampalan. Gambar 2.2 merupakan hasil penegakan foto (*align photos*) sehingga titik-titik yang terbentuk merupakan titik-titik yang telah terkoreksi kesalahannya baik itu kesalahan *drift*, *tilt* maupun *crab*. Tujuan dari proses filtering ini adalah untuk mengekstraksi nilai *tie point* yang hanya berada di sekitar daerah *von Gruber*.

Dari proses inilah maka kemudian akan dilakukan peningkatan kerapatan *point cloud* untuk keperluan pembuatan *Digital Surface Model (DSM)*. *Dense Point cloud* sendiri merupakan metode semi-otomatis untuk memodelkan objek yang pada dasarnya memiliki tekstur yang bervariasi pada foto stereo. *Dense point cloud* juga dapat menghasilkan *point clouds* yang sangat rapat dan kecil. Sehingga melalui pembentukan model 3-Dimensi maka objek yang mendekati keadaan sebenarnya dapat direpresentasikan oleh sejumlah *point clouds*. Proses *image matching* pada foto stereo inilah yang menghasilkan *dense point cloud*. *Point Clouds* sendiri merupakan sekumpulan data yang berupa titik-titik dalam suatu koordinat sistem. Dalam sistem koordinat tiga dimensi, titik-titik tersebut diwakili dan dinotasikan oleh koordinat X, Y, Z dengan tujuan untuk merepresentasikan permukaan suatu objek.



Gambar 2. 2 Sample lokasi *von Gruber* untuk ekstraksi *tie point* dan *filtering*

Pada penelitian ini digunakan pembandingan dengan ukuran window yang berbeda untuk mengekstraksi nilai titik-titik ikat (*tie points*) dengan ukuran jendela atau window ekstraksi *tie point* sehingga tidak seluruh *tie point* akan digunakan dalam proses *bundle adjustment*. Ukuran jendela yang ditentukan secara acak baik itu ukuran baris dan kolomnya untuk mengekstraksi daerah-daerah di sekitar lokasi *von Gruber*.

Martince Novianti Bani

**ANALISIS KERAPATAN 3D POINT CLOUDS PADA UAV FOTOGRAMETRI**

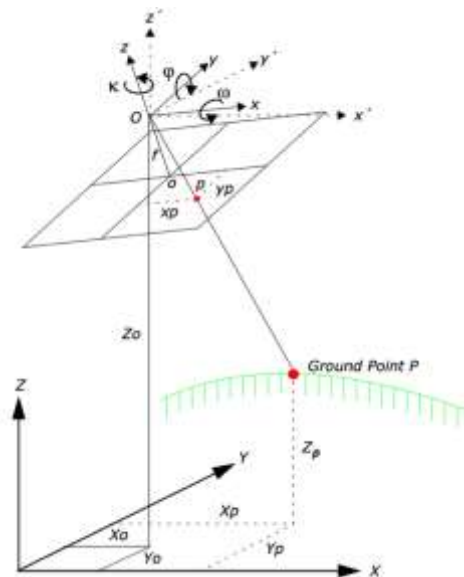
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 45-57

***Bundle adjustment***

*Bundle adjustment* merupakan proses mentransformasikan sistem koordinat foto ke sistem koordinat tanah melalui tahap orientasi relatif dan absolut. Pada *bundle adjustment* diterapkan persamaan kesegarisan (Persamaan 2 dan 3) yang mana pusat proyeksi, bidang foto dan objek di permukaan bumi berada pada satu garis lurus yang ditunjukkan oleh Gambar 2.3.

Salah satu permasalahan dalam penggunaan *bundle adjustment* adalah waktu komputasi, khususnya untuk blok yang lebih besar. Hal ini juga dipengaruhi oleh data hasil pengukuran yang dilakukan harus tersedia secara *real-time*. Untuk foto yang berurutan, dengan menggunakan jendela dengan jumlah foto yang tetap, maka ukuran sistem persamaan dapat dibatasi sehingga waktu komputasi juga dibatasi (Beder, Steffen, 2008) dan (Wilbers et al., 2019). Sejalan dengan itu (Beder, Steffen, 2008) memperkenalkan pendekatan penyesuaian bundel sekuensial dengan estimasi rekursif untuk mempercepat komputasi.

Selain itu, dibutuhkan juga parameter orientasi luar untuk menentukan sudut dan posisi kamera yang merekam objek di permukaan bumi. Variablenya diketahui sebagai elemen orientasi luar yang meliputi  $X_0$ ,  $Y_0$ , dan  $Z_0$ . Pusat perspektif, yang dinotasikan dengan  $O$ , dihubungkan oleh  $Z_0$  ke sistem koordinat tanah/peta ( $X$ ,  $Y$  dan  $Z$ ).  $Z_0$  diketahui juga sebagai ketinggian atau posisi kamera di atas permukaan laut yang direferensikan terhadap bidang datum. Di sisi lain, sudut rotasi yaitu omega ( $\omega$ ), phi ( $\phi$ ) dan kappa ( $\kappa$ ) juga diperlukan untuk mendefinisikan sudut orientasi. Gambar 2.3 merupakan representasi dari parameter orientasi luar serta hubungan antara sistem koordinat foto ( $x$ ,  $y$ , dan  $z$ ) dan koordinat tanah/peta ( $X$ ,  $Y$  dan  $Z$ ).



Gambar 2. 3 Elemen pada parameter orientasi luar (Leica Geosystems, 2006)



Setiap titik pada foto memiliki dua persamaan kesejarisan yang koordinatnya  $(x_p, y_p)$  didefinisikan pada foto tersebut dan persamaan 2 dan 3 merupakan representasinya.

$$x_p - x_0 = \frac{-f[r_{11}(X_0 - X_p) + r_{12}(Y_0 - Y_p) + r_{13}(Z_0 - Z_p)]}{r_{31}(X_0 - X_p) + r_{32}(Y_0 - Y_p) + r_{33}(Z_0 - Z_p)} \quad (2)$$

$$y_p - y_0 = \frac{-f[r_{21}(X_0 - X_p) + r_{22}(Y_0 - Y_p) + r_{23}(Z_0 - Z_p)]}{r_{31}(X_0 - X_p) + r_{32}(Y_0 - Y_p) + r_{33}(Z_0 - Z_p)} \quad (3)$$

Dimana,

- $x_p, y_p$  = koordinat objek pada sistem koordinat foto  
 $X_0, Y_0, Z_0$  = koordinat titik pusat eksposur pada sistem koordinat ruang  
 $X_p, Y_p, Z_p$  = Koordinat objek pada sistem koordinat ruang  
 $r_{mn}$  = koefisien rotasi dari matriks baris dan kolom  
 $f$  = Panjang fokus lensa kamera.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Tie Point dan Point Cloud*

*Tie points* merupakan titik-titik ikat yang mewakili lokasi yang sama pada foto yang bertampalan. *Tie points* yang melalui proses pencocokan citra antara *Scale Invariant Feature Transform (SIFT) points* yang disebut dengan *key points* terdeteksi melalui dua atau lebih foto yang berbeda. Titik-titik tersebut merupakan penghubung antara foto untuk mendapat posisi relatif objek dalam sistem 3 dimensi. Titik tersebut kemudian difilter menggunakan metode *gradual selection* agar lebih menyatu ke posisi orientasi relatif yang lebih tepat.

Gambar 3.1 merupakan hasil penegakan foto (*align photos*) sehingga titik-titik ikat yang terbentuk merupakan titik-titik yang telah dikoreksi kesalahannya baik itu kesalahan *drift*, *tilt* maupun *crab*. Setelah langka pencocokan citra dilakukan, titik yang berwarna biru adalah titik-titik ikat yang valid yang digunakan untuk mendapatkan orientasi relatif 3D ini, sedangkan titik abu-abu adalah titik ikat yang dinonaktifkan. Dalam hal ini karena ketidaktepatannya.



Martince Novianti Bani  
**ANALISIS KERAPATAN 3D POINT CLOUDS PADA UAV FOTOGRAMETRI**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 45-57



Gambar 3. 1 Distribusi *tie point* pada foto

Berdasarkan hasil proses data maka diperoleh sejumlah data yang di tampilkan pada Tabel 1. Tabel 1 tersebut merupakan merepresentasikan keseluruhan nilai koordinat pixel dari sepasang foto yang bertampalan. Sedangkan Tabel 2 merupakan representasi dari nilai koordinat foto dan kesalahannya.

Table 1. Koordinat pixel dari sepasang foto yang bertampalan

photo_label	tie_po int_n um	proj_X	proj_Y	photo_label	tie_po int_nu m	proj_X	proj_Y
DSC06007.JPG	0	4266.053711	2245.051514	DSC06008.JPG	0	4295.058594	3412.669922
DSC06007.JPG	1	4320.918457	2281.052002	DSC06008.JPG	1	4350.685059	3177.20459
DSC06007.JPG	2	760.8963623	2310.533203	DSC06008.JPG	2	733.802063	3319.213135
DSC06007.JPG	3	4324.213379	2315.605469	DSC06008.JPG	3	4355.432129	3212.505859
DSC06007.JPG	4	1824.716064	2318.469482	DSC06008.JPG	4	1828.524536	3336.5
DSC06007.JPG	5	2686.67041	2380.066162	DSC06008.JPG	5	2705.391357	3328.022705
DSC06007.JPG	6	6196.338501	2389.215332	DSC06008.JPG	6	5918.585205	3419.383545
DSC06007.JPG	7	2462.659424	2401.039551	DSC06008.JPG	7	2477.682373	3357.444092
DSC06007.JPG	8	4341.63916	2412.135498	DSC06008.JPG	8	4376.902832	3311.077881
DSC06007.JPG	9	2488.876953	2453.807617	DSC06008.JPG	9	2506.478516	3410.925537

Martince Novianti Bani

**ANALISIS KERAPATAN 3D POINT CLOUDS PADA UAV FOTOGRAMETRI**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 45-57

Table 2. Hasil ekstraksi koordinat foto

tie_poit_num	coord_X	coord_Y	coord_Z	Error
0	2.723012	-0.641552	-4.168738	0.090020
1	2.786648	-0.682276	-4.162204	0.334894
2	-1.437365	-0.767393	-4.568714	0.273037
3	2.790003	-0.721977	-4.160747	0.219032
4	-0.132060	-0.731628	-4.265236	0.648604
5	0.892796	-0.832323	-4.397360	0.302066
6	0.625588	-0.860086	-4.419238	0.616756
7	2.808094	-0.832293	-4.154131	0.117949
8	0.657342	-0.922546	-4.416120	0.387473
9	2.792832	2.881711	-4.153925	0.495047

Tabel 3 merupakan hasil *quality control* yang dilakukan terhadap sepasang foto dimana dapat dilihat bahwa nilai RMSE yang dihasilkan dari sepasang foto yang diproses tersebut mencapai 0.274133 cm. Sedangkan hasil filtering terhadap *tie point* pada sepasang citra tersebut menghasilkan RSME yang lebih kecil dan setelah itu dilakukan proses *bundle adjustment* (lihat Tabel 5) dimana nilai RMSEnya

Table 3. Hasil *quality control* sebelum *filtering* mencapai 0.228039 cm.

```

-----
Label                               Quality
+ DSC06007.JPG                      0.805566
+ DSC06008.JPG                      0.789817
-----

Points                               973 of 984
RMS reprojection error               0.274133
Max reprojection error               0.805349
Mean key point size                  4.7855 pix
Effective overlap                     2
-----
    
```

### Ground Control Point (GCP)

Jumlah dan distribusi dari GCP memiliki pengaruh langsung terhadap keakurasian yang dihasilkan. Tabel 4 merepresentasikan nilai koordinat GCP. Dengan nilai koordinat ini maka koordinat

---

Martince Novianti Bani  
**ANALISIS KERAPATAN 3D POINT CLOUDS PADA UAV FOTOGRAMETRI**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 45-57

---

foto akan ditransformasikan ke koordinat tanah. Koordinat GCP yang ditampilkan hanya sebagian saja. Jumlah keseluruhan GCP sebanyak 45 GCP.

Table 4. Koordinat Ground Control Point (GCP)

Nama Titik	Easting	Northing	Elevation
1	685734,551	9301971,592	61,32863817
2	684828,5316	9302365,111	61,06148252
3	683925,2916	9302821,275	65,01268812
4	682884,0979	9302847,221	56,55764448
5	681972,2737	9302634,663	71,41019992
6	681107,1526	9302008,057	62,23306906
7	680253,3316	9301447,158	70,44869947
8	679173,1141	9301198,473	67,39631652
9	678052,0442	9301076,824	70,90373816
10	676593,954	9301098,197	62,62300000

Tabel 5 merupakan representasi dari *quality control* proses *bundle adjustment* tanpa dilakukan *filtering*. Namun pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai RMSE mencapai 0.228039 cm. Hal ini juga masih tergolong sangat tinggi dikarenakan foto yang di proses hanya sepasang dan GCP tidak berada tepat pada kedua foto tersebut. Namun jika semua foto di proses dan proses *filtering* diterapkan maka

Table 5. Hasil *quality control bundle adjustment*

```

-----
Label                               Quality
+ DSC06007.JPG                      0.805566
+ DSC06008.JPG                      0.789817
-----

Points                               971 of 984
RMS reprojection error              0.228039
Max reprojection error              0.681354
Mean key point size                 4.8204 pix
Effective overlap                    2
-----
    
```

masih diasumsikan bahwa nilai RMSE akan semakin kecil.

### Kombinasi window dengan GCP

Martince Novianti Bani  
**ANALISIS KERAPATAN 3D POINT CLOUDS PADA UAV FOTOGRAMETRI**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 45-57

Untuk proses selanjutnya, filtrasi dilakukan terhadap foto yang bertampalan dengan menerapkan kombinasi window dengan GCP untuk mengetahui besar akurasi pada sejumlah data *point cloud* jika proses *point cloud* dilakukan pada daerah-daerah atau lokasi *von Gruber* saja dengan window sebesar 601



x 601 pixel. Proses ini ditunjukkan oleh Gambar 3.2 berikut ini.

Gambar 3. 2 Ekstraksi *tie points* pada lokasi *von Gruber*

Setelah dilakukan *quality control* terhadap data tersebut maka dilakukan rekonstruksi kembali terhadap objek di foto dengan menggunakan nilai koordinat *idenpendet check point* seperti dapat dilihat pada Tabel 6, nilai RMSE<sub>r</sub> untuk foto yang bertampalan dengan kombinasi *window* atau jendela dengan dan ICP yaitu 0,153292686 meter, sedangkan RMSE<sub>z</sub> berada pada angka 0,121479229 meter.

Table 6. Rekonstruksi objek di foto terhadap objek di lapangan berdasarkan pada *Independent Check Point* (ICP)

Label	GPS (m)			Foto (m)			ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)	ΔX <sup>2</sup> + ΔY <sup>2</sup> (m)
	X	Y	Z	X	Y	Z				
ICP1	685399,9777	9301989,086	61,29867733	685399,791	9301989,190	61,2981173	-0,187	0,104	-0,001	0,046
ICP2	685621,3084	9302034,833	61,26785463	685621,458	9302034,873	61,2988546	0,150	0,040	0,031	0,024
ICP3	685067,0297	9301887,318	61,18002778	685067,115	9301887,368	61,1332774	0,085	0,050	-0,047	0,010
ICP4	685290,5161	9302338,906	61,47819732	685290,646	9302338,966	61,2381973	0,130	0,060	-0,240	0,021
ICP5	684957,7014	9302279,171	61,20033209	684957,724	9302279,271	61,2123327	0,023	0,100	0,012	0,011
ICP6	6846261,538	930235,2107	61,24810181	6846261,51	930235,016	61,2581013	-0,027	-0,195	0,010	0,039
ICP7	684737,8979	9302710,074	62,14783999	684737,698	9302710,137	62,22784	-0,200	0,063	0,080	0,044

Martince Novianti Bani

**ANALISIS KERAPATAN 3D POINT CLOUDS PADA UAV FOTOGRAMETRI**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 45-57

ICP8	684406,5173	93028360,57	64,2312009	684406,717	93028360,589	64,2342332	0,200	0,016	0,003	0,040
ICP9	683963,058	9302494,654	64,13799921	683963,359	9302494,700	64,1388995	0,301	0,046	0,001	0,092
ICP10	684516,6618	9302694,171	62,11534211	684516,672	9302694,271	62,3814242	0,010	0,100	0,266	0,010
Sum							0,485	0,384	0,116	0,336
Rata-rata							0,048	0,038	0,012	0,034
RMSE							0,153292686		0,121479229	
CE90/LE90							0,296809387		0,019090067	

Nilai CE90 dan LE90 dapat diperoleh berdasarkan standar US-NMAS sehingga diperoleh nilai CE90/LE90 sebesar 0,296809387 meter dan 0,019090067 meter. Sedangkan ketelitian horizontal dan vertikalnya dilihat dari ketelitian geometri berdasarkan ketelitian geometri peta RBI.

## **KESIMPULAN**

**Berdasarkan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa dengan perbandingan konfigurasi GCP dan filter tie point pada window yang berbeda maka semakin banyak jumlah GCP dikombinasikan dengan window ekstraksi point cloud maka ketelitian foto yang dihasilkan masuk pada ketelitian geometri kelas I dengan skala 1:2500 tanpa harus melalui proses ekstraksi semua tie point pada keseluruhan foto yang bertampalan. Kemudian penelitian ini dapat menjadi salah satu solusi yang ditawarkan untuk menganalisis kerapatan point cloud berdasarkan hasil filtering sejumlah tie point dan model yang dihasilkan oleh point cloud. Selain itu, dengan diterapkannya algoritma yang dibuat berdasarkan model solusi ini, maka diharapkan kecepatan komputasi semakin meningkat, ketelitian yang dihasilkan pun semakin baik, sehingga peta yang dihasilkan melalui pemetaan dengan UAV fotogramteri ini lebih efektif dan efisien dari segi waktu dan biaya. Selain itu disarankan agar, jumlah konfigurasi GCP dibuat dalam beberapa skenario yang berbeda serta jumlah window ekstraksi dibuat lebih bervariasi untuk lebih jauh mengukur keakurasian dari kerapatan point cloud. Selain itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mencari tahu lebih lanjut terkait dengan penerapan algoritma bundle adjustment untuk berbagai jenis window serta rekonstruksi model 3 dimensinya.**

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

**Penelitian ini disuport oleh PT. Sarana Geospasial Terpadu, (SGT Geomedia) sebagai mitra independent penyedia data.**

## **Daftar Referensi**

- (1) Beder, C., Steffen, R., 2008. Incremental estimation without specifying a-priori covariance matrices for the novel parameters. 2008 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, IEEE.
- (2) Bethmann, F., and Luhmann, T., 2010. Least Squares Matching with Advanced Geometric Transformation Models. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science. Vol. XXXVIII. Part 5. Newcastle upon Tyne, UK. 2010.
- (3) Campbell, N.A., and Wu, X., 2008. Gradient Cross Correlation for Sub-Pixel Matching. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing 2008.
- (4) Elaksher, A., 2008. A Multi-Photo Least Squares Matching Algorithm for Urban Area DEM Refinement Using Breaklines. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science. Vol XXXVII. Part B3a. Beijing 2008.
- (5) Furukawa, Y. & Ponce, J., 2009. Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. p. IEEE Computer Society Press.
- (6) Leica Geosystems, 2006. Leica Photogrammetry Suite Project Manager.

Martince Novianti Bani  
**ANALISIS KERAPATAN 3D POINT CLOUDS PADA UAV FOTOGRAMETRI**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 45-57

---

- (7) Mitchell, H., and Pilgrim, L.J., 1987. Selection of an Image Matching Algorithm. Department of Civil Engineering and Surveying. University of Newcastle.
- (8) Schenk, T., 1999. Digital Photogrammetry, TerraScience, Ohio, USA.
- (9) Schneider, D., 2014. Open season on drones? *Spectrum*, IEEE 51(1), pp. 32–33.
- (10) Wilbers, D., Merfels, C., Stachniss, C., 2019. A comparison of particle filter and graph-based optimization for localization with landmarks in automated vehicles. 2019 Third IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC), IEEE.
- (11) Wolf, P.R., and Dewitt, B.A., 2000. Element of Photogrammetry with Applications in GIS 3<sup>rd</sup>. McGraw-Hill.
- (12) Yang, B & Dong, Z., 2013. A shape-based segmentation method for mobile laser scanning point cloud. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 81, pp. 19–30.



---

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**INDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

---

**INDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI,  
JATIMULYO, LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE GEOLISTRIK**

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
*Teknologi Pertambangan, Politeknik Negeri Malang*  
\*Email:aryokog@polinema.ac.id

**ABSTRAK**

*Kota Malang merupakan salah satu Kotamadya di Jawa Timur dengan luas 110.06 km<sup>2</sup> yang memiliki lima kecamatan yaitu Kendungkandang, Klojen, Blimbing, Lowokwaru dan Sukun. Lembar geologi Kota Malang memperlihatkan bahwa daerah Kota Malang terbentuk karena pengendapan Formasi Solo-Gunungapi. Batuan yang dihasilkan pengendapan berupa tufa, tufa pasir, breksi gunung api, aglomerat dan lava. Metode geolistrik dapat digunakan untuk eksplorasi mineral dan batubara, juga dapat digunakan untuk mengetahui struktur stratigrafi permukaan bawah tanah. Geolistrik dapat digunakan untuk eksplorasi sumber daya alam dengan kedalaman yang dangkal. Resistivitas atau tahanan jenis merupakan nilai yang menunjukkan kemampuan material untuk menghantarkan arus listrik. Fokus penelitian berdasarkan data lembar geologi Kota Malang untuk mengetahui stratigrafi dan geologi di Lapangan Sepakbola Mini, Jatimulyo, Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur. Lokasi penelitian berada di Lapangan Sepakbola Mini, Jatimulyo, Lowokwaru, Kota Malang berada di koordinat 7°56'50.71" LS 112°36'57.77" BT dengan luas penelitian 70m × 45m. Lintasan penelitian adalah lima lintasan dengan jarak antar lintasan 10 meter, panjang setiap lintasan 68,44 meter. Kedalaman yang diperoleh dalam penelitian yaitu 37,28 meter. Interpretasi material bawah tanah yang kami peroleh pada kedalaman 0,0 m – 5,179 m dengan rentang nilai resistivitas 8,859 – 11,2 Ωm di interpretasi sebagai material berupa lempung, pada kedalaman 5,179 m – 10 m dengan rentang nilai resistivitas 11,29 – 12,59 Ωm di interpretasi sebagai material berupa lempung berpasir, pada kedalaman 10 m – 37,28 m dengan rentang nilai resistivitas 12,74 – 15,85 Ωm di interpretasi sebagai material berupa pasir, pada kedalaman 11,5 m – 37,28 m dengan rentang nilai resistivitas 16,24 – 18,33 Ωm di interpretasi sebagai material berupa alluvial, pada kedalaman 13,89 m – 37,28 m dengan rentang nilai resistivitas 19 – 20,69 Ωm di interpretasi sebagai material berupa pasir berbatu.*

*Kata Kunci: geolistrik, resistivitas, stratigrafi*

**ABSTRACT**

*Malang City is one of the municipalities in East Java with an area of 110.06 km<sup>2</sup> which has five sub-districts, namely Kendungkandang, Klojen, Blimbing, Lowokwaru and Sukun. The geological sheet of Malang City shows that the Malang City area was formed due to the deposition of the Solo-Gunungapi Formation. The resulting sedimentary rocks are tuff, sandy*



---

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**INDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

---

*tuff, volcanic breccia, agglomerates and lava. The geoelectric method can be used for mineral and coal exploration, it can also be used to determine the stratigraphic structure of the underground surface. Geoelectricity can be used for exploration of natural resources at shallow depths. Resistivity or resistivity is a value that indicates the ability of a material to conduct electric current. The focus of the research is based on the geological data sheet from Malang City to determine the stratigraphy and geology at the Mini Soccer Field, Jatimulyo, Lowokwaru, Malang City, East Java. The research location is in the Mini Soccer Field, Jatimulyo, Lowokwaru, Malang City at coordinates 7°56'50.71" LS 112°36'57.77" east longitude with a research area of 70m × 45m. The research trajectory is five tracks with a distance between tracks of 10 meters, the length of each track is 68.44 meters. The depth obtained in the study is 37.28 meters. The interpretation of underground material that we obtained at a depth of 0.0 m – 5,179 m with a resistivity value range of 8.859 – 11.2 m is interpreted as material in the form of clay, at a depth of 5.179 m – 10 m with a resistivity value range of 11.29 – 12, 59 m is interpreted as a material in the form of sandy clay, at a depth of 10 m – 37.28 m with a resistivity value range of 12.74 – 15.85 m is interpreted as a material in the form of sand, at a depth of 11.5 m – 37.28 m with the resistivity value range of 16.24 – 18.33 m is interpreted as an alluvial material, at a depth of 13.89 m – 37.28 m with a resistivity value range of 19 – 20.69 m is interpreted as a material in the form of rocky sand.*

*Keywords: geoelectric, resistivity, stratigraphy*

## **PENDAHULUAN**

Kota Malang mempunyai luas 110.06 km<sup>2</sup> yang dikelilingi oleh Kabupaten Malang dengan lima kecamatan yaitu Kendungkandang, Klojen, Blimbing, Lowokwaru dan Sukun. Morfologi Kota Malang mterdiri dari tiga satuan morfologi yaitu morfologi dataran di bagian tengah dan selatan, morfologi perbukitan bergelombang di bagian timur dan utara dan morfologi pegunungan bagian utara, timur dan barat. Kota Malang merupakan daerah yang terbentuk karena aktivitas gunung api sehingga batuan penyusunnya adalah tufa, tufa pasiran, breksi gunung api, aglomerat dan lava. Lembar geologi Kota Malang berada di Formasi Solo-Gunungapi kuarter yang berada diantara Formasi Kendeng di bagian utara dan Formasi Pegunung Selatan di bagian selatan. Pengendapan Formasi Solo-Gunungapi terjadi pada massa Plistosen Akhir hingga Holosen yang membentuk batuan epiklastik dan piroklastik yang terdiri atas batuan Gunungapi Anjasmara Tua (*Qpat*), batuan Gunungapi Kuarter Bawah, batuan Gunungapi Kuarter Tengah, formasi Welang (*Qpw*), *tuff* Malang (*Qvtm*)

---

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

---

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

---

batuan Gunungapi Arjuno Welirang (*Qvaw*), batuan gunungapi Tengger (*Qvt*), batuan Gunungapi Kuartir Atas, *Tuff-Robano* (*Qvtr*), batuan gunungapi Bromo, pasir gunungapi Tengger dan endapan rombakan cemaratinga serta endapan teras.

Geolistrik merupakan metode yang memanfaatkan sifat-sifat kelistrikan batuan (*specific resistivity, conductivity, dielectrical constant*, kemampuan menimbulkan *self potential* dan medan induksi serta sifat menyimpan potensial dan lain-lain). Geolistrik dapat digunakan untuk mendeteksi lapisan di bawah permukaan terutama batuan dan tanah yang mempunyai kontras resistivitas dengan lapisan pada bagian atas dan bawahnya. Selain itu, dapat digunakan juga untuk mengetahui struktur stratigrafi. metode geolistrik terdapat berbagai jenis Metode elektroda, seperti Metode *Schlumberger*, Metode *Wenner*, Metode *Wenner-Schlumberger*, Metode *Dipole-dipole*, Metode *Pole-dipole*, Metode *Pole-pole* dan Metode *Square*. Metode ini menentukan faktor geometri (*k*) dan dari Metode inilah yang menentukan hasil untuk interpretasi penentuan nilai resistivitas bawah permukaan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Geolistrik

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Aliran arus listrik yang mengalir didalam tanah yaitu melalui batuan-batuan dan sangat dipengaruhi oleh adanya air tanah dan garam yang terkandung didalam batuan serta hadirnya mineral logam maupun panas yang tinggi. Metode geolistrik dapat digunakan untuk eksplorasi mineral dan batubara, juga dapat digunakan untuk mengetahui struktur stratigrafi permukaan bawah tanah. Geolistrik dapat digunakan untuk eksplorasi sumber daya alam dengan kedalaman yang dangkal (Hanifa, dkk, 2016). Salah satu metode yang digunakan adalah metode resistivitas atau tahanan jenis dari batuan. Sifat-sifat kelistrikan batuan yang didapat antara lain yaitu tahanan jenis (*specific resistivity, conductivity, dielectrical constant*), kemampuan menimbulkan *self potential* dan medan induksi serta sifat menyimpan potensial dan lain-lain. Pendugaan geolistrik dilakukan dengan menghantarkan arus listrik (beda

---

Gregorius Aryoko Gautama <sup>1)</sup>, Yusron Firmansah <sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

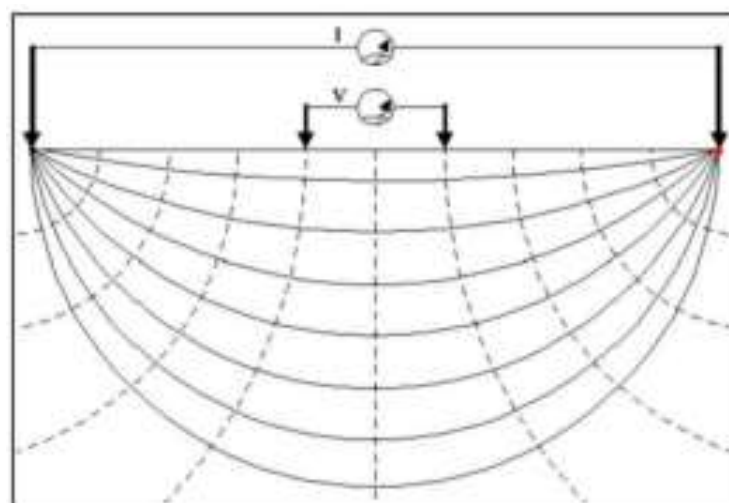
---

Jurnal *Qua Teknik*, (2022), 12(1): 58-81

---

arus) buatkan kedalam tanah melalui batang elektroda arus , kemudian mengukur beda potensial (beda tegangan) pada elektroda lain. Metode geolistrik mempunyai banyak macam, termasuk didalamnya potensial diri, arus telurik, elektromagnetik, induksi polarisasi, dan *resistivity* (tahanan jenis).

Cara mengetahui perubahan tahanan jenis lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan menggunakan metode geolistrik yaitu dengan mengalirkan arus listrik searah yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Injeksi arus listrik ini menggunakan dua buah elektroda arus A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda AB akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Semakin panjang elektroda AB akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Dengan adanya aliran arus listrik akan menimbulkan tegangan listrik di dalam tanah. Tegangan listrik yang terjadi di permukaan tanah diukur dengan menggunakan multimeter yang terhubung melalui 2 buah elektroda tegangan M dan N yang jaraknya lebih pendek dari pada jarak elektroda AB. Bila posisi jarak elektroda AB diubah mejadi lebih besar maka tegangan listrik yang terjadi pada elektroda MN ikut berubah sesuai dengan informasi jenis batuan yang ikut terinjeksi arus listrik pada kedalam yang lebih besar.



**Gambar 1.** Metode Geolistrik

---

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

---

## 2. Sifat Kelistrikan Batuan dan Tanah

Sifat kelistrikan batuan dan mineral dapat digolongkan kedalam tiga jenis yaitu konduksi dielektrik, konduksi elektrolitik, dan konduksi elektronik. Batuan/mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik (terjadi polarisasi muatan bahan saat bahan dialiri listrik) disebut konduksi dielektrik. Konduksi elektrolitik terjadi jika batuan/mineral bersifat porus dan pori-pori tersebut terisi cairan-cairan elektrolitik. Kondisi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik. Batuan/mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan/mineral oleh elektron bebas disebut kondisi elektronik. Terdapat tiga jenis penggolongan sifat batuan/mineral berdasarkan harga tahanan jenis ( $\rho$ ) listriknya yaitu :

- Konduktor baik :  $10^{-8} < \rho < 1 \Omega\text{m}$
- Konduktor buruk :  $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$
- Isolator :  $\rho > 10^7 \Omega\text{m}$

Resistivitas atau tahanan jenis merupakan nilai yang menunjukkan kemampuan material untuk menghantarkan arus listrik. Sifat resistivitas dari lapisan batuan di bawah permukaan dicari dengan metode resistivitas (Manrulu, Nurfalaq & Hamid, 2018). Semakin besar nilai resistivitas suatu material maka semakin sulit material menghantarkan arus listrik, begitu sebaliknya. Faktor yang mempengaruhi perbedaan nilai resistivitas setiap material yaitu:

- a. Butiran penyusunan yang memiliki ukuran yang berbeda. Butiran batuan yang semakin kecil membuat arus mudah menerobos sehingga mengurangi nilai resistivitas tanah.
- b. Berkurangnya nilai resistivitas tergantung kandungan air, air tanah atau air permukaan.
- c. Nilai resistivitas yang tinggi dipengaruhi oleh kepadatan suatu batuan.
- d. Kandungan ion di air meningkat sehingga berfungsi sebagai konduktor, penyebabnya adalah garam yang larut dalam air di batuan.
- e. Penurunan nilai resistivitas disebabkan oleh kandungan mineral lempung yang meningkat.

Gregorius Aryoko Gautama <sup>1)</sup>, Yusron Firmansah <sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**INDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
 LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

**Tabel 1.** Resistivitas Batuan Beku dan Metamorf (Telford., 1976)

Rock Type	Resistivity Range ( $\Omega\text{m}$ )
Granite	$3 \times 10^2 - 10^6$
Granite Porphyry	$4.5 \times 10^3$ (wet) – $1.3 \times 10^6$ (dry)
Feldspar Porphyry	$4 \times 10^3$ (wet)
Albite	$3 \times 10^2$ (wet) – $3.3 \times 10^3$ (dry)
Syenite	$10^2 - 10^6$
Diorit	$10^4 - 10^5$
Diorit Porphyry	$1.9 \times 10^3$ (wet) – $2.8 \times 10^4$ (dry)
Porphyryte	$10 - 5 \times 10^4$ (wet) – $3.3 \times 10^3$ (dry)
Carbonatized Porphyry	$2.5 \times 10^3$ (wet) – $6 \times 10^4$ (dry)
Quartz Porphyry	$3 \times 10^2 - 9 \times 10^5$
Quartz Diorite	$2 \times 10^4 - 2 \times 10^6$ (wet) – $1.8 \times 10^5$ (dry)
Porphyry (Various)	$60 - 10^4$
Dacite	$2 \times 10^4$ (wet)
Andesite	$4.5 \times 10^4$ (wet) – $1.7 \times 10^5$ (dry)
Diabase Porphyry	$10^3$ (wet) - $1.7 \times 10^5$ (dry)
Diabase (various)	$20 - 5 \times 10^7$
Lavas	$10^2 - 5 \times 10^4$
Gabbro	$10^3 - 10^6$
Basalt	$10 - 1.3 \times 10^7$ (dry)
Olivine Norite	$10^3 - 6 \times 10^4$ (wet)
Peridotite	$3 \times 10^3$ (wet) – $6.5 \times 10^3$ (dry)
Hornfels	$8 \times 10^3$ (wet) – $6 \times 10^7$ (dry)
Schists (calcareous and mica)	$20 - 10^4$
Tuffs	$2 \times 10^3$ (wet) - $10^5$ (dry)
Graphite Schist	$10 - 10^2$
Slates (various)	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
Gneiss (various)	$6.8 \times 10^4$ (wet) – $3 \times 10^6$ (dry)
Marble	$10^2 - 2.5 \times 10^8$ (dry)
Skarn	$2.5 \times 10^2$ (wet) – $2.5 \times 10^8$ (dry)
Quartzites (various)	$10 - 2 \times 10^8$

**Tabel 2.** Resistivitas Batuan Sedimen (Telford., 1976)

Rock Type	Resistivity Range ( $\Omega\text{m}$ )
Consolidated Shales	$20 - 2 \times 10^3$
Argillites	$10 - 8 \times 10^2$
Conglomerates	$2 \times 10^3 - 10^4$
Sandstones	$1 - 6.4 \times 10^8$
Limestones	$50 - 10^7$

Gregorius Aryoko Gautama <sup>1)</sup>, Yusron Firmansah <sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
 LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

Dolomite	$3.5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Unconsolidated Wet Clay	20
Marls	3 - 70
Clays	1 - 100
Alluvium and Sands	10 - 800
Oil Sands	4 - 800

**Tabel 3.** Resistivitas Logam dan Unsur (Telford, 1976)

Logam/Unsur	Resistivity ( $\Omega m$ )		
	Range	Average	
Antimony	$5 \times 10^{-7} - 10$	$4.5 \times 10^{-7}$	
Arsenic		$2.2 \times 10^{-7}$	
Bismuth		$1.2 \times 10^{-6}$	
Copper		$1.7 \times 10^{-8}$	
Gold		$2.4 \times 10^{-8}$	
Graphite		$10^{-3}$	
Iron		$10^{-7}$	
Lead		$2.2 \times 10^{-7}$	
Mercury		$9.6 \times 10^{-7}$	
Molybdenum		$5.7 \times 10^{-8}$	
Nickel		$7.8 \times 10^{-8}$	
Platinum		$10^{-7}$	
Silver		$1.6 \times 10^{-8}$	
Sulphur		$10^7 - 10^{16}$	$10^{14}$
Tellurium		$10^{-4} - 2 \times 10^{-3}$	$10^{-3}$
Tin			$1.1 \times 10^{-7}$
Uranium		$3 \times 10^{-7}$	
Zinc		$5.8 \times 10^{-8}$	

Gregorius Aryoko Gautama <sup>1)</sup>, Yusron Firmansah <sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
 LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

**Tabel 4.** Resistivitas Mineral (Telford, 1976)

Mineral	Resistivity ( $\Omega\text{m}$ )	
	Range	Average
Argentite	$2 \times 10^{-3} - 10^4$	$1.7 \times 10^{-3}$
Bismuthinite	18 – 570	
Covellite	$3 \times 10^{-7} - 8 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$
Chalcocite	$3 \times 10^{-5} - 0.6$	$10^{-4}$
Chalcophyrite	$1.2 \times 10^{-5} - 0.3$	$4 \times 10^{-3}$
Bornite	$2.5 \times 10^{-5} - 0.5$	$3 \times 10^{-3}$
Marcasite	$10^{-3} - 3.5$	$5 \times 10^{-2}$
Pyrite	$2.9 \times 10^{-5} - 1.5$	$3 \times 10^{-1}$
Pyrrhotite	$6.5 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-2}$	$10^{-4}$
Cinnabar		$2 \times 10^7$
Molybdenite	$10^{-3} - 10^6$	10
Galena	$3 \times 10^{-5} - 3 \times 10^2$	$2 \times 10^{-3}$
Millerite		$3 \times 10^{-7}$
Stannite	$10^{-3} - 6 \times 10^3$	
Stibnite	$10^5 - 10^{12}$	$5 \times 10^6$
Sphalerite	$1.5 - 10^7$	$10^2$
Cobaltite	$3.5 \times 10^{-4} - 10^{-1}$	
Smaltite		$5 \times 10^{-5}$
Arsenopyrite	$2 \times 10^{-5} - 15$	$10^{-3}$
Niccolite	$10^{-7} - 2 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-5}$
Sylvanite	$4 \times 10^{-6} - 2 \times 10^{-5}$	
Bauxite	$2 \times 10^2 - 6 \times 10^{-3}$	

**Tabel 5.** Resistivitas Spesifik Batuan (Suyono, 1978)

Material	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )
Air Pemasukan	80 – 200
Airtanah	30 – 100
Silt – Lempung	10 – 200
Pasir	100 – 600
Pasir dan kerikil	100 – 1000
Batu Lumpur	20 – 200
Batu pasir	50 – 500
Konglomerat	100 – 500
Tufa	20 – 200
Kelompok Andesit	100 – 2000
Kelompok Granit	1000 – 10000
Kelompok Chert, Slate	200 – 2000

---

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

---

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

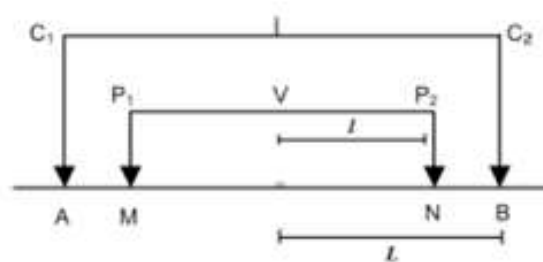
---

### 3. Metode Geolistrik

Metode geolistrik menentukan faktor geometri ( $k$ ) yang menentukan hasil untuk interpretasi penentuan nilai resistivitas bawah permukaan. Eksplorasi metode geolistrik terdapat berbagai jenis Metode elektroda, seperti Metode *Schlumberger*, Metode *Wenner*, Metode *Wenner-Schlumberger*, Metode *Dipole-dipole*, dan Metode *Pole-dipole*.

#### 3.1. Metode *Schlumberger*

Metode *Schlumberger* merupakan Metode empat elektroda dimana terdapat sepasang elektroda arus yaitu C1-C2 atau A-B dan sepasang elektroda potensial P1-P2 atau M-N, dimana terdapat titik tengah dimana jarak dari pusat dengan elektroda potensial disebut  $l$ , dan jarak antara pusat dengan elektroda arus disebut  $L$ , dimana jarak antar elektroda potensialnya  $2l$ , dimana  $(l-x)$ . Pengukuran menggunakan Metode *schlumberger* biasanya sering diubah pada jarak antar elektroda arusnya, dan terkadang elektroda potensialnya tetap, nilai resistivitasnya yaitu  $\rho=KR$ . Metode *Schlumberger* dapat digunakan untuk *resistivity mapping* dan *sounding*, Metode sangat cocok untuk VES (*Vertikal Electrical Sounding*) dan tidak cocok untuk CST (*constant separation traversing*) karena memiliki sensitivitas orientasi yang baik, sensitivitas lateral yang baik dalam penentuan ketidakhomogenan



**Gambar 2.** Metode Schlumberger

#### 3.2. Metode *Wenner*

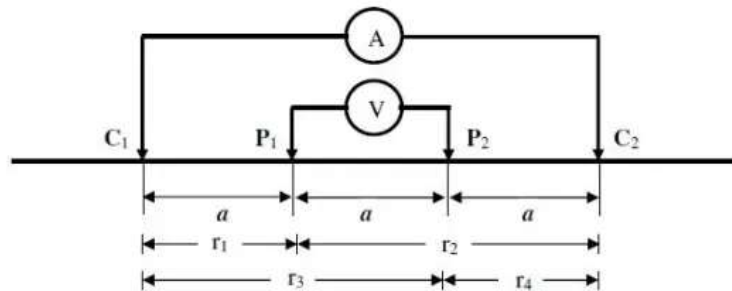
Elektrode arus dan elektrode potensial mempunyai jarak yang sama yaitu  $C1P1 = P1P2 = P2C2 = a$ . Jarak antar elektrode arus adalah tiga kali jarak antar elektrode potensial. Perlu diingat bahwa keempat elektrode dengan titik datum harus membentuk satu garis. Keunggulan dari Metode Wenner ini adalah ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda



Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

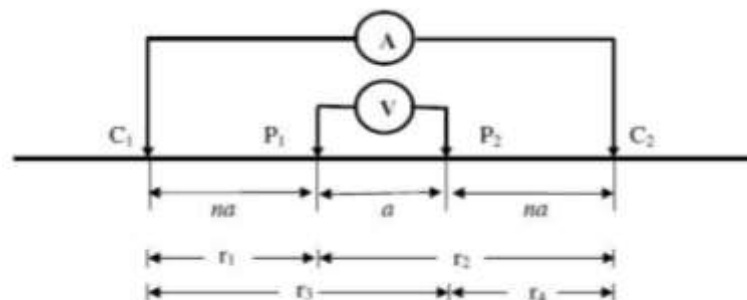
MN lebih baik dengan angka yang relatif besar karena elektroda MN yang relatif dekat dengan elektroda AB. Disini bisa digunakan alat ukur multimeter dengan impedansi yang relatif lebih kecil. Sedangkan kelemahannya adalah tidak bisa mendeteksi homogenitas batuan di dekat permukaan yang bisa berpengaruh terhadap hasil perhitungan. Data yang didapat dari cara Metode Wenner, sangat sulit untuk menghilangkan factor non homogenitas batuan, sehingga hasil perhitungan menjadi kurang akurat.



**Gambar 3.** Metode Wenner

### 3.3. Metode Wenner – Schlumberger

Perpaduan dari Metode Wenner dan Metode Schlumberger. Pengukuran dengan faktor spasi ( $n$ ) = 1, Metode Wenner-Schlumberger sama dengan pengukuran pada Metode Wenner (jarak antar elektrode =  $a$ ), namun pada pengukuran dengan  $n = 2$  dan seterusnya. Metode Wenner-Schlumberger sama dengan Metode Schlumberger (jarak antara elektrode arus dan elektrode potensial lebih besar daripada jarak antar elektrode potensial).



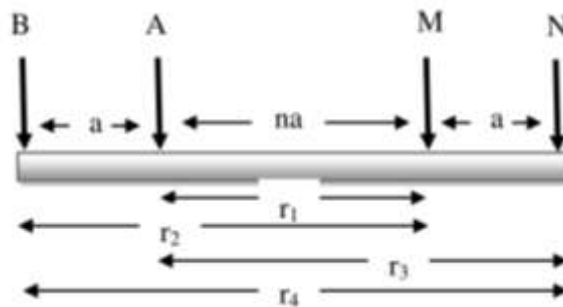
**Gambar 4.** Metode wenner – Schlumberger

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
 LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

**3.4. Metode *Dipole – Dipole***

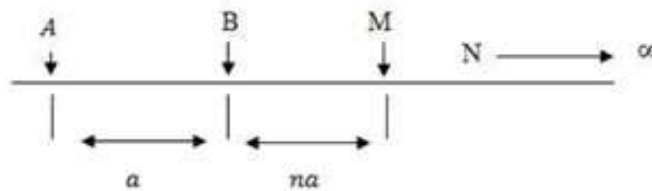
Metode *Dipole-Dipole* yaitu Metode sepasang elektroda antara arus dan potensial terpisah, jarak spasi antar elektroda C1-C2 dan P1-P2 adalah  $a$ , sedangkan untuk jarak C1 dan P1 adalah  $na$ , atau lebih singkat dinyatakan jarak antar dipole harus lebih besar. Keunggulan dari Metode ini sangat baik untuk penetrasi kedalaman, dan CST. Memiliki kesensitifan yang tinggi untuk arah horizontal dan sedang untuk arah vertikal, untuk memperoleh adata maksimal maka harus lebih banyak elektroda namun ini juga menyebabkan sinyal yang ditangkap rendah, sehingga Metode sangat baik untuk *survey mapping* horizontal.



**Gambar 5.** *Dipole – Dipole*

**3.5. Metode *Pole-Dipole***

Metode *Pole-dipole* adalah Metode elektrodanya salah satu dari elektroda potensial atau P2 dibentangkan pada jarak tak hingga, sedangkan untuk jarak spasi C1-C2 yaitu  $a$  dan jarak spasi C2 dan P1 adalah  $na$ .



**Gambar 6.** Metode *Pole-Dipole*

Gregorius Aryoko Gautama <sup>1)</sup>, Yusron Firmansah <sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

---

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **1. Fokus Penelitian**

Fokus penelitian berdasarkan data lembar geologi Kota Malang untuk mengetahui stratigrafi dan geologi di Lapangan Sepakbola Mini, Jatimulyo, Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur.

### **2. Lokasi Penelitian dan Material Penelitian**

Penelitian berlokasi di Lapangan Sepakbola Mini, Jatimulyo, Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur dengan koordinat  $7^{\circ}56'50.71''$  LS  $112^{\circ}36'57.77''$  BT. Luas lapangan  $70\text{m} \times 45\text{m}$ , lintasan yang direncanakan dalam penelitian adalah lima lintasan dengan jarak antar lintasan 10 meter, panjang setiap lintasan 68,44 meter.

#### **a. Variabel yang Diteliti**

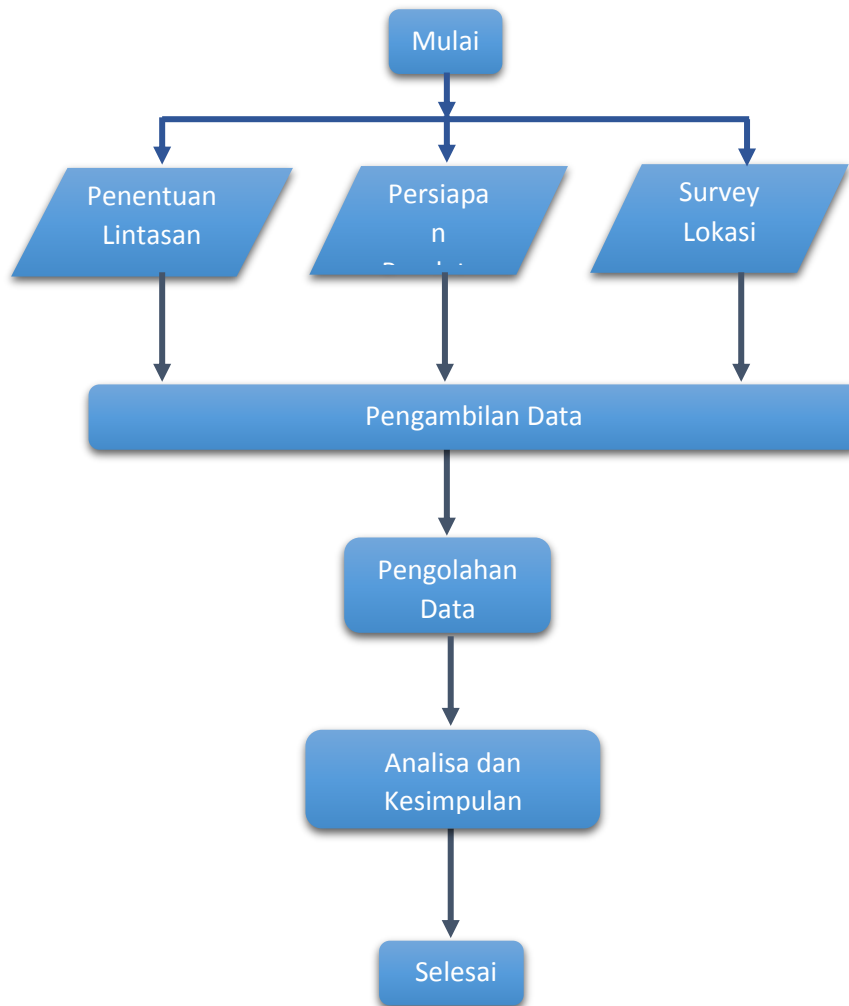
Variabel yang diteliti adalah nilai resistivitas yang didapat dari pengambilan data menggunakan Alat Geolistrik MAE C313.

#### **b. Prosedur Penelitian**

Tahapan yang dilakukan penelitian ini adalah:

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81



**Gambar 7.** Diagram Alir Penelitian

## HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN

### 1. Hasil Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode *Schlumberger* dengan jarak MN dibuat sekecil-kecilnya sehingga jarak MN secara teoritis tidak berubah tetapi karena dengan keterbatasan kepekaan alat ukur, maka ketika jarak AB sudah relative besar maka jarak MN hendaknya dirubah. Perubahan jarak MN hendaknya tidak lebih besar dari 1/5 jarak AB. Keunggulan metode yaitu kemampuan untuk mendekati adanya non-homogenitis lapisan batuan pada permukaan, yakni dengan membandingkan nilai resistivitas

Gregorius Aryoko Gautama <sup>1)</sup>, Yusron Firmansah <sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
 LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

semu ketika terjadi perubahan jarak elektroda MN/2. Konfigurasi yang terdapat pada metode schlumberger sebenarnya hampir mirip dengan konfigurasi pada metode wenner, namun jarak elektroda potensial dibiarkan tetap. Lokasi penelitian merupakan lapangan sepakbola mini yang memiliki ukuran 70m × 60m. Lintasan yang dibuat untuk pengambilan data ada 5 dengan jarak antar lintasan adalah 10m.



**Gambar 8.** Lintasan Penelitian

**Tabel 6.** Koordinat Lintasan Penelitian

	A	B
Lintasan 1	7°56'50.46" LS 112°36'56.41"BT	7°56'51.96"LS 112°36'58.34"BT
Lintasan 2	7°56'50.27"LS 112°36'56.60"BT	7°56'51.71"LS 112°36'58.52"BT
Lintasan 3	7°56'50.05"LS 112°36'56.82"BT	7°56'51.45"LS 112°36'58.71"BT
Lintasan 4	7°56'49.83"LS 112°36'57.00"BT	7°56'51.20"LS 112°36'58.89"BT
Lintasan 5	7°56'49.57"LS 112°36'57.21"BT	7°56'50.94"LS 112°36'59.08"BT

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
 LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

localita: lintasan 1									
referimen: 7.947580005, 112.61598167E									
quota: 515.31m									
note:									
ms	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	I (mA)	V (mV)	PS (mV)	r (O*m)	dev. st.	M (ms)
1	1.50	0.50	6.2	402.42	619.13	76.25	9.6	0.0	
2	2.50	0.50	18.8	368.97	188.66	75.18	9.6	0.0	
3	4.00	0.50	48.4	367.94	76.29	74.99	10.2	0.0	
4	6.00	0.50	112.3	430.50	44.99	74.98	11.7	0.1	
5	8.00	0.50	200.2	412.86	28.26	74.26	13.0	0.0	
6	10.00	0.50	313.3	421.77	19.31	74.51	14.3	0.2	
7	12.00	0.50	451.8	455.00	15.98	73.60	15.8	0.0	
8	15.00	0.50	706.0	468.23	11.13	73.60	16.7	0.5	
9	15.00	5.00	62.8	467.29	126.25	-12.02	16.9	0.2	
10	20.00	5.00	117.8	417.85	71.47	-8.20	19.2	1.2	
11	25.00	5.00	188.5	417.64	45.17	-7.23	19.4	2.5	
12	30.00	5.00	274.8	401.75	25.59	-1.86	17.5	1.0	
13	40.00	5.00	494.8	260.55	9.81	-1.46	18.2	1.1	
14	50.00	5.00	777.5						

localita: lintasan 2									
referimen: 7.947493335, 112.61604833E									
quota: 518.23m									
note:									
ms	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	I (mA)	V (mV)	PS (mV)	r (O*m)	dev. st.	M (ms)
1	1.50	0.50	6.2	349.83	541.14	48.44	9.7	0.0	
2	2.50	0.50	18.8	403.36	212.94	67.11	9.9	0.0	
3	4.00	0.50	48.4	426.45	93.40	46.43	10.8	0.0	
4	6.00	0.50	112.3	373.60	40.74	38.21	12.2	0.0	
5	8.00	0.50	200.2	348.79	23.53	30.94	13.5	0.2	
6	10.00	0.50	313.3	343.81	15.71	27.20	14.3	0.4	
7	12.00	0.50	451.8	315.64	10.78	24.87	15.4	0.0	
8	15.00	0.50	706.0	271.96	6.20	22.63	16.1	0.4	
9	15.00	5.00	62.8	271.34	89.39	-58.93	16.0	0.2	
10	20.00	5.00	117.8	195.32	27.86	-91.17	16.8	0.2	
11	25.00	5.00	188.5	410.55	36.85	-83.89	16.9	1.2	
12	30.00	5.00	274.8	372.28	22.73	-70.75	16.7	0.8	
13	40.00	5.00	494.8	234.26	8.23	-56.29	17.3	2.2	
14	50.00	5.00	777.5						

Gambar 10. Hasil Lintasan 2

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
 LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

località: lintasan 3									
riferimento:									
quota:									
note:									
mis	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	I (mA)	V (mV)	P5 (mV)	r (Ω*m)	dev. st.	M (ms)
1	1.50	0.50	6.2	300.87	491.65	111.80	10.2	0.0	
2	2.50	0.50	18.8	263.86	146.84	110.73	10.4	0.0	
3	4.00	0.50	49.4	278.23	62.57	109.47	11.1	0.0	
4	6.00	0.50	112.3	302.68	33.08	109.00	12.2	0.0	
5	8.00	0.50	200.2	362.89	24.45	107.81	13.5	0.0	
6	10.00	0.50	313.3	336.29	15.28	106.87	14.2	0.0	
7	12.00	0.50	451.6	245.34	7.86	104.83	14.4	0.3	
8	15.00	0.50	706.0	241.79	5.07	104.09	14.7	0.6	
9	15.00	5.00	62.8	241.21	56.77	-63.46	14.7	0.1	
10	20.00	5.00	117.8	235.25	30.64	-88.05	15.3	1.3	
11	25.00	5.00	188.5	389.99	33.50	-92.22	16.1	1.4	
12	30.00	5.00	274.8	349.75	21.45	-95.16	16.8	2.1	
13	40.00	5.00	494.8	215.58	7.45	-92.82	17.1	2.4	
14	50.00	5.00	777.5						

Gambar 11. Hasil Lintasan 3

località: lintasan 4									
riferimento:									
quota:									
note:									
mis	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	I (mA)	V (mV)	P5 (mV)	r (Ω*m)	dev. st.	M (ms)
1	1.50	0.50	6.2	472.23	943.24	-8.43	12.5	0.0	
2	2.50	0.50	18.8	402.97	242.53	-10.54	11.3	0.0	
3	4.00	0.50	49.4	306.81	67.25	-12.94	10.8	0.0	
4	6.00	0.50	112.3	330.30	33.77	-14.79	11.4	0.1	
5	8.00	0.50	200.2	333.51	20.86	-16.23	12.5	0.0	
6	10.00	0.50	313.3	301.51	12.94	-17.73	13.4	0.0	
7	12.00	0.50	451.6	240.40	7.46	-18.96	14.0	0.1	
8	15.00	0.50	706.0	261.61	5.24	-20.19	14.1	0.5	
9	15.00	5.00	62.8	261.79	59.99	2.64	14.4	0.2	
10	20.00	5.00	117.8	349.47	17.09	20.51	13.4	1.4	
11	25.00	5.00	188.5	298.27	22.73	28.04	14.3	0.4	
12	30.00	5.00	274.8	252.16	14.88	29.07	16.2	1.0	
13	40.00	5.00	494.8	171.56	7.02	26.25	20.2	9.8	
14	50.00	5.00	777.5						

Gambar 12. Hasil Lintasan 4



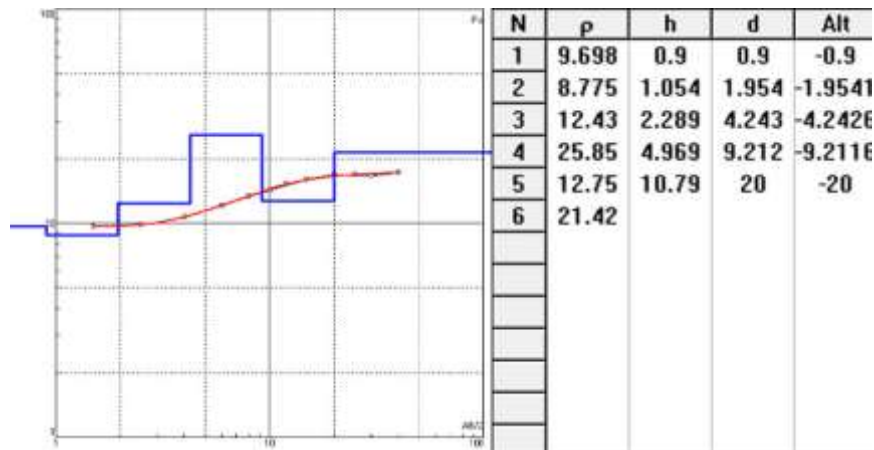
Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
 LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

località: lintasan 5									
riferimento:									
quota:									
note:									
mis.	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	I (mA)	V (mV)	PS (mV)	r (O <sup>2</sup> m)	dev. st.	M (ms)
1	1.50	0.50	6.2	447.29	694.38	-119.22	5.7	0.0	
2	2.50	0.50	18.8	424.62	219.57	-118.06	5.7	0.0	
3	4.00	0.50	49.4	418.09	87.18	-116.45	10.3	0.0	
4	6.00	0.50	112.3	411.59	42.70	-114.74	11.6	0.0	
5	8.00	0.50	200.2	377.04	23.53	-113.02	12.5	0.0	
6	10.00	0.50	313.3	372.54	13.73	-111.36	13.2	0.0	
7	12.00	0.50	451.6	439.72	13.44	-109.77	13.8	0.1	
8	15.00	0.50	706.0	432.85	6.88	-108.03	14.4	0.1	
9	15.00	5.00	62.8	433.36	97.53	-67.26	14.1	0.0	
10	20.00	5.00	117.8	388.40	49.24	-100.39	14.9	0.0	
11	25.00	5.00	188.5	415.39	32.04	-109.05	14.5	0.6	
12	30.00	5.00	274.8	372.24	18.51	-118.01	13.6	1.2	
13	40.00	5.00	494.8	119.94	3.26	-118.85	13.4	3.3	
14	50.00	5.00	777.5						

**Gambar 13.** Hasil Lintasan 5

Data setiap lintasan yang diperoleh kemudian diolah menggunakan aplikasi untuk memperoleh kedalaman, ketebalan dan tahanan jenis. Kedalaman yang diperoleh adalah 37,28 meter.

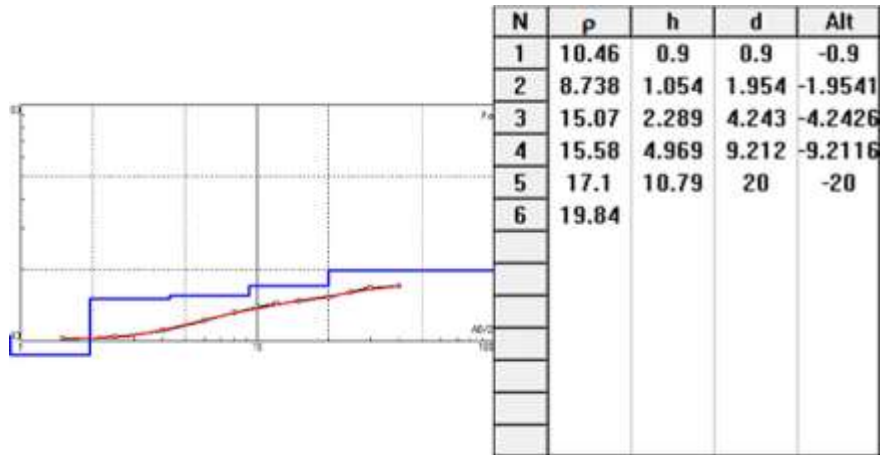


**Gambar 14.** Data Pengolahan Lintasan 1

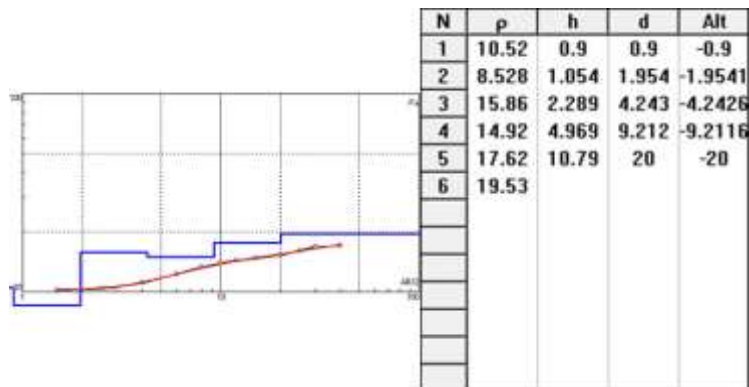


Gregorius Aryoko Gautama <sup>1)</sup>, Yusron Firmansah <sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
 LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

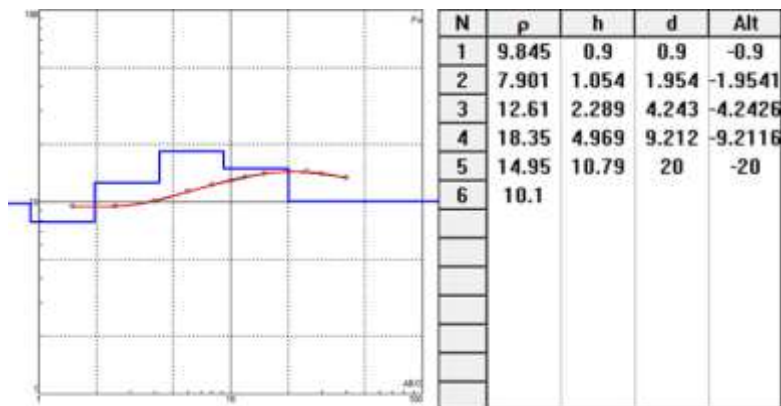
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81



**Gambar 15.** Data Pengolahan Lintasan 2



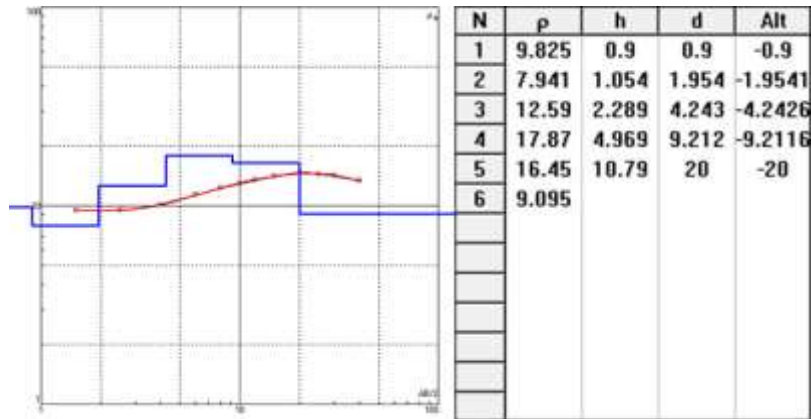
**Gambar 16.** Data Pengolahan Lintasan 3



**Gambar 17.** Data Pengolahan Lintasan 4

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
 LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

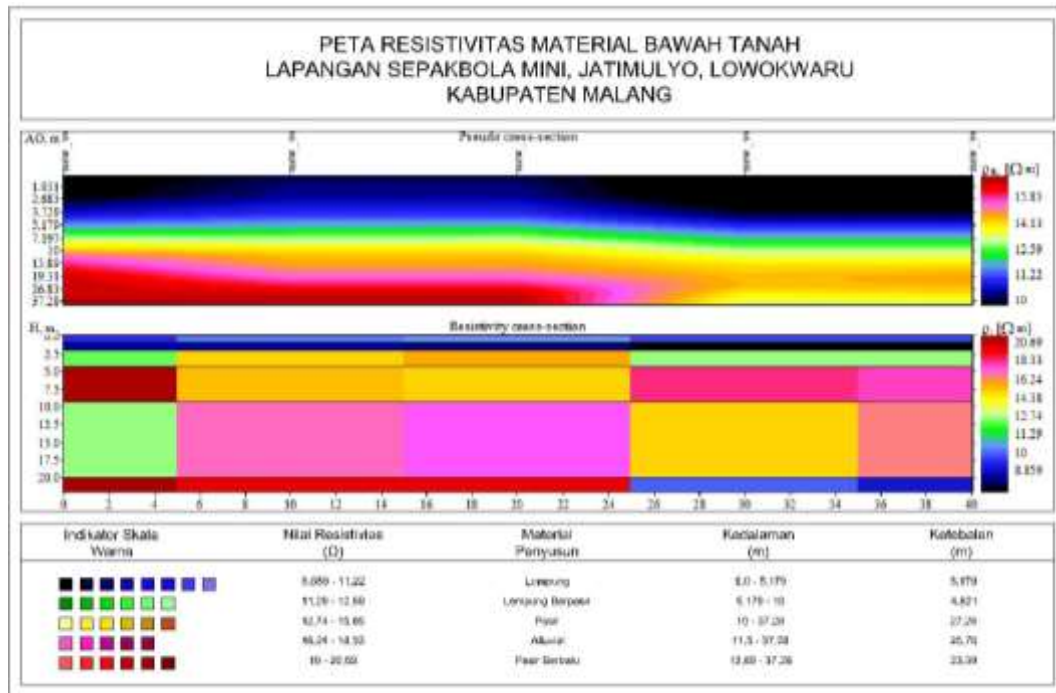


**Gambar 18.** Data Pengolahan Lintasan 5

Hasil dari pengolahan setiap lintasan digabung untuk melihat secara dua dimensi permukaan bawah tanah. Berdasarkan hasil gambar penampang resistivitas material bawah tanah lapangan sepak bola mini, Jatimulyo, Lowokwaru, Kabupaten Malang menggunakan software IPI2win diperoleh kedalaman hingga 37,28 meter. Resistivitas pada gabungan lintasan 1-5 diperoleh rentang nilai mulai dari 8,859  $\Omega\text{m}$  - 20,69  $\Omega\text{m}$ . Berdasarkan tabel hasil interpretasi material bawah tanah yang kami peroleh pada kedalaman 0,0 m – 5,179 m dengan rentang nilai resistivitas 8,859 – 11,2  $\Omega\text{m}$  di interpretasi sebagai material berupa lempung, pada kedalaman 5,179 m – 10 m dengan rentang nilai resistivitas 11,29 – 12,59  $\Omega\text{m}$  di interpretasi sebagai material berupa lempung berpasir, pada kedalaman 10 m – 37,28 m dengan rentang nilai resistivitas 12,74 – 15,85  $\Omega\text{m}$  di interpretasi sebagai material berupa pasir, pada kedalaman 11,5 m – 37,28 m dengan rentang nilai resistivitas 16,24 – 18,33  $\Omega\text{m}$  di interpretasi sebagai material berupa alluvial, pada kedalaman 13,89 m – 37,28 m dengan rentang nilai resistivitas 19 – 20,69  $\Omega\text{m}$  di interpretasi sebagai material berupa pasir berbatu.

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**INDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
 LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81



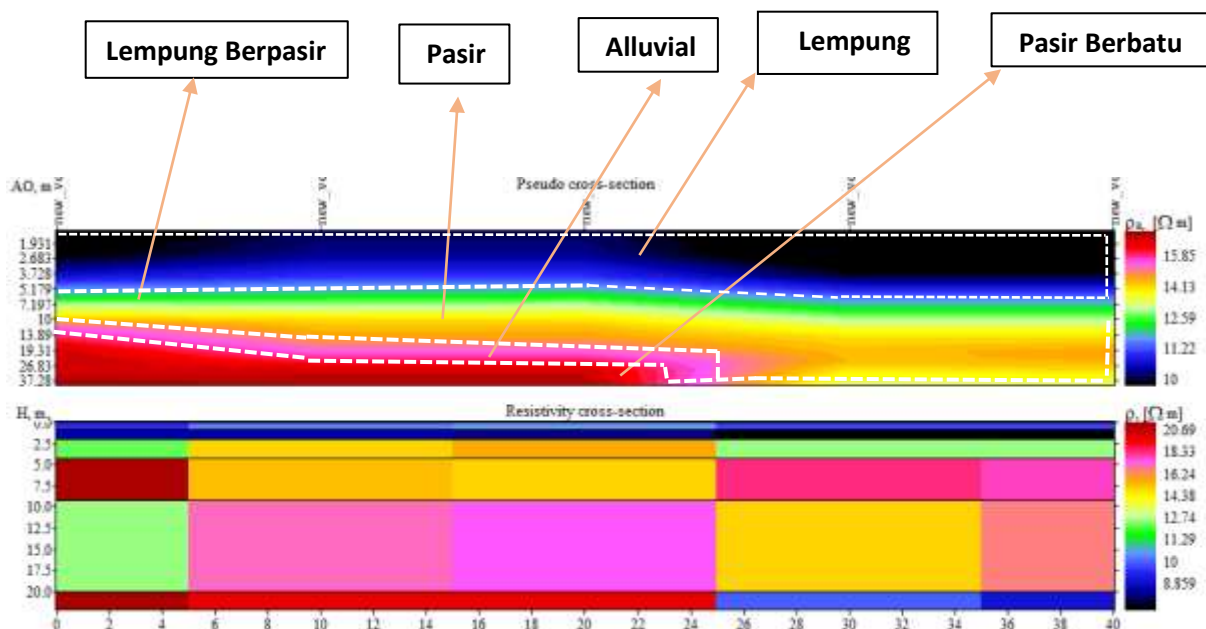
**Gambar 19.** Resistivitas Permukaan Bawah Tanah

Dari hasil data serta dilihat dari indikator warna lapisan material, formasi material yang ada dibawah permukaan tanah memiliki panjang serta ketebalan yang sangat berbeda. Lapisan teratas terdapat material lempung yang terbaca lapisannya sepanjang 50 meter yang artinya lapisan ini berada pada seluruh lintasan penelitian ( lintasan 1 – 5). Ketebalan lapisan ini rata-rata berkisar 5,179 meter pada setiap lintasan penelitian. Lapisan kedua terdapat material lempung berpasir dengan panjang lapisan yang terbaca oleh alat sepanjang 50 meter dan sama dengan lapisan diatasnya yaitu lempung. Serta untuk ketebalan lapisan ini rata-rata berkisar 4,821 meter pada setiap lintasan penelitian. Lapisan ketiga terdapat material berupa pasir yang membentang pada kelima lintasan atau sepanjang 50 meter. Akan tetapi pada lapisan ini memiliki ketebalan yang sangat berbeda di setiap lintasannya. Dimana pada lintasan 1 hanya memiliki ketebalan 0,5 – 2 meter sepanjang 10 meter, kemudian pada lintasan 2 memiliki ketebalan 2 - 5 meter sepanjang 10 meter, dan pada lintasan 3 dengan ketebalan 5 – 15 meter sepanjang 10 meter, selanjutnya pada lintasan 4 dan 5 memiliki ketebalan yang relatif sama yaitu 25,78 meter sepanjang 20 meter. Lapisan keempat terdapat material berupa Alluvial yang hanya terbaca pada lintasan 1, 2, dan 3 yang artinya lapisan ini

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

memiliki panjang rata-rata sekitar 30 meter. Untuk ketebalan lapisan ini relatif sama pada setiap lapisannya yaitu 25,78 meter akan tetapi kedalam lapisan material pada setiap lintasan berbeda. Pada lintasan 1 lapisan ini berada di kedalam berkisar 11,5 – 13,89 meter, pada lintasan 2 berada pada kedalam berkisar 13,89 – 16 meter, serta pada lintasan 3 relatif landai dan mendatar yaitu berada pada kedalaman 16 – 17 meter. Lapisan ke 5 atau lapisan terbawah yaitu berupa material pasir berbatu dengan panjang lapisan berkisar 30 meter yang berarti terbaca pada lintasan 1, 2, dan 3. Sama halnya dengan lapisan di atasnya, lapisan ini memiliki ketebalan dan kedalam yang berbeda di setiap lintasannya. Dimana pada lintasan 1 lapisan ini berada pada kedalaman 13,89 – 16 meter dan memiliki ketebalan berkisar 21,28 – 23,39 meter, kemudian pada lintasan 2 berada pada kedalaman 16 – 20 meter dengan ketebalan 13,89 – 21,28 meter. Dan pada lintasan 3 lapisan ini juga relatif mendatar berada pada kedalaman 20 – 21 meter yang berarti memiliki ketebalan berkisar 1 meter.



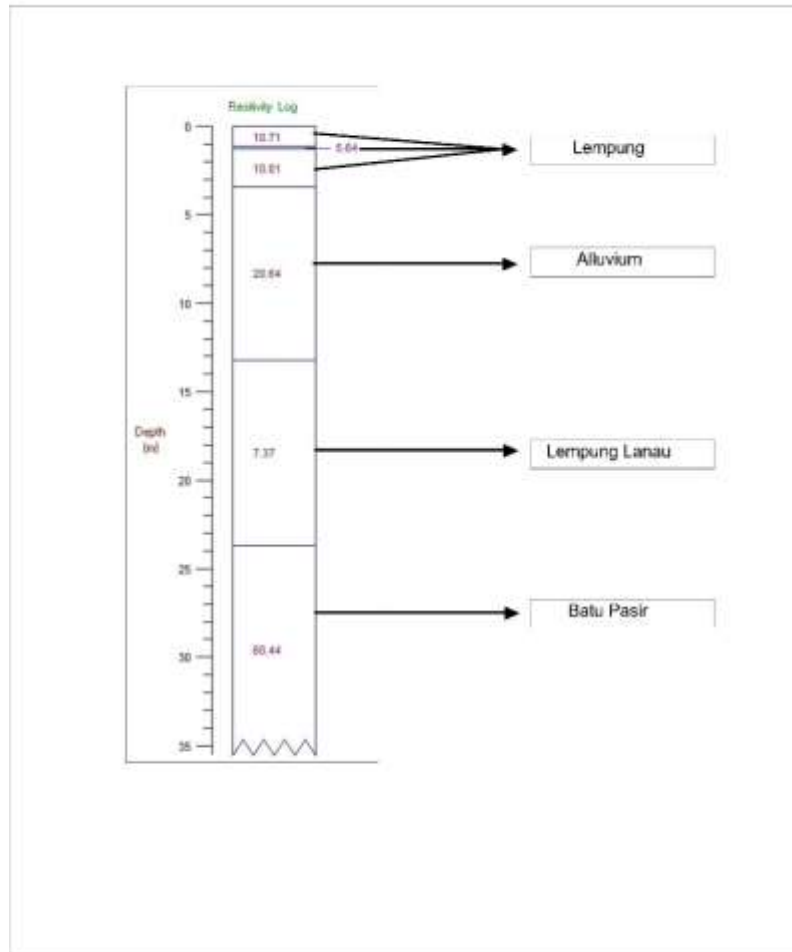
**Gambar 20.** Interpretasi Resistivitas

Pengolahan data juga dilakukan untuk mengetahui stratigrafi daerah penelitian. Kedalaman 0 – 3,5 m memiliki 3 lapisan nilai resistivity yaitu  $10,71 \Omega m$ ,  $5,64 \Omega m$ , dan  $10,01 \Omega m$  yang menandakan adanya material berupa lempung, kemudian pada kedalaman 3,5 –

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**INDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

13,5 m memiliki nilai resistivity sebesar  $20,64 \Omega m$  yang menandakan adanya material berupa alluvium, pada kedalaman 13,5 – 23,5 m memiliki nilai resistivity sebesar  $7,37 \Omega m$  yang menandakan adanya material berupa lempung lanau, dan yang terakhir pada kedalaman 23,5 – 35 m memiliki nilai resistivity sebesar  $60,44 \Omega m$  yang menandakan adanya material berupa batu pasir. Kelima lintasan tersebut menunjukkan bahwa material yang berada di bawah permukaan lapangan sepak bola mini, Jatimulyo, Lowokwaru, Kabupaten Malang terdiri atas lempung, alluvial, lempung lanau dan batu pasir.



**Gambar 21.** Stratigrafi Daerah Penelitian

---

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

---

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

---

## **KESIMPULAN**

### **1. Kesimpulan**

Penelitian Identifikasi Bawah Permukaan di Lapangan Sepakbola Mini menghasilkan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Lokasi penelitian berada di Lapangan Sepakbola Mini, Jatimulyo, Lowokwaru, Kota Malang berada di koordinat  $7^{\circ}56'50.71''$  LS  $112^{\circ}36'57.77''$  BT dengan luas penelitian  $70\text{m} \times 45\text{m}$ . Lintasan penelitian adalah lima lintasan dengan jarak antar lintasan 10 meter, panjang setiap lintasan 68,44 meter.
2. Kedalaman yang diperoleh dalam penelitian yaitu 37,28 meter.
3. Resistivitas pada gabungan lintasan 1-5 diperoleh rentang nilai mulai dari 8,859  $\Omega\text{m}$  - 20,69  $\Omega\text{m}$ . Interpretasi material bawah tanah yang kami peroleh pada kedalaman 0,0 m - 5,179 m dengan rentang nilai resistivitas 8,859 - 11,2  $\Omega\text{m}$  di interpretasi sebagai material berupa lempung, pada kedalaman 5,179 m - 10 m dengan rentang nilai resistivitas 11,29 - 12,59  $\Omega\text{m}$  di interpretasi sebagai material berupa lempung berpasir, pada kedalaman 10 m - 37,28 m dengan rentang nilai resistivitas 12,74 - 15,85  $\Omega\text{m}$  di interpretasi sebagai material berupa pasir, pada kedalaman 11,5 m - 37,28 m dengan rentang nilai resistivitas 16,24 - 18,33  $\Omega\text{m}$  di interpretasi sebagai material berupa alluvial, pada kedalaman 13,89 m - 37,28 m dengan rentang nilai resistivitas 19 - 20,69  $\Omega\text{m}$  di interpretasi sebagai material berupa pasir berbatu.
4. Material yang berada di bawah permukaan lapangan sepak bola mini di Jatimulyo, Lowokwaru, Kota Malang terdiri atas lempung, alluvial, lempung lanau dan batu pasir.

### **2. Saran**

Peneliti memberikan saran pada penelitian Identifikasi Bawah Permukaan di Lapangan Sepakbola Mini yaitu:

1. Metode schlumberger mempunyai keterbatasan dalam mencapai kedalaman yang diinginkan sehingga diperlukan mengganti metode yang lainnya.
2. Panjang lintasan dibuat semaksimal mungkin sehingga data yang diperoleh lebih akurat.

Gregorius Aryoko Gautama<sup>1)</sup>, Yusron Firmansah<sup>2)</sup>, Linda Alya Grestika  
**IDENTIFIKASI BAWAH PERMUKAAN DI LAPANGAN SEPAKBOLA MINI, JATIMULYO,  
LOWOKWARU, KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK**

---

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 58-81

---

3. Lintasan penelitian perlu dibuat secara melintang untuk memperoleh data yang lebih akurat.

#### **REFERENSI**

- [1] *Febriani Y., Sohibun.2019. Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger untuk Mengidentifikasi Lapisan Air Tanah di Desa Ulak Patian Rokan Hulu Riau. Jurnal Fisika FLUX. Vol 16. No. 1 pp 54-60.*
- [2] *Hanifa, D., Sota, I., dan Siregar, S.S.2016. Penentuan Lapisan Akuifer Air Tanah dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Desa Sungai Jati Kecamatan Matraman Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. Jurnal Fisika FLUX. Vol 13 No. 1 pp 30-39.*
- [3] *Manrulu, R.H., Nurfalaq, A., Hamid, I.D.2018.Pendugaan Sebaran Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Schlumberger di Kamous 2 Universitas Cokroaminoto Palopo. Jurnal Fisika FLUX. Vol 15. No. 1 pp 6-12.*
- [4] *Wahyudi, A., Azwar, A., Muhardi.2021. Penggunaan Metode Geolistrik Resistivitas untuk Identifikasi Lapisan Bawah Permukaan Daerah Gunung Tujuh Kabupaten Kayong Utara. Jurnal Fisika Unand. Vol 10 No. 1 hal 62-69.*



---

**Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>**  
**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH  
ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 82-97

---

**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH  
ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

**Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>**  
**<sup>1)</sup>Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungga Dewi  
Jl. Telaga Warna, Tlogomas Malang  
email: kiki.frida@unitri.ac.id**  
**<sup>2)</sup> Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungga Dewi  
Jl. Telaga Warna, Tlogomas Malang  
email: danang.bimo@unitri.ac.id**

**ABSTRAK**

The water balance in Martapura watershed is calculated to maximise water utilization. The Martapura Watershed is located in Banjar Regency and Banjarmasin City. The utilization of Martapura River are for 6 irrigation area, 641 Ha fish ponds area, 25 Swamp Irrigation Areas, 7 intake for raw water, 8 intakes for industry and river maintenance using  $Q_{95\%}$ . Rainfall runoff calculation using the FJ Mock method. The Martapura watershed is divided into 10 sub-watersheds (sub-watershed A to sub-watershed J). Sub-watershed A is Riam Kanan Dam, so it uses outflow reservoir as inflow discharge. the average reservoir outflow discharge is  $39,52 \text{ m}^3/\text{s}$ , except for the period from November I to December II. Reliable discharge calculation of water availability for other sub-watersheds uses flow duration curve method, for wet year discharge ( $Q_{20\%}$ ), normal year discharge ( $Q_{50\%}$ ) and dry year discharge ( $Q_{80\%}$ ). Calculation of water balance using 2 type water demand, current water demand and potential increasing water demand. There are 3 type of water availability that used in this calculation, dry year discharge, wet year and normal year. The water balance is calculated for each sub-watershed and followed with the calculation for the total Martapura watershed. The results of the calculation of the dry year water balance in total for one watershed are still in surplus, but the result calculation for each sub-watershed show that there is a deficit in sub-watershed B in November I – December II, due to the small discharge from Riam Kanan Reservoir. In dry years, raw and industrial water flow cannot be increased, but irrigation can be increased in the second planting season, covering an area of 2.065 ha in DI and 5.416 ha in DIR. The calculation of the water balance in a normal year, in total the Martapura watershed is still in surplus, but the result calculation for each sub-watershed shows that there is a deficit in sub-watershed B in November I - December II. In normal year discharge, raw water can still be increased by  $1,11 \text{ m}^3/\text{sec}$  and irrigation area increase in planting season I, 328 Ha and 2.912 Ha in planting season II, while in swamp irrigation area there is an increase in area of 648 Ha in planting season I and 5.416 Ha in planting season II. The results of the calculation of the wet year water balance were in total surplus, but each sub-watershed experienced a deficit in sub-watershed B in November I – December II. For this wet year, the raw water can be increased by  $2,76 \text{ m}^3/\text{sec}$  for irrigation area, there is an increase of 328 Ha in planting season I and 3.862 in planting season II, while in swamp irrigation area there is an increase of 648 Ha in planting season I and 5.416 Ha in planting season II.

Keyword: water demand, water availability, water balance, area increase, raw water increase

**PENDAHULUAN**

Peningkatan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk menyebabkan kebutuhan air meningkat, sedangkan ketersediaan air semakin menipis, sehingga menyebabkan antara kebutuhan dan ketersediaan air tidak seimbang [1]. Sungai Martapura bermuara di sungai Barito yang bagian hulunya merupakan persimpangan antara Sungai Riam Kiwa dan Sungai Riam Kanan. Daerah Aliran Sungai Martapura berada di Kabupaten Banjar dan Kota Banjarmasin[2].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui untuk mengetahui kemampuan air Sungai Martapura dalam memenuhi kebutuhan air saat ini, pada berbagai kondisi debit. Serta mengetahui pemanfaatan air yang optimal dari Daerah Aliran Sungai Martapura dan peningkatan yang bisa didapatkan.



Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>

**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 82-97

**METODE PENELITIAN**

1. Analisa Ketersediaan Air

Perhitungan debit menggunakan metode FJ. Mock, yaitu pengolahan data debit dari data curah hujan, data klimatologi dan luas daerah [3]. Parameter yang perlu diperhatikan dalam perhitungan debit model metode FJ. Mock antara lain adalah [4]: Luas daerah pengaliran; Koefisien infiltrasi; Faktor resesi tanah; Kapasitas kelembaban tanah; Evaporasi potensial dan lain-lain.

Ketersediaan air dihitung dengan menggunakan debit andalan, yaitu debit minimum sungai yang dipengaruhi oleh nilai probabilitas, jadi misalkan  $Q_{80}$  artinya debit tersebut memiliki kemungkinan terjadi sebesar 80% dan tidak terpenuhi sebesar 20% [5]. Metode yang dilakukan pada analisis debit andalan adalah metode statistik rangking, dengan menggunakan persamaan Weibull [6]:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (1)$$

P : probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan (%)

m : nomor urut kejadian

n : jumlah data

Ketersediaan air dihitung berdasarkan perhitungan debit andalan dengan menggunakan 3 debit yaitu [7] :

1. Debit Tahun Kering dengan menggunakan  $Q_{80\%}$
2. Debit Tahun Normal dengan menggunakan  $Q_{50\%}$
3. Debit Tahun Basah dengan menggunakan  $Q_{20\%}$

2. Analisa Kebutuhan Air

Analisa kebutuhan air didasarkan pada pemanfaatannya, dalam kajian ini kebutuhan air yang digunakan adalah [2]: kebutuhan air irigasi; kebutuhan air baku berupa intake PDAM dan IPA PDAM serta air untuk industri; Kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai. Kebutuhan air irigasi dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti [8]: Klimatologi; kondisi tanah; pola tata tanam; pasokan air yang diberikan; luas daerah irigasi; efisiensi irigasi; sistem golongan, jadwal tanam dan lain-lain. Kebutuhan air irigasi di sawah untuk pola tanam padi-padi adalah sebagai berikut [9] :

- Kebutuhan air bersih di sawah untuk padi (NFR)  
 $NFR = ETc + P - Re + WLR$  (2)

- Kebutuhan Air Irigasi  
 $IR = NFR/e$  (3)

Dimana :

Etc : Penggunaan Konsumtif (mm/hari)

P : Kehilangan air akibat perkolasi (mm/hari)

Re : Curah Hujan efektif

E : efisiensi irigasi

WLR : Penggantian lapisan air (mm/hari)

Untuk kebutuhan air dari intake industri dan intake PDAM di sesuaikan dengan data pengambilan air eksisting, sedangkan untuk data pengambilan air pada IPA maka dikalikan dengan faktor 1,20 dengan asumsi 20% sebagai kehilangan air dari Intake ke IPA [2].

Kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai dengan menggunakan debit andalan 95% [10], berdasarkan peraturan pemerintah No. 38 Tahun 2011 tentang Sungai. Debit pemeliharaan DAS diperhitungkan untuk keberlangsungan kehidupan biota air, transportasi sedimen dan keperluan manusia sebagai air baku, Sedangkan kalau menurut Penjelasan atas Undang-Undang No 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, pada penjelasan Pasal 8 Ayat 4 disebutkan bahwa Prioritas hak rakyat atas air adalah untuk pemenuhan [2]:

1. Kebutuhan pokok sehari-hari
2. Pertanian rakyat
3. Sistem penyediaan air minum
4. Pemeliharaan sumber air dan lingkungan hidup

3. Analisa Neraca air

Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>

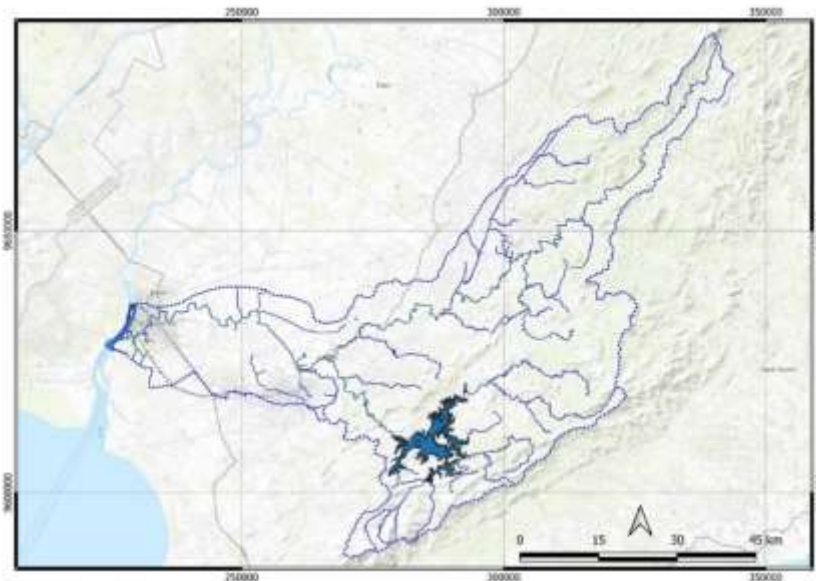
**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 82-97

Perbandingan antara kebutuhan air dan ketersediaan air dinyatakan dalam indeks pemakaian air (IPA) yang merupakan rasio antara pemakaian air dengan ketersediaan air[10], disebut juga neraca air. Manfaat perhitungan neraca air adalah untuk mengetahui jumlah air pada suatu tempat dan periode tertentu kelebihan (*surplus*) atau kekurangan (*devisit*)[11]. Model neraca air yang digunakan adalah Model neraca air umum yaitu Jumlah ketersediaan air – Jumlah kebutuhan air.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Martapura berada di Provinsi Kalimantan Selatan, tepatnya pada 114,520297 – 115,595771 BT dan 2,824534 – 3,728907 LS dengan luas 3.697,55 Km<sup>2</sup>. Secara Administratif DAS Martapura berada di 4 Kabupaten/Kota yaitu Kota Banjarbaru, Kota Banjarmasin, Kabupaten Banjar dan Kabupaten Tapin[2].



GAMBAR 1 PETA DAS MARTAPURA

Secara Topografi DAS Martapura terbagi menjadi 2 area, yaitu bergunung dengan topografi curam di sisi timur (hulu) dan dataran yang landai disisi barat (hilir). Bagian timur memiliki ketinggian antara +1400 sampai +100 dengan kemiringan 2% - 1% dan di bagian barat memiliki ketinggian antara +100 sampai +0 dengan kemiringan di bawah 1%. Sedangkan tata guna lahan DAS Martapura di dominasi oleh Hutan Rimba sebanyak 38%, Semak Belukar 18%, Perkebunan/ kebun 14% dan Tegalan atau ladang 14% sedangkan sisanya adalah tutupan lahan yang lainnya.

Data Curah Hujan dan Iklim pada DAS Martapura diperoleh dari Stasiun Klimatologi Banjarbaru yang berada di Kabupaten Banjarbaru dengan jumlah tahun data pengamatan 10 tahun antara tahun 2011 sampai 2020. Data Klimatologi yang digunakan berupa data Suhu bulanan rata-rata, kelembaban relatif rata-rata, kecepatan angin dan kecerahan matahari.

Pengambilan air di sepanjang sungai Martapura berupa 7 intake untuk pengambilan air baku PDAM, kebutuhan air irigasi untuk 6 DI & tambak ikan seluas 641 Ha yang merupakan alih fungsi lahan, kebutuhan air irigasi rawa untuk 25 DIR dan 8 intake untuk air industri.

**Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>**  
**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH**  
**ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 82-97

TABEL 1 PENGAMBILAN INTAKE AIR BAKU PDAM

Intake PDAM	PDAM Yang Disuplai	Debit (m <sup>3</sup> /dt)	
		Intake	IPA
BPAM Banjarbakula	PDAM Intan Banjar	1,20	0,25
Intake Intan Banjar		0,50	0,44
Intake Sungai Paring	PDAM Barito Kuala Cb. Alalak		0,20
Intake Sungai Tabuk	PDAM Bandarmasih	4,00	2,40
Intake Pematang Panjang		1,10	
Intake Sungai Lulut		0,10	
Intake Sungai Bilu		1,00	

Daerah Irigasi permukaan yang ada di DAS Martapura, ada 1 DI kewenangan pusat, 3 DI kewenangan Kabupaten Banjar dan 2 DI Kewenangan Kota Banjarbaru. Luas areal DI kewenangan pusat mengalami alih fungsi lahan menjadi tambak ikan seluas 641 Ha.

TABEL 2 LUAS DAERAH IRIGASI PERMUKAAN DAS MARTAPURA

Kewenangan	Nama DI	Luas Areal (Ha)	
		Baku	Fungsional
Kewenangan Pusat	DI. Riam Kanan	30.573	21.474
Kewenangan Kab. Banjar	DI. Mandiangin	80	13
	DI. Lihung	87	73
	DI. Sei Tabuk	386	110
Kewenangan Kota BanjarBaru	DI. Gintung Payung	63	25
	DI. Bangkal	439	439

Daerah Irigasi pada DAS Martapura, memiliki PTT yang serempak yaitu 2 Musim Tanam Padi- Padi dengan MT I di bulan November I – Februari II, MT II bulan April I – Juli II.

Pada DAS Martapura, terdapat 3 DIR Kewenangan Provinsi , dengan luas Baku 7.319 Ha dan luas Fungsional 5.039 Ha, serta terdapat 22 DIR Kewenangan Kabupaten Banjar dengan total luas baku 16.222 Ha dan luas fungsional 10.813 Ha. Sedangkan PTT untuk Daerah Irigasi Rawa, terdiri dari 2 Musim tanam yaitu MT I Padi Unggul: Oktober I – Desember II dan MT II Padi Lokal: Januari II – Mei II.

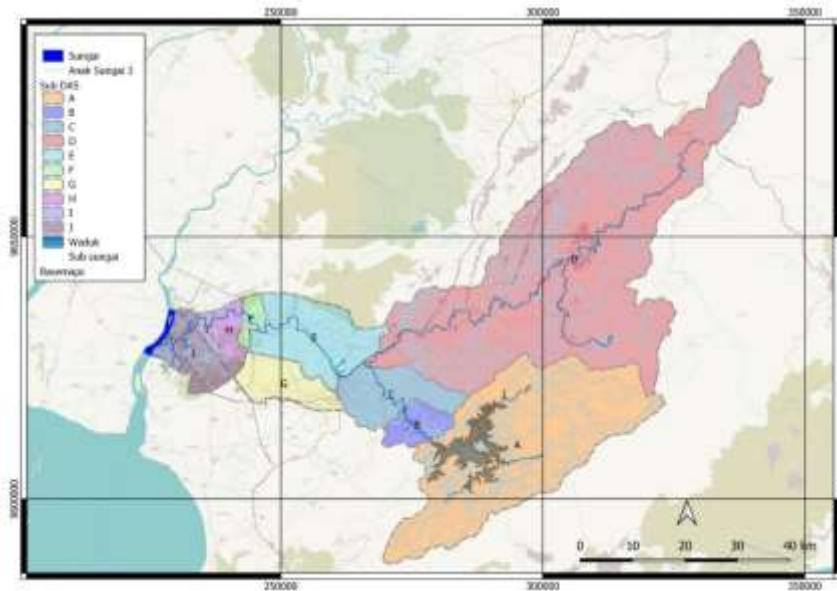
Di sepanjang sungai Martapura terdapat 8 Intake industri, dimana 3 perusahaan sudah memiliki ijin, 2 dalam proses dan 3 belum memiliki ijin.

TABEL 3 PENGAMBILAN AIR INTAKE INDUSTRI

Perijinan	Nama Perusahaan	Pengambilan Air (l/dt)
Sudah Memiliki Ijin	PT. Intan Wijaya Internasional TBK	8,0
	PT. Basirih Industrial	11,0
	PT. Kalimantan Fishery	5,0
Dalam Proses Perijinan	PT. Yobel utama Seafood Indonesia	3,3
	PT. Wironto	0,4
Belum memiliki Ijin	PT. Banua Lima Sejurus	45,0
	PT. Wijaya Tri Utama Plywood	45,0
	PT. Wina BJM	45,0

Dalam perhitungan debit aliran dengan menggunakan metode FJ. Mock, DAS Martapura dibagi menjadi 10 Sub DAS yaitu sub DAS A sampai dengan Sub DAS J.

**Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>**  
**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH**  
**ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 82-97



GAMBAR 2 PEMBAGIAN SUB DAS MARTAPURA

Untuk Sub DAS A, kerana merupakan sub DAS Bendungan Riam Kanan, maka tidak dihitung debitnya, tetapi menggunakan data dari Pengamat Irigasi Riam Kanan, berupa data outflow dari waduknya yang masuk ke Bendung Karang Intan. Rata-rata debit outflow adalah 39,52 m<sup>3</sup>/dt, kecuali pada bulan November I – Desember II outflownya antara 2,83 -5,61 m<sup>3</sup>/dt karena pada saat itu dilakukan kegiatan pemeliharaan.

TABEL 4 OUTFLOW WADUK RIAM KANAN

Bulan	Periode	Outflow Waduk Riam Kanan ( m <sup>3</sup> /dt)	Bulan	Periode	Outflow Waduk Riam Kanan ( m <sup>3</sup> /dt)
Januari	I	35,16	Juli	I	71,99
	II	32,26		II	63,97
Februari	I	39,53	Agustus	I	53,05
	II	39,50		II	55,43
Maret	I	50,08	September	I	55,44
	II	46,80		II	31,04
April	I	49,63	Oktober	I	31,01
	II	46,22		II	20,76
Mei	I	42,62	November	I	5,61
	II	43,60		II	3,96
Juni	I	40,08	Desember	I	2,83
	II	83,99		II	3,97

Ketersediaan air di hitung berdasarkan perhitungan debit andalan tiap Sub DAS dengan menggunakan 3 kondisi debit yaitu: debit Tahun Kering , debit tahun normal dan debit tahun basah.

**Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>**  
**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH**  
**ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 82-97

**TABEL 5 REKAPITULASI DEBIT TAHUN KERING (Q80%) TIAP SUB DAS**

Sub DAS	Q 80% (m <sup>3</sup> /dt)																							
	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun		Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Sub DAS B	5,99	4,45	6,36	6,18	5,94	4,60	4,80	3,47	2,61	2,07	1,95	1,79	1,26	0,86	0,68	0,58	0,42	0,32	0,28	0,35	0,94	1,09	4,05	4,08
Sub DAS C	15,13	11,50	15,35	13,38	12,90	10,27	9,98	6,86	4,62	3,41	3,19	3,09	1,90	1,15	0,75	0,56	0,33	0,20	0,20	0,46	1,95	2,62	9,88	10,29
Sub DAS D	153,59	116,74	155,80	135,79	130,99	104,21	101,33	69,66	46,94	34,64	32,41	31,38	19,32	11,68	7,58	5,68	3,39	2,07	2,05	4,66	19,77	26,55	100,32	104,46
Sub DAS E	23,53	17,88	23,87	20,80	20,07	15,96	15,52	10,67	7,19	5,31	4,96	4,81	2,96	1,79	1,16	0,87	0,52	0,32	0,31	0,71	3,03	4,07	15,37	16,00
Sub DAS F	2,74	2,07	2,77	2,39	2,30	1,82	1,78	1,21	0,82	0,57	0,54	0,51	0,31	0,19	0,12	0,10	0,05	0,03	0,03	0,08	0,33	0,44	1,76	1,85
Sub DAS G	10,83	8,19	10,94	9,43	9,05	7,35	7,04	4,68	3,20	2,32	2,16	1,89	1,16	0,74	0,47	0,38	0,21	0,12	0,13	0,31	1,29	1,72	6,93	7,31
Sub DAS H	4,16	3,12	4,35	3,88	3,73	3,01	3,05	2,11	1,56	1,17	1,10	0,95	0,65	0,44	0,32	0,27	0,18	0,12	0,12	0,17	0,55	0,68	2,71	2,80
Sub DAS I	1,46	1,08	1,41	1,17	1,12	0,92	0,84	0,52	0,33	0,24	0,22	0,20	0,11	0,07	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	0,04	0,16	0,23	0,93	0,99
Sub DAS J	10,22	7,68	10,70	9,55	9,18	7,40	7,51	5,20	3,85	2,89	2,71	2,33	1,60	1,07	0,79	0,67	0,44	0,31	0,29	0,42	1,36	1,68	6,66	6,88

**TABEL 6 REKAPITULASI DEBIT TAHUN NORMAL (Q50%) TIAP SUB DAS**

Sub DAS	Q 50% (m <sup>3</sup> /dt)																							
	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun		Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Sub DAS B	8,27	7,62	7,93	7,56	7,61	5,89	7,10	5,17	4,30	2,97	3,05	2,88	2,33	1,38	1,14	0,85	0,69	0,76	0,54	0,89	2,20	3,05	6,19	7,74
Sub DAS C	21,15	19,12	19,19	17,09	17,01	13,33	16,12	11,82	9,47	5,71	5,90	5,56	4,45	2,24	1,63	1,11	0,77	0,87	0,68	1,58	5,23	7,63	15,34	19,21
Sub DAS D	214,63	194,08	194,80	173,49	172,64	135,29	163,62	119,97	96,10	57,92	59,90	56,40	45,20	22,78	16,59	11,22	7,82	8,80	6,89	16,05	53,04	77,40	155,66	195,00
Sub DAS E	32,88	29,73	29,84	26,58	26,45	20,72	25,07	18,38	14,72	8,87	9,18	8,64	6,92	3,49	2,54	1,72	1,20	1,35	1,06	2,46	8,13	11,86	23,85	29,87
Sub DAS F	3,88	3,49	3,49	3,10	3,07	2,37	2,88	2,08	1,67	0,98	1,02	0,97	0,78	0,39	0,29	0,19	0,13	0,14	0,12	0,26	0,87	1,31	2,78	3,52
Sub DAS G	15,33	13,77	13,80	12,23	12,13	9,58	11,44	8,02	6,54	3,95	4,07	3,72	3,03	1,52	1,15	0,76	0,53	0,54	0,47	1,03	3,39	5,17	10,97	13,91
Sub DAS H	5,82	5,32	5,46	4,89	4,91	3,87	4,66	3,28	2,77	1,80	1,85	1,71	1,39	0,78	0,62	0,45	0,34	0,37	0,28	0,49	1,36	2,01	4,24	5,37
Sub DAS I	2,10	1,83	1,80	1,58	1,56	1,23	1,47	1,02	0,81	0,45	0,47	0,43	0,35	0,16	0,12	0,07	0,04	0,04	0,05	0,12	0,44	0,69	1,49	1,90
Sub DAS J	14,32	13,08	13,44	12,04	12,09	9,52	11,47	8,06	6,81	4,42	4,56	4,20	3,43	1,92	1,53	1,10	0,85	0,90	0,68	1,21	3,33	4,94	10,44	13,21

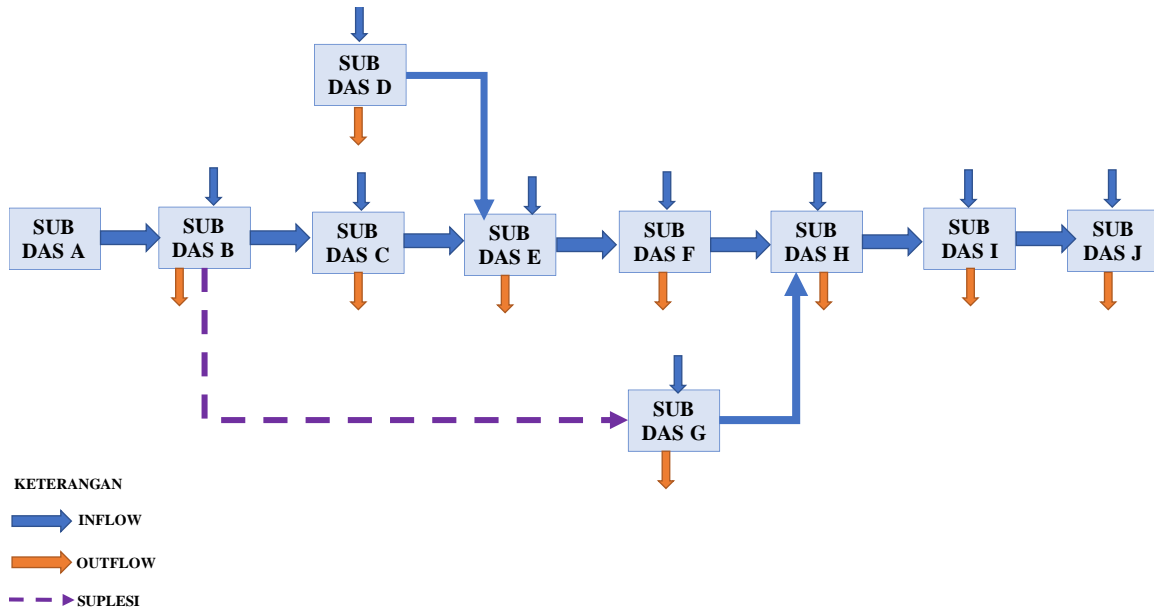
**TABEL 7 REKAPITULASI DEBIT TAHUN BASAH (Q20%) TIAP SUB DAS**

Sub DAS	Q 20% (m <sup>3</sup> /dt)																							
	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun		Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Sub DAS B	11,10	10,28	9,36	9,57	9,27	7,29	9,48	7,05	6,69	4,34	4,69	4,87	4,20	2,14	1,74	1,20	0,96	1,70	0,90	2,13	4,62	6,37	8,09	11,62
Sub DAS C	28,19	25,42	22,92	22,31	21,14	16,35	22,19	16,68	16,02	9,38	10,10	10,37	9,28	4,18	3,05	1,91	1,32	3,27	1,68	4,77	11,54	16,05	20,16	28,86
Sub DAS D	286,14	257,99	232,62	226,45	214,54	165,99	225,23	169,31	162,62	95,26	102,54	105,21	94,23	42,47	30,91	19,37	13,39	33,15	17,09	48,46	117,12	162,96	204,67	292,92
Sub DAS E	39,83	35,94	33,59	31,74	30,57	23,75	31,02	23,12	20,90	12,36	13,13	13,09	11,30	5,29	3,85	2,47	1,71	3,26	1,93	5,14	13,78	19,48	28,62	39,18
Sub DAS F	5,21	4,69	4,20	4,09	3,86	2,94	4,03	2,99	2,87	1,64	1,79	1,87	1,67	0,74	0,54	0,33	0,23	0,53	0,27	0,79	1,97	2,84	3,68	5,33
Sub DAS G	20,64	18,54	16,60	16,16	15,27	11,85	16,02	11,55	11,26	6,61	7,11	7,33	6,61	2,92	2,13	1,31	0,91	2,09	1,07	3,07	7,72	11,17	14,56	21,10
Sub DAS H	7,85	7,18	6,50	6,35	6,11	4,82	6,39	4,58	4,50	2,77	3,01	3,11	2,71	1,31	1,02	0,67	0,52	0,96	0,49	1,29	3,00	4,30	5,60	8,13
Sub DAS I	2,84	2,51	2,20	2,14	2,00	1,53	2,12	1,53	1,48	0,82	0,89	0,92	0,86	0,35	0,24	0,14	0,09	0,25	0,13	0,38	1,02	1,51	1,99	2,89
Sub DAS J	19,32	17,67	15,99	15,62	15,04	11,85	15,72	11,28	11,08	6,82	7,41	7,66	6,68	3,23	2,52	1,66	1,28	2,35	1,20	3,18	7,39	10,57	13,78	20,00

Kebutuhan Air pada DAS Martapura adalah untuk Intake air baku & Industri, kebutuhan air irigasi permukaan & tambak ikan, kebutuhan air irigasi rawa dan kebutuhan air untuk pemeliharaan sungai. Kebutuhan air baku PDAM sebesar 8,14 m<sup>3</sup>/dt dan kebutuhan air industri sebesar 0,23 m<sup>3</sup>/dt. Perhitungan kebutuhan air irigasi permukaan dan tambak, di dasarkan pada luasan fungsional yang ada. Khusus untuk DI. Riam Kanan, karena ada alih fungsi lahan seluas 641 Ha, maka untuk areal fungsionalnya menjadi 20.833 Ha. Kebutuhan air perikanan dihitung berdasarkan kebutuhan air untuk pembilasan[12], kebutuhan air perikanan adalah 7 mm/hari/ha[13] atau sama dengan 0,81 l/dt/ha. Dengan luas tambak ikan 641 Ha maka didapatkan kebutuhan air perikanan sebesar 0,519 m<sup>3</sup>/dt.



**Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>**  
**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH  
ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 82-97



GAMBAR 3 SKEMATIS PEMBAGIAN SUB DAS MARTAPURA

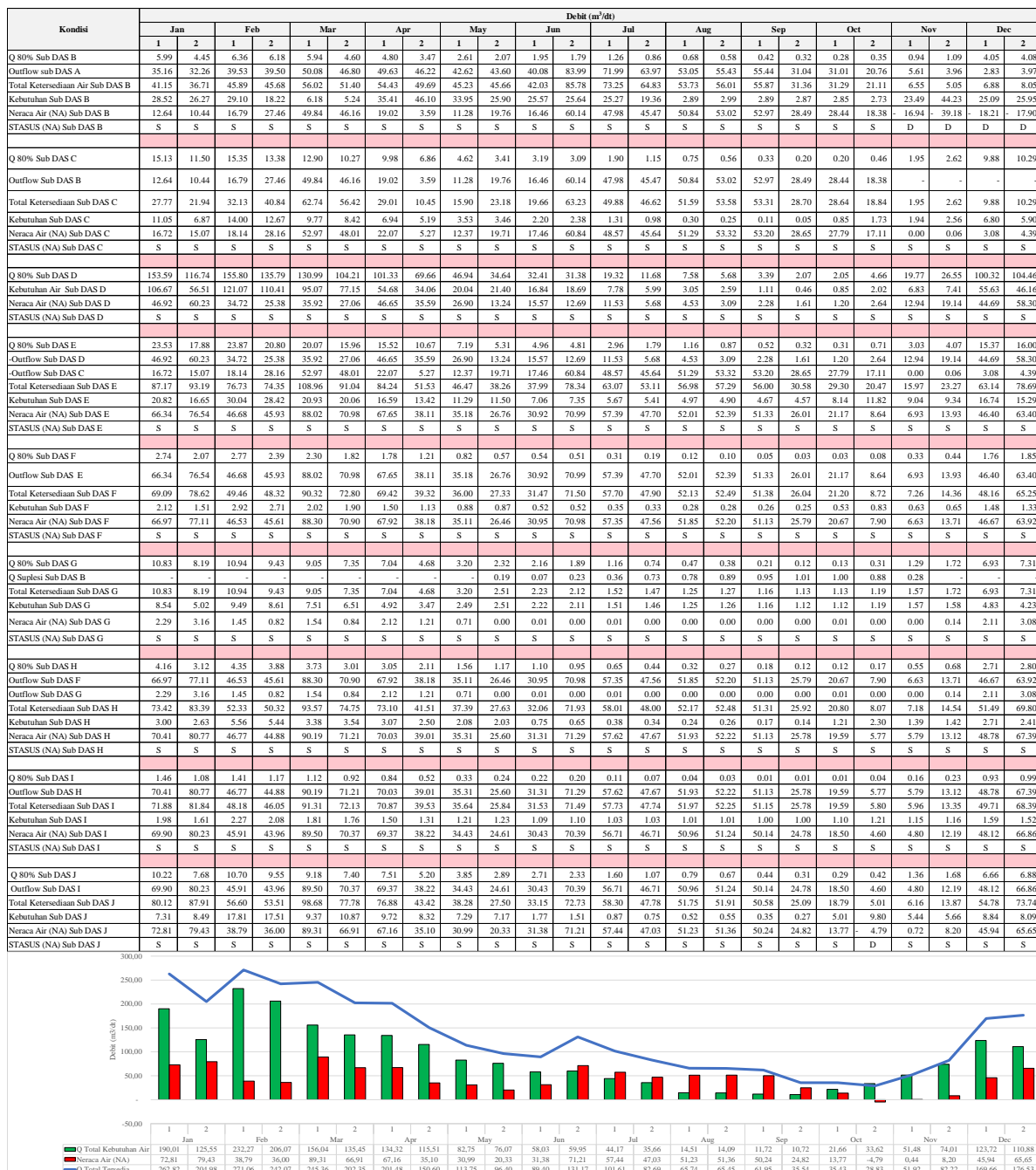
Perhitungan Neraca air dilakukan pada 3 debit yaitu debit tahun kering ( $Q_{80\%}$ ), debit tahun normal ( $Q_{50\%}$ ) dan debit tahun basah ( $Q_{20\%}$ ) pada kondisi eksisting dan rencana peningkatan, pada tiap sub DAS dan di rekap pada satu DAS Martapura, dengan menggunakan :

- Ketersediaan air menggunakan 3 skenario
- Kebutuhan air didasarkan kebutuhan eksisting pada saat ini :
  - o debit pengambilan PDAM
  - o Kebutuhan air irigasi dan irigasi rawa untuk lahan fungsional
  - o Kebutuhan air perikanan berdasarkan kebutuhan tambak ikan saat ini
  - o Kebutuhan air industri berdasarkan pengambilan air industri di sepanjang DAS Martapura
  - o Kebutuhan air untuk pemeliharaan menggunakan debit  $Q_{95\%}$
- Kebutuhan air berdasarkan peningkatan yang bisa di lakukan



**Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>**  
**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 82-97

TABEL 11 NERACA AIR DEBIT TAHUN KERING (Q80%) TIAP SUB DAS



GAMBAR 4 NERACA AIR TAHUN KERING (Q<sub>80%</sub>) DAS MARTAPURA

Neraca air debit tahun kering, secara total pada DAS Martapura masih surplus semua, tetapi untuk perhitungan tiap sub DAS terjadi devisa di Sub DAS B di bulan November I – Desember II, karena pada periode tersebut outflow dari Waduk Riam Kanan kecil akibat adanya kegiatan pemeliharaan. Pada sub DAS J juga terjadi devisa pada Oktober II.



Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>

**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 82-97

Untuk itu pada debit tahun kering tidak bisa ditingkatkan pengambilan air baku dan industri, sedangkan untuk pemenuhan air irigasi pada Daerah Irigasi, luas areanya bisa ditingkatkan pada Musim Tanam II seluas 2.062 Ha , dengan peningkatan intensitas tanam antara 5% - 84%. Sedangkan pada Daerah Irigasi Rawa terjadi peningkatan luas lahan pada Musim Tanam II 5.416 Ha , dengan peningkatan intensitas tanam antara 3% - 81%.

TABEL 12 PENINGKATAN AREAL & INTENSITAS TANAM DAERAH IRIGASI, DEBIT TAHUN KERING (Q80%)

Nama Daerah Irigasi	Penambahan Areal (Ha)		Peningkatan Intensitas Tanam (%)
	MT 1	MT 2	
DI. Riam Kanan	-	1.667	5
D.I. Mandiangin	-	67	84
D.I. Sei. Tabuk	-	276	72
D.I. Lihung	-	14	16
D.I. Bangkal	-	-	-
D.I. Guntung Payung	-	38	61
Total	-	2.062	

TABEL 13 PENINGKATAN AREAL & INTENSITAS TANAM DAERAH IRIGASI RAWA, DEBIT TAHUN KERING (Q80%)

Nama Daerah Irigasi Rawa	Penambahan Areal (Ha)		Peningkatan Intensitas Tanam (%)
	MT 1	MT 2	
Polder Tambak Hanyar	-	485	32
Tanggul Martapura	-	1.190	42
Antasan Kyai	-	425	15
D.I.R.Bawah Pasar	-	175	80
D.I.R.Bawah Seberang	-	108	61
D.I.R.Jati Baru	-	-	-
D.I.R.Tanggul Sei Dayung	-	158	75
D.I.R.Antalangu	-	180	54
D.I.R.Polder Liang	-	353	36
D.I.R.Akar Bagantung	-	20	20
D.I.R.Antasan Bawah Ringin	-	807	81
D.I.R.Kelampayan Ilir	-	23	19
D.I.R.Pasar Jati	-	103	39
D.I.R.Polder Pasayangan	-	339	52
D.I.R.Lok Buntar	-	49	15
D.I.R.Banyu Irang	-	42	6
D.I.R.Manarap Baru	-	49	12
D.I.R.Rawa Kertak Hanyar II	-	102	51
D.I.R.Antasan	-	124	17
D.I.R.Handil Bujur	-	399	55
D.I.R.Penggalaman	-	10	3
D.I.R.Simpang Empat	-	138	24
D.I.R.Sungai Lakum	-	19	19
D.I.R.Trace Pamajatan	-	109	23
D.I.R.Banua Hanyar	-	9	5
Total	-	5.416	

Hasil Perhitungan Neraca air eksisting debit tahun normal (Q<sub>50%</sub>) pada tiap sub DAS dan DAS Martapura menggunakan ketersediaan air debit tahun normal (Q<sub>50%</sub>) dan kebutuhan air eksisting seperti pada neraca air debit tahun kering.



**Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>**  
**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH**  
**ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 82-97

skenario tahun normal masih bisa dilakukan peningkatan air baku sebesar 1,11 m<sup>3</sup>/dt. Peningkatan luas tanam Daerah Irigasi sebesar 328 Ha pada Musim Tanam I dan 2.912 Ha pada Musim Tanam II, sehingga terjadi peningkatan intensitas tanam antara 8% - 143%. Pada Daerah Irigasi Rawa, terjadi peningkatan areal seluas 684 Ha pada MT I dan 5.416 Ha pada MT II, sehingga terjadi peningkatan intensitas tanam antara 6% - 143% sehingga intensitas tanamnya bisa mencapai 200%.

TABEL 15 PENINGKATAN DEBIT AIR BAKU PADA TAHUN NORMAL

Peningkatan Intake Air Baku	Debit (m <sup>3</sup> /dt)		Peningkatan Debit (m <sup>3</sup> /dt)
	Eksisting	Rencana	
- Air Baku Intan Banjar	0,50	1,35	0,85
- Air Baku Sungai Paring	0,24	0,50	0,26

TABEL 16 PENINGKATAN AREAL & INTENSITAS TANAM DAERAH IRIGASI, DEBIT TAHUN NORMAL

Nama Daerah Irigasi	Penambahan Areal (Ha)		n Intensitas Tanam (%)
	MT 1	MT 2	
DI. Riam Kanan	-	2.517	8
D.I. Mandiangin	-	67	84
D.I. Sei. Tabuk	276	276	143
D.I. Lihung	14	14	32
D.I. Bangkal	-	-	-
D.I. Guntung Payung	38	38	121
Total	328	2.912	

TABEL 17 PENINGKATAN AREAL & INTENSITAS TANAM DAERAH IRIGASI RAWA, DEBIT TAHUN NORMAL

Nama Daerah Irigasi Rawa	Penambahan Areal (Ha)		Peningkatan Intensitas Tanam (%)
	MT 1	MT 2	
Polder Tambak Hanyar	485	485	65
Tanggul Martapura	1.190	1.190	83
Antasan Kyai	425	425	31
D.I.R.Bawah Pasar	175	175	159
D.I.R.Bawah Seberang	108	108	122
D.I.R.Jati Baru	-	-	-
D.I.R.Tanggul Sei Dayung	158	158	149
D.I.R.Antalangu	180	180	108
D.I.R.Polder Liang	353	353	71
D.I.R.Akar Bagantung	20	20	40
D.I.R.Antasan Bawah Ringin	807	807	163
D.I.R.Kelampayan Ilir	23	23	38
D.I.R.Pasar Jati	103	103	78
D.I.R.Polder Pasayangan	339	339	104
D.I.R.Lok Buntar	49	49	30
D.I.R.Banyu Irang	42	42	11
D.I.R.Manarap Baru	49	49	24
D.I.R.Rawa Kertak Hanyar II	102	102	103
D.I.R.Antasan	124	124	34
D.I.R.Handil Bujur	399	399	110
D.I.R.Penggalaman	10	10	6
D.I.R.Simpang Empat	138	138	48
D.I.R.Sungai Lakum	19	19	38
D.I.R.Trace Pamajatan	109	109	46
D.I.R.Banua Hanyar	9	9	10
Total	684	5.416	



**Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>**

**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH  
ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 82-97

Neraca air pada tahun basah, secara total, pada DAS Martapura masih surplus semua, tetapi untuk perhitungan tiap sub DAS terjadi devisa di Sub DAS B pada bulan November I – Desember II. Untuk itu pada debit tahun basah masih bisa dilakukan peningkatan air baku sebesar 2,76 m<sup>3</sup>/dt. Pada Daerah Irigasi bisa ditingkatkan luas tanamnya 328 Ha pada MT I dan 3.862 Ha pada MT II dengan peningkatan intensitas tanam antara 11% - 143%. Sedangkan pada Daerah Irigasi Rawa bisa ditingkatkan luas tanamnya sebesar 684 Ha pada MT I dan 5.416 Ha pada MT II, sehingga terjadi peningkatan intensitas tanam sebesar 6% - 163% hingga mencapai intensitas tanam 200%.

TABEL 19 PENINGKATAN DEBIT AIR BAKU PADA TAHUN BASAH

Peningkatan Intake Air Baku	Debit (m <sup>3</sup> /dt)		Peningkatan Debit (m <sup>3</sup> /dt)
	Eksisting	Rencana	
- Air Baku Intan Banjar	0.50	3.00	2.50
- Air Baku Sungai Paring	0.24	0.50	0.26

**Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>**  
**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH**  
**ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 82-97

TABEL 20 PENINGKATAN AREAL & INTENSITAS TANAM DAERAH IRIGASI, TAHUN BASAH

Nama Daerah Irigasi	Penambahan Areal (Ha)		Intensitas Tanam (%)
	MT 1	MT 2	
DI. Riam Kanan	-	3.467	11
D.I. Mandiangin	-	67	84
D.I. Sei. Tabuk	276	276	143
D.I. Lihung	14	14	32
D.I. Bangkal	-	-	-
D.I. Guntung Payung	38	38	121
Total	328	3.862	

Tabel 21 PENINGKATAN AREAL & INTENSITAS TANAM DAERAH IRIGASI RAWA, TAHUN BASAH

Nama Daerah Irigasi Rawa	Penambahan Areal (Ha)		Peningkatan Intensitas Tanam (%)
	MT 1	MT 2	
Polder Tambak Hanyar	485	485	65
Tanggul Martapura	1.190	1.190	83
Antasan Kyai	425	425	31
D.I.R.Bawah Pasar	175	175	159
D.I.R.Bawah Seberang	108	108	122
D.I.R.Jati Baru	-	-	-
D.I.R.Tanggul Sei Dayung	158	158	149
D.I.R.Antalangu	180	180	108
D.I.R.Polder Liang	353	353	71
D.I.R.Akar Bagantung	20	20	40
D.I.R.Antasan Bawah Ringin	807	807	163
D.I.R.Kelampayan Ilir	23	23	38
D.I.R.Pasar Jati	103	103	78
D.I.R.Polder Pasayangan	339	339	104
D.I.R.Lok Buntar	49	49	30
D.I.R.Banyu Irang	42	42	11
D.I.R.Manarap Baru	49	49	24
D.I.R.Rawa Kertak Hanyar II	102	102	103
D.I.R.Antasan	124	124	34
D.I.R.Handil Bujur	399	399	110
D.I.R.Penggalaman	10	10	6
D.I.R.Simpang Empat	138	138	48
D.I.R.Sungai Lakum	19	19	38
D.I.R.Trace Pamajatan	109	109	46
D.I.R.Banua Hanyar	9	9	10
Total	684	5.416	

**SIMPULAN**

Perhitungan Neraca Air, dilakukan tiap sub DAS dengan perhitungan yang berkelanjutan, mulai dari hulu ke hilir. Dimana hasil outflow pada sub DAS hulu akan menjadi inflow pada sub DAS di hilirnya. Perhitungan Neraca air dilakukan untuk kondisi eksisting dan rencana pada Tahun Kering ( $Q_{80\%}$ ), Tahun Normal ( $Q_{50\%}$ ) dan Tahun Basah ( $Q_{20\%}$ ). Pada DI. Riam Kanan terdapat alih fungsi lahan dari sawah menjadi kolam ikan sebesar 641 Ha (3%), sehingga luas fungsional sawahnya menjadi 20.833 Ha (97%) dari luas sawah semula 21.474 Ha.

Hasil Perhitungan Neraca air eksisting pada tahun kering ( $Q_{80\%}$ ) pada sub DAS B, terjadi devisit pada periode bulan November I sampai dengan Desember II dengan jumlah devisit antara -39,18 sampai -16,94 m<sup>3</sup>/dt. Sedangkan neraca air pada sub DAS C sampai dengan I mengalami surplus tetapi pada sub DAS paling hilir (Sub DAS J) terjadi devisit pada bulan Oktober II sebesar -4,79 m<sup>3</sup>/dt. Dari Hasil Perhitungan Neraca air rencana pada tahun kering ( $Q_{80\%}$ ) didapatkan penambahan luas tanam pada DI di musim tanam II seluas 2.062 Ha, dan penambahan luas tanam pada DIR di musim tanam II seluas 5.416 Ha. Sedangkan air baku, industri

Kiki Frida Sulistyani<sup>1)</sup>, Danang Bimo Irianto<sup>2)</sup>

**ANALISIS NERACA AIR SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PEMANFAATAN AIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI MARTAPURA, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 82-97

dan luas tanam pada MT 1 tidak bisa ditingkatkan lagi, karena pada neraca air eksisting sudah mengalami devisa di bulan Oktober II.

Hasil Perhitungan Neraca air eksisting pada tahun normal ( $Q_{50\%}$ ) pada sub DAS B, terjadi devisa pada periode bulan November I sampai dengan Desember II dengan jumlah devisa antara -37,22 sampai -14,23 m<sup>3</sup>/dt. Sedangkan neraca air pada sub DAS C sampai dengan sub DAS J mengalami surplus. Dari Hasil Perhitungan Neraca air rencana pada tahun normal ( $Q_{50\%}$ ) didapatkan peningkatan air baku pada Intake Intan Banjar +1,35 m<sup>3</sup>/dt dan Intake Sungai Parang +0,26 m<sup>3</sup>/dt. Terjadi peningkatan luas tanam pada DI di MT I seluas 328 Ha dan MT II seluas 2.912 Ha sehingga seluruh areal DI selain DI Riam Kanan (IT 145%) dan DI Mandiangin (IT 116%) bisa mencapai intensitas tanam 200% terhadap luas potensialnya. Pada DIR terjadi penambahan luas tanam di MT I dan MT II seluas 5.416 Ha, sehingga intensitas tanam DIR menjadi 200% terhadap luas potensial yang ada.

Hasil Perhitungan Neraca air eksisting pada tahun basah ( $Q_{20\%}$ ) pada sub DAS B, terjadi devisa pada periode bulan November I sampai dengan Desember II dengan jumlah devisa antara -33,89 sampai -10,36 m<sup>3</sup>/dt. Sedangkan neraca air pada sub DAS C sampai dengan sub DAS J mengalami surplus. Hasil Perhitungan Neraca air rencana pada tahun basah ( $Q_{20\%}$ ) didapatkan peningkatan air baku pada Intake Intan Banjar +2,50 m<sup>3</sup>/dt dan Intake Sungai Parang +0,26 m<sup>3</sup>/dt. Terjadi peningkatan luas tanam pada DI di MT I seluas 328 Ha dan MT II seluas 3.862 Ha sehingga seluruh areal DI selain DI Riam Kanan (IT 148%) dan DI Mandiangin (IT 116%) bisa mencapai intensitas tanam 200% terhadap luas potensialnya. Pada DIR terjadi penambahan luas tanam di MT I dan MT II seluas 5.416 Ha, sehingga intensitas tanam DIR menjadi 200% terhadap luas potensial yang ada.

**REFERENSI**

- [1] I. Arini putri, Susi chairani, "Analisi Neraca Air Permukaan Sub DAS Krueng Khee Kabupaten Aceh Besar," *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 1, no. 1, pp. 1002–1008, 2016.
- [2] CV Karya Perdana Konsultan, "Penyusunan / Updating Neraca Air WS Barito," Banjarmasin, 2021.
- [3] T. Sudinda, "Analisis Neraca Air Daerah Aliran Sungai Cisadane," *J. Rekayasa Lingkungan.*, vol. 14, no. 1, pp. 60–75, 2021, doi: 10.29122/jrl.v14i1.4917.
- [4] R. K. Ilham, L. M. Limantara, and S. Marsudi, "Analisa Neraca Air Daerah Aliran Sungai Gandong," *J. Mhs. Jur. Tek. Pengair.*, vol. I, no. 2, 2018.
- [5] K. S. Sisvanto, T. Mananoma, and J. S. F. Sumarauw, "Analisis Neraca Air Sungai Alo di Titik Bendung Alo Kabupaten Gorontalo," *J. Sipil Stat.*, vol. 8, no. 4, pp. 555–564, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/29976>.
- [6] N. Kadek, S. Dewi, I. B. Suryatmaja, and K. Kurniari, "Analisis Neraca Air Daerah Irigasi Tinjank Menjangan Pada Daerah Aliran Sungai ( Das ) Tukad Sungai Di Kabupaten Tabanan," *J. Ilm. Tek. UNMAS Denpasar*, vol. 1, no. 2, pp. 81–85, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unmas.ac.id/index.php/jitumas/article/view/2974>.
- [7] L. M. Limantara, *Rekayasa Hidrologi*, Edisi Revi. Malang, 2018.
- [8] F. Hanafi, "Analisis Neraca Air Di Das Kupang Dan Sengkarang," RedCarpetStudio, Yogyakarta, 2017. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/319164460\\_ANALISIS\\_NERACA\\_AIR\\_DI\\_DAS\\_KUPANG\\_DAN\\_SENGKARANG/link/5996687fa6fdcc35c6bff56e/download](https://www.researchgate.net/publication/319164460_ANALISIS_NERACA_AIR_DI_DAS_KUPANG_DAN_SENGKARANG/link/5996687fa6fdcc35c6bff56e/download).
- [9] I. Taufik, "Analisis Neraca Air Permukaan DAS Ciliman," *J. Ilmu Lingkungan.*, vol. 17, no. 3, p. 452, 2019, doi: 10.14710/jil.17.3.452-464.
- [10] D. B. Irianto and K. F. Sulistyani, "Neraca Air Das Nangalili (Water Balance Analysis in Nangalili Watershed)," *Reka Buana J. Ilm. Tek. Sipil ...*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/rekabuana/article/view/916>.
- [11] S. Mopangga, "Analisis Neraca Air Daerah Aliran Sungai Bolango," *RADIAL J. Perad. Sains, Rekayasa dan Teknol.*, vol. 7, no. 2, pp. 162–171, 2020, doi: 10.37971/radial.v7i2.191.
- [12] A. Nurkholis et al., "ANALISIS NERACA AIR DAS SEMBUNG, KABUPATEN SLEMAN, DIY (Ketersediaan Air, Kebutuhan Air, Kekritisian Air)," Yogyakarta, 2018. doi: 10.31227/osf.io/ymhkg.
- [13] Pusat Pendidikan dan Pelatihan, "Hidrologi, Ketersediaan dan Kebutuhan Air," in *Modul 5*, 2018.



---

1 Ir. Sugiharti, MT, 2 Bobby Asukmajaya R., 3 Novita Anggraeni, ST.,MT,<sup>1</sup>  
**PENGARUH SUBSTITUSI PASIR NGANTANG DENGAN PASIR SILIKA TUBAN TERHADAP  
KUAT TEKAN BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR  
LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 98-105

---

---

**PENGARUH SUBSTITUSI PASIR NGANTANG DENGAN PASIR SILIKA TUBAN TERHADAP  
KUAT TEKAN BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR  
LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)**

1 Ir. Sugiharti, MT, 2 Bobby Asukmajaya R., 3 Novita Anggraeni, ST.,MT,<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang (penulis 1)  
Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141  
email: [sugiharti@polinema.ac.id](mailto:sugiharti@polinema.ac.id)  
<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang (penulis 2)  
Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141  
email: [bobbyasukma@polinema.ac.id](mailto:bobbyasukma@polinema.ac.id)  
<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang (penulis 2)  
Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141  
email: [novitaanggraeni@polinema.ac.id](mailto:novitaanggraeni@polinema.ac.id)

#### **ABSTRAK**

Indonesia as a developing country that is moving into a developed country, has a very large development point of the country. Development has begun to be leveled in many regions, of course, with rapid development, materials that support productivity, quality and efficiency are needed so that they can be utilized properly by the construction world. One that has been widely developed and used is the use of light bricks, with the light bricks the productivity of a construction work is much higher. The process of making light bricks is divided into 2, namely AAC and CLC, the process of making AAC light bricks is generally made by large companies because the manufacturing equipment is quite expensive, while for middle to lower industries generally use the CLC or Celullar Lightweight Concrete system, with a relatively simple process so that easy to apply. There have been many studies that have been developed to produce good CLC lightweight bricks, one of which is by making fine aggregate better, one of which is trying to substitute fine aggregate with Tuban silica sand with a substitution ratio of 0%, 25%, 50%, 75 %, and 100%, The results showed that the substitution with the most optimal mixture was at 75% substitution. This is because at 75% substitution, the compressive strength of lightweight CLC bricks has the greatest value but with a relatively low volume weight compared to other substitutions. In addition, the compressive strength with 75% substitution is in the highest quality III in SNI compared to the other mixtures.

Key words: Lightweight Brick, Celullar Lightweight Concrete (CLC), Silica Sand, Compressive Strength

#### **PENDAHULUAN**

Kebutuhan akan material didunia konstruksi sangatlah penting, terutama yang terdapat dalam negara berkembang seperti Indonesia, banyak pembangunan yang dicanangkan di berbagai daerah. Sesuai dengan arahan presiden UMKM juga mulai digerakkan untuk bisa mensupport kegiatan konstruksi tersebut. Salah satu yang dilirik oleh UMKM adalah pembuatan material bata ringan, dengan proses yang sederhana sehingga dapat menghasilkan produk yang sesuai dengan SNI yang ditetapkan, dan dapat dimanfaatkan dengan baik untuk bangunan rumah atau proyek konstruksi yang lainnya.

Kelebihan bata ringan dibandingkan dengan material konvensional adalah tentunya memiliki berat jenis yang lebih ringan, dan yang cukup penting dengan dimensi yang lebih besar sehingga produktivitas yang dihasilkan juga sangat baik dibanding dengan bata merah[1]. Proses pembuatan bata ringan untuk industri menengah kebawah yang paling bisa adalah proses CLC yaitu cellular lightweight concrete dengan proses yang sederhana dan alat yang mudah untuk dibuat proses ini banyak digunakan, tentunya dengan pertimbangan kesederhanaan proses.

Bata ringan yang baik dibuat dengan menggunakan proses yang baik dan tentunya material yang baik, material yang baik membuat biaya produksi mahal, tentunya perlu adanya proses combine material yang



---

1 Ir. Sugiharti, MT, 2 Bobby Asukmajaya R., 3 Novita Anggraeni, ST.,MT,<sup>1</sup>  
**PENGARUH SUBSTITUSI PASIR NGANTANG DENGAN PASIR SILIKA TUBAN TERHADAP  
KUAT TEKAN BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR  
LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 98-105

---

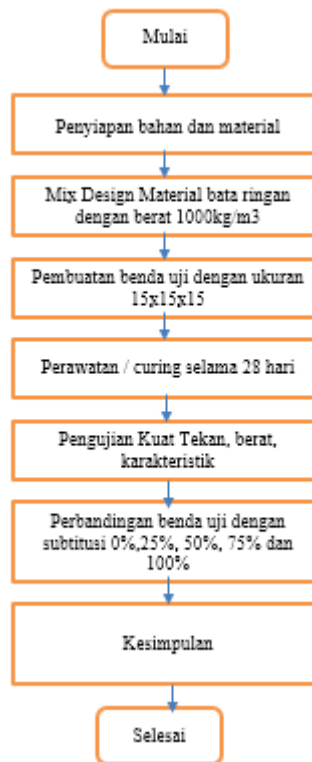
membuat kualitas produk bata ringan menjadi lebih baik dengan material yang tersedia, salah satunya dengan proses substitusi agregat halus dengan menggunakan pasir silika, sesuai dengan beberapa penelitian penggunaan substitusi agregat halus dengan pasir silika akan menambah kuat tekan [2]. Perubahan jenis agregat pada beton tentunya akan membuat perbedaan kekuatan mekanis dari campuran komposit [3], salah satunya adalah kuat tekan. Agregat halus akan disubstitusi dengan beberapa campuran yaitu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% sehingga dari beberapa kombinasi tersebut dapat dipilih campuran optimal yang dapat digunakan.

## METODE PENELITIAN

### A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Uji Bahan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang, dan dilaksanakan pada bulan Februari – Juli 2021.

### B. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

### C. Tahap Penelitian

Tahap Pembuatan Benda Uji

1. Analisa bahan
2. Pembuatan benda uji bata ringan CLC
3. Analisa Bata ringan berdasarkan SNI 03-0349-1989

Bahan yang Digunakan

1. Semen

1 Ir. Sugiharti, MT, 2 Bobby Asukmajaya R., 3 Novita Anggraeni, ST.,MT,<sup>1</sup>

**PENGARUH SUBSTITUSI PASIR NGANTANG DENGAN PASIR SILIKA TUBAN TERHADAP KUAT TEKAN BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 98-105

2. Fly Ash
3. Pasir Silika
4. Air
5. Foaming agent

Peralatan yang Digunakan

1. Cetakan
2. Foam Generator
3. Mixer
4. Oven
5. Sekop
6. Tangki penampung
7. Timbangan

**D. Pemilihan Mix Design CLC**

Dalam penelitian ini dipilih terlebih dahulu campuran bata ringan yang sesuai dengan standar SNI 03-0349-1989 adalah minimum memiliki kuat tekan 1,7 MPa[4]. Hal ini tentunya mendasari pemilihan mix design yang terdapat didalam rekomendasi NEOPOR SYSTEM, dimana yang memiliki kuat tekan >1,7 MPa adalah campuran dengan densitas diatas 600 kg/m<sup>3</sup>[5]. Namun dikarenakan material yang digunakan kurang sesuai dengan yang dibutuhkan, seperti pasir yang digunakan adalah pasir Ngantang, maka digunakan campuran sesuai dengan rekomendasi NEOPOR sebesar 800 kg/m<sup>3</sup>. Berikut adalah rencana campuran yang digunakan :

**Tabel 1** Mix Design acuan yang digunakan (1M<sup>3</sup> Adonan)

Material (1m <sup>3</sup> )	Satuan	Berat Jenis Kg/m <sup>3</sup>	
		800	%
Pasir Ngantang	Kg	400	45%
Pasir Silika	Kg		
semen	Kg	320	36%
air pada mortar	Kg	120	13%
air pada foam	Kg	50	6%
foam	Ltr	630	

Setelah memilih mix design yang digunakan maka langkah selanjutnya adalah membuat mix design pada tiap masing – masing campuran yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Variabel bebas yang digunakan adalah pasir Ngantang dan juga Pasir Silika, sementara variabel terikatnya adalah material lainnya dalam campuran CLC, berikut adalah campuran yang digunakan :

**Tabel 2** Mix Design Campuran CLC (1 M<sup>3</sup>) Substitusi Pasir Ngantang dan Pasir Silika.

Material (1m <sup>3</sup> )	Satuan	Berat Jenis Kg/m <sup>3</sup>		SUBSTITUSI SILIKA (800)				
		800	%	0%	25%	50%	75%	100%
Pasir Ngantang	Kg	400	45%	400	300	200	100	0
Pasir Silika	Kg			0	100	200	300	400
semen	Kg	320	36%	320	320	320	320	320
air pada mortar	Kg	120	13%	120	120	120	120	120

---

1 Ir. Sugiharti, MT, 2 Bobby Asukmajaya R., 3 Novita Anggraeni, ST.,MT,<sup>1</sup>  
**PENGARUH SUBSTITUSI PASIR NGANTANG DENGAN PASIR SILIKA TUBAN TERHADAP  
KUAT TEKAN BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR  
LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 98-105

---

air pada foam	Kg	50	6%	50	50	50	50	50
foam	Ltr	630		630	630	630	630	630

Proses pelaksanaan penyiapan material dilakukan sesuai dengan yang umumnya digunakan dalam pabrik bata ringan, yaitu terlebih dahulu mengayak pasir ngantang dan pasir silika sehingga agregat yang diatas yang diizinkan dibuang dan setelah itu menyiapkan material lainnya seperti semen, air dan foam agent.

#### E. Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang disiapkan dalam penelitian ini adalah masing – masing 3 buah benda uji, terdapat 5 benda uji dengan substitusi campuran pasir silika 0-100%, berikut adalah penamaan benda uji kubus ukuran 15 x 15 x 15 :

**Tabel 3** Penamaan Benda Uji Kubus 15 x 15 x 15  
**SUBSTITUSI SILIKA (800) kg/M3**

0%	25%	50%	75%	100%
<b>A-0</b>	A-25	A-50	A-75	A-100
<b>B-0</b>	B-25	B-50	B-75	B-100
<b>C-0</b>	C-25	C-50	C-75	C-100

Proses pembuatan adonan dilaksanakan selama 5 kali sesuai dengan jumlah variabel bebas yang digunakan, pembuatan benda uji dilaksanakan pada hari yang sama dan seluruh jenis material yang sama. Pasir dan semen terlebih dahulu dicampur secara manual sebelum dimasukkan kedalam alat pengaduk, supaya menjamin pasir dan semen bisa tercampur secara baik, dan selanjutnya dimasukkan kedalam alat pencampur dengan foam agent, untuk mempercepat pelaksanaan pencampuran.



Gambar 1. Pencampuran air dan foam agent

Setelah agregat halus dan semen sudah disiapkan, maka langkah selanjutnya adalah menyiapkan gelembung foam dengan cara memasukkan foam agent, dan air kedalam tabung udara untuk nantinya ditiup kedalam mixer dan menghasilkan foam sesuai dengan kebutuhan yang sudah ditetapkan kedalam mix design.

---

1 Ir. Sugiharti, MT, 2 Bobby Asukmajaya R., 3 Novita Anggraeni, ST.,MT,<sup>1</sup>  
**PENGARUH SUBSTITUSI PASIR NGANTANG DENGAN PASIR SILIKA TUBAN TERHADAP  
KUAT TEKAN BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR  
LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 98-105

---



Gambar 2. Perataan Campuran Agregat Halus dan Semen dalam alat pengaduk

Setelah seluruh material disiapkan maka langkah selanjutnya adalah menuangkan campuran semen dan agregat halus hingga keseluruhan material menyatu, selanjutnya foam yang sudah dimasukkan kedalam alat pencampur foam agent dan penyemprot dimasukkan kedalam molen, sembari air dimasukkan pelan – pelan hingga keseluruhan campuran menyatu dengan baik, proses ini membutuhkan waktu maksimal 15 menit, dari proses pencampuran awal hingga penuangan kedalam wadah bekisting

Langkah final yang dilakukan adalah penuangan kedalam cetakan bata ringan, dan sebagian dimasukkan kedalam kubus berukuran 15x15x15, pelaksanaan dibuat sama persis sesuai dengan volume yang digunakan dalam pencampuran dalam pabrik. Hal ini dilakukan supaya mendapatkan campuran material sesuai dengan yang diharapkan dalam mix design, dan juga volume nantinya tidak mempengaruhi hasil yang dicapai. Selanjutnya benda uji kubus dicuring selama 28 hari, dan nantinya akan diuji tekan, langkah curing yang dilakukan adalah dengan cara yang sama pada umumnya yang digunakan oleh pabrik, yaitu dikeringkan dengan menyiram tiap pagi dan sore hari, hal ini benar – benar disamakan dengan cara curing yang dilakukan di pabrik untuk mendapatkan hasil yang mendekati nilai real yang terdapat dilapangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Berat Volume Benda Uji

Berat volume benda uji yang direncanakan sesuai dengan mix design adalah 800 kg/m<sup>3</sup>. Pengujian berat volume benda uji dilaksanakan untuk mengetahui berat bata ringan apakah sesuai dengan peraturan yang ada, untuk dijadikan hipotesis awal jika berat volume benda uji berpengaruh nantinya terhadap kuat tekan yang ditetapkan. Berikut adalah hasil pengukuran benda uji yang dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 hari dan telah dikeringkan.

**Tabel 4** Berat Volume Benda Uji (Kg/m<sup>3</sup>)

No	Nama Benda Uji	Berat Benda Uji 15x15x15 (Kg)	Berat Volume (Kg/M <sup>3</sup> )	Berat Rata - Rata (Kg/M <sup>3</sup> )
1	A-0	2.68	794.074	<b>787.160</b>
2	B-0	2.64	782.222	
3	C-0	2.65	785.185	
4	A-25	2.59	767.407	<b>762.469</b>
5	B-25	2.56	758.519	
6	C-25	2.57	761.481	

1 Ir. Sugiharti, MT, 2 Bobby Asukmajaya R., 3 Novita Anggraeni, ST.,MT,<sup>1</sup>  
**PENGARUH SUBSTITUSI PASIR NGANTANG DENGAN PASIR SILIKA TUBAN TERHADAP  
 KUAT TEKAN BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR  
 LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 98-105

7	A-50	2.58	764.444	<b>759.506</b>
8	B-50	2.55	755.556	
9	C-50	2.56	758.519	
10	A-75	2.55	755.556	<b>747.654</b>
11	B-75	2.52	746.667	
12	C-75	2.50	740.741	
13	A-100	2.51	743.704	<b>730.864</b>
14	B-100	2.45	725.926	
15	C-100	2.44	722.963	

Hasil yang didapatkan sesuai dengan Tabel 4.4 menunjukkan jika semakin banyak pencampuran pasir silika menyebabkan berat volume yang didapatkan menjadi semakin kecil, hal ini dikarenakan berat jenis pasir silika yang lebih kecil dibandingkan dengan pasir Ngantang, selain itu hal ini tentunya akan membuat hasil bata ringan yang dihasilkan dengan pencampuran silika menjadi semakin ringan, secara keseluruhan penambahan silika berdampak positif terhadap berat bata ringan, karena semakin ringan bata ringan semakin baik, untuk mengurangi beban mati yang terdapat dalam struktur. Pada campuran bata ringan dengan substitusi 0% pasir silika, atau 100% pasir ngantang didapatkan jika berat volumenya masih kurang dari berat volume rencana, hal ini dimungkinkan karena dalam neopor system menggunakan pasir dengan kualitas pasir yang memiliki berat volume yang lebih besar dibandingkan dengan pasir Ngantang.

#### B. Hasil Uji Tekan

Kuat tekan memberikan gambaran akan kekuatan dari bata ringan, dari beberapa kadar substitusi agregat halus yang digunakan, sesuai dengan percobaan penelitian perbedaan material akan membuat nilai blok tegangan ekuivalen beton akan berbeda, sehingga mempengaruhi nilai kuat tekannya, sehingga berikut adalah hasil uji tekan :

**Tabel 5 Hasil Uji Tekan**

No	Nama Benda Uji	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata - Rata (Mpa)	Kelas Bata Ringan
1	A-0	1.78	1.630	-
2	B-0	1.33		
3	C-0	1.78		
4	A-25	2.35	2.240	IV
5	B-25	2.11		
6	C-25	2.26		
7	A-50	2.72	2.737	IV
8	B-50	2.75		
9	C-50	2.74		
10	A-75	4	3.853	III
11	B-75	4		
12	C-75	3.56		
13	A-100	3.11	2.743	IV
14	B-100	2.56		
15	C-100	2.56		

Sesuai pada tabel 4.5 didapatkan hasil jika kuat tekan untuk substitusi 25%, 50%, 75% dan 100% melebihi kuat tekan minimum yang dibutuhkan dalam sesuai dengan SNI 03-0349-1989, namun untuk bata ringan tanpa substitusi silika atau dengan substitusi 0% kurang dari minimum nilai kuat tekan rata – rata yang dibutuhkan yaitu 2,1 MPa. Hal ini membuktikan jika substitusi memberikan dampak yang baik terhadap kuat

1 Ir. Sugiharti, MT, 2 Bobby Asukmajaya R., 3 Novita Anggraeni, ST.,MT,<sup>1</sup>  
**PENGARUH SUBSTITUSI PASIR NGANTANG DENGAN PASIR SILIKA TUBAN TERHADAP KUAT TEKAN BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 98-105

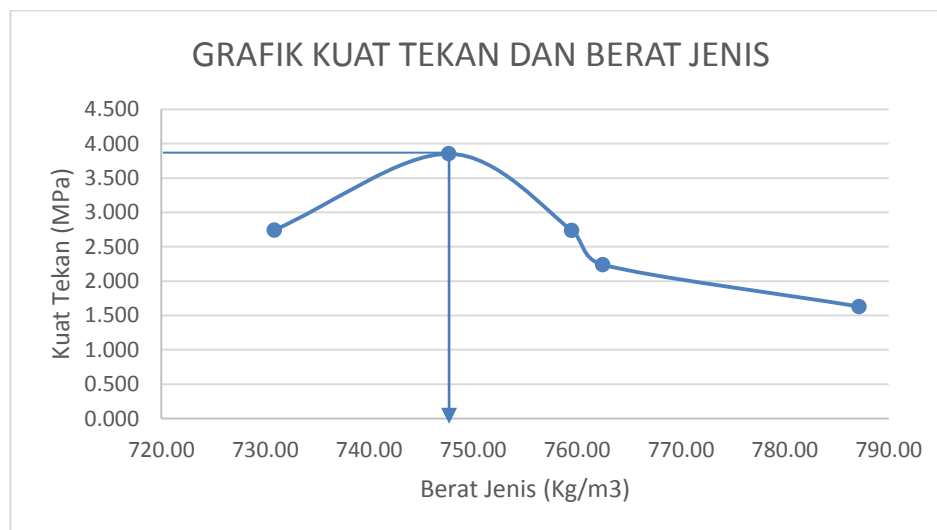
tekan bata ringan, namun nilainya optimal pada substitusi 75%, dan menurun pada substitusi pasir terhadap silika 100%. Kuat tekan pada substitusi 75% menunjukkan kelas III artinya paling baik karena melebihi 3,5 MPa standar minimum untuk kuat tekan kelas III.

### C. Pemilihan Campuran Substitusi Optimal

Dalam pemilihan campuran substitusi agregat halus terhadap pasir silika yang paling optimal adalah membandingkan antara kuat tekan dan berat jenis paling rendah dari beberapa campuran, dari hasil yang telah didapatkan dari pengujian kuat tekan dan juga pengujian berat jenis bata ringan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 6 Perbandingan nilai berat jenis terhadap kuat tekan bata ringan

Kadar Substitusi	Berat Rata -Rata (Kg/M3)	Kuat Tekan Rata - Rata (Mpa)	Kelas Bata Ringan
0%	787.160	1.630	-
25%	762.469	2.240	IV
50%	759.506	2.737	IV
75%	747.654	3.853	III
100%	730.864	2.743	IV



Gambar 3. Grafik kuat tekan dan berat jenis bata ringan

Sesuai dengan hasil pengujian didapatkan nilai substitusi yang paling optimal untuk dipilih sebagai bata ringan dengan kuat tekan dan berat jenis teroptimal adalah pada substitusi pasir ngantang dengan pasir silika sebanyak 75%.

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang kami laksanakan, dapat disimpulkan beberapa hal terkait substitusi agregat halus dengan pasir silika pada beton ringan :

1. Substitusi agregat halus pasir ngantang terhadap pasir silika membuat berat volume bata ringan semakin kecil, hal ini memberikan pengaruh positif karena bata ringan akan memiliki berat sendiri yang lebih kecil.

---

1 Ir. Sugiharti, MT, 2 Bobby Asukmajaya R., 3 Novita Anggraeni, ST.,MT,<sup>1</sup>

**PENGARUH SUBSTITUSI PASIR NGANTANG DENGAN PASIR SILIKA TUBAN TERHADAP KUAT TEKAN BATA RINGAN DENGAN MENGGUNAKAN PROSES CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 98-105

---

2. Kuat tekan bata ringan paling besar adalah didalam substitusi 75% pasir silika terhadap agregat halus, adanya silika membuat kuat tekan semakin besar, namun berkurang pada substitusi penuh 100% hal ini dipengaruhi filler pasir ngantang lebih kuat dibandingkan pasir silika, namun pasir silika memiliki campuran silika yang membantu pengikatan pada bata ringan.
3. Substitusi dengan campuran yang paling optimal adalah pada substitusi 75% hal ini dikarenakan pada substitusi 75% kuat tekan bata ringan CLC paling besar nilainya namun dengan berat volume yang relatif rendah dibandingkan substitusi lainnya. Selain itu kuat tekan dengan substitusi 75% berada pada kualitas III tertinggi dibandingkan dengan campuran yang lainnya.

**REFERENSI**

- [1] I. Prasetya, “Dengan Menggunakan Proses Cellular Light- Weight Concrete ( Clc ) Pabrik Asam Fosfat Dengan Menggunakan Proses Cellular Light-,” 2017.
- [2] B. Sujatmiko, S. Zuraidah, W. Abiarto Nugroho, and E. Rizsa Putra Atmajaya, “Penggunaan Pasir Silika sebagai Substitusi Agregat Halus Untuk Meningkatkan Performance Bata Ringan,” *J. Rekayasa Tenik Sipil Univ. Madura*, vol. 3, no. 2, pp. 5–12, 2018.
- [3] B. A. R *et al.*, “Beton Bertulang Agregat Limbah Batu Onyx Tulungagung,” vol. 15, no. 1, pp. 45–50, 2021.
- [4] S. 03-0349-1989, “Bata beton untuk pasangan dinding,” *Bsn*, vol. ICS 91.100, no. 1, pp. 1–6, 1989.
- [5] E. S. Buildings, *CLC ( Cellular Lightweight Concrete )*. 2014.

---

**Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>**  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

---

**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**

**Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang  
Jalan Tlaga Warna, Tlogomas, Malang – 65144, Indonesia  
[rifky.unitrimalang@gmail.com](mailto:rifky.unitrimalang@gmail.com)

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang  
Jalan Tlaga Warna, Tlogomas, Malang – 65144, Indonesia  
[blimaoktaviastuti@gmail.com](mailto:blimaoktaviastuti@gmail.com)

<sup>3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang  
Jalan Tlaga Warna, Tlogomas, Malang – 65144, Indonesia  
[delandcivil2@gmail.com](mailto:delandcivil2@gmail.com)

## ABSTRAK

An intersection is a place that turns or branches from a straight line. Crossroads with signals, namely road users who pass through the intersection in accordance with the operation of the traffic signal. The sulphate signaled intersection has a high density level as a result of the heavy traffic volume and does not match the road capacity in Belimbing sub-district, Malang city. The research method is by field observation or data collection where the researcher records information through direct events that are being witnessed during the research, one of which is a traffic volume survey conducted using the average traffic survey (LHR) method. The average daily traffic survey is carried out for one week from Monday - Sunday, where the length of observation is 16 hours starting from 06:00 - 22:00 WIB. The evaluation results at the sulphate-signalized intersection show that the degree of saturation of the morning peak hours on each approach is 0.98 North, 1.38 South, 1.79 East and has exceeded the DS value required in the 1997 MKJI, namely 0.75. While the DS value in the Western approach is 0.71 and has met the DS value required in the 1997 MKJI. The predicted results of the sulfate signalized intersection in the 10th year show that the DS value in each approach is 1.10 North, 1.51 South, East 1.78 and West 1.08 and greatly exceeds the DS value in the 1997 MKJI which is 0.75. Changes in WINS, WLETS and making a direct left turn and redesigning cycle times are alternative solutions that are proven to increase the level of service at the intersection from F (obstructed current) to C (stable flow).

Keywords: Signalized Intersection, Performance, Evaluation, Prediction, Solution.

## PENDAHULUAN

Kota Malang biasa dijuluki kota pendidikan dan kota wisata, Kota Malang juga merupakan kota terbesar kedua di Jawa Timur setelah Kota Surabaya. Luas Kota Malang yaitu 145,28 km<sup>2</sup> dan dibagi menjadi 5 kecamatan (dari total 666 kecamatan di Jawa Timur) yaitu kecamatan klojen, kecamatan belimbing, kecamatan kedungkandang, kecamatan lowokwaru dan kecamatan sukun, dengan total populasi masyarakat Kota Malang pada tahun 2020 mencapai 875.771 jiwa dan sebaran penduduk 5.744 jiwa/km<sup>2</sup>. Seiring bertambahnya jumlah penduduk, pertumbuhan kendaraan roda dua dan roda empat di Kota Malang dari tahun ke tahun selalu bertambah sedangkan kapasitas jalan belum sepenuhnya dibenahi. Berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik) total semua jenis kendaraan di Kota Malang pada tahun



---

**Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>**  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

---

2019 yaitu 482.816 unit hampir separuh dari total populasi penduduk Kota Malang. Jumlah kendaraan yang terlalu banyak menyebabkan permasalahan terjadi pada lalu lintas khususnya di persimpangan.

Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan yang bertemu dan berpotongan dimana terjadi pergerakan lalu lintas yang menerus, membelok dan memotong yang mengakibatkan konflik yang menyebabkan permasalahan pada persimpangan (Hobbs, 1995)[1]. Salah satu persimpangan yang mempunyai tingkat kepadatan yang tinggi yaitu simpang empat bersinyal Sulfat yang mempertemukan Jl. Simpang Sulfat Utara – Jl. Simpang Sulfat Selatan – Jl. Terusan Sulfat dan Jl. Raya Sulfat, di kecamatan Belimbing kota Malang. Ditinjau dari segi struktural dan fungsional persimpangan sulfat merupakan persimpangan sebidang dan bersinyal (Khisty, 2005)[2]

Persimpangan ini merupakan salah satu simpang yang cukup vital dalam jalur transportasi, akan tetapi pada simpang tersebut sering terjadi kemacetan dan antrian panjang, panjang antrian yang terjadi dapat mengganggu akses keluar masuk yang dari dan menuju persimpangan tersebut. Perkembangan perumahan yang cukup pesat dan pertumbuhan penduduk di sekitar simpang Sulfat juga mengakibatkan sering terjadi kemacetan. Selain itu ada beberapa faktor juga yang menyebabkan kemacetan yaitu waktu siklus lampu sinyal lalu lintas pada persimpangan dan ada dua ruas jalan lebarnya hanya mencapai 4 m, yaitu Jl. Simpang Sulfat Utara dan Jl. Simpang Sulfat Selatan.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ina, Maria Ernestin Tamo (2018)[3] menerangkan bahwa jumlah volume kendaraan yang tidak seimbang dengan kapasitas jalan dan persimpangan sehingga timbulnya penumpukan arus lalu lintas serta membuat antrian sangat panjang sehingga menyebabkan kemacetan pada jam sibuk dan terjadinya tundaan dan antrian panjang di persimpangan Sulfat. Hasil survey menunjukkan bahwa nilai kapasitas sebesar 1181,9 smp/jam, derajat kejenuhan (DS) 1,29, panjang antrian 556,12 m dan nilai tundaan 327,78 kend/det dengan tingkat pelayanan F. Oleh karena permasalahan yang terjadi pada persimpangan Sulfat tersebut perlu adanya evaluasi ulang terhadap kinerja simpang empat bersinyal Sulfat pada kondisi ekisting, kinerja simpang pada 10 tahun mendatang dan mencari solusi alternatif untuk meminimalisir kemacetan di persimpangan Sulfat, Kota Malang. Prediksi kinerja simpang sudah pernah dilakukan oleh Waas, Richrisna Helena (2018)[4]

## **METODE PENELITIAN**

### **A. Rancangan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah suatu penelitian yang pada dasarnya menggunakan pendekatan deduktif-induktif. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian deskriptif, dimana dasar penelitian masih berpatokan pada teori yang sudah ada dan menjadi alat penelitian sejak memilih dan menemukan masalah, membangun hipotesis maupun melakukan pengamatan langsung di lapangan sampai dengan menguji data.

Pada penelitian ini data kuantitatif antara lain geometrik jalan, perilaku lalu lintas dan lalu lintas harian rata-rata, serta metode perhitungan yang digunakan berupa rumus-rumus perhitungan berdasarkan pada tahun MKJI 1997.

#### **2 Alat Penelitian**

1. Formulir penelitian disesuaikan dengan jumlah kendaran.
2. Pita ukur (*roll meter*) untuk mendapatkan data geometrik jalan dan ukuran kendaraan.
3. Jam tangan sebagai penunjuk waktu selama pelaksanaan survey
4. Alat hitung kendaraan yang pintas atau biasa disebut *hand counter*
5. Alat tulis dan peralatan tulis lainnya
6. Kamera digital sebagai alat pemotretan kondisi jalan

### **B. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian yang akan direncanakan yakni simpang empat lengan, dengan arus lalu lintas yang cukup padat, yaitu pada persimpangan Jl. Simpang Sulfat Utara – Jl. Simpang Sulfat Selatan – Jl. Terusan Sulfat – Jl. Raya Sulfat, kecamatan Belimbing, Kota Malang, Jawa Timur.

**Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>**  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

**C. Metode Pengumpulan Data**

- 1) Observasi  
 Survei volume lalu lintas, Survei geometrik dan Survei hambatan samping
- 2) Data Sekunder  
 Data pertumbuhan kendaraan dan pertumbuhan penduduk kota Malang lima tahun terakhir sebagai acuan untuk memprediksi simpang sepuluh tahun mendatang (Malang, BPS Kota 2021 [5])

**Tabel 1** Data sekunder dari instansi terkait

No	Instansi	Data yang dibutuhkan	Dokumen
1	Badan Pusat Statistik (BPS)	Data jumlah penduduk Kota Malang dari tahun 2021 Pertumbuhan kendaraan bermotor	Penduduk Kota Malang Pertumbuhan kendaraan pada tahun 2015 - 2021

Sumber: Hasil Survey, 2021

**D. Teknik Analisis Data**

- a. Menghitung volume lalu lintas (q)
- b. Menghitung kapasitas (smp/jm)  

$$C = S \times g/c \quad (1)$$
 Dimana :  
 C = kapasitas (smp/jam)  
 S = arus jenuh ((smp/jam hijau)  
 G = waktu hijau (detik)  
 C = waktu siklus (detik)
- c. Menghitung derajat kejenuhan (DS)  

$$DS = Q/C \quad (2)$$
 Dimana :  
 DS = Derajat kejenuhan  
 Q = Arus lalu lintas (smp/jam)  
 C = Kapasitas (smp/jam)
- d. Panjang antrian
- e. Kendaraan Terhenti
- f. Tundaan
- g. Prediksi Kinerja simpang bersinyal sulfat 10 tahun mendatang  

$$P_n = P_o (1+i)^n \quad (3)$$
 Dimana :  
 P<sub>n</sub> = Nilai pada tahun ke 10  
 P<sub>o</sub> = Volume kendaraan pada tahun dasar  
 i = Laju pertumbuhan kendaraan  
 n = Jangka waktu
- h. Manajemen lalu lintas. Langkah utama dalam manajemen lalu lintas adalah membuat penggunaan kapasitas dan ruas jalan seefektif mungkin, sehingga pergerakan lalu lintas yang lancar merupakan syarat utama (Malkamah, 1996)[6]

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Simpang Sulfat merupakan simpang bersinyal dengan empat lengan. Kawasan simpang sulfat merupakan kawasan komersil dimana tata guna lahan disekitaran simpang sulfat terdapat pertokoan, kantor yang menjadi lahan perekonomian. Simpang ini berada di Kecamatan Belimbing, Kota Malang,

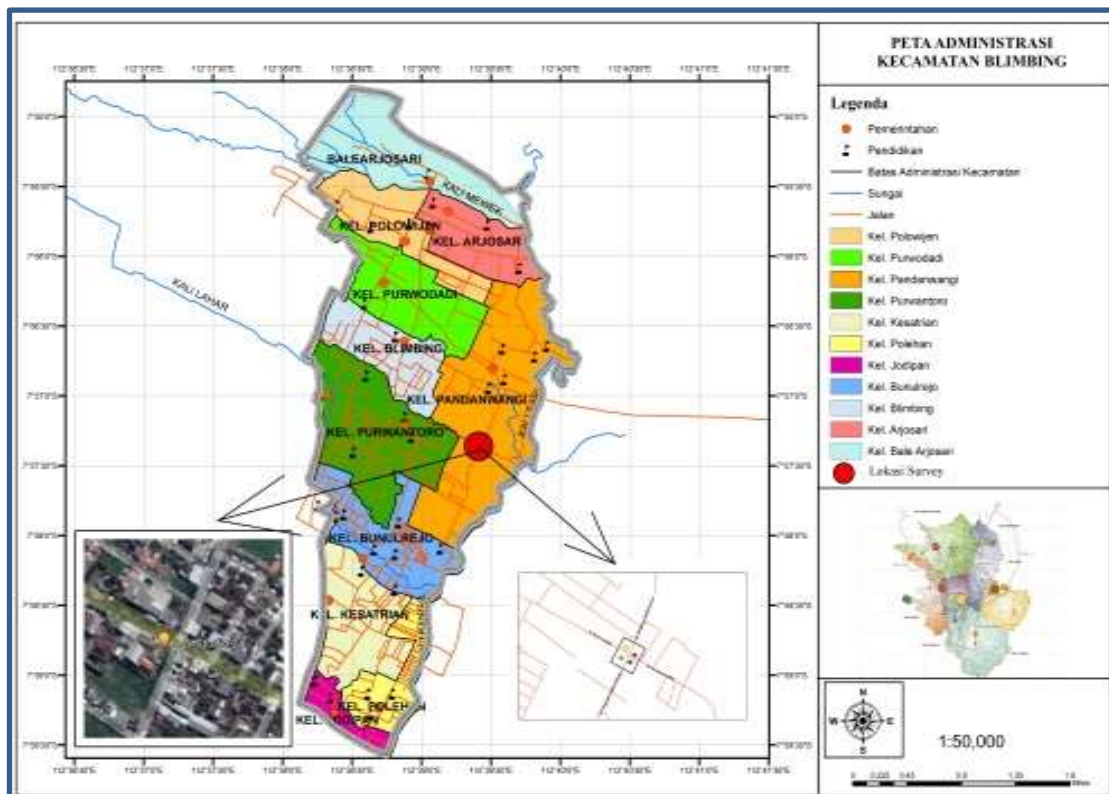
**Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>**  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

Jawa Timur. Kedua lengan simpang merupakan jalan mayor diantaranya yaitu pendekat utara dan pendekat selatan (Jl.Raya Sulfat dan Jl.Terusan Sulfat) yang merupakan salah satu titik pertemuan arus lalu lintas dari dan menuju Kabupaten Malang. Sedangkan pendekat timur dan barat merupakan jalan minor (Jl.Simpang Sulfat Utara dan Jl.Simpang Sulfat Selatan).

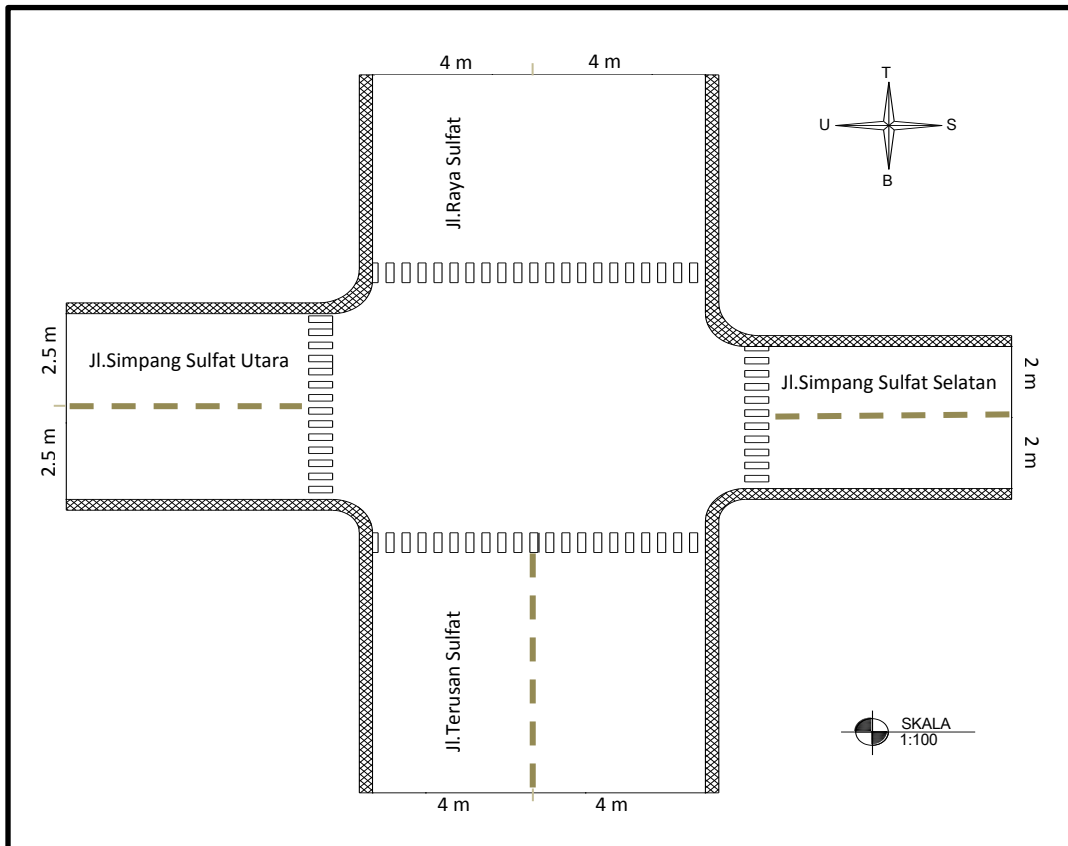
**Tabel 2** Data lebar pendekat

No	Pendekat	Lebar Pendekat (m)			
		W <sub>A</sub>	W <sub>MASUK</sub>	W <sub>LTOR</sub>	W <sub>KELUAR</sub>
1	Jl.Raya Sulfat (Utara)	4 m	4 m		4 m
2	Jl.Terusan Sulfat (Selatan)	4 m	4 m		4 m
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (Timur)	2,5 m	2,5 m		2,5 m
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (Barat)	2 m	2 m		2 m



**Gambar 1.** Orientasi Wilayah Studi

Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**  
Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120



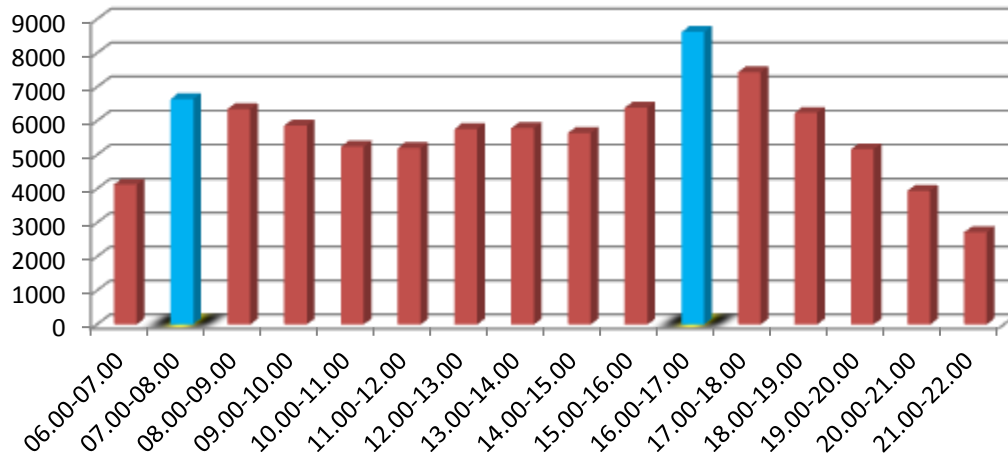
**Gambar 2.** Peta Lokasi Dan Kondisi Geometrik

### A. Volume Arus Lalu Lintas (Q)

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik per stuan waku pada lokasi tertentu (Tamin 2003)[7].Pencatatan volume lau lintas pada masing-masing pendekat persimpangan diambil volume lalulintas tertinggi dari periode waktu selama 7 hari yaitu hari senin jam 07.00 – 08.00 dan jam 16.00 – 17.00.

Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120



**Gambar 3.** Grafik arus lalu lintas hari senin

Selanjutnya dilakukan perhitungan volume kendaraan per jam menjadi smp per jam, contoh perhitungan jam 07.00 – 08.00 (Pagi) dan jam 16.00 – 17.00 (Sore) pada masing – masing pendekatan sebagai berikut:

**Tabel 3** emp pada pendekatan terlindung dan terlawan

Jenis Kendaraan	Emp untuk tipe pendekatan	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan Ringan (LV)	1,0	1,0
Kendaraan Berat (HV)	1,3	1,3
Sepeda Motor (MC)	0,2	0,4

LV = 439 kend/jam  
 = 439 x koefisien LV smp/jam  
 = 439 x 1 = 439 smp/jam  
 Total seluruh kendaraan smp/jam  
 = LV + HV + MC  
 = (439 + 78 + 615)  
 = 1132 smp/jam (Pendekat utara)

**Tabel 4** volume arus lalulintas Q (smp/jam)

Waktu	Pendekat	LV	HV	MC	(Arus Q)	
					(Kend/jam)	(smp/jam)
Pagi	U (Jl.Raya Sulfat)	439	60	1538	2037	1132
	S (Jl.Terusan Sulfat)	516	42	1782	2340	1283
	T (Jl.Simpang Sulfat Utara)	483	26	1119	1628	964
	B (Jl.Simpang Sulfat Selatan)	160	10	471	641	361
Sore	U (Jl.Raya Sulfat)	893	26	2749	3668	2026
	S (Jl.Terusan Sulfat)	394	28	1821	2243	1159
	T (Jl.Simpang Sulfat Utara)	231	24	1494	1749	860
	B (Jl.Simpang Sulfat Selatan)	169	16	780	965	502

**Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>**  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

1. Penggunaan Sinyal

Perilaku lalu lintas dengan lampu lalu lintas umumnya mendapatkan gerakan lalu lintas yang teratur dan mengkoordinasikan lalu lintas dibawah kondisi jarak sinyal yang cukup baik, sehingga aliran lalu lintas tetap berjalan menerus pada kecepatan tertentu (Oglesby & Hicks, 1999)[8]. Waktu merah semua (*All Red*) dan waktu hilang (LTI). Perhitungan All Red menggunakan rumus berikut yaitu:

$$\frac{(L_{EV}+l_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}} \quad (4)$$

Pendekat Utara (Jl.Raya Sulfat)

$$\frac{(19+5)}{10} - \frac{11}{10} = 1,3 \text{ detik}$$

**Tabel 5** Waktu merah, waktu kuning dan waktu hilang (LTI)

Fase	Pendekat	Waktu merah semua	Waktu kuning	Waktu hilang
1	Jl.Terusan Sulfat	1,3 detik	2 detik	3,3 detik
2	Jl.Raya Sulfat	0,6 detik	2 detik	2,6 detik
3	Jl.Simpang Sulfat Utara	0,3 detik	2 detik	2,3 detik
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan	0,4 detik	2 detik	2,4 detik
Waktu hilang total				10,6 detik

2. Arus jenuh disesuaikan (S)

Arus jenuh disesuaikan dihitung menggunakan rumus:

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (5)$$

$$S = 4160 \times 0,94 \times 0,95 \times 1,0 \times 1 \times 0,98 \times 0,96$$

$$= 3494 \text{ (Pendekat Utara)}$$

**Tabel 6.** Nilai S dan Rasio arus/Arus jenuh

No	Pendekat	S	FR	IFR/FRcrit	PR
1	Jl.Raya Sulfat (U)	3494	0,32	0,37	0,87
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	3457	0,37		1,00
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	2932	0,32		0,87
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	3285	0,15		0,40

3. Waktu Siklus dan Waktu Hijau

a. Waktu siklus sebelum penyesuaian

$$c_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR) \quad (6)$$

b. Waktu siklus yang disesuaikan

$$c = \Sigma g + LTI \quad (7)$$

**Tabel 7.** Nilai Waktu Siklus dan Waktu Hijau

No	Pendekat	waktu siklus sebelum penyesuaian (dtk)	Waktu siklus yang disesuaikan (dtk)	Waktu hijau (g)
1	Jl.Raya Sulfat (U)	33,17	163,6	54
2	Jl.Terusan Sulfat (S)			44
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)			30
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)			25

**Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>**  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

- a. Kapasitas  
 $C = S \times g/c$  (8)  
 $= 3494 \times 54/163,6$   
 $= 1153$  (Pendekat Utara)
- b. Derajat Kejenuhan  
 $DS = Q/C$  (9)  
 $= 1132/1153$   
 $= 0,98$  (Pendekat Utara)

**Tabel 8** Nilai Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

No	Pendekat	Kapasitas (C)	Derajat kejenuhan (DS)
1	Jl.Raya Sulfat (U)	1153	0,98
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	930	1,38
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	538	1,79
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	502	0,71

Berdasarkan hasil perhitungan diatas bahwa nilai derajat kejenuhan pada ketiga pendekat yaitu pendekat Utara 0,98, pendekat Selatan 1,38, pendekat Timur 1,79 telah melampaui nilai yang disyaratkan dalam MKJI 1997 yaitu sebesar  $< 0,75$ . Hal ini berarti simpang tersebut sudah lewat jenuh. Dimana akan menyebabkan antrian panjang pada lalu lintas puncak. Sedangkan nilai derajat kejenuhan pada pendekat Barat sudah memenuhi nilai yang disyaratkan dalam MKJI 1997 yaitu sebesar  $< 0,75$ . Nilai derajat kejenuhan pada pendekat Barat yaitu sebesar 0,71.

4. Panjang antrian (QL)

Hitung panjang antrian (QL) dengan mengalihkan  $NQ_{MAX}$  dengan luas rata-rata yang dipergunakan per smp (20 m2) kemudian dibagikan dengan lebar masuk.

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \quad (10)$$

$$= \frac{79,5 \times 20}{4}$$

$$= 397 \text{ smp (Pendekat utara)}$$

**Tabel 9** Nilai panjang antrian

No	Pendekat	NQ1 (smp/jam)	NQ2 (smp/jam)	NQ (smp/jam)	QL (smp)
1	Jl.Raya Sulfat (U)	11	50	62	397
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	178	67	245	885
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	214	52	266	1384
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	0,71	18	18	405

5. Kendaraan terhenti

Perhitungan angka henti seluruh simpang dengan cara membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh pendekat dengan arus simpang total Q dalam kend/jam.

$$NS_{TOT} = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{TOT}} \quad (11)$$



**Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>**  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

$$= \frac{11710}{3740}$$

$$= 3,13 \text{ (stop/smp)}$$

**Tabel 10.** Nilai kendaraan terhenti

No	Pendekat	NS (stop/smp)	N <sub>SV</sub> (smp/jam)	NS <sub>TOT</sub> (stop/smp)
1	Jl.Raya Sulfat (U)	1,08	1222	3,13
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	3,79	4849	
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	5,48	5282	
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	0,99	357	

6. Perhitungan tundaan rata-rata seluruh simpang (DI) yaitu:

$$DI = \frac{\sum(Q \times D)}{Q_{TOT}} \quad (12)$$

$$= \frac{2526026}{8287}$$

$$= 304 \text{ det/smp}$$

**Tabel 11.** Nilai Tundaan

No	Pendekat	Tundaan (detik/smp)				DI
		DT	DG <sub>j</sub>	D	D x Q	
1	Jl.Raya Sulfat (U)	89	4,64	93	105276	304
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	744	6,30	750	962250	
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	1487	2,17	1489	1435396	
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	60	4,01	64	23104	

**B. Prediksi kinerja simpang sulfat 10 tahun mendatang**

Evaluasi pertumbuhan arus lalu lintas digunakan sebagai asumsi kenaikan jumlah arus lalu lintas yang melewati simpang Sulfat pada tahun 2031. Untuk mendapatkan angka pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor sesuai dengan jenisnya, digunakan data sekunder berupa data jumlah kendaraan bermotor di Kota Malang pada periode tahun 2017–2021.

**Tabel 12.** Pertumbuhan Kendaraan Bermotor Kota Malang 5 tahun terakhir

TAHUN	Jumlah kendaraan bermotor			Total	Pertumbuhan (%)		
	LV	HV	MC		LV	HV	MC
2021	98.899	21.818	491.329	612.046			
2020	98.392	21.767	482.817	602.976	0,51	0,23	1,76
2019	97.079	21.668	477.687	596.434	1,35	0,45	1,07
2018	95.320	21.435	476.017	592.772	1,84	1,08	0,34
2017	90.058	20.968	456.693	567.719	5,84	2,22	4,23
				Rata - rata	2,39	1,00	1,85

Untuk mendapatkan volume lalu lintas kendaraan bermotor (MV) 10 tahun mendatang menggunakan persamaan berikut yaitu:

$$P_n = P_o (1+i)^n \quad (13)$$

$$= 439 (1+2,39\%)^{10}$$



**Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>**  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

=555 ken/jam (LV)

**Tabel 13.** Volume lalu lintas tahun ke 10 smp/jam

Waktu	Pendekat	LV	HV	MC	(Arus Q) Tahun ke-10	
					(kend/jam)	(smp/jam)
Pagi	U (Jl.Raya Sulfat)	555	66	1847	2468	1380
	S (Jl.Terusan Sulfat)	653	47	2140	2840	1570
	T (Jl.Simpang Sulfat Utara)	612	28	1344	1984	1186
	B (Jl.Simpang Sulfat Selatan)	203	11	566	780	444
Sore	U (Jl.Raya Sulfat)	1130	28	3302	4460	2487
	S (Jl.Terusan Sulfat)	499	31	2694	3224	1617
	T (Jl.Simpang Sulfat Utara)	292	26	1794	2112	1043
	B (Jl.Simpang Sulfat Selatan)	214	18	937	1169	612

1. Kapasitas dan derajat kejenuhan

Adapun hasil perhitungan kapasitas (C) derajat kejenuhan (DS) dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 14.** Nilai kapasitas dan derajat kejenuhan

No	Pendekat	S	c	g	C	Q	DS
		smp/jam	smp/jam				
1	Jl.Raya Sulfat (U)	3793	163,6	54	1252	1380	1,10
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	3872		44	1042	1570	1,51
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	3635		30	667	1186	1,78
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	3714		25	568	612	1,08

Setelah mengetahui nilai arus lintas (Q) dan kapasitas (C) didapatkan nilai derajat kejenuhan (DS) pada masing - masing pendekat pada tahun ke 10 yaitu Utara 1,10, Selatan 1,51, Timur 1,78 dan Barat 1,08. Nilai yang didapat sangat melampau nilai yang disyaratkan dalam MKJI 1997, sehingga dapat disimpulkan bahwa kemacetan dan tundaan yang terjadi di simpang sulfat pada 10 tahun mendatang sangatlah parah dan masuk dalam kategori tingkat pelayanan F.

**C. Solusi Alternatif**

1. Alternatif I (Perubahan  $W_{MASUK}$ ,  $W_{KELUAR}$  dan mengadakan belok kiri langsung) Transformasi geometri adalah perubahan ukuran, bentuk penyajian, dan posisi dari suatu objek (A, Aashto, 2001)[9]. Setelah survey yang telah selesai dilaksanakan, peneliti melihat kondisi geometric simpang sulfat masih ada potensi untuk bisa melebarkan geometik pada masing - masing pendekat. Berikut merupakan perubahan geometrik yang dijadikan sebagai alternatif I yaitu:

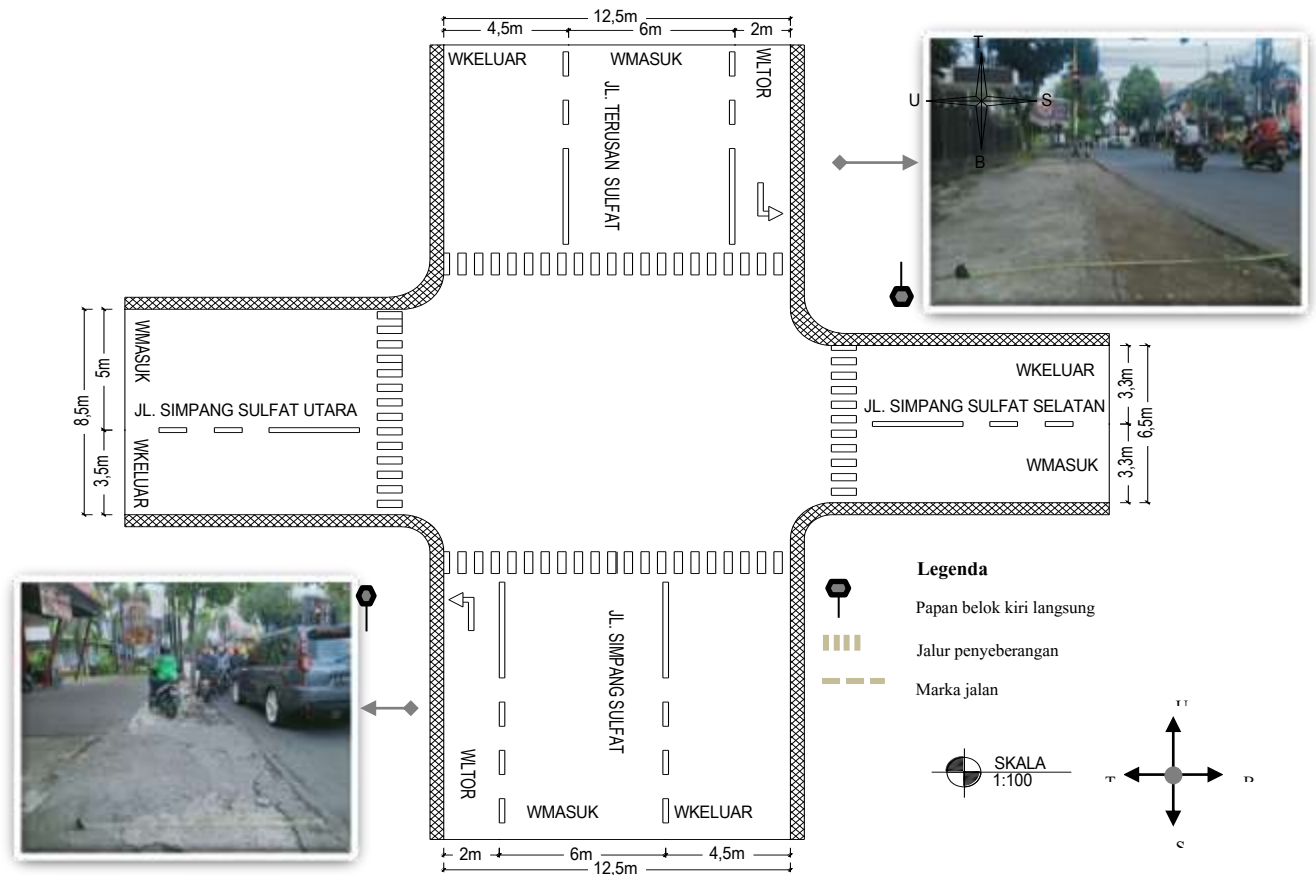
**Tabel 15.** Data perubahan geometrik simpang

Pendekat	Kondisi Ekisting			
	$W_{MASUK}$ (m)	$W_{KELUAR}$ (m)	$W_{LATOR}$ (m)	$W_e$ (m)
Jl.Raya Sulfat (U)	4	4	-	4
Jl.Terusan Sulfat (S)	4	4	-	4
Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	2,5	2,5	-	2,5
Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	2	2	-	2
Pendekat	Perubahan Alternatif I			
	$W_{MASUK}$ (m)	$W_{KELUAR}$ (m)	$W_{LATOR}$ (m)	$W_e$ (m)
Jl.Raya Sulfat (U)	8	4,5	2	6

Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

Jl.Terusan Sulfat (S)	8	4,5	2	6
Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	5	3,5	-	5
Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	3,3	3,3	-	3,3



**Gambar 4.** Pelebaran Geometrik

- a. Arus jenuh dasar ( $S_0$ ). Berikut merupakan perhitungan arus jenuh dasar setelah perubahan  $W_{MASUK}$ ,  $W_{KELUAR}$  dan sudah menjadi arus lalu lintas terlindungi.

$$\begin{aligned}
 S_0 &= 600 \times W_e && (16) \\
 &= 600 \times 6 \\
 &= 3600 \text{ (Pendekat Utara)}
 \end{aligned}$$

Tabel 16 Nilai  $S_0$  dan  $S$

No	Pendekat	$S_0$	$S$
1	Jl.Raya Sulfat (U)	3600	3283
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	3600	3351
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	3600	3146
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	3600	3214

**Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>**  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

- b. Kapasitas (C). Setelah mendapatkan nilai alternatif I (Perubahan  $W_{MASUK}$ ,  $W_{KELUAR}$  dan mengadakan belok kiri langsung) kemudian dilanjutkan perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan seperti berikut:

$$C = S \times g/c \quad (17)$$

$$= 3283 \times 54/163$$

$$= 1087 \text{ (Pendekat Utara)}$$

- c. Derajat kejenuhan (DS)

$$DS = Q/C$$

$$= 1132/1087$$

$$= 1,04 \text{ (Pendekat Utara)}$$

**Tabel 17.** Nilai kapasitas dan derajat kejenuhan alternatif I

No	Pendekat	Arus lalu lintas (Q)	Kapasitas (C)	Derajat kejenuhan (DS)
1	Jl.Raya Sulfat (U)	1132	1087	1,04
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	1283	904	1,41
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	964	579	1,66
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	361	492	0,73

Derajat kejenuhan Alternatif I pada ketiga pendekat yaitu pendekat utara 1,04, pendekat selatan 1,41, pendekat timur 1,66 dan belum memenuhi nilai yang disyaratkan dalam MKJI 1997. Sedangkan nilai DS pada pendekat barat sebesar 0,73 dan sudah memenuhi nilai jenuh yang disyaratkan dalam MKJI 1997 yaitu  $< 0,75$ .

2. Alternatif II (Perancangan ulang waktu siklus). Berikut perhitungan waktu hijau (g) pada semua lengan (pendekat) berdasarkan standar acuan MKJI 1997.

$$g = (Cua - LTI) PR$$

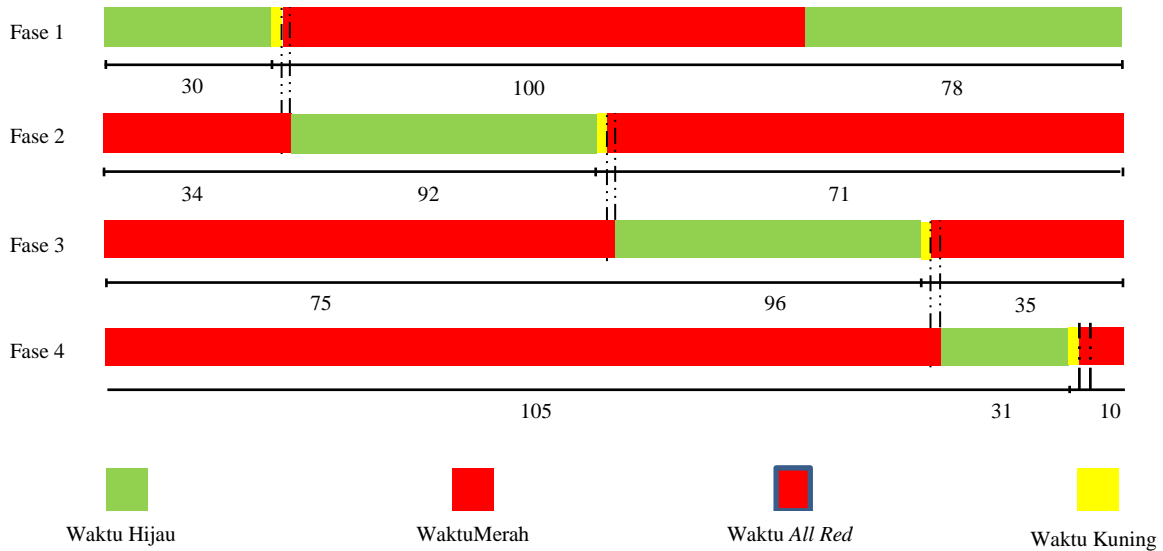
$$= (130 - 10,6) 1,00$$

$$= 108 \text{ detik (Pendekat Selatan)}$$

**Tabel 18.** Data perubahan waktu siklus alternatif II

No	Fase Hijau	Waktu nyala lampu (detik)				Siklus
		Merah	Kuning	Waktu hijau	All red	
1	Fase 1 (S)	100	2	108	2	227
2	Fase 2 (U)	105	2	92	2	
3	Fase 3 (T)	110	2	96	2	
4	Fase 4 (B)	115	2	31	2	

Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120



**Gambar 5.** Diagram Waktu Siklus Alternatif II

**Tabel 19.** Nilai kapasitas dan derajat kejenuhan alternatif II

No	Pendekat	S	Q (smp/jam)	C	DS
1	Jl.Raya Sulfat (U)	3714	1132	1767	0,64
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	3655	1283	1481	0,85
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	3160	964	1336	0,72
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	3467	361	473	0,76

3. Alternatif III (Penggabungan Alternatif I dan Alternatif II). Berikut ini merupakan data-data yang didapat pada perhitungan alternatif I dan alternatif II.

**Tabel 20.** Data nilai perubahan pada alternatif I dan alternatif II

No	Pendekat	S <sub>0</sub>	S	g (det/smp)	c (det/smp)
1	Jl.Raya Sulfat (U)	3600	3283	108	
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	3600	3351	92	
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	3600	3146	96	227
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	3600	3214	31	

Setelah mendapatkan nilai perubahan pada alternatif I dan alternatif II, kemudian dilanjutkan perhitungan kapasitas dan derajat kejenuhan pada alternatif III di masing-masing pendekat seperti yang ada pada tabel berikut:

**Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>**  
**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL**  
**(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –**  
**JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**  
 Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

**Tabel 21.** Rekapitulasi nilai DS dan C yang didapat pada alternatif III

No	Pendekat	Q (smp/jam)	Kapasitas	Derajat Kejenuhan
1	Jl.Raya Sulfat (U)	1132	1561	0,72
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	1283	1891	0,67
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	964	1330	0,72
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	361	611	0,59

Pada penerapan alternatif diatas menunjukkan bahwa derajat kejenuhan (DS) yang memiliki hasil paling terkecil adalah alternatif III. Maka dari itu alternatif III merupakan solusi yang ideal untuk pemecahan masalah yang terjadi di simpang sulfat.

**Tabel 22.** Persentase Penurunan Nilai DS alternatif III

No	Pendekat	Tahun ke-10	Alternatif III	Persentase penurunan DS
1	Jl.Raya Sulfat (U)	1,10	0,72	0,38
2	Jl.Terusan Sulfat (S)	1,51	0,67	0,84
3	Jl.Simpang Sulfat Utara (T)	1,78	0,72	1,06
4	Jl.Simpang Sulfat Selatan (B)	1,08	0,59	0,49

Setelah melakukan perhitungan pada masing-masing alternatif yang ditawarkan didapat nilai derajat kejenuhan (DS) yang berbeda. Nilai DS yang memenuhi syarat yang ada dalam MKJI 1997 (< 0,75) yaitu alternatif III. Maka dari itu alternatif III merupakan solusi yang iséal untuk pemecahan masalah yang terjadi di simpang sulfat. Penelitian ini sejalan dengan penelitian dari Ari, Andriyanto (2020)[10] dimana alternatif yang ditawarkan ada tiga yaitu alternatif I Optimasi Sinyal, alternatif II Pelebaran Jalan dan alternatif III Optimasi Sinyal dan Pelebaran Jalan atau penggabungan alternatif I dan alternatif II. Dengan menggunakan metode alternatif yang ditawarkan terbukti dapat menurunkan nilai tundaan dan merubah tingkat pelayanan jalan.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa pada bab sebelumnya maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil evaluasi pada simpang berinyal sulfat menunjukkan bahwa nilai derajat kejenuhan jam puncak pagi pada masing-masing pendekat yaitu Utara 0,98, Selatan 1,38, Timur 1,79 dan telah melampaui nilai DS yang disyaratkan dalam MKJI 1997 yaitu < 0,75. Sedangkan nilai DS pada pendekat Barat 0,71 dan sudah memenuhi nilai DS yang disyaratkan dalam MKJI 1997.
2. Hasil prediksi kinerja simpang bersinyal sulfat pada tahun ke 10 menunjukkan bahwa nilai DS pada masing - masing pendekat yaitu Utara 1,10, Selatan 1,51, Timur 1,78 dan Barat 1,08 dan sangat melampaui nilai DS dalam MKJI 1997 yaitu < 0,75. Sehingga kemacetan dan tundaan yang terjadi pada 10 tahun mendatang sangat tinggi dan masuk dalam kategori tingkat pelayanan F.
3. Alternatif III, Perubahan  $W_{MASUK}$ ,  $W_{KELUAR}$  dan mengadakan belok kiri langsung dan perancangan ulang waktu siklus (Penggabungan Alternatif I dan Alternatif II) merupakan solusi alternatif yang terbukti bisa meningkatkan tingkat pelayanan simpang dari F (Arus yang terhambat) menjadi C (Arus stabil). Maka dari itu alternatif III merupakan solusi yang ideal untuk pemecahan masalah yang terjadi di simpang sulfat.

---

Rifky Aldila Primasworo<sup>1</sup>, Blima Oktaviastuti<sup>2</sup>, Delan Efri Aldo<sup>3</sup>

**EVALUASI KINERJA PERSIMPANGAN BERSINYAL  
(STUDI KASUS JL. SIMPANG SULFAT UTARA – JL. SIMPANG SULFAT SELATAN –  
JL. TERUSAN SULFAT – JL. RAYA SULFAT)**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 106-120

---

**REFERENSI**

- [1] F. D. Hoobs, “Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas. Diterjemahkan oleh Suprpto TM dan Waldijino.” Gajah Mada University Press. Yogyakarta. Hal, 1995.
- [2] C. J. Khisty and B. K. Lall, “Dasar-dasar rekayasa transportasi,” *Erlangga, Jakarta*, 2005.
- [3] M. E. T. Inna, “STUDI PENGENDALIAN KINERJA SIMPANG BERSINYAL (STUDI KASUS SIMPANG EMPAT JALAN SIMPANG SULFAT UTARA–JALAN SIMPANG SULFAT SELATAN–JALAN TERUSAN SULFAT–JALAN RAYA SULFAT).” ITN Malang, 2018.
- [4] R. H. Waas, “Analisis Prediksi Kinerja Simpang Bersinyal Dalam Kondisi Eksisting Dan 5 Tahun Kedepan Pada Ruas Jalan Rijali Untuk Mendapatkan Solusi Manajemen Lalu Lintas Yang Optimal,” *Manumata J. Ilmu Tek.*, vol. 4, no. 1, pp. 38–46, 2018.
- [5] B. P. S. K. Malang, “Kota Malang dalam Angka 2016,” *BPS Provinsi Jawa Timur. Tersedia di www.jatim.bps.go.id, diakses pada*, vol. 1, 2017.
- [6] S. Malkhamah, “Survei, Lampu Lalulintas, dan Pengantar Manajemen Lalulintas (Edisi ketiga).” Biro Penerbit. KMTS FT UGM, 1996.
- [7] O. Z. Tamin, “Perencanaan dan Pemodelan Transportasi: Contoh soal dan aplikasi,” *Bandung ITB*, 2003.
- [8] C. H. Oglesby and R. G. Hicks, “Teknik Jalan Raya Jilid 1,” *Erlangga, Jakarta*, 1999.
- [9] A. Aashto, “Policy on geometric design of highways and streets,” *Am. Assoc. State Highw. Transp. Off. Washington, DC*, vol. 1, no. 990, p. 158, 2001.
- [10] A. Andriyanto, E. I. Imananto, and A. Ma’ruf, “EVALUASI KINERJA SIMPANG PADA PERSIMPANGAN BERSINYAL JL. ASEMBAGUS–JL. SERUNI KABUPATEN SITUBONDO,” *STUDENT J. GELAGAR*, vol. 2, no. 1, pp. 9–17, 2020.

---

Ahmad Khoiron<sup>1</sup>, Nurjanah<sup>2</sup>

**<sup>3</sup>ANALISIS SAMBUNGAN KONTRUKSI RANGKA ATAP BAJA BERAT IWF PADA BANGUNAN GUDANG MENGGUNAKAN PEMODELAN EKSPERIMENTAL DENGAN SPESIFIKASI SNI 03-1729-2002.**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 121-127

**ANALISIS SAMBUNGAN KONTRUKSI RANGKA ATAP BAJA BERAT IWF PADA BANGUNAN GUDANG MENGGUNAKAN PEMODELAN EKSPERIMENTAL DENGAN SPESIFIKASI SNI 03-1729-2002.**

Ahmad Khoiron<sup>1</sup>, Nurjanah<sup>2</sup>, Ahmad Yufron<sup>3</sup>

Universitas Islam Balitar Blitar, Jl. Raya Majapahit No.2-4

E-mail : ahmadkhoiron085@gmail.com

**Abstrak** : pembangunan suatu kontruksi dengan penggunaan materialbajamenjadi salah satu lebih diminati, serta dapat berkontribusi penting dalam perkembangan dan pertumbuhn ekonomi disemua Negara. Penelitian tentang sambungan konttruksi baja dengan pembuatan *prototype* sangat jarang dilakukan karena pembuatan ekperimental sendiri memiiki tingkat ketelitian perencanaan yang cukup, serta dapat memperoleh hasil yang maksimal serta efisien. Berdasarkan banyak kendala terutama dalam masalah sambungan baut dan las belum adanya penelitian pada ekperimental rangka atap. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian ekperimental berskala dengan menggunakan literature peneliti terdahulu yang umum digunakan untuk mencari tes uji kekuatan pada kontruksi rangka atap baja. Hasil dari penelitian ini adalah dari perhitungan diatas sambungan baut memiliki kuat tarik 6,048 kg/cm<sup>2</sup>, kuat geser 537,6 kg, dan kekuatan tumpu 120 kg. Dapat disimpulkan bahwa sambungan baut lebih kuat daripada sambungan las.

**Kata Kunci**: Sambungan baut, eksperimental berskala

## **PENDAHULUAN**

Saat ini pembangunan suatu kontruksi dengan penggunaan material baja menjadi salah satu lebih diminati, serta dapat berkontribusi penting dalam perkembangan dan pertumbuhn ekonomi disemua Negara ( Imran,2017 ). Suatu kontruksi baja memiliki sifat relatif stabil, kuat pemasangan yang cepat dan volume jauh lebih hemat jika dibandingkan dengan beton. Khususnya untuk struktur *gable frame* pada umumnya memakai baja profil I Wide Flange (IWF). Pemakaian kontruksi atap *gable frame* banyak digunakan seperti pembangunan gudang serta dapat digunakan untuk jembatan. (Salmon,1992).

Kontruksi atap baja *gable frame* tersusun oleh suatu elemen struktur utama terdiri dari kolom, balok, dan sambungan. Di setiap elemen mempunyai peran penting yang

Ahmad Khoiron<sup>1</sup>, Nurjanah<sup>2</sup>

**<sup>3</sup>ANALISIS SAMBUNGAN KONTRUKSI RANGKA ATAP BAJA BERAT  
IWF PADA BANGUNAN GUDANG MENGGUNAKAN PEMODELAN  
EKSPERIMENTAL DENGAN SPESIFIKASI SNI 03-1729-2002.**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 121-127

berbeda-beda terutama pada sambungan sebagai titik tumpu dari beban yang diterima pada batang atrik maupun batang tekan. Kontruksi baja memiliki kegagalan material diantaranya mengalami patah, retak dan geser yang disebabkan kesalahan manusia, rendahnya kemampuan tenaga kerja serta kurangnya pengetahuan (Sahlan, 2015). Dalam kegagalan material yang berupa geser merupakan akibat dari pembebanan pada sambungan. Untuk jenis sambungan pada konstruksi baja, yaitu : 1) sambungan baut dan 2) sambungan las. Diantara sambungan tersebut, yang sering digunakan ialah sambungan baut, dan sambungan las. Konsep utama dalam menyediakan respon daktilitas yang tinggi dan kinerja yang andal untuk memperkuat sambungan, dengan tujuan menghindari kerusakan struktur. (Edi, 2017)

Penelitian tentang sambungan kontruksi baja dengan pembuatan *prototype* sangat jarang dilakukan karena pembuatan ekperimental sendiri memiliki tingkat ketelitian perencanaan yang cukup, serta dapat memperoleh hasil yang maksimal serta efisien (C.E Sofias,2013), Sehingga pembuatan *prototype* ini dimaksudkan bisa mendapatkan hasil yang dapat mengatasi kegagalan pada kontruksi baja.

Setiap sambungan memiliki perbedaan antara satu dengan sambungan yang lainnya. Tentu saja masing-masing memiliki kendala dalam eksperimental maupun pengimplementasian di lapangan. Penelitian eksperimental dengan melakukan pembebanan statis maupun dinamis sudah sering dilakukan untuk mengetahui perilaku sebenarnya yang terjadi pada sambungan balok kolom baja, baik baut ataupun las. Permasalahan yang pada umumnya diangkat antara sambungan baut (khususnya baut mutu tinggi) ialah kekakuan, daktilitas, serta biaya konstruksi. Sambungan baut dan las akan dibuat perbandingan berdasarkan penelitian dari ekperimental berskala. (Budi, 2019).

Berdasarkan banyak kendala terutama dalam masalah sambungan baut dan las belum adanya penelitian pada ekperimental rangka atap. Oleh karena itu dilakukan



---

Ahmad Khoiron<sup>1</sup>, Nurjanah<sup>2</sup>

**<sup>3</sup>ANALISIS SAMBUNGAN KONTRUKSI RANGKA ATAP BAJA BERAT  
IWF PADA BANGUNAN GUDANG MENGGUNAKAN PEMODELAN  
EKSPERIMENTAL DENGAN SPESIFIKASI SNI 03-1729-2002.**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 121-127

penelitian dengan judul “Analisis Sambungan Kontruksi Rangka Atap Baja Berat *IWF* pada Bangunan Gudang Menggunakan Pemodelan Eksperimental Dengan Spesifikasi SNI 03-1729-2002”. Adapun rumusan masalahnya yaitu : 1.) Bagaimana perhitungan pembebanan pada sambungan baut dan las dari pembuatan ekperimental berskala tersebut? 2.) Bagaimana jenis kegagalan dalam pemasangan rangka atap baja berat pada sambungan baut?

## **METODE**

Metode dalam penelitian ini adalah peneitian ekperimental berskala dengan menggunakan literature peneliti terdahulu yang umum digunakan untuk mencari tes uji kekuatan pada kontruksi rangka atap baja. Berikut ini merupakan gambar prototype eksperimental berskala.



**Gambar 3.2 Ekperimental berskala  
Sumber: Dokumentasi peneliti**

Ahmad Khoiron<sup>1</sup>, Nurjanah<sup>2</sup>

**<sup>3</sup>ANALISIS SAMBUNGAN KONTRUKSI RANGKA ATAP BAJA BERAT  
IWF PADA BANGUNAN GUDANG MENGGUNAKAN PEMODELAN  
EKSPERIMENTAL DENGAN SPESIFIKASI SNI 03-1729-2002.**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 121-127

Populasi pada peneliti ini adalah keseluruhan struktur rangka atap baja berat yang berada pada ekperimental berskala. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil suatu item sambungan untuk diuji kuat tekan, tarik, dan geser.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Tabel 4.1 hasil tegangan yang timbul**

<b>Jenis tegangan</b>	<b>Baut</b>
Tegangan Tarik	0,27 kg/cm <sup>2</sup>
Tegangan Geser	178,57 kg/cm <sup>2</sup>
Tegangan Tumpu	41,66 kg/cm <sup>2</sup>

**Tabel 4.2 hasil tegangan yang diizinkan**

<b>Jenis Tegangan</b>	<b>Baut</b>
Tegangan tarik	0,27 < 11200
Tegangan Geser	178,57 < 960
Tegangan Tumpu	41,66 < 3200

**Tabel 4.3 hasil besar gaya dukung sambungan**

<b>Jenis gaya</b>	<b>Baut</b>
Gaya Tarik	6,04 kg/cm <sup>2</sup>
Gaya Gesek	537,6 kg/cm <sup>2</sup>
Kekuatan Tumpu	120 kg/cm <sup>2</sup>

Ahmad Khoiron<sup>1</sup>, Nurjanah<sup>2</sup>

**<sup>3</sup>ANALISIS SAMBUNGAN KONTRUKSI RANGKA ATAP BAJA BERAT  
IWF PADA BANGUNAN GUDANG MENGGUNAKAN PEMODELAN  
EKSPERIMENTAL DENGAN SPESIFIKASI SNI 03-1729-2002.**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 121-127

**Tebel 4.4 hasil perhitungan las**

Jenis Tegangan	Las
Tegangan Leher	21,21 kg/cm <sup>2</sup>
Tegangan Geser	33,6 kg
Gaya Melintang	1,56 kg

Pada perhitungan yang diuji akan mengetahui kekuatan masing – masing tegangan dengan prosedur  $\sigma < 1600 \text{ kg/cm}^2$ . Hasil ini didefinisikan sebagai acuan untuk menentukan kekuatan sudah dalam posisi beban maksimum. Tegangan geser  $\tau > 960 \text{ kg/cm}^2$  yang didapat sudah sesuai dengan pembebanan. Dibawah ini merupakan gambar eksperimental berskala



**Gambar 4.5 percobaan ke satu uji beban**



**Gambar 4.6 kondisi percobaan ke satu**

Ahmad Khoiron<sup>1</sup>, Nurjanah<sup>2</sup>

**<sup>3</sup>ANALISIS SAMBUNGAN KONTRUKSI RANGKA ATAP BAJA BERAT  
IWF PADA BANGUNAN GUDANG MENGGUNAKAN PEMODELAN  
EKSPERIMENTAL DENGAN SPESIFIKASI SNI 03-1729-2002.**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 121-127



**Gambar 4.7 percobaan ke dua**



**Gambar 4.8 akibat percobaan ke dua**

## **KESIMPULAN**

Sambungan baut dan sambungan las memiliki hasil kuat tekan dan geser yang berbeda. Sambungan baut memiliki hasil yang lebih besar daripada sambungan las. Hasil perbandingan kekuatan tarik dan geser tersebut akan lebih besar jika semakin banyak jumlah baut yang digunakan dalam sambungan dua buah pelat material baja. Serta pada sambungan las nilai kekuatan tarik dan geser akan bertambah besar dengan bertambahnya variasi sisi las yang diberikan terhadap sambungan dua buah pelat material baja.

## **DAFTAR RUJUKA**

- (1) Aziz, Firman. dkk. (2014). Taktis Berbahasa Indonesia di Perguruan Tinggi. Bandung: Asas UPI.
- (2) Badan Standarisasi Nasional.2013. Sambungan Terprakualifikasi Untuk Ragka Momen Khusus Dan Menengah Baja Pada Aplikasi Seismic, (SNI 03-7972-2013), BSN, Bandung
- (3) C.E. Sofias, 2013, Experimental And FEM Analysis Of Reduced Beam

Ahmad Khoiron<sup>1</sup>, Nurjanah<sup>2</sup>

**<sup>3</sup>ANALISIS SAMBUNGAN KONTRUKSI RANGKA ATAP BAJA BERAT  
IWF PADA BANGUNAN GUDANG MENGGUNAKAN PEMODELAN  
EKSPERIMENTAL DENGAN SPESIFIKASI SNI 03-1729-2002.**

Jurnal *Qua Teknika*, (2022), 12(1): 121-127

Section Moment Endplate Connections Under Cyclic Loading, Steel Structure Laboratory, Demokritus University of Thrace, Xanthi 67100, Greece

- (4) Departemen Pekerjaan Umum, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1729-2002, 2002: 129
- (5) Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Jakarta.
- (6) Elnaga, Amir & Imran, Amen (2013). The Effect of Training on Employee Performance. *European Journal of Business and Management* Vol. 5 No. 4, 2013: University of Peshawar, Pakistan
- (7) Khiyaarul Nabelah A, Nur Syahroni, dkk. 2018. “ Analisis Pengaruh Variasi Flow Rate Gas Pelindung pada Pengelasan FCAW-G terhadap Struktur Mikro dan Kekuatan Mekanik Sambungan Material Grade A”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- (8) Machmud Budi S, 2019 Analisis Sambungan Baut Kolom Rangka Baja Struktur Dengan Profil IWF Menggunakan Program Elemen Hingga, Universitas Jember



9 772088 242009