



Volume 4 Nomor 1 (Mei 2022) Page 01 - 60

**PERBANDINGAN PENGUKURAN TDT ORDE 4 MENGGUNAKAN GNSS METODE RTK NTRIP DAN RADIO** 01 - 12

Studi Kasus: TDT Orde 4 Desa Banyuraden, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

Gani Mahendra, Hidayat Panuntun

**PREDIKSI PERFORMANSI FLUIDA MAGNET-REOLOGI MENGGUNAKAN METODE PARTICLE SWARM OPTIMIZATION** 13 - 22

Irfan Bahiuddin, Ahmad Nur Faizin, Metsen M A Hakiki, Andhi Akhmad Ismail, Fitriani Imaduddin, Nadia Syifa Atikasari

**KAJIAN KUAT TEKAN DAN GESER INTERFACE PADA BETON SCC DENGAN PEMANFAATAN FLY ASH SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN** 23 - 34

Edi Kurniadi, Agus Kurniawan

**DETEKSI KADAR SATURASI OKSIGEN DARAH ( $SpO_2$ ) DAN DETAK JANTUNG SECARA NON-INVASIF DENGAN SENSOR CHIP MAX30100** 35 - 50

Kemalasari, Mochammad Rochmad

**KASUS SCALY FACE PADA KAKATUA PUTIH (*Cacatua alba*) DI TAMAN KONSERVASI MADIUN UMBUL SQUARE** 51 - 60

Henny Endah Anggraeni, Miftakhul Sulistian, Winantika Aprilia

## PERBANDINGAN PENGUKURAN TDT ORDE 4 MENGGUNAKAN GNSS METODE RTK NTRIP DAN RADIO

Studi Kasus: TDT Orde 4 Desa Banyuraden, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

Gani Mahendra<sup>1\*</sup>, Hidayat Panuntun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Geomatika, Departemen Teknologi Kebumihan, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

<sup>2</sup>Teknologi Survei dan Pemetaan Dasar, Departemen Teknologi Kebumihan, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

\*E-mail: [ganimahendra99@mail.ugm.ac.id](mailto:ganimahendra99@mail.ugm.ac.id)

### ABSTRAK

RTK (*Real Time Kinematic*) merupakan salah satu metode pengukuran dengan menggunakan GNSS (*Global Navigation Satellite System*) yang saat ini sering digunakan di Indonesia. Berdasarkan pengiriman koreksinya RTK dibagi menjadi dua yaitu RTK NTRIP dan Radio. RTK NTRIP memanfaatkan koneksi internet dalam pengiriman koreksinya. RTK Radio memanfaatkan gelombang radio dalam pengiriman koreksinya. Berdasarkan perbedaan tersebut RTK NTRIP dan Radio memiliki keunggulan dan kekurangan saat digunakan untuk pengukuran. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui metode terbaik yang dapat digunakan untuk pengukuran di lapangan. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengukuran pada TDT orde 4 di Desa Banyuraden Kecamatan Gamping Kabupaten Sleman Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Koordinat TDT orde 4 yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan metode RTK NTRIP dan Radio kemudian dibandingkan dan diuji apakah secara statistik perbedaan hasil antara kedua metode tersebut signifikan. Selain itu, standar deviasi hasil pengukuran dengan metode RTK NTRIP dan Radio digunakan untuk evaluasi pengukuran manakah yang memberikan presisi dan akurasi yang paling tinggi. Hasil standar deviasi menunjukkan bahwa metode RTK Radio memiliki tingkat presisi yang paling tinggi daripada metode RTK NTRIP. Selain melihat nilai standar deviasi, selisih antara buku tugu dan kedua metode menunjukkan bahwa hasil selisih RTK Radio yang mendekati nilai koordinat yang ada di buku tugu. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa RTK Radio baik digunakan pada daerah yang rapat seperti di Desa Banyuraden, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

**Kata kunci:** GNSS, RTK, NTRIP, Radio, TDT Orde 4

### ABSTRACT

*RTK (Real Time Kinematic) is a measurement using GNSS which is often used in Indonesia. Based on the sending of the corrections, the RTK is divided into two types namely NTRIP and Radio. RTK NTRIP use an internet connection for sending corrections. Meanwhile, RTK radio use radio waves for sending corrections. Based on these differences RTK NTRIP and Radio have advantages and disadvantages when used for measurement. The purpose of this study is to determine the best method that can be used for field measurements. This research was conducted by measuring the cadastral point base 4 in Banyuraden Village, Gamping Sub-district, Sleman Regency, Yogyakarta Special Region. Cadastral point base 4th coordinates obtained from the measurement results using the RTK NTRIP and Radio methods were then tested whether the statistical difference between the two methods was significant. In addition, the standard deviation of measurement results using the RTK NTRIP and Radio methods is used to evaluate which measurement provides the highest precision and accuracy. The standard results show that the RTK Radio method has the highest level of precision compared*

*with the RTK NTRIP method. In addition to seeing the standard deviation value, the difference between the monument book and the two methods shows that the difference between RTK Radio explores the coordinate values in the monument book. From these results it can be neglected that RTK Radio is better for measurement in dense settlement such as Banyuraden Village, Gamping Sub-district, Sleman Regency, Yogyakarta Special Region province.*

**Keywords:** GNSS, RTK, NTRIP, Radio, TDT Orde 4

## **PENDAHULUAN**

TDT (Titik Dasar Teknik) merupakan titik yang digunakan sebagai referensi dalam pengukuran batas bidang tanah (pasal 1 butir 13 PP No.24/1997). TDT merupakan titik yang memiliki koordinat hasil dari pengukuran dengan menggunakan alat dan sistem tertentu sesuai dengan kebutuhan. TDT memiliki beberapa tingkatan atau orde yaitu orde 00, 0, 1, 2, 3, dan 4. TDT orde 4 merupakan tingkatan orde terkecil dalam TDT. TDT orde merupakan TDT yang digunakan oleh BPN (Badan Pertanahan Nasional) sebagai titik referensi pengukuran bidang tanah, pengembalian batas bidang tanah, dan seluruh kegiatan pengukuran dan pemetaan kadastral (PMNA/KBPN No.3 Tahun 1997). TDT orde 4 tersebar di setiap desa/kelurahan yang ada di Indonesia. Interval jarak TDT orde 4 pada setiap desa adalah 100-200 m (Badan Standardisasi Nasional, 2002). Permasalahan yang ada saat ini terkait dengan TDT orde 4 adalah terdapat beberapa TDT orde 4 yang hilang, rusak, bergeser dari tempat yang semestinya, persebaran TDT orde 4 yang tidak merata, dan inventarisasi TDT orde yang kurang baik. Permasalahan tersebut membuat TDT orde 4 jarang digunakan akibatnya setiap pengukuran kadastral memiliki referensi yang berbeda-beda.

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) merupakan sebuah sistem yang menggunakan teknologi satelit dan terdiri lebih dari satu satelit yang digunakan untuk mendukung kegiatan penentuan posisi 3 dimensi, navigasi, dan waktu yang tersedia selama 24 jam di mana pun pengguna berada di seluruh permukaan bumi (Hofmann-Wellenhof, Linchtenegger, & Wasle, 2008). Salah satu penentuan posisi dengan menggunakan GNSS adalah RTK. RTK (*Real Time Kinematic*) merupakan penentuan metode posisi dengan menggunakan *carrier phase* dan untuk merealisasikan tuntutan *real-time*, *carrier phase* dan *pseudorange* harus selalu dikirimkan oleh stasiun referensi ke pemakai secara *real-time* menggunakan komunikasi data (Abidin, 2000). Berdasarkan pengiriman koreksi datanya, RTK dibagi menjadi dua yaitu, RTK NTRIP dan Radio. RTK NTRIP merupakan teknik pengiriman koreksi data untuk penentuan posisi secara akurat dan teliti dengan mengirimkan koreksi melalui koneksi internet (Lenz, 2005). RTK Radio merupakan teknik pengiriman koreksi data hasil pengukuran yang digunakan untuk penentuan posisi secara akurat dan teliti dengan mengirimkan koreksi melalui gelombang radio (El-Rabbany, 2002).

Salah satu pemanfaatan GNSS menggunakan metode RTK adalah untuk pengukuran TDT orde 4. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. mengetahui metode yang paling baik saat pengukuran TDT orde 4,
2. mengetahui ada tidaknya selisih yang signifikan antara koordinat TDT orde 4 hasil pengukuran dengan metode RTK NTRIP maupun Radio,
3. mengetahui ada tidaknya perbedaan yang signifikan antara hasil pengukuran menggunakan metode RTK NTRIP dan Radio apabila dibandingkan dengan buku tugu.

Harapannya setelah penelitian ini dilaksanakan adalah instansi terkait dapat memperbaiki TDT orde 4 yang rusak, hilang, dan sudah tidak layak menjadi TDT orde 4, memberikan informasi kepada masyarakat akan pentingnya TDT orde 4 untuk pengukuran bidang tanah, memberikan informasi kepada pengguna GNSS metode RTK tentang metode pengiriman koreksi mana yang lebih baik.

## **METODE PENELITIAN**

### **Alat dan Bahan**

Pada penelitian ini terdapat beberapa alat dan bahan yang digunakan yaitu satu set GNSS *South G1*, statif, *bipod*, kamera, *smartphone* dengan koneksi internet, GPS navigasi. GNSS digunakan untuk pengukuran TDT orde 4 dengan metode RTK NTRIP dan Radio. Pengukuran TDT orde 4 dengan metode RTK NTRIP menggunakan satu alat *receiver* GNSS *South G1* dan dengan bantuan koneksi internet. Pengukuran TDT orde 4 dengan metode RTK Radio menggunakan dua buah satu sebagai *receiver* dan satunya sebagai *rover*. Kamera digunakan untuk dokumentasi kondisi sekitar tugu TDT orde 4. GPS navigasi digunakan untuk membantu mencari letak dari TDT orde 4. Sedangkan bahan yang digunakan adalah kertas HVS yang digunakan untuk sketsa lokasi TDT orde 4.

### **Data yang digunakan**

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data buku tugu TDT orde 4 di desa Banyuraden kecamatan Gamping kabupaten Sleman saat pertama kali pengukuran atau pemasangan TDT orde 4 di desa tersebut. Koordinat pada buku tugu di akuisisi dengan menggunakan alat *theodolite*.

Akuisisi data menggunakan GNSS metode RTK NTRIP dan Radio mengacu pada SNI JKHN. Spesifikasi pengukuran untuk TDT orde 4 menggunakan alat GNSS dengan lama pengamatan minimum setiap sesi pengukuran adalah 0,25 jam dan interval pengamatan selama 15 detik sehingga data hasil pengamatan yang dihasilkan adalah 60 data. Akan tetapi, metode pengukuran yang digunakan pada spesifikasi tersebut adalah metode statik. Metode RTK dengan lama pengamatan yang dilakukan adalah selama 5 menit dengan interval satu detik pada solusi pengukuran *fix* sehingga jumlah data yang diperoleh sebanyak 300 data. Pada solusi pengukuran selain *fix* akuisisi data

dilakukan selama 10 menit dengan interval satu detik sehingga jumlah data yang dihasilkan adalah 600 data.

Tugu TDT orde 4 dicari terlebih dahulu dengan menggunakan bantuan GPS navigasi dan aplikasi *Google Maps*. Koordinat dari buku tugu dimasukkan ke GPS navigasi lalu mencari TDT orde 4 tersebut. TDT orde 4 yang sudah ditemukan lalu didokumentasikan dengan mengambil gambar arah pandang U-T-S-B dan sketsa lokasi.

### **Metode Pelaksanaan**

Pelaksanaan penelitian diawali dengan persiapan alat dan bahan, selanjutnya dilakukan akuisisi data lapangan dengan menggunakan GNSS metode RTK NTRIP dan Radio. Selanjutnya setelah akuisisi data lapangan, tahapan selanjutnya yaitu : rekap data hasil pengukuran, perhitungan rata-rata hasil pengukuran, perhitungan nilai standar deviasi, perhitungan selisih pengukuran dengan kedua metode, uji statistik dengan uji-T untuk mengetahui adanya perbedaan yang signifikan antar kedua metode pengukuran, perhitungan selisih koordinat hasil pengukuran dengan buku tugu, uji statistik dengan interval konfidensial untuk mengetahui adanya perbedaan yang signifikan antara buku tugu dengan hasil pengukuran, pembuatan buku tugu yang baru sesuai dengan kondisi yang saat ini, dan pembuatan peta sebaran TDT orde 4 yang baru.

Perhitungan rata-rata hasil pengukuran dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata hasil pengukuran yang sudah dirapikan di perangkat lunak Ms. Excel menggunakan rumus:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (1)$$

Keterangan :

$\bar{X}$  = Rata-rata sampel

X = Hasil pengukuran

n = Jumlah sampel

Selanjutnya menghitung nilai standar deviasi/simpangan baku hasil pengukuran. Rumus yang digunakan untuk perhitungan nilai standar deviasi adalah :

$$S = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X}-X_0)^2}{n-1}} \quad (2)$$

Keterangan :

S = Simpangan baku/Standar deviasi

$\bar{X}$  = Rata-rata sampel hasil pengukuran

$X_0$  = Sampel pengukuran

Selanjutnya menghitung nilai koordinat selisih antara metode pengukuran RTK NTRIP dan Radio menggunakan rumus :

$$\Delta X = X_N - X_R \quad (3)$$

Keterangan :

$\Delta X$  = Selisih koordinat

$X_N$  = Koordinat RTK-NTRIP

$X_R$  = Koordinat RTK Radio

Nilai selisih dan standar deviasi digunakan untuk perhitungan  $T_{hit}$ . Nilai tersebut digunakan untuk menentukan tingkat signifikansi selisih koordinat antara metode RTK NTRIP dan Radio. Rumus yang digunakan untuk menentukan nilai  $T_{hit}$  adalah (Panuntun & Widjajanti, 2013) :

$$T_{hit} = \frac{X_N - X_R}{\sqrt{S_{XN}^2 + S_{XR}^2}} \quad (4)$$

Keterangan :

$T_{hit}$  = Distribusi T

$X_N$  = Rata-rata hasil ukuran dengan RTK NTRIP

$X_R$  = Rata-rata hasil ukuran dengan RTK Radio

$S_{XN}$  = Simpangan baku hasil ukuran dengan RTK NTRIP

$S_{XR}$  = Simpangan baku hasil ukuran dengan RTK Radio

Fungsi perhitungan distribusi T adalah untuk mengetahui tingkat signifikansi selisih koordinat kedua metode pengukuran dengan tingkat kepercayaan 95 % dengan melihat tabel T lalu dibandingkan dengan  $T_{hit}$ . Terdapat dua asumsi yaitu:

- $T_{hit} < T_{tabel}$  = Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara koordinat hasil pengukuran dengan menggunakan metode RTK NTRIP dan RTK Radio.
- $T_{hit} > T_{tabel}$  = Terdapat perbedaan yang signifikan antara koordinat hasil pengukuran dengan menggunakan metode RTK NTRIP dan RTK Radio.

Uji statistik selanjutnya adalah uji untuk mengetahui tingkat signifikansi selisih koordinat antara hasil pengukuran menggunakan kedua metode dengan pengukuran di buku tugu. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus (Panuntun, Miyazaki, Fukuda, & Orihara, 2018) :

$$\bar{x} - t_{\frac{\alpha}{2},(n-1)} \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + t_{\frac{\alpha}{2},(n-1)} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Terdapat 2 asumsi :

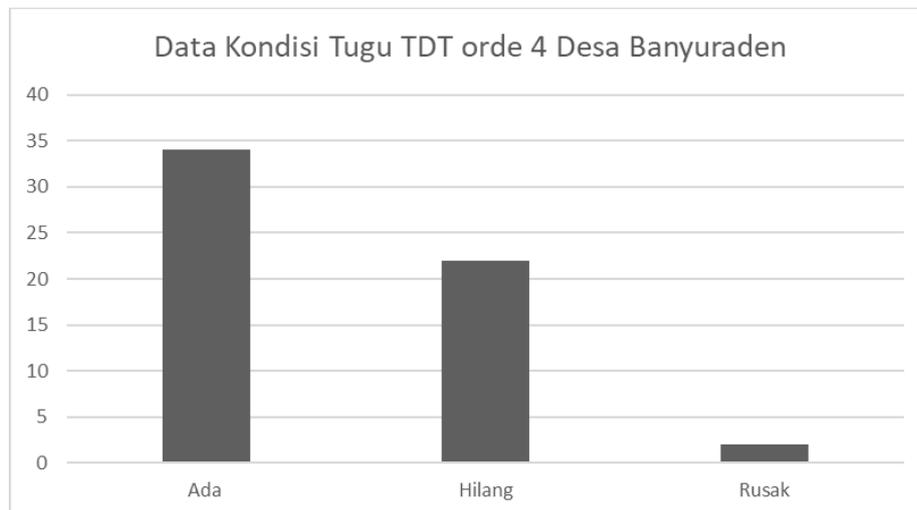
- $H_0$  = Tidak terdapat perbedaan signifikan antara koordinat hasil pengukuran dengan koordinat dari buku tugu.
- $H_1$  = Terdapat perbedaan signifikan antara koordinat hasil pengukuran dengan koordinat dari buku tugu.

Pengujian uji-t ini menggunakan tingkat kepercayaan 95%. Untuk dapat menguji tingkat signifikan perbedaan diperlukan tabel T dan besar derajat kebebasan untuk uji sampel-t adalah  $n-1$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Survei Lapangan

Dari hasil survei lapangan ditemukan sebanyak 36 tugu TDT orde 4 dari total 60 TDT orde 4 yang ada di buku tugu dengan rincian 34 titik dengan kondisi yang baik dan dapat dikenali dan 2 titik yang sudah rusak. Hasil survei lapangan digambar dengan grafik berikut.



**Gambar 1. Diagram batang jumlah kondisi tugu TDT orde 4**

Dari gambar 1 dapat dijelaskan bahwa TDT orde 4 di Desa Banyuraden Kecamatan Gamping Kabupaten Sleman dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

- a) Kategori tugu TDT orde 4 yang masih ada di lapangan.

Tugu TDT orde 4 yang masih ada di lapangan sebanyak 34 tugu. Persentase jumlah tugu TDT orde 4 yang masih ada di lapangan adalah 57,63 %. Tugu TDT orde 4 yang masih ada di lapangan di antaranya : 1, 2, 20, 22, 23, 26, 27, 151, 154, 158, 159, 163, 172, 173, 182, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 195, 196, 197, 198, 201, 202, 210, 213, 214, 215, dan 216.

- b) Kategori tugu TDT orde 4 yang sudah hilang.

Tugu TDT orde 4 yang sudah hilang sebanyak 22 tugu. Persentase jumlah tugu TDT orde 4 yang sudah hilang adalah 38,98 %. Tugu TDT orde 4 yang sudah hilang disebabkan oleh faktor alam dan faktor manusia.

Faktor alam adalah faktor hilangnya tugu TDT orde 4 yang disebabkan oleh alam tanpa campur tangan manusia. Contoh faktor alam hilangnya tugu TDT orde 4 adalah karena tertimbun pasir akibat sehari sebelumnya terjadi hujan yang deras.

Faktor manusia adalah faktor hilangnya tugu TDT orde 4 karena perbuatan manusia. Contoh faktor manusia di antaranya adalah akibat pembangunan sehingga tugu TDT orde 4 tertimbun semen cor, tugu TDT orde 4 dicabut dan tidak dipasang kembali atau tidak diinventarisasi kembali, alih fungsi lahan. Tugu TDT orde 4 yang sudah tidak ada di antaranya : 152, 153, 155, 157, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 174, 175, 183, 184, 199, 200, 211, dan 212.

c) Kategori tugu TDT orde 4 yang masih ada tetapi sudah rusak.

Tugu TDT orde 4 yang masih ada tetapi sudah rusak ada sebanyak dua titik. Persentase jumlah tugu TDT orde 4 tersebut adalah 3,39 %. Tugu TDT orde 4 yang masih ada tetapi sudah rusak adalah titik 171 dan 203.

TDT orde 4 nomor titik 203 dianggap rusak karena pelat tembaga pada tugu TDT orde 4 tersebut sudah hilang dan 171 tugu TDT orde 4 tersebut sudah rusak.

### Hasil Pengukuran TDT orde 4

Pada subbab ini akan dibahas mengenai hasil pengukuran menggunakan GNSS metode RTK NTRIP dan Radio. Tabel 1 berikut menyajikan data koordinat hasil pengukuran menggunakan metode RTK NTRIP dan Radio.

**Tabel 1. Koordinat hasil pengukuran**

TDT	Metode					
	RTK NTRIP			RTK Radio		
	North (m)	East (m)	Height (m)	North (m)	East (m)	Height (m)
1	639287,044	292938,915	140,024	639287,101	292939,755	141,269
2	639386,916	292930,100	141,067	639386,853	292930,055	140,979
20	639180,356	293021,920	139,969	639180,645	293023,626	139,545
22	639237,268	293243,191	139,373	639238,558	293242,353	137,840
23	639389,103	293258,575	141,437	639389,715	293257,858	144,841
26	639010,719	293161,026	139,335	639010,808	293161,052	137,701
27	638908,514	293138,795	135,201	638909,276	293138,935	138,046

<i>TDT</i>	<i>Metode</i>					
	<i>RTK NTRIP</i>			<i>RTK Radio</i>		
	<i>North (m)</i>	<i>East (m)</i>	<i>Height (m)</i>	<i>North (m)</i>	<i>East (m)</i>	<i>Height (m)</i>
151	639371,497	292003,797	139,965	639372,496	292003,568	139,851
154	639262,312	291873,101	139,095	639259,375	291873,292	144,328
158	639356,612	292186,444	140,708	639354,312	292185,411	147,877
159	639251,025	292158,494	139,613	639252,342	292157,373	137,657
163	639131,532	292317,829	142,745	639132,772	292317,464	139,859
171	639008,312	291998,633	137,220	639008,323	291997,755	139,440
172	638781,858	291945,319	135,879	638781,890	291945,327	135,485
173	638805,993	291833,122	135,203	638806,100	291833,612	138,022
182	638643,994	292371,697	133,322	638643,982	292371,734	133,296
185	638478,913	292503,764	131,356	638478,941	292503,748	131,088
186	638514,424	292527,804	131,579	638515,042	292527,446	137,387
187	638582,480	292538,278	131,646	638581,014	292538,089	132,849
188	638588,061	292460,944	132,074	638587,479	292463,454	130,879
189	638642,452	292475,326	132,277	638641,976	292475,505	135,553
190	638669,629	291942,943	135,119	638669,486	291942,306	137,229
191	638572,787	292762,962	132,253	638572,818	292762,967	132,299
192	638512,630	292746,737	131,655	638512,659	292746,722	131,797
195	638603,619	292173,790	133,099	638603,654	292173,812	133,428
196	638596,997	292132,585	131,547	638597,684	292130,840	128,577
197	638594,463	292047,354	133,195	638594,322	292046,736	134,806
198	638500,314	292044,366	132,669	638499,362	292043,297	132,430
201	638137,967	292101,263	128,873	638137,972	292101,627	128,573
202	638008,895	292084,642	128,042	638008,821	292084,607	129,552
203	637991,225	292172,394	128,663	637990,900	292172,912	129,701
210	638158,744	291653,454	129,887	638158,778	291653,436	129,687
213	637568,486	291315,220	119,394	637568,438	291315,297	119,129
214	637608,201	291338,987	120,620	637606,925	291337,691	122,344
215	637663,513	291352,333	124,419	637663,509	291352,364	124,165
216	637652,355	291383,821	124,877	637652,370	291383,816	124,057

### Hasil Standar Deviasi

Pada subbab ini menjelaskan tentang hasil perhitungan standar deviasi koordinat hasil pengukuran TDT orde 4 menggunakan metode RTK NTRIP dan Radio. Rumus yang digunakan untuk perhitungan standar deviasi adalah rumus 5. Tabel 2 berikut menyajikan rata-rata standar deviasi hasil pengukuran koordinat TDT orde 4.

**Tabel 2. Hasil standar deviasi**

<i>Metode</i>	<i>Koordinat</i>	
	<i>Y (m)</i>	<i>X (m)</i>
NTRIP	0,174	0,182
Radio	0,066	0,054

Nilai standar deviasi menunjukkan tingkat presisi data hasil pengukuran TDT orde 4. Tingkat presisi sangat berpengaruh terhadap kualitas data hasil pengukuran. Semakin besar nilai standar deviasi maka tingkat presisi rendah. Semakin rendah nilai standar deviasi maka tingkat presisi tinggi. Presisi adalah seberapa dekat data hasil pengukuran satu sama lain (ISO, 1994). Berdasarkan nilai standar deviasi dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa metode RTK Radio memiliki standar deviasi yang lebih rendah daripada RTK NTRIP. Hal tersebut menunjukkan bahwa RTK Radio memiliki tingkat presisi yang lebih tinggi daripada RTK NTRIP.

### **Hasil Uji Signifikansi Selisih Koordinat antar Metode Pengukuran**

Pada subbab ini akan dibahas mengenai hasil uji signifikansi selisih koordinat pengukuran menggunakan metode RTK NTRIP dan Radio. Tingkat signifikansi ditentukan dengan menghitung  $T_{hit}$  menggunakan rumus 5. Nilai tersebut dibandingkan dengan nilai  $T_{tabel}$ . Nilai  $T_{tabel}$  diperoleh dengan melihat tabel T dengan tingkat kepercayaan 95 % dengan derajat kebebasan 299. Nilai  $T_{tabel}$  yang diperoleh dengan tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan 299 adalah 1,96. Tabel 3 berikut menyajikan jumlah koordinat yang signifikan dan tidak signifikan.

**Tabel 3. Jumlah tingkat signifikansi**

<i>Keterangan</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
Signifikan	25	24
Tidak Signifikan	11	12

Dari tabel 3 dapat diketahui bahwa banyak titik yang memiliki selisih koordinat hasil pengukuran dengan kedua metode pengukuran yang signifikan. Perbedaan yang signifikan dapat terjadi karena pengiriman koreksi data yang berbeda. RTK NTRIP dalam pengiriman koreksi data menggunakan koneksi internet. RTK Radio dalam pengiriman koreksinya menggunakan bantuan gelombang radio. Referensi yang digunakan untuk penentuan posisi juga berbeda. RTK NTRIP menggunakan stasiun CORS sebagai referensi. RTK Radio menggunakan titik sembarang yang sebelumnya ditentukan dengan GPS navigasi.

### **Hasil Uji Signifikansi Selisih Koordinat Metode Pengukuran dengan Buku Tugu**

Pada subbab ini akan dibahas mengenai selisih dan tingkat signifikansi hasil pengukuran kedua metode dengan buku tugu. Uji signifikansi menggunakan interval konfidensial dengan menggunakan rumus 6. Tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95% dan derajat kebebasan 299. Nilai  $T_{tabel}$  diperoleh adalah 1,96. Hasil uji

signifikansi menunjukkan bahwa semua koordinat hasil pengukuran kedua metode memiliki perbedaan yang signifikan. Hal tersebut bisa terjadi karena pengukuran TDT orde 4 pertama kali masih menggunakan alat ukur terestrial yang masih sederhana. Pengukuran TDT orde 4 pada penelitian ini sudah menggunakan alat berbasis satelit dan memiliki ketelitian yang tinggi.

### **KESIMPULAN**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah pengukuran TDT orde 4 menggunakan RTK Radio lebih baik dibandingkan dengan RTK NTRIP. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai standar deviasi RTK Radio yang lebih kecil daripada RTK NTRIP.

Kesimpulan yang kedua adalah terdapat perbedaan yang signifikan antara pengukuran TDT orde 4 menggunakan metode RTK NTRIP dan Radio. Hal tersebut bisa terjadi karena pengiriman koreksi yang berbeda serta stasiun referensi yang digunakan juga berbeda.

Kesimpulan yang ketiga adalah terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pengukuran dengan kedua metode dengan buku tugu. Hal tersebut bisa terjadi karena pengukuran pertama kali masih menggunakan alat ukur sederhana sedangkan penelitian ini menggunakan alat ukur berbasis satelit yang memiliki ketelitian yang tinggi.

### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kepala Seksi Infrastruktur Pertanahan, Kepala Sub Seksi Pengukuran dan Pemetaan BPN Kulon Progo yang telah memberikan izin untuk menggunakan satu set alat GNSS *South G1* untuk pengukuran, Amru Estu Cahyono, ST., Agus Murdiyanto, SH. yang telah membantu peneliti untuk pengoperasian alat GNSS *South G1*, Malik Adhijaya Mahardika, Bagas Octavianto, Dimas Aullia Rochman, Faiz Luthfi Irwani, Hanif Arfian, Hikmah Nur Panggalih, Malik Fattah Kadarusman, Rizky Arfiyanto, Wahyu, Vonny Winda Artanti yang telah membantu penulis dalam pengumpulan data. Ni Putu Praja Chintya, ST., M.Eng. selaku dosen D3 Teknik Geomatika yang telah membantu peneliti dalam penyusunan tugas akhir dan penelitian ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Abidin, H. Z., 2000, *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*, Cetakan ke-2, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (SNI 19-674:2002), 2002, SNI Jaring Kontrol Nasional, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- El-Rabbany, A., 2002, *Introduction to GPS The Global Positioning System.*: Artech House, London.

- Hofmann-Wellenhof, B., Linchtenegger, H., & Wasle, E., 2008, *GNSS-Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo, and more*, Springer Wien, New York.
- International Organization for Standardization (ISO 5725-1:1994), 1994, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results-Part 1: General principles and definitions*, International Organization for Standardization, Geneva.
- Lenz, E., 2005, "Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) - Application and Benefit in Modern Surveying System", *FIG Working Week*, hal 22-27.
- Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah.
- Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah.
- Pauntun, H., Miyazaki, S., Fukuda, Y., & Orihara, Y. (2018). Probing the Poisson's Ratio of Poroelastic Rebound Following the 2011 Mw 9.0 Tohoku Earthquake. *Geophysical Journal International*, 2206-2221.
- Panuntun, H., & Widjajanti, N. (2013). Penentuan Kecepatan Pergerakan Titik Kontrol Geodesi di Pulau Jawa. *Seminar Nasional Teknologi Terapan* (hal. 508-516). Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## PREDIKSI PERFORMANSI FLUIDA MAGNET-REOLOGI MENGGUNAKAN METODE *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION*

Irfan Bahiuddin<sup>1\*</sup>, Ahmad Nur Faizin<sup>1</sup>, Metsen M A Hakiki<sup>1</sup>, Andhi Akhmad Ismail<sup>1</sup>, Fitriani Imaduddin<sup>2</sup>, Nadia Syifa Atikasari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

<sup>2</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A, Ketingan, Surakarta 57126, Jawa Tengah, INDONESIA

\*E-mail: [irfan.bahiuddin@ugm.ac.id](mailto:irfan.bahiuddin@ugm.ac.id)

### ABSTRAK

Fluida magnet-reologi (MR) adalah suatu material cerdas yang bisa dikontrol kekerasannya direpresentasikan oleh tegangan luluh dan viskositas yang bisa diubah. Kedua parameter tersebut diperoleh dengan membandingkan data eksperimen dengan persamaan Bingham plastik. Pemilihan data eksperimen yang tepat adalah kunci keakuratan prediksi tegangan luluh dan viskositas. Pemilihan data eksperimen umumnya dilakukan dengan metode coba-coba. Parameter yang diprediksi bisa mempunyai nilai yang berbeda meskipun materialnya sama. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang bisa memprediksi secara sistematis kedua parameter tersebut secara optimum. Penelitian ini mengusulkan suatu metode untuk memilih data secara otomatis dan menghasilkan prediksi. Metode yang digunakan adalah *particle swarm optimization* (PSO). Fungsi objektif untuk proses optimasi dikembangkan berdasarkan model *biplastic Bingham*. Set parameter yang diprediksi ada dua grup, yaitu grup untuk aplikasi kecepatan rendah dan tinggi. Setelah dievaluasi, parameter yang diprediksi menunjukkan kesesuaian yang baik ketika dibandingkan dengan eksperimen. Kemudian, parameter diterapkan di suatu katup 'berliku-liku' yang menerapkan fluida MR untuk menghitung performansi. Performansi sebagai fungsi tegangan luluh dan viskositas juga telah berhasil disimulasikan dengan baik.

**Kata kunci:** tegangan luluh, viskositas, fluida magnet-reologi, *particle swarm optimization*

### ABSTRACT

*Magnetorheological (MR) fluid is a smart material with controllable stiffness represented by changeable yield stress and variable viscosity. These two parameters were obtained by comparing the experimental data with the plastic Bingham equation. Selection of appropriate experimental data is the key to accurate prediction of yield stress and viscosity. The selection of experimental data is generally done by trial and error method. The predicted parameters can have different values even though the material is the same. Therefore, we need a method that can systematically predict these two parameters optimally. This study proposes a method to automatically select data and generate predictions. The employed method is particle swarm optimization (PSO). The objective function for the optimization process was developed based on the Bingham biplastic model. There are two groups of predicted parameter sets, namely groups for low and high shear rate applications. After being evaluated, the predicted parameters show a good fit when compared to the experiment. Then, the parameters are applied in a meandering valve which applies the MR fluid to calculate the performance. Performance as a function of yield stress and viscosity has also been successfully simulated.*

**Keywords:** yield stress, viscosity, magnetorheological fluid, particle swarm optimization

## PENDAHULUAN

Fluida magnet-reologi (MR) adalah salah satu tipe material cerdas yang kekentalannya bisa dipengaruhi oleh medan magnet dari luar material. Penyebab dari fenomena tersebut adalah semakin kuatnya ikatan antara partikel-partikel magnetik yang terkandung di dalam fluida sebagai akibat adanya medan magnet. Tegangan luluh (*yield stress*) dan viskositas adalah representasi dari kekuatan ikatan tersebut (Ashtiani, Hashemabadi, & Ghaffari, 2015). Tegangan luluh pada aliran fluida MR dapat dianalogikan sebagai nilai gaya minimum untuk memutuskan ikatan partikel supaya fluida bisa mengalir (Sayyaadi & Zareh, 2017). Nilai tegangan luluh dapat diperoleh dari grafik yang menggambarkan hubungan antara tegangan geser dan laju geser atau disebut juga kurva aliran (*flow curve*) yang diperoleh dari uji reologi secara rotasi (Chen, Bai, & Qian, 2016). Proses penentuan tegangan luluh melibatkan persamaan reologi yang dihitung beberapa parameternya berdasarkan data kurva aliran.

Persamaan plastik *Bingham* adalah model yang paling populer karena kalkulasi yang sederhana dan kemudahan penggunaannya (Ghaffari, Hashemabadi, & Ashtiani, 2015). Akan tetapi, persamaan ini memiliki beberapa kekurangan, diantaranya adalah hasil interpretasi tegangan luluh dan viskositas yang tidak bisa mewakili seluruh rentang tegangan geser (*shear rate*). Karena keterbatasan tersebut, penentuan data mana yang akan digunakan untuk mendapatkan nilai viskositas dan tegangan luluh menjadi penting. Secara umum, ada dua metode untuk menentukan tegangan luluh dari sudut pandang pemilihan data, yaitu dengan memilih sejumlah data pada nilai laju geser mendekati nol (Mohamad, Mazlan, Ubaidillah, Choi, & Nordin, 2016) atau dengan menentukan kisaran laju geser tertentu setelah mengamati kurva aliran (Sherman, Powell, Becnel, & Wereley, 2015; Shilan et al., 2016). Secara umum, metode yang digunakan adalah coba-coba sehingga algoritma otomatis dengan pertimbangan optimum perlu dilakukan. Meskipun beberapa studi telah mencoba aplikasi algoritma optimasi pada model reologi (Chaudhuri, Wereley, Radhakrishnan, & Choi, 2006; Chauhan, Verma, Das, & Ojha, 2018), prediksi dengan mempertimbangkan daerah laju geser dapat dianggap jarang.

Oleh karena itu, makalah ini bertujuan untuk mengembangkan platform optimasi untuk prediksi tegangan luluh pada daerah laju geser rendah dan tinggi menggunakan *particle swarm optimization* (PSO). Fungsi obyektif (*objective function*) dikembangkan berdasarkan *Biplastic Bingham* (Dimock, Yoo, & Wereley, 2002). Kemudian Algoritma PSO dan material yang digunakan dijelaskan. Terakhir, pembahasan dari sisi platform optimasi, parameter yang diperoleh, dan aplikasinya dalam katup MR yang berkelok-kelok dilakukan.

## METODE PENELITIAN

### Metode Optimasi

Algoritma PSO terinspirasi dari perilaku burung saat mencari makanan dengan saling berkoordinasi untuk menentukan lokasi makanan dan mengidentifikasi titik optimumnya. PSO konstriksi memiliki kinerja yang cukup baik dibandingkan dengan jenis PSO yang lain, terutama untuk prediksi parameter reologi (Bahiuddin et al., 2019). Persamaan umum dari algoritma tersebut dapat dijelaskan dalam persamaan (1) sampai (3). Persamaan (1) mendeskripsikan proses *update* kecepatan partikel  $\mathbf{V}_p$  dengan konstanta faktor bobot kognitif partikel  $c_p$  dan konstanta kognitif kelompok  $c_g$ . Dalam persamaan tersebut, parameter acak juga diterapkan untuk setiap partikel dan komponen grup yang masing-masing dilambangkan dengan  $r_p$  dan  $r_g$ . Pembaruan didasarkan pada posisi partikel terbaik  $\mathbf{P}(t)$ , posisi partikel saat ini  $\mathbf{X}_p(t)$ , posisi terbaik grup  $\mathbf{G}(t)$ . Faktor penyempitan  $\chi$  ditentukan menggunakan Persamaan (2), dimana  $k$  and  $\Phi$  ditentukan menggunakan persamaan (3). Menurut literatur (Bahiuddin et al., 2019; M. Clerc & Kennedy, 2002; Maurice Clerc, 1999), nilai 2.05 diterapkan dalam  $c_p$  and  $c_g$  untuk memenuhi kondisi persamaan (3).

$$\mathbf{V}_p(t+1) = \chi \left( \mathbf{V}_p(t) + c_p * r_p * (\mathbf{P}(t) - \mathbf{X}_p(t)) + c_g * r_g * (\mathbf{G}(t) - \mathbf{X}_p(t)) \right), \quad (1)$$

$$\chi = \frac{2 * k}{|2 - \phi - \sqrt{\phi^2 - 4 * \phi}|} \quad (2)$$

$$\phi = c_p + c_g, \phi > 4, k \in [0:1] \quad (3)$$

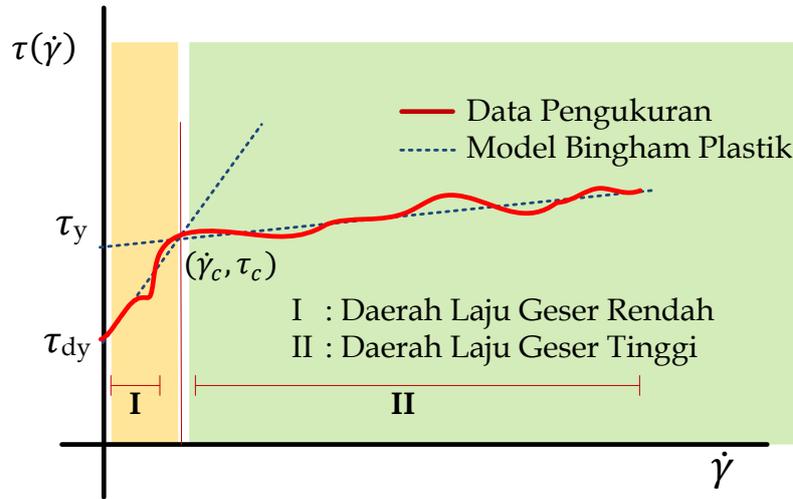
Persamaan obyektif dikembangkan berdasarkan model *Biplastic Bingham* (BB) karena kemudahan untuk memprediksi kedua variabel, seperti yang ditunjukkan pada persamaan (4) (Bahiuddin et al., 2019), dimana,  $\tau_{y1}$  dan  $\tau_{y2}$  adalah masing-masing tegangan luluh pada daerah laju geser rendah dan tinggi,  $\eta$  adalah viskositas plastik (*plastic viscosity*),  $\dot{\gamma}_c$  adalah pembatas antara daerah *shear rate* rendah dan tinggi.

$$\tau = \begin{cases} \tau_{y1} + \eta_1 \dot{\gamma} & \dot{\gamma} \leq \dot{\gamma}_c \\ \tau_{y2} + \eta_2 \dot{\gamma} & \dot{\gamma} > \dot{\gamma}_c \end{cases} \quad (4)$$

$$\eta_1 = \frac{\tau_{y2} + \eta_2 \dot{\gamma}_c - \tau_{y1}}{\dot{\gamma}_c} \quad (5)$$

Ilustrasi pembagian daerah laju geser dapat diamati di Gambar 1. Sebuah fungsi obyektif didefinisikan dengan cara mempertimbangkan *error* antara data pengukuran  $\tau_{ref,h}$  dan data  $\tau_{p,h}$  yang didapat dari model *Bingham* Plastik atau *Biplastik Bingham* jika terdiri dari dua daerah, seperti di persamaan (6) untuk *mean square error* (mse) pada daerah rendah dan persamaan (7) pada daerah tinggi.  $\dot{\gamma}_{ref,h}$  adalah laju geser berdasarkan data pengukuran. Formulasi *total root MSE* (RMSE) dijabarkan pada persamaan (8) dengan masing-masing rincian  $mse_I$  dan  $mse_{II}$  persamaan (6) dan (7)

(Bahiuddin et al., 2019).  $w_1$  dan  $w_2$  adalah pembobotan untuk mempertimbangkan seberapa penting akurasi masing-masing daerah.



**Gambar 1. High and low shear rate region illustration**

$$mse_I = \sum_{h=1}^{k_1} \frac{(\tau_{ref,h} - \tau_{p,h}(\dot{\gamma}_{ref,h}))^2}{k_1} \text{ for } \dot{\gamma}_{ref,h} \leq \dot{\gamma}_c \quad (6)$$

$$mse_{II} = \sum_{h=k_1+1}^K \frac{(\tau_{ref,h} - \tau_{p,h}(\dot{\gamma}_{ref,h}))^2}{(K - k_1)} \text{ for } \dot{\gamma}_{ref,h} > \dot{\gamma}_c \quad (7)$$

$$rmse_t = \sqrt{\frac{w_1 mse_I + w_2 mse_{II}}{w_1 + w_2}} \quad (8)$$

Algoritma PSO memiliki parameter seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Kalkulasi dilakukan sebanyak 20 kali untuk menjaga konsistensi, terutama karena adanya suatu algoritma pembuat angka acak dalam satu proses iterasi.

**Tabel 1. Parameter PSO**

Parameter	$w$	$c_p$	$c_g$	Nilai minimum	Nilai Maximum	Nilai Minimum	Nilai Maximum	Jumlah kawanan partikel
				$\eta_2$	$\eta_2$	$\dot{\gamma}_c$	$\dot{\gamma}_c$	
CPSO	0,7	2,05	2,05	0	1,2	10	1000	200

### Data yang digunakan

Material yang diterapkan didasarkan pada uji eksperimen *steady-state* MRF 132 DsG dari *Lord Corporation* dengan sifat seperti yang disediakan dalam Tabel 2 (Bahiuddin et al., 2019). Data tersebut merupakan hasil percobaan *steady state* menggunakan *rheometer* mode rotasi yang diproduksi oleh Anton Paar, Physical, MCR 302, GmbH,

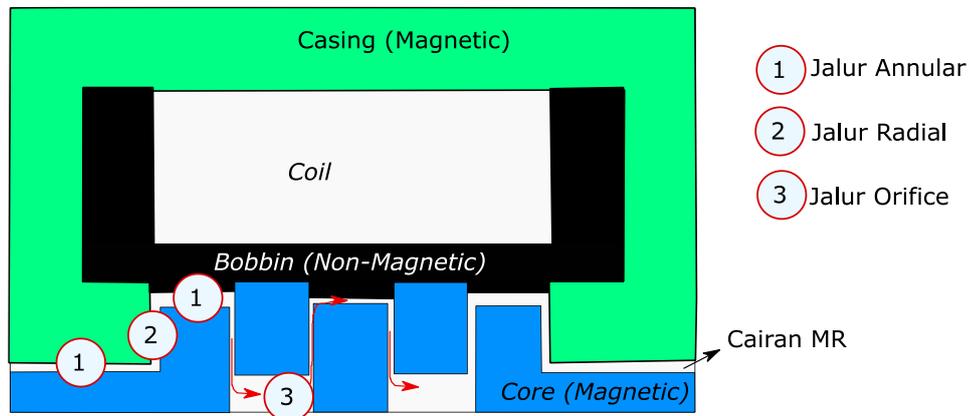
Austria. Data tersebut berisi kurva aliran pada berbagai medan magnet, yaitu 0, 100, 200, 300, 400, dan 500 mT dan laju geser antara 0,01 dan 2000 s<sup>-1</sup>.

**Tabel 2. Sifat-sifat of MRF 132DG**

<i>Variable</i>	<i>Value</i>
<i>Solid weight percentage</i>	80,98 wt%
<i>Density</i>	2,95–3,15 g/cm <sup>3</sup>
<i>Operating temperature</i>	-40 to +130 °C
<i>Viscosity</i>	0,112 ± 0,02 Pa s at 40 °C

### Pemodelan Katup MR

Katup MR yang berkelok-kelok bertujuan untuk mengoptimalkan area efektif sehingga menghasilkan penurunan tekanan tinggi, sehingga gaya redam juga tinggi (Utami et al., 2018). Perangkat ini terdiri dari tiga jenis jalur, yaitu jalur *annular*, *radial*, dan *orifice* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Dengan menggunakan *software* FEMM (*finite element method magnetic*), medan magnet (B) didapatkan berdasarkan nilai arus listrik yang berbeda seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Untuk jalur *annular* bagian dalam dan zona *orifice*, medan magnet tidak dicantumkan karena nilainya dapat diabaikan atau besarnya hampir sama dengan nol (Imaduddin et al., 2014). Model perhitungan penurunan tekanan untuk masing-masing tipe jalur tercantum pada persamaan (9) sampai (11). Q adalah debit sebesar 37, 55, 73 ml/s. I adalah arus listrik sebesar 0, 0,2, 0,4, 0,6 A. d adalah *gap* sebesar 0,5 mm.  $d_{ai}$  adalah *gap* pada *annular* luar sebesar 1 mm.  $L_{ai}$  adalah panjang *annular* luar sebesar (6-2d) mm.  $L_{ao}$  adalah panjang *annular* luar sebesar 10 mm.  $L_o$  adalah panjang *orifice* sebesar 5 mm.  $R_1$  adalah jari-jari jalur *annular* dalam sebesar 6,5 mm.  $R_{0outer}$  adalah jari jari *annular* luar sebesar 3 mm.  $R_{0inner}$  adalah jari jari *annular* dalam sebesar 2,5 mm.



**Gambar 2. Ilustrasi katup MR dengan tipe meandering**

**Tabel 3. Nilai medan pada setiap jenis jalur**

Arus Listrik yang diberikan (A)		0	0,2	0,4	0,6
		Ampere	Ampere	Ampere	Ampere
Medan Magnet (Tesla)	Annular luar	0	0,11	0,17	0,19
	Radial Luar	0	0,13	0,25	0,38
	Radial dalam	0	0,25	0,43	0,57

$$\Delta P_{total} = 2\Delta P_{outer_{annular}} + 4\Delta P_{inner_{radial}} + 2\Delta P_{orifice} + 3\Delta P_{inner_{annular}} + 2\Delta P_{outer_{radial}} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{total} = 2 & \left( \frac{6\eta Q L_{ao}}{\pi d^3 R_{0outer}} + \frac{c_{ao} \tau_{ao}(B) L_{ao}}{d} \right) \\ & + 4 \left( \frac{6\eta Q}{\pi d^3} \ln \left( \frac{R_1}{R_{0inner}} \right) + \frac{c_{ri} \tau_{ri}(B)}{d} (R_1 - R_{0inner}) \right) \\ & + 2 \left( \frac{8\eta Q L_o}{\pi R_{0inner}^4} \right) + 3 \left( \frac{6\eta Q L_{ao}}{\pi d^3 R_{0outer}} \right) \\ & + 2 \left( \frac{6\eta Q}{\pi d^3} \ln \left( \frac{R_1}{R_{0outer}} \right) + \frac{c_{ro} \tau_{ro}(B)}{d} (R_1 - R_{0outer}) \right) \end{aligned} \quad (10)$$

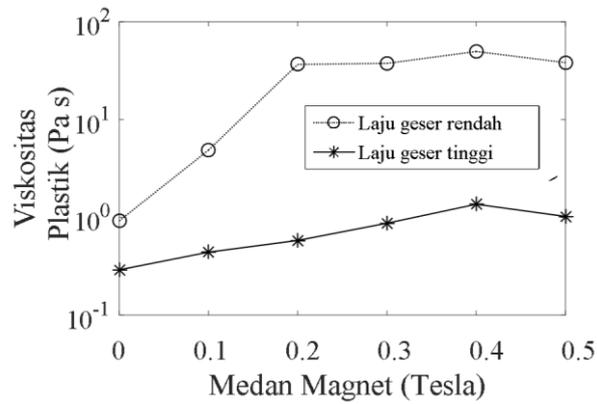
$$c = 2.07 + \frac{12\eta Q}{12\eta Q + 0.8\pi R d^2 \tau(B)} \quad (11)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

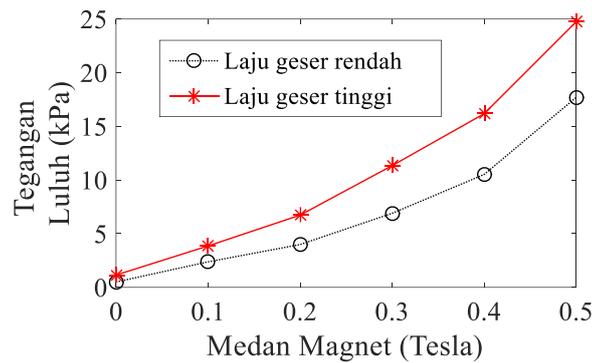
Nilai tegangan luluh yang diperoleh setelah proses optimasi ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan perbedaan hasil prediksi parameter viskositas plastik dan tegangan luluh pada dua konfigurasi yang berbeda. Konfigurasi yang dimaksud adalah basis data yang digunakan untuk prediksi, yaitu data pada rentang data laju geser yang tinggi dan rendah. Pada medan magnet mendekati nol, perbedaan prediksi tegangan luluh pada dua konfigurasi berbeda sekitar kurang dari 1 kPa. Pada medan magnet 0,5 Tesla, perbedaan tegangan luluh antara daerah laju geser rendah dan tinggi bisa hampir 10 kPa. Nilai perbedaan yang semakin besar ini dapat mempengaruhi performansi alat, terutama jika nilai medan magnet semakin tinggi.

Dua jenis viskositas plastik yang merepresentasikan gradien garis lurus persamaan plastik *Bingham* juga dapat diamati pada Gambar 3. Viskositas plastik pada daerah laju geser rendah menunjukkan nilai yang lebih tinggi daripada viskositas pada daerah laju geser tinggi. Sedangkan pada daerah laju geser tinggi, nilainya masih kurang dari 3 Pa

s dan cenderung konsisten. Meskipun nilainya berbeda cukup besar atau sampai seratus kali lipat, perbedaan tersebut tidak akan berpengaruh banyak dalam proses desain perangkat karena parameter ini tidak digunakan dalam proses prediksi performansi desain di makalah ini. Namun, ketika parameter viskositas plastik perlu digunakan, seperti untuk pemodelan para metrik perangkat MR, viskositas plastik yang tepat perlu dipilih secara hati-hati sesuai dengan rentang pengoperasian perangkat MR.

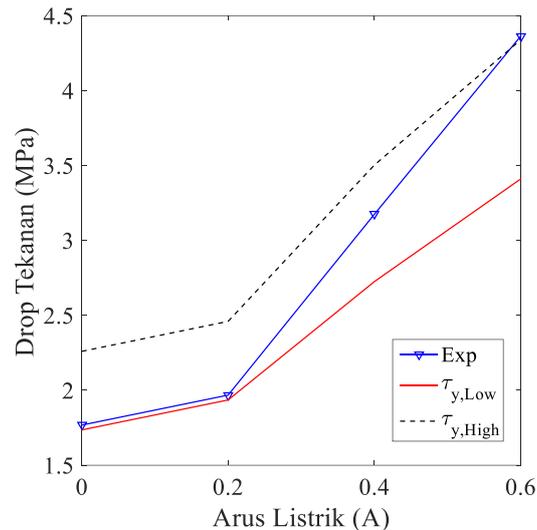


(a)



(b)

**Gambar 3. Parameter-parameter yang diperoleh (a) Tegangan luluh dan (b) viskositas plastik**



**Gambar 4. Prediksi drop tekanan MR katup berdasarkan dua kriteria *yield stress***

Gambar 4 menunjukkan parameter dengan dua kriteria yang berbeda ketika diterapkan untuk memprediksi pengurangan (*drop*) tekanan. Dari hasil perbandingan, hasil prediksi berdasarkan *yield stress* pada daerah laju *shear rate* rendah lebih serupa dengan data eksperimen pada saat arus listrik rendah. Sedangkan hasil prediksi berdasarkan *yield stress* pada daerah laju *shear rate* tinggi lebih serupa dengan data eksperimen pada saat arus listrik tinggi.

## KESIMPULAN

Sebuah konsep optimasi untuk prediksi parameter reologi telah dikembangkan dengan metode PSO dan fungsi tujuan yang terinspirasi oleh persamaan *Biplastic Bingham*. Fungsi obyektif mempertimbangkan kesalahan (*error*) di dua wilayah laju geser. Diskusi yang membandingkan prediksi tegangan luluh dengan hasil eksperimen juga telah dilakukan. Singkatnya, perbedaan antara kedua tipe tegangan luluh akan lebih terlihat pada nilai medan magnet yang juga semakin meningkat. Pemilihan tegangan luluh yang tepat perlu dipertimbangkan dengan cermat untuk mendapatkan hasil prediksi terbaik. Kedepannya, platform tersebut perlu dikembangkan lebih lanjut, terutama untuk meningkatkan akurasi dan menjajaki jika digunakan untuk prediksi pada kondisi operasi yang lain.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh Hibah Penelitian Skema Kompetitif Dana Masyarakat 2020 dari Sekolah Vokasi (SV), Universitas Gadjah Mada (UGM) dengan kontrak no. 88/UN1.SV/K/2020.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Ashtiani, M., Hashemabadi, S. H., & Ghaffari, A. (2015). A review on the magnetorheological fluid preparation and stabilization. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 374, 716–730. doi:10.1016/j.jmmm.2014.09.020
- Bahiuddin, I., Mazlan, S. A., Shapiai, M. I., Imaduddin, F., Ubaidillah, & Choi, S.-B. (2019). A new platform for the prediction of field-dependent yield stress and plastic viscosity of magnetorheological fluids using particle swarm optimization. *Applied Soft Computing*, 76, 615–628. doi:10.1016/j.asoc.2018.12.038
- Chaudhuri, A., Wereley, N. M., Radhakrishnan, R., & Choi, S. B. (2006). Rheological Parameter Estimation for a Ferrous Nanoparticle-based Magnetorheological Fluid using Genetic Algorithms. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 17(3), 261–269. doi:10.1177/1045389X06063038
- Chauhan, G., Verma, A., Das, A., & Ojha, K. (2018). Correction to: Rheological studies and optimization of Herschel-Bulkley flow parameters of viscous karaya polymer suspensions using GA and PSO algorithms. *Rheologica Acta*, 57(3), 287–291. doi:10.1007/s00397-017-1067-3
- Chen, P., Bai, X.-X., & Qian, L.-J. (2016). Magnetorheological fluid behavior in high-frequency oscillatory squeeze mode: Experimental tests and modelling. *Journal of Applied Physics*, 119(10), 105101. doi:10.1063/1.4943168
- Clerc, M., & Kennedy, J. (2002). The particle swarm - explosion, stability, and convergence in a multidimensional complex space. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(1), 58–73. doi:10.1109/4235.985692
- Clerc, Maurice. (1999). The swarm and the queen: Towards a deterministic and adaptive particle swarm optimization. *Proceedings of the 1999 Congress on Evolutionary Computation, CEC 1999*, 3, 1951–1957. doi:10.1109/CEC.1999.785513
- Dimock, G. A., Yoo, J.-H., & Wereley, N. M. (2002). Quasi-Steady Bingham Biplastic Analysis of Electrorheological and Magnetorheological Dampers. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 13(9), 549–559. doi:10.1106/104538902030906
- Ghaffari, A., Hashemabadi, S. H., & Ashtiani, M. (2015). A review on the simulation and modeling of magnetorheological fluids. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 26(8), 881–904. doi:10.1177/1045389X14546650
- Imaduddin, F., Amri Mazlan, S., Azizi Abdul Rahman, M., Zamzuri, H., Ubaidillah, & Ichwan, B. (2014). A high performance magnetorheological valve with a

- meandering flow path. *Smart Materials and Structures*, 23(6), 065017. doi:10.1088/0964-1726/23/6/065017
- Mohamad, N., Mazlan, S. A., Ubaidillah, Choi, S.-B., & Nordin, M. F. M. M. (2016). The Field-Dependent Rheological Sifates of Magnetorheological Grease Based on Carbonyl-Iron-Particles. *Smart Materials and Structures*, 25(9), 095043. doi:10.1088/0964-1726/25/9/095043
- Sayyaadi, H., & Zareh, S. H. (2017). Intelligent control of an MR prosthesis knee using of a hybrid self-organizing fuzzy controller and multidimensional wavelet NN. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 31(7), 3509–3518. doi:10.1007/s12206-016-1236-9
- Sherman, S. G., Powell, L. A., Becnel, A. C., & Wereley, N. M. (2015). Scaling temperature dependent rheology of magnetorheological fluids. *Journal of Applied Physics*, 117(17), 17C751. doi:10.1063/1.4918628
- Shilan, S. T., Mazlan, S. A., Ido, Y., Hajalilou, A., Jeyadevan, B., Choi, S.-B., & Yunus, N. A. (2016). A comparison of field-dependent rheological sifates between spherical and plate-like carbonyl iron particles-based magneto-rheological fluids. *Smart Materials and Structures*, 25(9), 095025. doi:10.1088/0964-1726/25/9/095025
- Utami, D., Ubaidillah, Mazlan, S., Imaduddin, F., Nordin, N., Bahiuddin, I., ... Choi, S.-B. (2018). Material Characterization of a Magnetorheological Fluid Subjected to Long-Term Operation in Damper. *Materials*, 11(11), 2195. doi:10.3390/ma11112195

## KAJIAN KUAT TEKAN DAN GESER INTERFACE PADA BETON SCC DENGAN PEMANFAATAN FLY ASH SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN

Edi Kurniadi\*, Agus Kurniawan

Departemen Teknik Sipil, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

\*E-mail: [edi.kurniadi@ugm.ac.id](mailto:edi.kurniadi@ugm.ac.id)

### ABSTRAK

Teknologi bidang konstruksi terus berkembang. Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) merupakan beton dengan kinerja tinggi yang mempunyai kemampuan mengalir dengan sendirinya, durabilitas baik, dan mempunyai kekuatan tinggi. Penggunaan beton SCC dapat menghemat tenaga kerja dan penggunaan alat pemadatan, namun jumlah semen yang digunakan lebih banyak daripada beton normal. Pada konsep bangunan hijau (*green building*) yang ramah lingkungan mensyaratkan bahwa pembangunan dalam bidang konstruksi menggunakan material-material yang ramah lingkungan. Penggunaan semen walaupun dalam beton digunakan sekitar 7%-15%, ternyata untuk menghasilkan semen digunakan energi yang cukup besar dan kurang ramah lingkungan. Penggunaan *fly-ash* merupakan cara untuk penerapan *green building*. Penelitian ini memanfaatkan *fly ash* sebagai bahan substitusi semen, substitusi ini akan mengurangi penggunaan semen yang akan mengakibatkan penurunan performa dari kekuatan beton SCC. Pada penelitian ini mengkaji kuat tekan dan geser *interface* pada beton *Self Compacting Concrete* (SCC) dengan pemanfaatan penggunaan *fly ash* yang akan di substitusikan dengan semen. Substitusi *fly-ash* tersebut sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% dan dengan menggunakan *chemical admixture type F* (sika *viscocrete* 1003). Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan benda uji berupa silinder beton ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm sesuai standar SNI sedang untuk pengujian kuat geser menggunakan benda uji kubus beton dengan ukuran 150 mm × 150 mm × 150 mm mengacu pada metode *bi-surface shear test*. Hasil *workability* beton SCC meliputi pengujian *filling ability* menggunakan *slump flow test* didapatkan nilai yang lebih besar dari persyaratan minimum 55 cm, pengujian *passing-ability* menggunakan *L-Box test* didapatkan nilai rasio  $h_2/h_1$  yang lebih besar dari persyaratan minimum 0,8 dan viskositas/segregasi menggunakan *V-funnel* didapatkan nilai waktu kurang dari persyaratan maksimum 12 detik, dari ketiga pengujian tersebut maka beton tersebut termasuk dalam kriteria sebagai beton SCC. Kuat tekan beton SCC pada umur 7 hari 14 hari dan 28 hari menunjukkan dengan substitusi *fly-ash* sampai 20% ada peningkatan kuat tekan beton sampai 21 persen selanjutnya pada substitusi *fly-ash* 30% terjadi penurunan kuat tekan.

**Kata kunci:** Beton SCC, *fly ash*, kuat tekan, kuat geser

### ABSTRACT

*Construction technology continues to develop. Self Compacting Concrete (SCC) is a high performance concrete which has the ability to flow by itself, has good durability, and high strength. The use of SCC concrete can reduce labor needs and the use of compaction equipment, but the amount of cement used is more than normal concrete. The green building concept that is environmentally friendly requires that development in the construction sector use environmentally friendly materials. Although the use of cement is around 7%-15% in concrete, it turns out that to produce cement it uses quite a lot of energy and is less environmentally friendly. The use of fly ash is one way for the green building concept. This study utilizes fly ash as a cement substitution material, this substitution will reduce the use of*

*cement which will result in a decrease in the performance of the SCC concrete strength. This study examines the compressive strength and interface shear in Self Compacting Concrete (SCC) by using fly ash to be substituted with cement. The fly ash substitution is 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% and by using chemical admixture type F (sika viscocrete 1003). The compressive strength test was carried out using a concrete cylinder with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm according to the SNI standard while for shear strength testing using a concrete cube test object with a size of 150 mm x 150 mm x 150 mm, referring to the bi-surface shear test method. The results of the SCC concrete workability include filling ability testing using the slump flow test, a value greater than the minimum requirement of 55 cm, passing ability testing using the L-Box test, the value of the  $h_2/h_1$  ratio which is greater than the minimum requirement of 0.8 and viscosity/segregation using V-funnel, the time value is less than the maximum requirement of 12 seconds, from the three tests, the concrete is included in the criteria as SCC concrete. The compressive strength of SCC concrete at the age of 7 days 14 days and 28 day showed that with the substitution of fly ash up to 20% there was an increase in the compressive strength until 21 percent, then on the substitution of fly ash 30% there was a decrease in the compressive strength*

**Keywords:** *SCC concrete, fly ash, compressive strength, shear strength*

## **PENDAHULUAN**

Teknologi bidang konstruksi terus berkembang. Salah satu pekerjaan penting dalam pelaksanaan sebuah konstruksi adalah pekerjaan pembetonan. Namun, masih banyak kesulitan yang dapat dijumpai di lapangan saat proses pembetonan ini. Salah satunya pada proses pemadatan atau vibrasi beton. Proses pemadatan atau vibrasi beton sangat berpengaruh pada kekuatan beton yang dihasilkan. Penggunaan alat pemadat seperti vibrator akan menambah tenaga kerja dan selain itu getaran yang ditimbulkan dapat mempengaruhi bangunan – bangunan yang ada disekitarnya dan suara yang ditimbulkan dapat mengganggu masyarakat sekitar.

Perkembangan pembuatan beton di lapangan diharapkan dapat mengurangi jumlah tenaga kerja dan mengurangi penggunaan alat penggetar (*vibrator*) adalah dengan menggunakan beton *Self Compacting Concrete* (SCC) yang memiliki kemampuan untuk memadat sendiri. Beton *Self Compacting Concrete* merupakan beton dengan kinerja tinggi dimana mempunyai kemampuan mengalir dengan sendirinya, durabilitas baik, dan mempunyai kekuatan tinggi (Risdianto, 2010).

Sifat beton *Self Compacting Concrete* yang harus dipenuhi yaitu diantaranya kemampuan mengalir dan mengisi suatu cetakan, tahan terhadap segregasi agregat, dan kemampuan untuk melewati sela – sela penulangan serta dengan beratnya sendiri dapat melekat pada penulangan yang rumit (Assalam et al.,2019)

Bangunan hijau (*green building*) yang ramah lingkungan saat ini berkembang di dunia konstruksi. Faktor penting dalam konsep bangunan hijau adalah penggunaan material-material konstruksi yang ramah lingkungan. Dimana material konstruksi tersebut diambil, diproduksi, digunakan dan dirawat dengan seminimal mungkin berkontribusi pada kerusakan lingkungan. Penggunaan material agregat kerikil dan pasir, yang merupakan bahan penyusun utama beton, sekitar 80%, apabila penambangannya

tidak terkendali akan menimbulkan kerusakan lingkungan yang cukup besar. Penggunaan semen walaupun dalam beton digunakan sekitar 7%-15%, ternyata untuk menghasilkan semen digunakan energi yang cukup besar dan kurang ramah lingkungan karena produksinya mengeluarkan emisi gas CO<sub>2</sub> yang besar serta limbah yang melimpah juga, sehingga akan sangat berpengaruh pada kondisi lingkungan.

Usaha yang dapat dilakukan untuk upaya mengembangkan beton ramah lingkungan adalah dengan mereduksi penggunaan semen sebagai bahan pengikat beton, dengan pemanfaatan material lain seperti *fly ash*, *hulk ash*, abu ampas tebu, metakaolin, silika *fume* sebagai *pozzolan* yang dapat mengurangi sebagian penggunaan semen.

Widodo,S, (2017) meneliti Analisis Tegangan dan Modifikasi Metode Pengujian Kuat Geser antara Lapis Beton Lama dengan Beton Baru yang menyajikan analisis distribusi tegangan pada berbagai metode pengujian kuat geser *interface* antara lapis beton lama dengan beton baru.

Penelitian (Rusyandi,K,2012), beton *self compacting concrete* SCC dengan penambahan *Fly Ash* dan *Structuro* menghasilkan bahwa *Fly Ash* dapat digunakan sebagai *Filler* dalam pembuatan rancangan beton SCC, penggunaan *Structuro* di atas 2,5 % hendaknya dihindari karena tidak efektif terhadap kemampuan mereduksi air sehingga akan menimbulkan efek negatif seperti *segregation* dan *bleeding*.

Rusyandi, et al. (2012) dalam jurnal yang berjudul "Perancangan Beton *Self Compacting Concrete* (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan *Fly Ash* Dan *Structuro*" yang meneliti tentang karakteristik beton *Self Compacting Concrete* yang dipengaruhi penambahan bahan tambah (*admixture*) kimia tipe F *superplasticizer* yaitu *structuro* dan ditambahkan pula *filler fly ash*. Penggunaan *superplasticizer* sebanyak 0,3 % dari berat semen dengan pengurangan kadar air dalam campurannya. Kemudian penggunaan *Fly Ash* sebagai *filler* digunakan sebanyak 8% dari total volume campuran beton per m<sup>3</sup>. Hasilnya adalah *Fly ash* bisa dipergunakan sebagai bahan pengganti semen atau *filler*. *Admixture Structuro* yang digunakan berpengaruh terhadap *workability* campuran dan mutu beton yang nantinya akan dihasilkan. Selain itu, nilai *fas* yang rendah tetap terjaga dan *workabilitas* tidak menurun karena sifat *water reducer* yang tinggi dari *Structuro*. Tidak disarankan menggunakan *Admixture Structuro* diatas 2,5%, karena dengan penggunaan kadar tersebut kemampuan mereduksi airnya semakin kecil sehingga tidak efektif lagi. Selain itu permasalahan seperti *segregation* dan *bleeding* juga berisiko semakin tinggi.

Rusdianto (2010) dalam jurnalnya yang berjudul "Penerapan *Self Compacting Concrete* (SCC) Pada Beton Mutu Normal" yang meneliti tentang karakteristik beton *Self Compacting Concrete* yang dipengaruhi bahan tambah berupa *superplasticizer Conplast SP430*. Variasi *superplasticizer* yang digunakan yaitu 0,5, 1, 1,5 dan 2 liter dengan

pengurangan air 10% dari berat air per m<sup>3</sup>. Dari penelitian pada jurnal ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut, Tingkat *workability* pada campuran akan semakin baik seiring dengan semakin banyak penambahan *Conplast* SP340. Kuat tekan beton akan semakin meningkat seiring semakin banyak penambahan *Conplast* SP340. Hal ini disebabkan karena penggunaan *Conplast* SP340 dapat mempercepat pengurangan kadar air dalam campuran serta mempercepat pengerasan campuran beton dibandingkan dengan beton yang tidak menggunakan *Conplast* SP340. Kuat tekan beton menurun pada penambahan *superplasticizer Conplast* SP430 sebanyak 2 liter pada umur 28 hari.

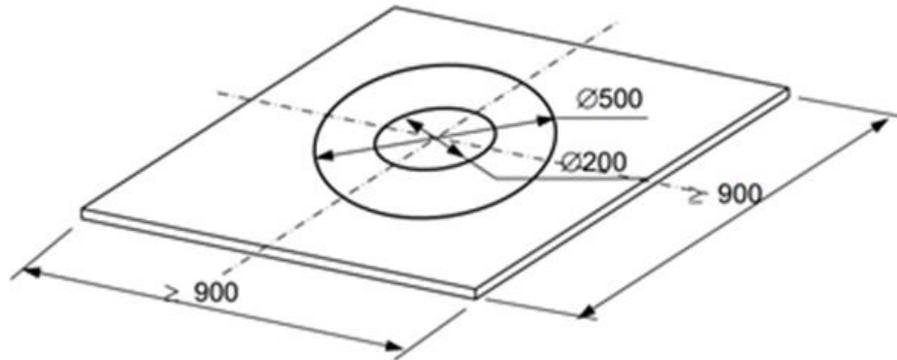
Pada penelitian ini mengkaji kuat tekan dan geser *interface* pada beton *Self Compacting Concrete* (SCC) dengan pemanfaatan *fly ash* sebagai substitusi semen. Bahan *chemical admixture* yang digunakan adalah tipe F yang mempunyai sifat *High Range, Water Reducer, (superplasticizer)*

Beton dapat dikategorikan dalam kriteria *Self Compacting Concrete* (SCC) jika beton yang dihasilkan mempunyai karakteristik tertentu, salah satunya dari segi *workability*. Menurut SNI 1972:2008, *workability* beton adalah keadaan dimana campuran beton segar mudah dikerjakan. Campuran beton pada *Self Compacting Concrete* (SCC) dapat memenuhi kriteria *workability* apabila mampu memenuhi kriteria berikut ini (EFNARC, 2002):

- a. *Filling ability*, yaitu campuran pada beton segar (*fresh concrete*) mampu mengisi ruangan dalam cetakan dengan padat.
- b. *Passing ability*, yaitu campuran pada beton segar (*fresh concrete*) mampu melewati suatu struktur tertentu atau sela - sela pada tulangan yang rapat.
- c. *Segregation resistance*, yaitu campuran beton segar tahan terhadap efek segregasi.

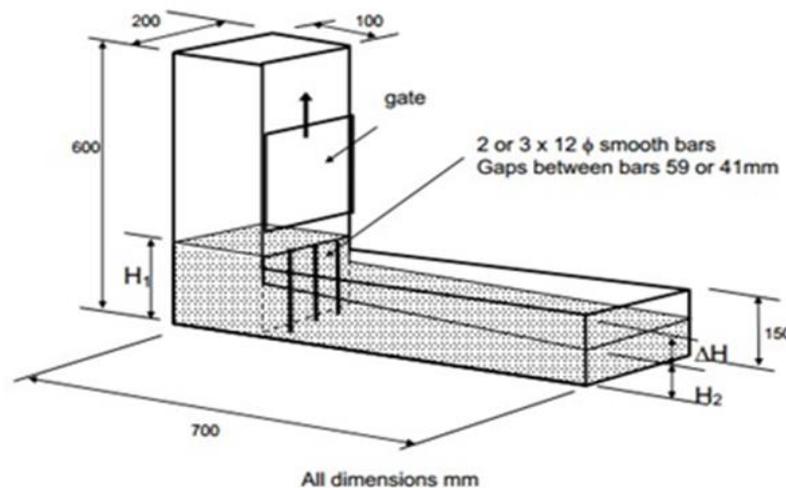
Berdasarkan spesifikasi SCC dari EFNARC, *workabilitas* atau kelecikan campuran beton segar dapat dikatakan sebagai beton SCC apabila memenuhi kriteria diantaranya sebagai berikut;

- a. *Filling ability* adalah kemampuan beton SCC untuk mengalir dan mengisi keseluruhan bagian cetakan melalui beratnya sendiri. Untuk menentukan "*filling ability*" dari beton SCC digunakan *Slump-flow Test* dengan menggunakan kerucut *Abrams* dapat diketahui kondisi *workabilitas* beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar yang dinyatakan dengan besaran diameter antara 60-75 cm, seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1. Slump-Flow Test (Sumber : EFNARC Standard, 2005)**

- b. *Passing ability* adalah kemampuan beton SCC untuk mengalir melalui celah-celah antar besi tulangan atau bagian celah yang sempit dari cetakan tanpa terjadi adanya segregasi atau *blocking*. Untuk menentukan "*passing ability*" digunakan alat uji yaitu *L-Shape box*. Dengan *L-shape box test* akan didapatkan nilai *blocking ratio*, yaitu nilai yang didapat dari perbandingan  $H_2/H_1$ . Semakin besar nilai *blocking ratio*, semakin baik beton segar mengalir dengan viskositas tertentu. Untuk kriteria beton SCC nilai *blocking ratio* berkisar antara 0,8 – 1,0. Seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2. L-Shape Box Test (Sumber : EFNARC Standard, 2005)**

## METODE PENELITIAN

Desain beton SCC sering membutuhkan jumlah semen dalam jumlah yang banyak. Penggunaan semen dalam jumlah banyak menjadi kurang ramah lingkungan karena produksinya mengeluarkan emisi gas CO<sub>2</sub> yang besar serta limbah, sehingga akan sangat berpengaruh pada kondisi lingkungan. Salah satu cara adalah mereduksi penggunaan semen dengan melakukan substitusi semen dengan *fly ash*. Cara penelitian adalah dengan membuat *mix design* beton SCC dengan menggunakan fas 0.35 dan *superplasticizer* tipe F (*sika viscocrete 1003*) sebanyak 2 % dari berat semen serta dengan substitusi *fly ash* 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% terhadap berat semen.

Setelah beton mengeras dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik beton SCC dilakukan pengujian kuat tekan pada umur beton 7, 14 dan 28 hari serta kuat geser *interface* pada umur 28 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan benda uji berupa silinder beton ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm sesuai standar SNI sedang untuk pengujian kuat geser *interface* menggunakan benda uji kubus beton dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm mengacu pada metode *bi-surface shear test* yang diusulkan oleh Momayez (2004).

Pengujian dan perhitungan kuat tekan sesuai dengan prosedur di SNI 1974:2011 yaitu dengan rumus sebagai berikut:

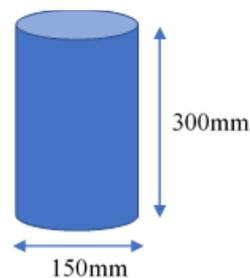
$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

$f'_c$  = Kuat tekan (MPa)

$A$  = Luas tampang (mm<sup>2</sup>)

$P$  = Beban tekan (N)



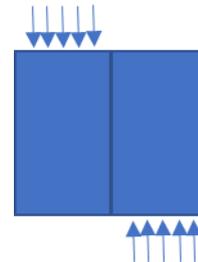
Untuk pengujian kuat geser mengacu *direct shear test* sederhana untuk mendapatkan kekuatan geser beton. Dalam pengujian ini benda uji diberi dua gaya tekan yang berlawanan. Rata-rata tegangan geser pada *interface* didapatkan dengan membagi beban tekan dengan area bidang geser.

Kuat geser *interface* =  $P/A$

Keterangan:

$P$  = Gaya tekan (N)

$A$  = Luas bidang geser (mm<sup>2</sup>)



## HASIL DAN PEMBAHASAN

Agregat yang digunakan adalah pasir alami dan kerikil batu pecah dengan ukuran butir maksimum 20 mm. Hasil pengujian karakteristik pasir dan kerikil seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil pengujian agregat pasir dan kerikil**

No.	Sifat dan Karakteristik	Pasir	Kerikil	Keterangan
1	Kandungan Lumpur Dalam Pasir			
	a. Cara Endapan Ekuivalen	2.10	-	%
	b. Cara Ayakan No.200	2.36	-	%
2	Kandungan Zat Organik Pasir	No.11	-	Warna
3	Berat Satuan Agregat			

No.	Sifat dan Karakteristik	Pasir	Kerikil	Keterangan
	a. Ditumbuk	1.82	1.74	T/m3
	b. Tidak ditumbuk	1.69	1.53	T/m3
4	Modulus Halus	2.73	5.91	
5	SSD Pasir	SSD	-	
6	Berat Jenis	2.70	2,7	
7	Keausan dengan Mesin Los Angeles	-	44.64	%

Hasil pengujian agregat terlihat bahwa kandungan lumpur dalam pasir lebih kecil dari 5% yang artinya kandungan lumpur dalam pasir memenuhi persyaratan SNI. Untuk keausan kerikil menggunakan uji *los angeles* adalah 44.64 % lebih kecil dari batas maksimal keausan 50 %, artinya kerikil yang digunakan memenuhi persyaratan SNI.

*Mix design* beton SCC mutu 40 MPa menggunakan fas 0.35 dan *superplasticizer* tipe F sika *viscocrete* 1003 sebanyak 2% dari berat semen serta dengan substitusi *fly ash* 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% terhadap berat semen, kebutuhan bahan yang digunakan untuk pembuatan beton SCC tiap 1 meter kubik dan untuk tiap satu silinder beton seperti pada Tabel 2.

**Tabel 2. Kebutuhan bahan untuk pembuatan beton SCC tiap 1 meter kubik**

Persentase <i>fly ash</i> (%)	<i>fly ash</i> (kg)	Semen Portland (kg)	Air (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Superplasticizer (kg)
0	0	585,71	205,00	846,61	692,68	11,71
5	29	556,43	205,00	846,61	692,68	11,71
10	59	527,14	205,00	846,61	692,68	11,71
15	88	497,86	205,00	846,61	692,68	11,71
20	117	468,57	205,00	846,61	692,68	11,71
25	146	439,29	205,00	846,61	692,68	11,71
30	176	410,00	205,00	846,61	692,68	11,71

Dari hasil *mix design* berdasarkan berat beton tiap 1 meter kubik adalah 2 341 kg maka beton SCC tersebut termasuk beton dengan berat yang normal.

Pengujian *filling ability* terhadap beton segar (*fresh concrete*) SCC menggunakan uji *filling ability* menggunakan *slump flow test* dan pengujian *passing ability* menggunakan *L-box test* serta pengujian segregasi menggunakan *V funnel test* dapat dilihat pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5.

**Tabel 3. Hasil pengujian *filling ability* menggunakan *slump flow test***

No.	Benda uji		Slump Flow Test (cm)				
			d1	d2	d3	d4	rata2
1	Adukan 1	0%	67	71	69	70	69
2	Adukan 2	5%	71	65	63	68	67
3	Adukan 3	10%	71	71	69	70	70
4	Adukan 4	15%	75	71	67	66	70
5	Adukan 5	20%	71	76	67	71	71
6	Adukan 6	25%	74	67	74	69	71
7	Adukan 7	30%	70	72	72	69	71

**Tabel 4. Hasil pengujian *passing ability* menggunakan *L-box test***

No.	Benda Uji		L-Box Test					Syarat minimum $h_2/h_1$
			$h_1$ (cm)	Rerata $h_1$	$h_2$ (cm)	Rerata $h_2$	$\frac{h_1}{h_2}$	
1	Adukan 1	0%	9,7		9,3		0,95	0,8
			9,9	9,8	9,5	9,3		
			9,8		9,0			
2	Adukan 2	5%	9,8		8,7		0,92	0,8
			9,9	9,7	9,2	8,9		
			9,4		8,9			
3	Adukan 3	10%	9,7		9,7		0,98	0,8
			10,0	9,8	9,9	9,6		
			9,8		9,3			
4	Adukan 4	15%	11,0		10,5		0,97	0,8
			10,5	10,8	10,0	10,5		
			11,0		11,0			
5	Adukan 5	20%	10,1		9,5		0,95	0,8
			9,5	9,9	9,8	9,4		
			10,2		9,0			
6	Adukan 6	25%	10,4		9,7		0,90	0,8
			10,7	10,5	9,2	9,4		
			10,3		9,4			
7	Adukan 7	30%	10,0		9,3		0,96	0,8
			10,1	10,1	9,8	9,7		
			10,3		10,0			

**Tabel 5. Hasil pengujian segregasi menggunakan *V funnel test***

No	Benda uji	<i>V funnel</i> (detik)
1	Adukan 1      0%	11,53
2	Adukan 2      5%	10,09
3	Adukan 3      10%	11,80
4	Adukan 4      15%	11,70
5	Adukan 5      20%	8,80
6	Adukan 6      25%	9,73
7	Adukan 7      30%	7,83

Hasil pengujian pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5. Menunjukkan hasil *slump flow* tes sebesar 69,5 cm lebih besar dari 60 cm dan pengujian *L-box test* didapat perbandingan  $h_2/h_1$  adalah lebih dari 0,8, serta hasil pengujian *V funnel* lebih kecil dari 12 detik. Dari pengujian beton segar tersebut menunjukkan bahwa beton tersebut termasuk kriteria beton SCC.

Kuat tekan beton SCC dengan benda uji berupa silinder beton berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300mm yang dilakukan pengujian pada umur 7, 14, dan 28 hari adalah seperti pada Tabel 6 sampai Tabel 8, serta Gambar 3 sampai Gambar 5.

**Tabel 6. Kuat Tekan beton SCC pada beton umur 7 hari**

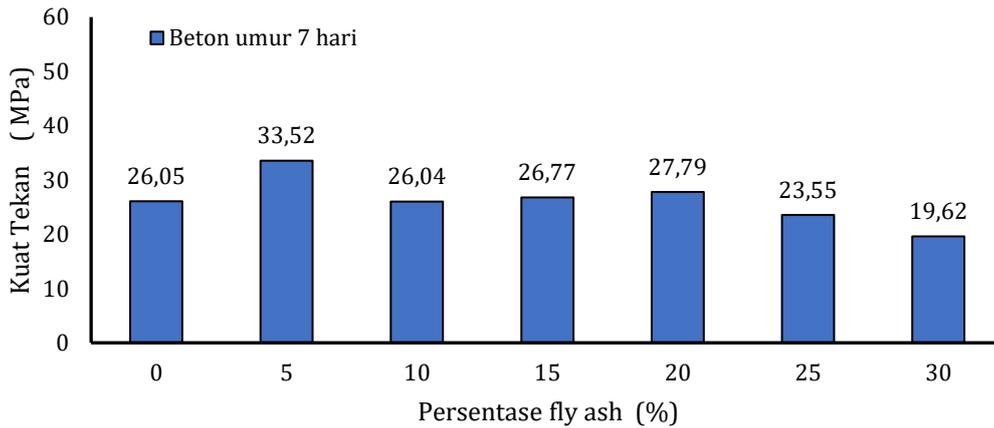
No.	Substitusi <i>fly ash</i>	Umur (hari)	Diameter Silinder (mm <sup>2</sup> )	Tinggi Silinder (mm)	Beban Maksimum (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata2 (MPa)
1	0%	7	151,00	298,40	535000	17898,79	29,89	26,05
2	0%	7	151,50	299,90	400000	18017,52	22,20	
3	5%	7	151,20	301,80	645000	17946,23	35,94	33,52
4	5%	7	150,10	299,60	550000	17686,06	31,10	
5	10%	7	151,00	299,40	550000	17898,79	30,73	26,04
6	10%	7	149,60	298,40	375000	17568,43	21,35	
7	15%	7	151,60	300,70	505000	18041,31	27,99	26,77
8	15%	7	150,60	300,50	455000	17804,08	25,56	
9	20%	7	151,70	302,50	475000	18065,12	26,29	27,79
10	20%	7	151,10	301,50	525000	17922,50	29,29	
11	25%	7	151,15	301,00	465000	17934,36	25,93	23,55
12	25%	7	151,20	302,00	380000	17946,23	21,17	
13	30%	7	151,25	301,80	380000	17958,10	21,16	19,62
14	30%	7	151,30	300,90	325000	17969,98	18,09	

**Tabel 7. Kuat Tekan beton SCC pada beton umur 14 hari**

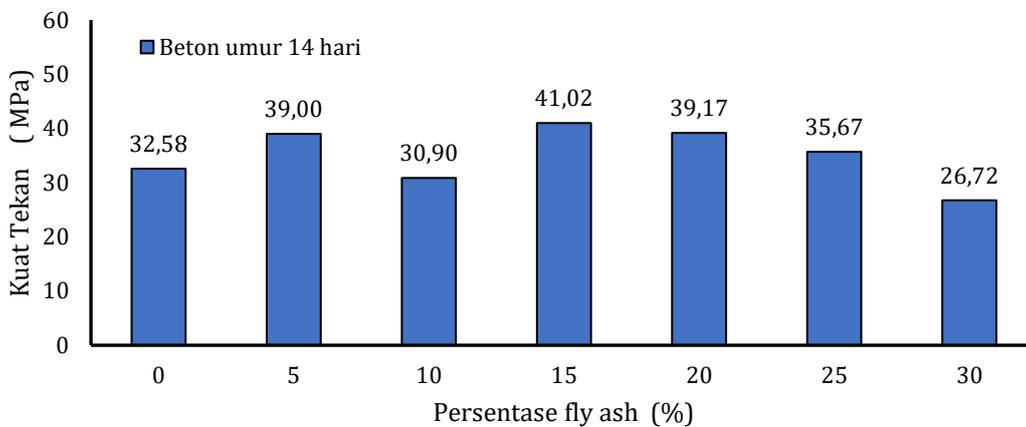
No.	Substitusi <i>fly ash</i>	Umur (hari)	Diameter Silinder (mm <sup>2</sup> )	Tinggi Silinder (mm)	Beban Maksimum (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata2 (MPa)
1	0%	14	151,00	298,40	595000	17898,79	33,24	32,58
2	0%	14	151,50	299,90	575000	18017,52	31,91	
3	5%	14	151,20	301,80	720000	17946,23	40,12	39,00
4	5%	14	150,10	299,60	670000	17686,06	37,88	
5	10%	14	151,00	299,40	510000	17898,79	28,49	30,90
6	10%	14	149,60	298,40	585000	17568,43	33,30	
7	15%	14	151,60	300,70	715000	18041,31	39,63	41,02
8	15%	14	150,60	300,50	755000	17804,08	42,41	
9	20%	14	151,70	302,50	740000	18065,12	40,96	39,17
10	20%	14	151,10	301,50	670000	17922,50	37,38	
11	25%	14	151,15	301,00	690000	17934,36	38,47	35,67
12	25%	14	151,20	302,00	590000	17946,23	32,88	
13	30%	14	151,25	301,80	430000	17958,10	23,94	26,72
14	30%	14	151,30	300,90	530000	17969,98	29,49	

**Tabel 8. Kuat Tekan beton SCC pada beton umur 28 hari**

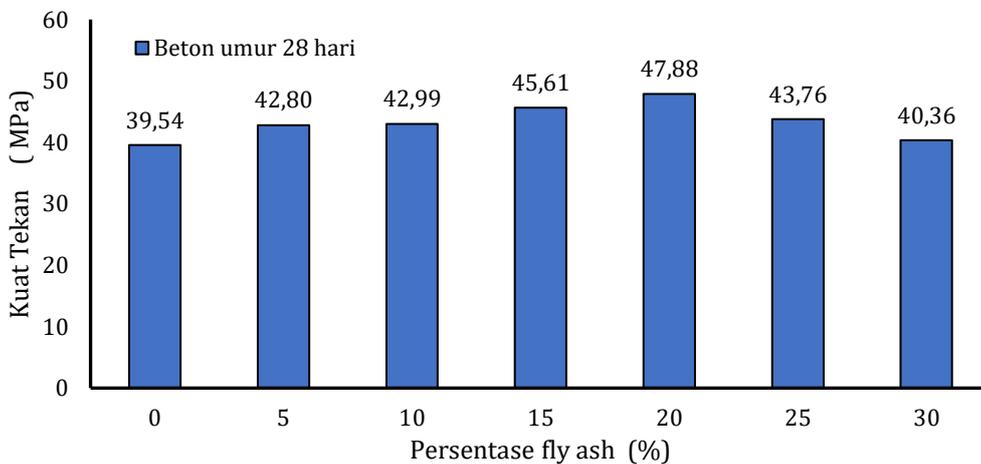
No.	Substitusi <i>fly ash</i>	Umur (hari)	Diameter Silinder (mm <sup>2</sup> )	Tinggi Silinder (mm)	Beban Maksimum (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata2 (MPa)
1	0%	28	151,00	298,40	705000	17898,79	39,39	39,54
2	0%	28	151,50	299,90	715000	18017,52	39,68	
3	5%	28	151,20	301,80	755000	17946,23	42,07	42,80
4	5%	28	150,10	299,60	770000	17686,06	43,54	
5	10%	28	151,00	299,40	780000	17898,79	43,58	42,99
6	10%	28	149,60	298,40	745000	17568,43	42,41	
7	15%	28	151,60	300,70	820000	18041,31	45,45	45,61
8	15%	28	150,60	300,50	815000	17804,08	45,78	
9	20%	28	151,00	302,50	850000	17898,79	47,49	47,88
10	20%	28	151,10	301,50	865000	17922,50	48,26	
11	25%	28	151,15	301,00	760000	17934,36	42,38	43,76
12	25%	28	151,20	302,00	810000	17946,23	45,13	
13	30%	28	151,25	301,80	710000	17958,10	39,54	40,36
14	30%	28	151,30	300,90	740000	17969,98	41,18	



**Gambar 3. Grafik Kuat Tekan beton SCC pada beton umur 7 hari**



**Gambar 4. Grafik Kuat Tekan beton SCC pada beton umur 14 hari**



**Gambar 5. Grafik Kuat Tekan beton SCC pada beton umur 28 hari**

Dari Tabel 6 sampai Tabel 8 dan Gambar 3 sampai Gambar 5, menunjukkan bahwa kuat tekan beton pada umur 7 hari 14 hari 28 hari menunjukkan bahwa dengan substitusi *fly ash* sampai 20% ada peningkatan kuat tekan beton sampai 21% selanjutnya pada substitusi *fly ash* 30% terjadi penurunan kuat tekan.

## **KESIMPULAN**

Dari hasil pengujian beton SCC dengan substitusi *fly ash* pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kandungan lumpur dalam pasir dan keausan kerikil menggunakan uji *los angeles* sebesar 44,64 % dapat digunakan dan memenuhi persyaratan SNI. *Slump flow* tes lebih besar dari persyaratan minimum 55 cm dan pengujian *L-box test* didapat perbandingan  $h_2/h_1$  adalah lebih besar dari persyaratan minimum 0,8, serta pengujian *V-funnel* lebih kecil dari persyaratan maksimum 12 detik maka beton segar pada penelitian ini termasuk kriteria beton SCC. Kuat tekan beton SCC pada umur 7 hari 14 hari dan 28 hari menunjukkan dengan substitusi *fly ash* sampai 20% ada peningkatan kuat tekan beton sampai 21%, selanjutnya pada substitusi *fly ash* 30% terjadi penurunan kuat tekan beton.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Kami sampaikan terima kasih kepada Sekolah Vokasi atas kesempatan mengikuti penelitian ini, kepada kepala laboratorium bahan bangunan Departemen Teknik Sipil SV UGM, teknisi, laboran yang telah memberikan bantuan kelancaran penelitian ini, dan kepada mahasiswa yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI-03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- EFNARC Association, Specification and Guideliness for Self Compacting Concrete, 2002. UK.
- EFNARC, 2005. The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use. UK: Achieving the Highest Standards.
- Widodo, S. 2017. Analisis Tegangan dan Modifikasi Metode Pengujian Kuat Geser antara Lapis Beton Lama dengan Beton Baru. Jurnal Inersia, Vol. XIII no.2.
- Risdianto Yogie. 2010. Penerapan Self Compacting Concrete (SCC) Pada Beton Mutu Normal. Jurnal Teknik, Universitas Negeri Surabaya
- Rusyandi, Mukodas, dan Gunawan. 2012. Perancangan Beton Self Compacting Concrete (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan Fly Ash Dan Structuro. Jurnal Konstruksi

## DETEKSI KADAR SATURASI OKSIGEN DARAH ( $SpO_2$ ) DAN DETAK JANTUNG SECARA NON-INVASIF DENGAN SENSOR CHIP MAX30100

Kemalasari\*, Mochammad Rochmad

Teknik Elektronika/Departemen Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, INDONESIA

\*E-mail: kemala@pens.ac.id

### ABSTRACT

*The level of oxygen saturation in the blood ( $SpO_2$ ) and heart rate is one of an important variables to determine the health of the body. The purpose of this research is to design and implement a non-invasive tool to measure the level of  $SpO_2$  and heart rate, so that the measurement of them becomes easier. To measure the level of  $SpO_2$  and heart rate is used the MAX30100 chip sensor, which consists of infrared LED, red LED and photo diode, and that are integrated with arduino uno and PC. By attach the left index fingertip on the MAX30100 chip sensor, then the sensor will transmit infrared and red lights through the fingertips and the blood molecules will absorption the lights, while the photodiode will detect the absorption of light by the physical properties of the blood molecules, so the level of  $SpO_2$  and heart rate per minute can be detected. Data connection between the MAX30100 chip sensor and Arduino nano is connected by I2C (Inter Integrated Circuit) which has a serial data path (SDL) and a serial clock path (SCL), and RS232 is used for connection to a PC. On the PC, the level of the  $SpO_2$ , the value of heart rate and its signal will be displayed on the GUI so the results of measurement can be monitored and used to analyze body health. The test of tool was carried out on 20 people with range of age are 18 to 50 years by comparing the results of the tool that designed with an Elitech pulse oximeter tool, where the value of an average error of  $SpO_2$  is 0.84 % and heart rate is 1.6 %.*

**Keywords:** Chip MAX30100 sensor, I2C,  $SpO_2$ , heart rate, Arduino uno

### PENDAHULUAN

Kadar saturasi oksigen dalam darah ( $SpO_2$ ) dan denyut jantung merupakan salah satu besaran variabel tubuh yang penting untuk diukur dan dimonitor untuk mengetahui kondisi kesehatan tubuh. Kadar saturasi oksigen adalah persentase dari pada hemoglobin yang mengikat oksigen dibandingkan dengan jumlah total hemoglobin yang ada di dalam darah (Andrey, 2005). Jika pembacaan kadar oksigen arteri dengan oksimeter berada di bawah 90 persen maka mengindikasikan bahwa kadar oksigen dalam darah rendah sehingga darah membutuhkan suplemen oksigen. Sementara jika pembacaan persentase kadar saturasi oksigen dikatakan normal pada manusia jika berkisar antara 95% sampai 100% (<https://helohehat.com>).

Kadar Oksigen berperan penting dalam proses metabolisme tubuh sehingga jika manusia kekurangan kadar oksigen maka dapat mengakibatkan metabolisme tubuh berlangsung tidak sempurna yang ditandai dengan hipoksia yang merupakan kondisi berbahaya yang dapat mengganggu fungsi otak, hati dan organ lainnya dengan cepat.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di rumah sakit St. Elisabeth Semarang, hipoksia merupakan penyebab awal kegawatdaruratan medis pada pasien, dan hipoksia dapat dideteksi jika tubuh kekurangan kadar oksigen saturasi didalam pembuluh darah, dengan gejala yang lainnya yaitu sesak napas, napas cenderung cepat dan denyut jantung yang cepat (Hidayati Fitrohul Uyum, 2013).

Detak jantung normal atau denyut jantung normal penting untuk diketahui oleh setiap orang karena bisa mengindikasikan masalah kesehatan. Detak jantung sama artinya dengan denyut jantung. Detak jantung adalah berapa kali jantung berdenyut dalam satu menit. Pada orang dewasa, detak jantung normal adalah detak jantung yang berdenyut sebanyak 60 – 100 kali dalam satu menit yang dihitung pada saat istirahat (<https://doktersehat.com/detak-jantung-normal/>).

Pada saat ini di beberapa rumah sakit, pengukuran detak jantung dan kadar saturasi oksigen dalam darah sudah menggunakan alat oksimeter yang diletakkan di ujung jari telunjuk, dimana data hasil pengukuran ditampilkan pada LCD namun data hasil ukur belum dapat tersimpan sehingga *monitoring* kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung masih dilakukan secara manual.

Untuk mengukur kadar saturasi oksigen dan detak jantung maka pada penelitian yang dilakukan oleh Sruhti Chavan, Prathana Gadekar, dan Manjunath Patil, S.P yang berjudul “*Solar Powered Non-Invasive Pulse Oximeter and Heart Rate Meter*”, menggunakan sensor *chip* MAX30100 yang terintegrasi dengan Arduino Uno untuk memonitor denyut jantung dan kadar saturasi oksigen darah dengan menggunakan energi matahari. Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD sehingga dapat memberi informasi tentang kesehatan tubuh, namun data yang dihasilkan hanya berupa angka saja dan belum dapat disimpan (Sruhti Chavan, 2018).

Penelitian tentang performansi kerja dari sensor MAX30100 dilakukan oleh Kerim Bedri Sacan dan Gokhan Ertau yang berjudul “*Performans Degerlendirme Performance Assesment of MAX30100 SpO<sub>2</sub>/Heartrate Sensor*”, dimana sensor MAX30100 memiliki panjang gelombang 600 - 750 nm untuk *LED* merah dan 850 - 1000 nm untuk *LED* inframerah. Dengan bantuan *photodiode* maka cahaya dari *LED* merah dan *LED* inframerah yang dipantulkan dari jaringan tubuh akan ditangkap oleh *photodiode*. Nilai hasil deteksi *photodiode* dapat dibaca melalui protokol komunikasi I2C (*Inter Integrated Circuit*), dimana sensor MAX30100 terhubung pada *arduino uno* yang kemudian nilai tersebut dikirim ke komputer pada 115200 bps dengan komunikasi serial (Kerim Bedri, 2017).

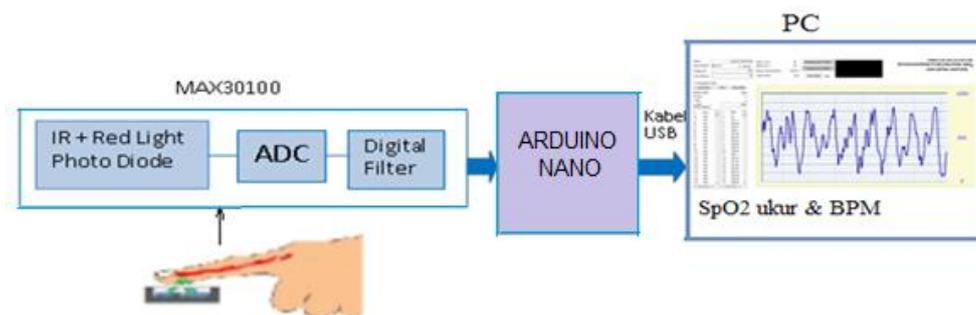
Karena informasi dan *monitoring* kadar saturasi oksigen dalam darah (SpO<sub>2</sub>) dan detak jantung sangat penting untuk analisa kesehatan tubuh, maka tujuan dari penelitian ini adalah merancang alat untuk mengukur kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung secara non-

*invasif* dengan menggunakan sensor cahaya *chip* MAX30100 yang diletakkan pada permukaan mekanik berbentuk penjepit dan akan dipasangkan pada ujung jari telunjuk sehingga terjadi absorpsi cahaya oleh molekul-molekul darah. Diharapkan alat ini memiliki fungsi yang sama seperti *oksimeter*, dengan tambahan adanya GUI (*Grafic User Interface*) untuk menampilkan data pasien beserta hasil ukur kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung yang bisa disimpan dan sinyal detak jantung yang bisa ditampilkan dan dimonitor di PC.

### **METODE PENELITIAN**

Untuk merealisasi alat deteksi kadar saturasi oksigen dalam darah (SpO<sub>2</sub>) dan detak jantung secara non-invasif, maka digunakan sensor *chip* MAX30100. Perencanaan penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian *hardware* (perangkat keras), dan bagian *software* (pengolahan data). Pada bagian *hardware*, sensor *chip* MAX30100 yang terdiri dari *LED* merah dengan panjang gelombang 660 nm, *LED* inframerah dengan panjang gelombang 940 nm berfungsi sebagai *transmitter*, sedangkan *photodiode* berfungsi sebagai *receiver*, sehingga data yang diterima oleh *photodiode* akan dibaca melalui protokol komunikasi I2C. Pengukuran diawali dengan menjepit ujung jari telunjuk kiri yang diletakkan diantara sumber *LED red*, *LED IR (infrared)* dan detektor *photodiode*. Kemudian data analog yang diterima oleh sensor *photodiode* dikonversi menjadi data digital menggunakan modul ADC dan filter untuk membuang *noise*.

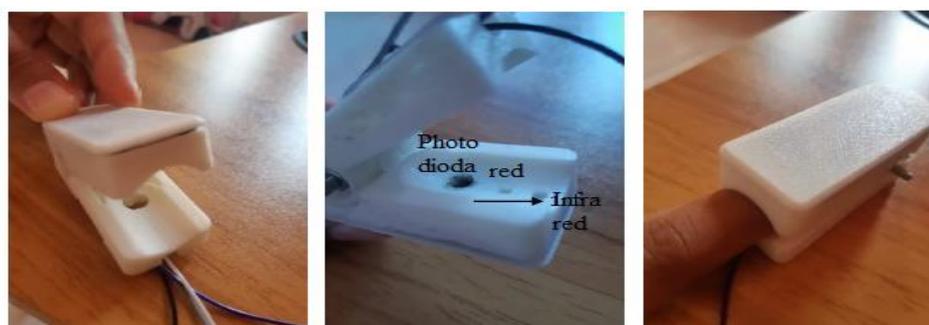
Bagian *software* terdiri dari *arduino nano* dan PC, dimana data dari sensor *chip* MAX30100 yang dibaca oleh *arduino* melalui protokol komunikasi I2C dengan menggunakan komunikasi serial (kabel USB) dan *software* IDE Arduino pada PC akan ditampilkan di GUI. Gambar diagram blok sistem secara keseluruhan seperti yang ditunjukkan pada gambar 1, dimana keseluruhan sistem terdiri dari 3 tahap yaitu *input*, proses dan *output*. Tahap *input* sistem merupakan tahap pengambilan data dari *LED infrared*, *LED red*, kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) dan detak jantung dari sensor MAX30100, sedangkan tahap proses sistem merupakan tahap pengolahan data hasil ukur dengan *arduino nano* dan PC. Tahap *output* merupakan tahap untuk menampilkan dan menyimpan *database* pasien serta untuk *monitoring* data hasil ukur SpO<sub>2</sub>, detak jantung dan sinyal detak jantung secara otomatis pada GUI di PC, sehingga data dapat dengan mudah dimonitor setiap saat.



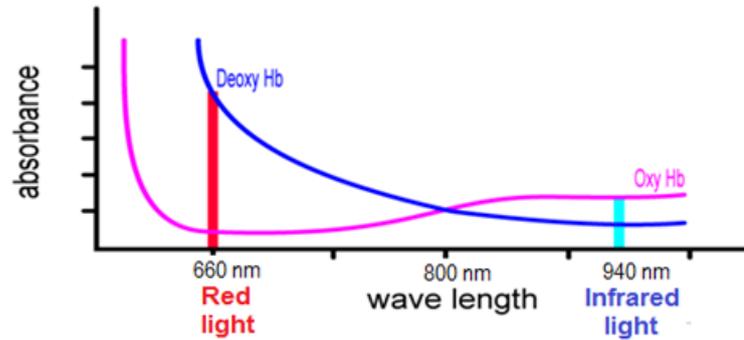
**Gambar 1. Diagram Blok System**

### Bagian *Hardware*

Bagian *hardware* yaitu sensor *chip* MAX30100 yang merupakan sensor optik yang menggunakan dua LED yaitu LED *red* dan LED *Infrared* yang berfungsi sebagai transmiter dan *photodiode* yang berfungsi sebagai *photodetector*. Pada sensor *chip* MAX30100 digunakan LED *red* dan LED *Infrared* karena *oxyhemoglobin* (HbO<sub>2</sub>) yaitu hemoglobin yang mengikat oksigen (O<sub>2</sub>), menyerap lebih banyak cahaya infra merah dan melewatkan lebih banyak cahaya merah. Sedangkan *deoxyhemoglobin* (RHb) yaitu hemoglobin yang mengikat karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan melepas O<sub>2</sub>, akan menyerap lebih banyak cahaya merah dan melewatkan lebih banyak cahaya infra merah. Cahaya merah mempunyai panjang gelombang 660 nm, sedangkan cahaya infra merah mempunyai panjang gelombang 940 nm. Gambar 2 memperlihatkan mekanik dari alat yang dirancang yang berbentuk jepitan karena sensor sangat sensitif terhadap cahaya, dan peletakan *chip* sensor MAX30100 menggunakan metode *reflectance mode*, yaitu *photodiode* diletakkan sejajar dengan LED *red* dan LED *infrared* sehingga sumber cahaya yang melalui pembuluh darah nadi (arteri) akan dilewatkan, diserap dan dipantulkan oleh zat atau hemoglobin (Hb) yang ada dalam darah, lalu diterima oleh *photodiode* (M. Shafiq, 2011). Sedangkan gambar 3 memperlihatkan grafik absorpsi (penyerapan) cahaya merah dan cahaya inframerah oleh *oxyhemoglobin* (HbO<sub>2</sub>) dan *deoxyhemoglobin* (RHb) yang ada dalam darah, dimana *oxyhemoglobin* (HbO<sub>2</sub>) menyerap lebih banyak cahaya infra merah dibandingkan cahaya merah, sedangkan *deoxyhemoglobin* (RHb) menyerap lebih banyak cahaya merah.



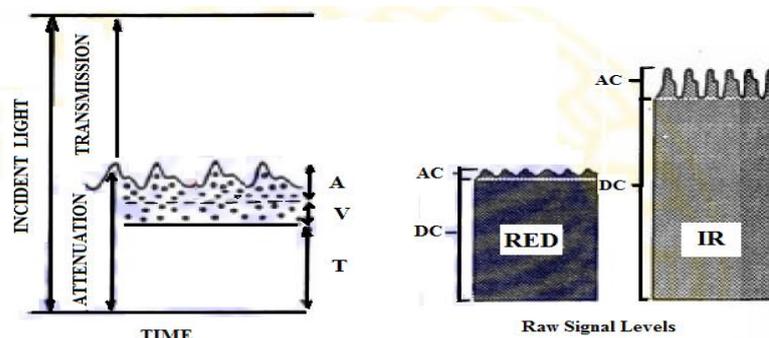
**Gambar 2. Mekanik Alat dengan Penempatan Sensor *Chip* MAX30100 Secara *Reflectance***



**Gambar 3. Grafik Penyerapan Cahaya Merah dan Inframerah Oleh HbO<sub>2</sub> dan RHb**

Sensor *chip* MAX30100 menggunakan LED *infrared* untuk mengukur pulsa detak jantung, sedangkan LED *red* dan *infrared* digunakan untuk menentukan persentase kadar SpO<sub>2</sub> dalam darah berdasarkan perbedaan penyerapan cahaya merah dan infra merah yang terjadi dalam darah, karena kadar saturasi oksigen mengacu pada persentase jumlah hemoglobin yang mengikat oksigen dibandingkan dengan jumlah total hemoglobin yang ada dalam darah. Berdasarkan hukum Lambert-Beer, jumlah cahaya transmisi yang diserap oleh zat yang ada pada darah bergantung pada konsentrasi zat penyerap cahaya, jarak lintasan yang ditempuh oleh cahaya, dan perbedaan HbO<sub>2</sub> dan RHb menyerap cahaya *red* dan *infrared* dalam pembuluh darah arteri dan vena (J.G Webster, 1997).

Banyaknya cahaya yang mencapai detektor cahaya (*photodiode*) merupakan transmisi cahaya pada ujung jari yang mengalami atenuasi (pengurangan) cahaya akibat aliran darah pada pembuluh arteri, vena dan jaringan tulang. Atenuasi cahaya yang disebabkan aliran darah vena dan jaringan tulang membentuk sinyal yang relatif stabil dan sinyal ini disebut komponen DC, sedangkan komponen atenuasi cahaya akibat denyut darah pada pembuluh arteri disebut sinyal tegangan AC.

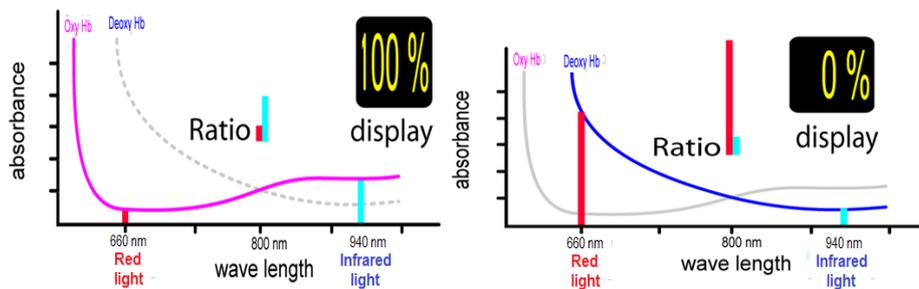


**Gambar 4. Transmisi Cahaya Melalui Ujung Jari**

Gambar 4 memperlihatkan transmisi cahaya pada ujung jari yang menimbulkan komponen DC dan sinyal tegangan AC pada saat terjadi atenuasi cahaya yang disebabkan pembuluh vena (V), arteri (A) dan jaringan tulang (T). Penyerapan lebih dari spektrum cahaya infra merah efektif ke spektrum cahaya merah adalah indikasi

dari oksigen saturasi yang tinggi dan penyerapan lebih dari spektrum cahaya merah efektif ke spektrum cahaya infra merah adalah indikasi dari oksigen saturasi yang rendah.

Sensor *chip* MAX30100 menggunakan sifat HbO<sub>2</sub> dan RHb yang menyerap cahaya dari panjang gelombang yang berbeda sehingga menghitung saturasi oksigen dilakukan dengan menentukan rasio yaitu membandingkan jumlah cahaya merah dan cahaya infra merah yang diserap oleh HbO<sub>2</sub> dan RHb yang ada dalam darah. Gambar 5 memperlihatkan rasio perbandingan penyerapan cahaya infra merah lebih besar dari cahaya merah maka ditampilkan persentase SpO<sub>2</sub> adalah 100%, sedangkan jika rasio perbandingan penyerapan cahaya merah lebih besar dari cahaya infra merah maka ditampilkan persentase SpO<sub>2</sub> adalah 0% (<https://www.howequipmentworks.com/pulse-oximeter/>).



**Gambar 5. Transmisi Cahaya Melalui Ujung Jari**

Untuk menentukan nilai rasio dari penyerapan cahaya merah dan infra merah dalam darah maka digunakan persamaan (1), sedangkan untuk menentukan kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) dalam darah maka digunakan persamaan (2) (J.G Webster, 1997).

$$R = \frac{\frac{AC_{red}}{DC_{red}}}{\frac{AC_{IR}}{DC_{IR}}} \quad (1)$$

Dimana : R = Nilai rasio

$AC_{red}$  = Tegangan AC efektif (RMS) cahaya merah

$DC_{red}$  = Tegangan DC cahaya merah

$AC_{IR}$  = Tegangan AC efektif cahaya infra merah

$DC_{IR}$  = Tegangan DC cahaya infra merah

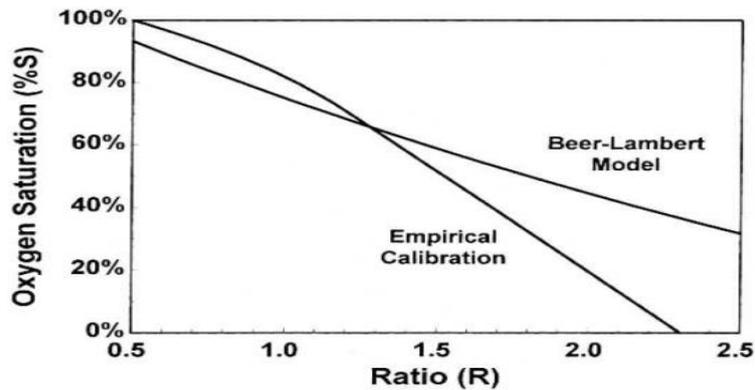
$$SpO_2 = 110 - 25 \times R \quad (2)$$

Dimana : SpO<sub>2</sub> = Kadar Saturasi Oksigen

R = nilai Rasio

Perhitungan kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) pada persamaan (2) berdasarkan hukum Lambert-Beer yang bergantung pada konsentrasi zat dalam darah dan panjang jalur cahaya. Namun realisasinya darah merah menyebar sehingga hukum Lambert-Beer

yang mempunyai korelasi linier antara rasio (R) dengan % SpO<sub>2</sub> tidak dapat diterapkan secara tepat karena akan ada kesalahan dalam menentukan kadar SpO<sub>2</sub> secara langsung. Untuk mengoreksi kesalahan, maka digunakan grafik kalibrasi seperti pada gambar 6 sehingga ada pembacaan hasil ukur yang valid dan tidak valid (<http://www.ti.com/lit/an/slaa274b/slaa274b.pdf>).



**Gambar 6. Grafik Hubungan Rasio (R) dan SpO<sub>2</sub> (%) Secara Kalibrasi Empiris dan Teoritis**

Gambar 6 menunjukkan bahwa kalibrasi empiris pada nilai rasio (R) 0,5 disamakan dengan 100 % SpO<sub>2</sub>. Nilai R 1 disamakan dengan 82 % SpO<sub>2</sub>, sedangkan nilai R 2,3 disamakan dengan 0% SpO<sub>2</sub>.

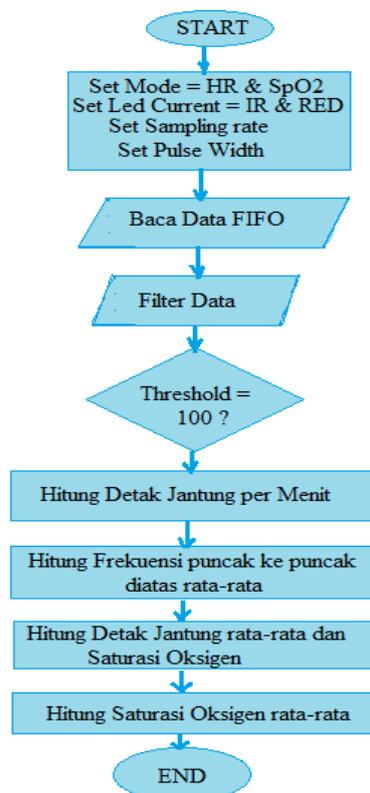
Pada sensor *chip* MAX30100, pembacaan data penyerapan cahaya oleh *photodiode* dioptimalkan dan dilakukan proses pengolahan sinyal di unit ADC dan filter serta dikomunikasikan melalui *microbus* I2C *interface*. *Bus driver* I2C merupakan *open drain*, dimana saat sinyal *low* adalah nol volt dan sinyal *high* dalam keadaan *floating*, maka untuk dapat membaca data keluaran sensor dibutuhkan resistor *pull-up* pada SDA dan SCL pada I2C. Sensor ini dapat dikonfigurasi melalui register, yaitu berupa konfigurasi arus LED yang dapat di program dari 0 mA hingga 50 mA dan resolusi ADC dari 13 bit hingga 16 bit. Selain itu data keluaran sensor yang disimpan pada FIFO dapat menampung hingga 16 sampel. Tiap sampel pada FIFO adalah 4 *byte* data, sehingga total data yang dapat disimpan di FIFO adalah 64 *byte*, dan dari 4 *byte* data tersebut 2 *byte* terdiri dari data LED inframerah dan 2 *byte* adalah data dari LED merah.

Implementasi sensor *chip* MAX30100 terdiri dari dua bagian yaitu membaca pulsa detak jantung hanya dengan LED *Infrared* dan menghitung kadar saturasi oksigen dalam darah (SpO<sub>2</sub>) menggunakan LED *red* dan LED *Infrared*. Sensor *chip* MAX30100 beroperasi dari catu daya 1.8V sampai 3.3V, dan dapat dimatikan melalui perangkat lunak (Raives Strogonous, 2019).

### Bagian Software

Bagian *software* terdiri dari *arduino nano* dan PC. *Arduino nano* merupakan *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega 328 yang berfungsi untuk membaca data dari sensor *chip* MAX30100 yang dikomunikasikan melalui protokol komunikasi I2C (*Inter*

*Integrated Circuit*), dan kemudian nilai tersebut dikirim ke komputer pada 115200 bps dengan komunikasi serial. Pengolahan data SpO<sub>2</sub> dan detak jantung pada *arduino uno* diperlihatkan pada *flowchart* program *arduino* pada gambar 7. Tujuan dari *flowchart* adalah untuk memudahkan proses pengolahan data, dimana *flowchart* menunjukkan bahwa pengambilan data dan pengolahannya dilakukan secara FIFO (*First in, First Out*), dimana untuk batas ambang data yang diolah yaitu frekuensi sampling dikali dengan 4. *Output* dari program adalah nilai *heart rate* dan SpO<sub>2</sub> dari sensor MAX30100, lalu data-data tersebut dikirim ke PC, dan ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik detak jantung di GUI.



**Gambar 7. Flowchart Program Arduino**

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang optimal karena sensor *chip* MAX30100 sangat sensitif terhadap cahaya maka data difilter berdasarkan *range* nilai standar detak jantung dan SpO<sub>2</sub>. Data detak jantung dikatakan *valid* jika berada diantara 40 – 200 bpm, sedangkan SpO<sub>2</sub> berada diantara 0 – 100 %. Gambar implementasi alat selama pengukuran dengan meletakkan ujung jari telunjuk kiri pada jepitan yang ada sensor MAX30100 terlihat seperti pada Gambar 8.



**Gambar 8. Posisi Pemakaian Alat**

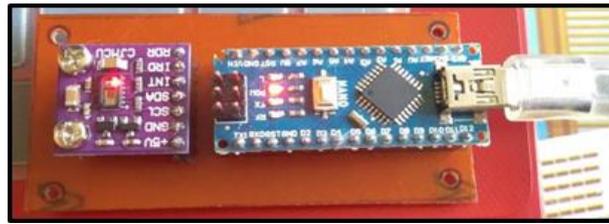
Untuk menampilkan hasil ukur atau proses sistem pada komputer, maka digunakan GUI (*Graphical User Interface*) dengan menggunakan *Visual Studio 2010* karena *software* tersebut *compatible* dalam *Operating System* pada *windows* dan juga tidak membutuhkan *space* memori yang cukup besar untuk sebuah *software* grafik. Pada penelitian ini, penggunaan *software* tersebut ditujukan untuk 2 hal yaitu pertama, untuk menampilkan hasil dari pembacaan data sensor MAX30100 untuk pengukuran kadar saturasi oksigen ( $SpO_2$ ) dalam bentuk angka, dan menampilkan data hasil pengukuran detak jantung dalam bentuk angka dan grafik, sedangkan yang kedua, sebagai *database* yang akan menyimpan semua data pasien dan hasil pengukuran kadar  $SpO_2$  dan detak jantung.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini, untuk mengetahui apakah sistem yang sudah direncanakan bisa bekerja sesuai dengan perencanaan serta untuk analisa ketelitian dari alat yang dirancang, maka dilakukan proses pengukuran dan pengujian pada sensor *chip* MAX30100, pada *Graphic Interface User* (GUI), dan pengujian keseluruhan sistem dengan cara melakukan pengukuran kadar  $SpO_2$  dan detak jantung dari 20 orang yang mempunyai *range* usia 18 sampai 50 tahun. Kemudian hasil pengukuran dibandingkan dengan hasil pengukuran alat *pulse oximeter Elitech* sebagai referensi sehingga tingkat ketelitian dan *error* dari alat ukur kadar saturasi oksigen dan detak jantung yang dirancang dapat diketahui.

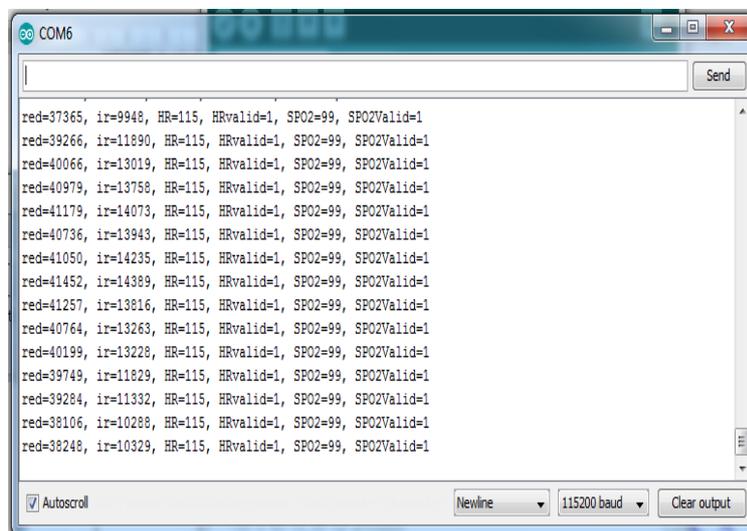
### **Hasil Pengujian Sensor *Chip* MAX30100**

Tujuan pengujian sensor *chip* MAX30100 adalah untuk mengetahui apakah sensor dapat bekerja dengan baik, dan apakah sensor dapat mengeluarkan nilai kadar saturasi oksigen ( $SpO_2$ ) dan detak jantung dengan baik. Pengujian dilakukan dengan cara mengunggah program  $SpO_2$  ke *Arduino Nano*, menghubungkan *pin out* yang ada pada sensor MAX30100 ke *mikrokontroler arduino nano* sesuai dengan *datasheet*, dan meletakkan ujung jari telunjuk kiri pada sensor Red LED dan Infrared LED yang ada pada alat, serta membuka serial monitor pada *software IDE arduino* untuk mengetahui hasil *output* dari sensor *chip* MAX30100. Rangkaian sensor Max30100 yang telah terhubung dengan *mikrokontroler Arduino Nano* dan PC dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9. Rangkaian Sensor MAX30100 ke Arduino dan PC**

Pada *arduino nano*, pengambilan dan pengolahan data dilakukan secara FIFO dengan batas ambang yaitu frekuensi sampling dikali 4. Dari proses tersebut didapatkan nilai kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung yang ditampilkan pada layar serial monitor *software* IDE Arduino seperti pada gambar 10 yang menampilkan hasil nilai pembacaan *red*, *infrared* (*ir*), *heart rate* (HR dalam satuan bpm), SpO<sub>2</sub> (satuan %), dan indikator *valid* (angka 1 untuk menunjukkan bahwa perhitungan *heart rate* dan SpO<sub>2</sub> dinyatakan *valid*).



**Gambar 10. Serial Monitor Hasil Baca Sensor MAX30100**

Dari gambar 10 terdapat 2 kemungkinan data yaitu valid dan tidak valid, dimana data dikatakan valid saat masih berada dalam *range Ratio Lookup Table for SpO<sub>2</sub> calculation* yang memiliki batas maksimum dan minimum dari nilai SpO<sub>2</sub> dan nilai detak jantung. *Range* nilai untuk SpO<sub>2</sub> yaitu 0 – 100 % sedangkan *range* nilai detak jantung yaitu 40 – 200 bpm.

Kemudian pada data sensor *chip* Max30100 yang terbaca dilakukan pengujian dengan membandingkan dengan data ukur *Pulse Oximeter Elitech* yang merupakan alat medis referensi yang sudah ada. Pengambilan data dilakukan di waktu dengan *range* yang sama, sehingga data ukur dari Max30100 dan *Pulse Oximeter Elitech* sebagai referensi ukur dapat dibandingkan dan ditentukan % *error* seperti pada persamaan (3).

$$Error (\%) = \frac{|Hasil Ukur Referensi - Hasil ukur alat|}{Hasil Ukur Referensi} \times 100 \% \quad (3)$$

Hasil Pengujian sensor Max30100 dan *Pulse Oximeter Elitech* sebagai alat referensi dilakukan pada 20 orang yang berusia antara 18 sampai 50 tahun, dengan hasil pengukuran kadar SpO<sub>2</sub> dari sensor Max30100 adalah 84 % - 97,56 %, sedangkan hasil pengukuran dengan *pulse oximeter elitech* adalah 85 % - 99 % sehingga rata-rata % *error* pembacaan SpO<sub>2</sub> adalah 0,84 %. Hasil pengukuran detak jantung dari sensor Max30100 adalah 82,6 bpm – 109,3 bpm, sedangkan hasil pengukuran dengan *pulse oximeter elitech* adalah 84 bpm – 107 bpm sehingga rata-rata % *error* pembacaan detak jantung adalah 1,6 %. Sedangkan tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sensor Max30100 dan *pulse oximeter* pada 8 orang sampel.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Max30100 dan *Pulse Oximeter Elitech*

Subyek	Jenis Kelamin (L/P)	Umur (tahun)	Nilai Kadar SpO <sub>2</sub>			Nilai Heart Rate		
			Max30100 (%)	Pulse Oximeter Elitech (%)	Error (%)	Max30100 (bpm)	Pulse Oximeter Elitech (bpm)	Error (%)
1	P	22	97,05	98	0,97	84,4	86	1,8
2	P	23	96,69	98	1,33	82,8	84	1,4
3	L	25	97,04	99	1,98	92,4	94	1,7
4	L	23	99	99	0	91	92	1
5	P	45	84	85	1	82,6	84	1,6
6	P	21	98	98	0	85,8	87	1,4
7	L	21	99	99	0	109,3	107	2
8	L	22	97,56	99	1,46	102,2	104	1,7
					<b>rata-rata Error</b>	<b>0,84</b>		
								<b>1,6</b>

### Hasil Pengujian *Graphic Interface User (GUI)*

Tujuan pengujian GUI adalah untuk mengetahui apakah GUI dapat terkoneksi dengan serial *port*, dan GUI digunakan untuk menampilkan hasil ukur kadar persentase SpO<sub>2</sub> dan detak jantung per menit. Prosedur pengujian GUI adalah dengan membuka *graphic User Interface* pengukuran kadar saturasi oksigen (SpO<sub>2</sub>) dan detak jantung (*heart rate*) dengan menggunakan sensor MAX30100 yang telah dibuat di visual studio 2012. Kemudian memastikan bahwa *hardware* sudah terhubung pada protokol yang ada, dan selanjutnya mengeklik start yang ada pada visual studio 2012 untuk mulai menjalankan GUI.

Untuk *Load Data medical record* pasien, dapat diproses dengan memasukkan ID yang telah didaftarkan sebelum proses pengukuran dimulai. Sehingga pada saat perintah *Load Data* atau *record* dijalankan, seperti pada gambar 11, maka GUI akan menampilkan data yang telah disimpan sebelumnya. Atau jika ada kesalahan maka bisa diperbaiki dan di-*update* kembali.

Patient's Data

ID

Name

Gender

Height  cm

Age  years old

**Gambar 11. Load Data Medical Record**

Tampilan pada gambar 12 akan terbuka setelah menekan tombol *Start* pada program visual studio 2012 yang dibuat dan *hardware* telah terhubung ke PC. Kemudian muncul *serial port* berapa *hardware* terhubung ke PC. Jika *hardware* belum terhubung dan sudah menekan tombol *Start*, maka akan keluar tampilan yang menunjukkan pesan "*Com Port Not Detected !!*". *Serial port* dan *baud rate* merupakan protokol yang berfungsi untuk menjalankan komunikasi serial antara PC dan *hardware* untuk menampilkan data sensor Max30100 yang telah diproses oleh *mikrokontroler*, dengan *baud rate* yang digunakan adalah 115200. Jika protokol telah sesuai, maka proses komunikasi bisa dimulai seperti pada gambar 13.

Heart Rate & SPO2

Patient's Data

ID SH08

Name Sulthan Siradjuddin

Gender Man

Height 170 cm

Age 21 years old

Serial Communication

Port Name COM3

Baudrate 115200

Result

SPO2 99 %

HeartRate 109.34 bpm

57486:50690:83:1:100:157265:50622:83:1:100:157345:50725:83:1:100:157343:506

PENGUKURAN KADAR OKSIGEN DARAH (SPO2) DAN HEART RATE MENGGUNAKAN SENSOR OXYMETRI CJMCU MAX30100

Max30100 Data

Red	Infrared	Heart Rate	Valid Heart Rate	SPO2	Valid SPO2
59896	53135	150	1	99	1
59894	53103	150	1	99	1
59896	53141	150	1	99	1
59919	53201	150	1	99	1
59947	53181	150	1	99	1
59994	53288	150	1	99	1
60005	53283	150	1	99	1
60017	53269	150	1	99	1
59983	53258	136	1	100	1
59978	53262	136	1	100	1
59970	53294	136	1	100	1
60041	53374	136	1	100	1
60033	53339	136	1	100	1
59956	53190	136	1	100	1
59895	53172	136	1	100	1
59925	53241	136	1	100	1

HeartRate Signal

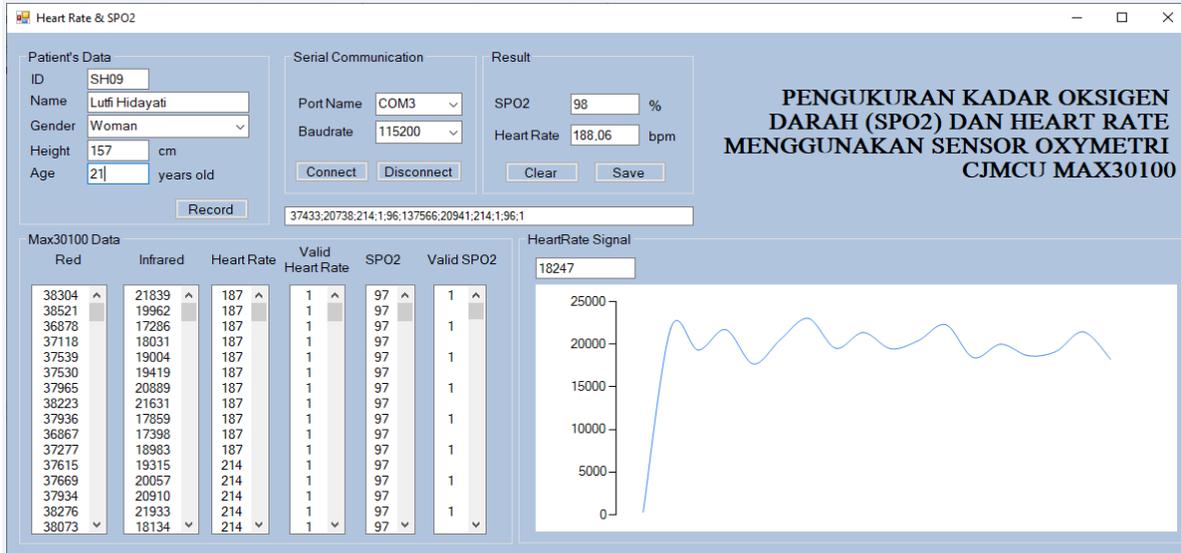
50294

**Gambar 12. Graphic User Interface Measurement**

Gambar 13 merupakan proses penampilan data di PC dari Arduino. Pada tampilan ini terdapat data dari *Red* LED, *IR* LED, detak jantung (*heart rate*), *valid heart rate*, SpO<sub>2</sub>, dan *Valid* SpO<sub>2</sub>. Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan nilai SpO<sub>2</sub> dan detak jantung serta gambar sinyal detak jantung. Sehingga dilakukan penguraian data yang dikirimkan oleh Arduino, dan nilai kadar SpO<sub>2</sub> dapat dipisah dan dilakukan rata-rata terhadap 75 data yang masuk atau terbaca oleh Arduino. Hasil akhir dari SpO<sub>2</sub> kemudian ditampilkan. Nilai detak jantung juga dipisah dan dilakukan rata-rata terhadap 60 data yang masuk atau terbaca oleh *arduino* dan hasil detak jantung ditampilkan dalam bentuk angka dan sinyal detak jantung.

Setelah selesai pengukuran dan *monitoring* kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung, maka data disimpan ke *database* yang telah dibuat. Proses bisa selesai dengan menekan tombol

“Finish” atau “clear” jika ingin kembali ke halaman awal untuk melakukan pengukuran dan *monitoring* kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung pada orang selanjutnya. Tombol “record” digunakan untuk menampilkan semua data hasil pengukuran yang telah dilakukan seperti pada gambar 14.



**Gambar 13. Proses Penampilan Data pada PC dari Arduino**

```

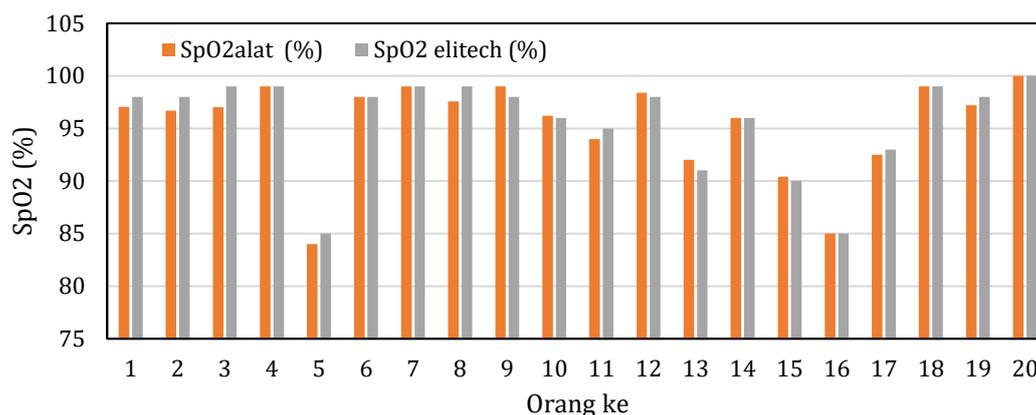
=====
20/09/2019      07.06.43
=====
ID       : SH01
Name    : Erlinda Putri Hardi .N
Gender  : woman
Height  : 160 cm
Age     : 19 years old
=====
SPO2    : 98
%
Heart Rate : 107,24
bpm
=====

=====
20/09/2019      19.18.53
=====
ID       : SH02
Name    : Fritska Hadi Noviani
Gender  : woman
Height  : 155 cm
Age     : 22 years old
=====
SPO2    : 98
%
Heart Rate : 166,96
bpm
=====

=====
22/09/2019      14.40.40
=====
ID       : SH03
Name    : Sherly Febrina Luhukay
Gender  : woman
Height  : 164 cm
Age     : 22 years old
=====
SPO2    : 95
%
Heart Rate : 199,96
bpm
=====
    
```

**Gambar 14. Tampilan Database Data Sample yang Tersimpan**

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan pengukuran kadar SpO<sub>2</sub> (%) dan detak jantung (bpm) pada 20 orang yang berusia antara 18 sampai 50 tahun. Kemudian hasil pengukuran SpO<sub>2</sub> dan detak jantung dibandingkan dengan hasil ukur *pulse oximeter elitech*. Data hasil pengukuran SpO<sub>2</sub> dapat dilihat pada gambar 15 dengan persentase *error* sebesar 0,84 %, sedangkan hasil pengukuran detak jantung mempunyai persentase *error* sebesar 1,6 %.



**Gambar 15. Hasil Pengukuran SpO<sub>2</sub> pada 20 Orang**

## KESIMPULAN

Deteksi dan *monitoring* kadar SpO<sub>2</sub> dan detak jantung dapat dilakukan secara non-invasif dengan menggunakan sensor *chip* Max30100 yang diintegrasikan dengan *arduino nano* dan PC dimana perbandingan antara hasil pengukuran sensor *chip* Max30100 dengan *pulse oximeter elitech* mempunyai persentase rata-rata *error* sebesar 0,84 % untuk pengukuran kadar SpO<sub>2</sub>, dan 1,6 % untuk pengukuran detak jantung, dan alat dapat mendeteksi ada 1 orang yang kadar SpO<sub>2</sub>-nya dibawah 90%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada P3M - Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS) yang telah mendanai penelitian ini melalui penelitian lokal tahun 2019.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amar S Bhogal, Ali R Mani. (2017). Pattern Analysis of Oxygen Saturation Variability in Health Individuals Entrophy of Pulse Oximetry Signals Carries Information about Mean Oxygen Saturation. *Frontiers in Physiology*, Vol. 8, Article 555, 2 Agustus 2017.
- Abhishek, Kumar, Amodh Kant Saxena, Ramesh Kumar Sonkar, (2015). "Non-Invasive Measurement of Heart Rate and Hemoglobin Concentration Level through Fingertip", *IEEE International Conference on Signal Processing, Informatics, Communication and Energy Systems (SPICES)*, Doi: 10.1109/SPICES.2015.7091549, Februari 2015..
- Hidayati Fitrohtul Uyam (2013). Pengaruh Lama Hipoksia Terhadap Angka Eritrosit dan Kadar Hemoglobin Rattus Norvegicus. *Jurnal Kesehatan Mutiara Merdeka*, Vol.13. No.1: 68 – 83.
- Kerim Sacan, Gokhan Ertau. (2017). Performans Degerlendirmesi Performance Assessment of Max30100 SpO<sub>2</sub>/Heart rate Sensor. *Jurnal IEEE*.

J G Webster, "Design of Pulse Oximeters", Institut of Physic Publishing Bristol and Philadelphia Medical Science Series, USA, 1997.

Raives Strogonous, "Implementing Pulse Oximeter Using MAX30100", diakses 8 April 2019.

Srushti Chavan, Prathana Gadekar, Manjunath Patil, S.P. Tondare dan S.P. Gaikwad (2018), "Solar Powered Non-Invasive Pulse Oximeter and Heart Rate Meter", International Jurnal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (IJIRCCE), Vol. 6, No. 5, pp.5280 - 5285, DOI:10.15680/IJIRCCE.2018.0605036, May 2018.

Vincent Chan, Steven Underwood, (2005). "A Single-Chip Pulsoximeter Design Using the MSP430", Application Report - Texas Instruments, SLAA274B, Revised February 2012. <http://www.ti.com/lit/an/slaa274b/slaa274b.pdf>

Wan, Jiayi, Yu Hua Zou, Ye Lie, dan Jun Wang, (2017). "Reflective type Blood Oxygen Saturation Detection System Based on MAX30100", proceeding of International Conference on Security, Pattern Analysis, and Cybernetics (CSPAC), 2017.

<https://helohealth.com> diakses 12 Februari 2021.

<https://doktersehat.com/detak-jantung-normal/> diakses 12 Februari 2021.

[https://www.howequipmentworks.com/pulse\\_oximeter/](https://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/) diakses 10 Februari 2021.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## KASUS *SCALY FACE* PADA KAKATUA PUTIH (*Cacatua Alba*) DI TAMAN KONSERVASI MADIUN UMBUL SQUARE

Henny Endah Anggraeni\*, Miftakhul Sulistian, Winantika Aprilia

Program Studi Paramedik Veteriner, Sekolah Vokasi IPB University, Indonesia

\*E-mail: [hennyendahanggraeni@apps.ipb.ac.id](mailto:hennyendahanggraeni@apps.ipb.ac.id)

### ABSTRACT

*Scaly face* is an infestation by burrowing mites *Knemidocoptes pilae*. It is frequently encountered in birds, where the mite affects featherless tracts, most commonly the beak, and eyelids. Losses due to ectoparasite infestation in birds was decreased appetite, hair loss, hyperkeratosis, alopecia, itching and death. The purpose of writing a case study is provides information about the management of the scaly face in the white parrot (*Cacatua alba*) in the Madiun Umbul Square Conservation Park. East Java, Indonesia, on 20 July - 20 August 2020. Observations were directly, by assisting in handling and treatment in isolation cages. A white parrot weighs 600 grams, from Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) showed hair loss and keratosis around the eyes and. Handling bird placement in isolation cages, skin scraping examination, found *Knemidocoptes pilae*, treatment with 0.02 ml of 1% ivermectin and 0.1 ml of Vetadryl® subcutaneously 3 times on 30 July, 10 and 17 August 2020. The results of treatment show healing such as appetite increases, keratosis disappears, and fine hairs grow around the eyes.

**Keywords:** *Cacatua alba*, Conservation park, *Knemidocoptes pilae*, *Scaly face*

### PENDAHULUAN

*Scaly face* merupakan penyakit yang disebabkan infestasi tungau *Knemidocoptes pilae*. *Knemidocoptes pilae* merupakan tungau kelas *Arachnida* yang sering menyerang burung paruh bengkok (kakatua putih). *Scaly face* menyebabkan kerontokan bulu, hyperkeratosis dan menimbulkan lesi yang merusak penampilan burung. Meski tidak menyebabkan kematian secara langsung, *scaly face* dapat membuat burung kesulitan makan karena timbulnya kebengkakan bagian pangkal paruh. Penyakit yang disebabkan oleh ektoparasit pada burung perlu diperhatikan karena mengakibatkan munculnya gejala penyakit. Pengobatan yang tepat harus diberikan, karena kasus yang parah dapat menyebabkan deformitas dari paruh, sehingga burung mengalami kesulitan makan dan dapat menyebabkan kematian.

Fase awal infestasi tungau *Knemidocoptes pilae* menimbulkan gatal di sekitar mata. Gejala ini biasanya tidak terpancang, pantauan dilakukan setelah terjadi *hyperkeratosis* dan lesi berwarna putih di sekitar mata. Kondisi kronis, menyebabkan burung gelisah, nafsu makan berkurang, dan mengalami rasa gatal berlebihan. Apabila pengobatan tidak segera dilakukan maka tungau menyerang bagian lain yang tidak berbulu seperti kedua kaki, cakar, telapak kaki, dan daerah di sekitar kloaka.

Kakatua Putih (*Cacatua alba*) merupakan salah satu burung endemik dari Indonesia. Burung kakatua putih tersebar di pulau Halmahera, Bacan, Ternate, Tidore, Kasiruta dan Mandiole. Burung kakatua putih dikategorikan dalam spesies *Endangered* (*The IUCN Red List of Threatened Spesies*) dan dilindungi oleh pemerintah Indonesia karena populasinya terus menurun dan termasuk ke dalam *Apendix II* (*Threatened birds of Asia: the BirdLife International Red Data Book, 2001*). Perlunya kajian terkait tata laksana penanganan kasus *Scaly face* pada kakatua putih (*Cacatua alba*) di Taman Konservasi Madiun Umbul Square.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### ***Scaly Face***

*Scaly face* merupakan penyakit yang disebabkan investasi ektoparasit jenis tungau. Tungau yang menyebabkan *scaly face* ialah jenis tungau *Knemidocoptes pilae* (Dabert *et et al.*, 2009). Tungau *Knemidocoptes pilae* menyebabkan alopecia, acanthosis, hiperkeratosis, pruritus, kerusakan bulu, hingga kematian pada burung (Pence *et al.*, 2008). *Scaly face* yang disebabkan *Knemidocoptes pilae* akan menyebabkan kondisi burung menjadi lebih buruk jika terjadi pada burung tua, malnutrisi, terluka, sakit, dan kekurangan gizi (Willete *et al.*, 2009). Burung yang terinfeksi *knemidocoptes* dalam tahap kronis akan mengalami penurunan nafsu makan, dan tungau akan menyerang bagian tubuh lainnya yang tidak berbulu seperti kaki, cakar, telapak kaki serta wilayah bagian kloaka. Proses kematian burung yang terinfeksi tidak secara tiba-tiba, burung tidak nafsu makan pada tahap kronis dapat menyebabkan burung kelaparan dan hal tersebut bisa menyebabkan burung mati. Penularan penyakit dapat terjadi ketika burung yang terinfeksi mengalami kontak dengan burung lainnya. selain itu, penularan dapat terjadi dari induk kepada anaknya. Penularan induk kepada anaknya tersebut dapat terjadi di dalam sarang ketika induk yang terinfeksi kontak langsung dengan anak yang belum memiliki bulu, menurut Gaudioso *et al.*, (2009) penularan *knemidocoptes* antar burung atau antar spesies jarang terjadi, dimungkinkan Imunitas atau sistem kekebalan tubuh burung menjadi faktor kecenderungan investasi tungau tersebut.

### ***Knemidocoptes Pilae***

*Knemidocoptes* adalah jenis golongan *Arachnida* dan merupakan tungau penggali dan biasa hidup pada terowongan kulit burung dan memiliki cara perkembangbiakan dengan cara vivipar (Dabert *et al.*, 2011). *Knemidocoptes* memakan keratin dari epitel kornifikasi dan membentuk rongga seperti kantong di kulit (Georgi, 1991). Ini menyebabkan proliferasi, lesi spons khas di sekitar cere, paruh dan mata (Hossain *et al.*, 2012). *Knemidocoptes* yang sering menginfeksi kulit burung adalah *Knemidocoptes mutans*, *Knemidocoptes galinae*, *Knemidocoptes pilae*, yang semuanya menyebabkan manifestasi penyakit dan tanda klinis yang berbeda (Bowman,1999). *Knemidocoptes Pilae* merupakan tungau yang sering menginfeksi jenis burung paruh bengkok. Infestasi *Knemidokoptes pilae* paling umum pada *budgerigars* atau parkit yang menyebabkan kerak pada paruh, cere, dan kaki (Koski, 2002),) *Knemidocoptes* dapat

menyebabkan gangguan pernafasan pada kasus lanjut (Ladds, 2009). *Knemidocoptes pilae* biasa ditemukan di daerah pangkal paruh, kulit kepala, telapak kaki, seluruh tubuh. *Knemidocoptes pilae* merupakan sejenis tungau yang memiliki metamorfosis tidak sempurna, siklus hidup tungau dimulai dari telur, larva, nimfa, dewasa.

*Knemidocoptes pilae* jantan dan betina memiliki perbedaan pada tubuhnya, *Knemidocoptes pilae* jantan dewasa memiliki ukuran tubuh panjang sekitar 350  $\mu\text{m}$  x 250  $\mu\text{m}$  sedangkan betina memiliki tubuh berukuran berbentuk bulat 600 x 500  $\mu\text{m}$ , dengan delapan kaki. Kaki tungau betina memiliki segmen pendek dan tidak memiliki pengisap, berbeda dengan tungau jantan. Ciri-ciri menonjol dari betina dewasa *Knemidocopte pilae* termasuk celah anal yang terletak di aspek punggung dan dua setae pendek di ujung idiosoma sedangkan tungau jantan memiliki dua setae yang lebih panjang dari betina pada terminus idiosoma. Tungau dewasa memiliki kaki yang berjumlah delapan berbeda dengan larva, Larva memiliki morfologi yang mirip dengan laki-laki dewasa, tetapi hanya memiliki enam kaki. Larva memiliki ukuran tubuh yang lebih kecil dari dewasa jantan dan betina, dengan panjang sekitar 300  $\mu\text{m}$  dan lebar 200  $\mu\text{m}$ . Larva juga memiliki tangkai panjang tidak bersendi dengan pengisap di ujung setiap kaki, mirip dengan jantan dewasa (Alsoud dan Karrouf, 2016)

## **MATERI DAN METODE PENELITIAN**

Studi kasus dilakukan di Taman Konservasi Madiun Umbul *Square*, Jawa Timur, Indonesia pada tanggal 20 Juli – 20 Agustus 2020. Pengambilan data dilakukan secara langsung dengan cara pengamatan dan observasi dalam membantu dokter hewan melakukan penanganan kasus *scaly face*.

Pengamatan dilakukan di kandang isolasi pada seekor burung kakatua putih (*Cacatua alba*) jantan bernama Wek Wek dengan berat badan 600 gram, hasil sitaan dari pemilik yang tidak memiliki surat izin dari Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA), sedangkan analisis data disampaikan secara deskriptif.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Sinyalemen**

Sinyalemen merupakan bagian penting dalam melaksanakan pemeriksaan hewan. Melalui sinyalemen dapat membantu dalam menentukan penanganan yang tepat, dan tindakan pencegahan bahkan pengobatan suatu penyakit. Sinyalemen dari hewan tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Sinyalemen Kakatua Putih Terinfeksi *Scaly Face***

No.	Parameter	Keterangan
1.	Nama	Wek wek
2.	Jenis hewan/spesies	Kakatua Putih
3.	Warna Bulu	Putih

4.	Jenis Kelamin	Jantan
5.	Umur	Tidak diketahui
6.	Tanda khusus	<i>Alopecia</i> bulu kepala, kerak berwarna abu-abu pada bagian kepala

Dokumen Pribadi, 2020

Burung kakatua jambul putih memiliki jambul berwarna putih, panjang tubuh 46 cm, lebar sayap 25 - 31 cm dan memiliki bulu ekor berwarna kuning (Arndt dan Pittman, 2003). Masa hidup burung kakatua di alam liar dapat hidup sekitar 30 - 40 tahun ketika burung tersebut berada di penangkaran. Burung kakatua merupakan burung yang umumnya hidup secara koloni kecil, Kakatua putih di Taman Konservasi Madiun Umbul Square adalah hibah dari Balai Konservasi Sumber Daya Alam BKSDA Jawa Timur, dan ditempatkan di kandang isolasi dalam proses karantina.

### Gejala Klinis

Gejala klinis yang ditunjukkan oleh kakatua jambul putih ini terlihat diam, penurunan nafsu makan, menggaruk-garuk bagian kepala hingga *alopecia*, luka pada bagian kepala, kerak putih pada kulit kepala. Menurut Gary D dan Curtis Beck (1993), burung yang terinfeksi tungau *Knemidocoptes* memiliki gejala klinis timbul kerak putih, bersisik dan timbul lesi pada bagian kepala, lesi dapat ditemukan pada paruh, kelopak mata, tungkai dan jari kaki.

*Scaly face* merupakan penyakit yang menyebabkan wajah burung bersisik dan lama-lama menjadi benjolan atau lesi yang merusak penampilan burung. Meski tidak menyebabkan kematian secara langsung, dapat menyebabkan burung kesulitan makan. Jika sudah terinfeksi tungau *knemidocoptes spp*, burung akan mengalami gatal di bagian pangkal paruh atas. Karena tungau ini berukuran sangat kecil, sulit dilihat dengan mata telanjang, biasanya tidak terpantau oleh pemilik atau penangkar burung. Kasus *scaly face* akan terlihat setelah terjadi plak / lesi berwarna putih (seperti kerak / sisik) di bagian pangkal paruh atas. Pada fase awal ini, apabila dilakukan pengobatan maka sangat memungkinkan burung segera sembuh.

Namun, apabila tidak segera diobati, lesi pada pangkal paruh atas makin meluas dan menebal. Tungau juga akan menginfestasi kulit di daerah sekitar paruh, termasuk cere (area di atas paruh, tempat lubang hidung), bahkan bagian atas mata, mata, hingga pipi dan bagian atas kepala. Jika sudah kronis, burung selalu gelisah, nafsu makan berkurang, dan mengalami rasa gatal berlebihan. Biasanya, kalau kondisi makin buruk, tungau juga menyerang bagian tidak berbulu seperti kedua kaki, cakar, telapak kaki, dan daerah di sekitar kloaka.

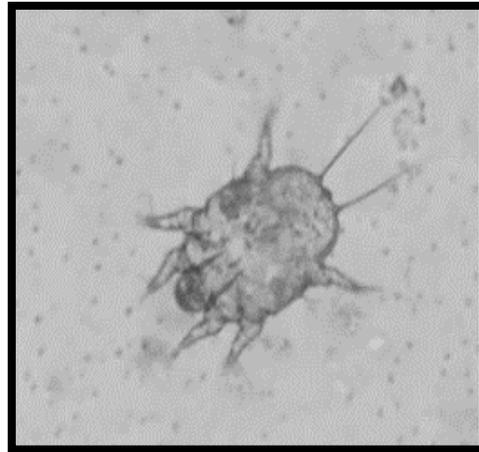
## Penanganan dan Pemeriksaan

Sebelum dilakukan pengobatan pada burung kakatua putih tersebut dipindahkan di kandang isolasi. Kandang isolasi adalah kandang yang digunakan untuk melakukan tindakan pengamatan intensif dan tindakan perlakuan khusus terhadap sebagian hewan selama masa karantina (Barantan, 2006). Penanganan kasus *scaly face* pada Kakatua Putih (*Cacatua alba*) di Taman Konservasi Madiun Umbul *Square* diawali dengan penempatan burung di kandang isolasi. Isolasi merupakan suatu tindakan untuk mencegah kontak diantara hewan pada suatu area atau lingkungan. Tindakan yang paling penting dalam pengendalian penyakit adalah meminimalkan pergerakan hewan dan kontak dengan hewan yang baru datang. Fasilitas yang digunakan untuk tindakan isolasi harus dalam keadaan bersih dan di disinfeksi (Buhman et al., 2007) Penempatan burung penderita *scaly face* di ruang terpisah adalah suatu tindakan yang tepat, terkait dengan faktor penularan dari kasus ini. Penularan tungau bisa terjadi melalui kontak langsung antara burung sakit dan burung sehat, antara induk dan anaknya, serta antara burung dan kotak sarang yang ditumbuhi tungau *Knemidocoptes spp.* Induk burung yang terinfeksi dan sedang mengerami telurnya, juga bisa menularkan tungau ini dan masuk melalui pori-pori kerabang telur dan menginfeksi seluruh cairan di dalam telur.

*Knemidocoptes* adalah jenis golongan *Arachnida* dan merupakan tungau penggali dan biasa hidup pada terowongan kulit burung dan memiliki cara perkembangbiakan dengan cara vivipar (Dabert *et al.*, 2011). *Knemidocoptes* memakan keratin dari epitel kornifikasi dan membentuk rongga seperti kantong di kulit (Georgi, 1991), menyebabkan proliferasi, lesi spons khas di sekitar cere, paruh dan mata (Hossain *et al.*, 2012). *Knemidocoptes* yang sering menginfeksi kulit burung dan ini adalah *Knemidocoptes mutans*, *Knemidocoptes galinae*, *Knemidocoptes pilae*, yang semuanya menyebabkan manifestasi penyakit dan tanda klinis yang berbeda (Bowman, 1999). *Knemidocoptes pilae* merupakan tungau yang sering menginfeksi jenis burung paruh bengkok. Infestasi *Knemidocoptes pilae* paling umum pada *budgerigars* atau parkit yang menyebabkan kerak pada paruh, cere, dan kaki (Koski, 2002), Tungau tersebut dapat mempengaruhi perilaku bertengger (Beck, 2000). *Knemidocoptes* dapat menyebabkan gangguan pernafasan pada kasus lanjut (Ladds, 2009). *Knemidocoptes pilae* biasa ditemukan di daerah pangkal paruh, kulit kepala, telapak kaki, seluruh tubuh, berpredileksi di bawah sisik kulit kaki atau kulit yang jarang bulunya serta membuat terowongan. Ketika tungau membuat terowongan dan memakan epitel kulit mengakibatkan terjadinya peradangan disertai eksudasi dan juga menimbulkan reaksi alergi.

Tahapan penanganan kasus ini diawali dengan tindakan pemeriksaan hasil kerokan kulit secara mikroskopis. Pemeriksaan secara mikroskopis dilakukan terhadap sampel kerokan kulit. Dilakukan dengan metode natif/langsung dengan cara mengerok

pinggiran atau tepi lesi dan debris-debris menggunakan *scapel*. Kemudian hasil kerokan diletakkan di atas *object glass* dan ditutup dengan *cover glass*. Setelah itu, diberikan KOH 10% berfungsi sebagai agen keratolitik yaitu untuk melisiskan keratin yang ada pada kerokan kulit. Dari hasil pemeriksaan kerokan kulit ditemukan adanya tungau *Knemidocoptes pilae* (Gambar1).



**Gambar 1. Tungau *Knemidocoptes Pilae* Perbesaran 100x**

Hasil pengamatan sampel terlihat larva memiliki morfologi yang mirip dengan tungau jantan dewasa, tetapi hanya memiliki enam kaki. Larva memiliki ukuran tubuh yang lebih kecil dari dewasa jantan dan betina, dengan panjang sekitar 300  $\mu\text{m}$  dan lebar 200  $\mu\text{m}$ . Larva juga memiliki tangkai panjang tidak bersendi dengan pengisap di ujung setiap kaki, mirip dengan jantan dewasa (Alsoud dan Karrouf, 2016).

*Knemidocoptes pilae* merupakan sejenis tungau yang memiliki metamorfosis tidak sempurna, siklus hidup tungau dimulai dari telur, larva, nimfa, dewasa. *Knemidocoptes pilae* jantan dan betina memiliki perbedaan pada tubuhnya, *Knemidocoptes pilae* jantan dewasa memiliki ukuran tubuh panjang sekitar 350  $\mu\text{m}$  x 250  $\mu\text{m}$  sedangkan betina memiliki tubuh berukuran berbentuk bulat 600 x 500  $\mu\text{m}$ , dengan delapan kaki. Kaki tungau betina memiliki segmen pendek dan tidak memiliki pengisap, berbeda dengan tungau jantan. Ciri-ciri menonjol dari betina dewasa *Knemidocoptes pilae* termasuk celah anal yang terletak di bagian punggung dan dua *setae* pendek di ujung idiosoma sedangkan tungau jantan memiliki dua *setae* yang lebih panjang dari betina pada terminus/terminal idiosoma.

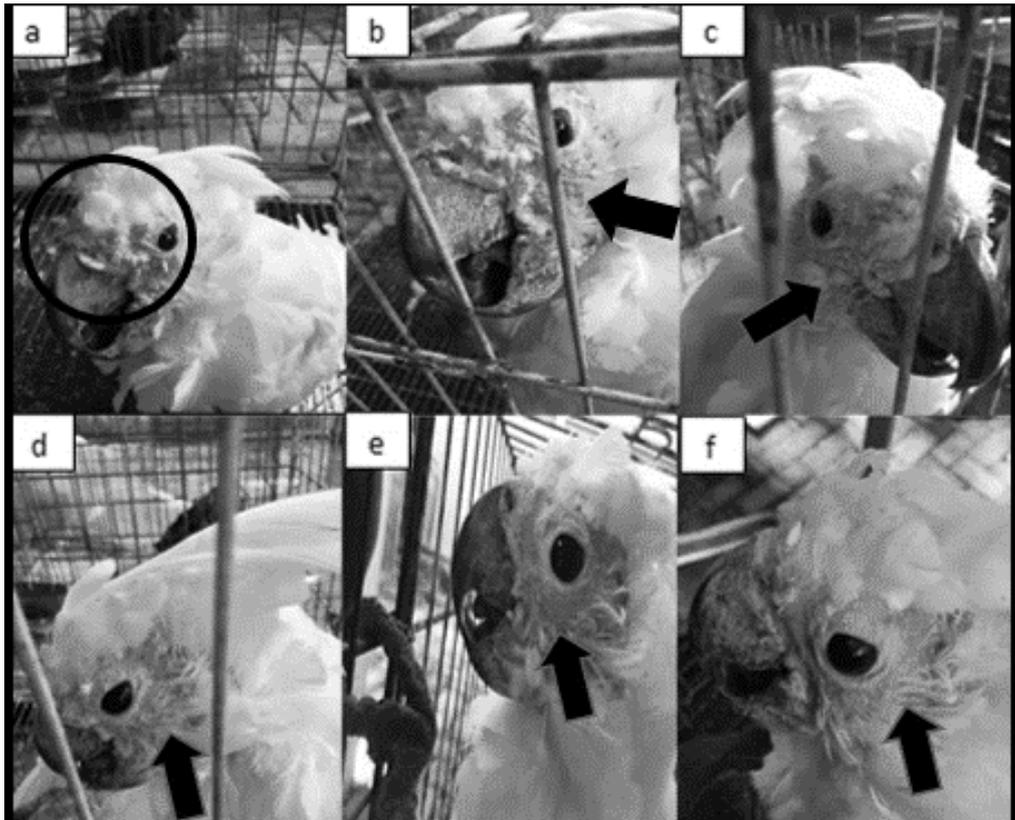
### **Pengobatan Kasus *Scaly Face***

Pengobatan dilakukan dengan pemberian injeksi secara *subcutan* 0,02 ml intermectin® dan 0,1 ml Vetadryl®. *Intermectin* memiliki kandungan *Ivermectin* 1%. *Intermectin* termasuk obat golongan antelmintik. *Ivermectin* bekerja pada sistem saraf dan fungsi otot sehingga mengakibatkan kelumpuhan dan kematian parasit (Campbell dan Benz 1984; Ludmerer *et al.* 2002). Menurut Aranzazu *et al.*, (2007) *ivermectin* bekerja dengan cara mengeluarkan dan mengikat *Gamma Amino Butyric Acid (GABA)* yang

berfungsi memblokir dan impuls syaraf perifer dan otot polos parasit. *Vetadryl*<sup>®</sup> merupakan obat jenis antihistamin yang digunakan untuk pengobatan penyakit alergi (Simons, 2011). *Vetadryl*<sup>®</sup> memiliki kandungan *dipenhidramine* HCl 20 mg dengan mekanisme kerja sebagai penghambat pengeluaran histamin yang berlebihan (alergi). Pada prinsipnya, golongan obat *dipenhidramine* HCl adalah antihistamin yang bekerja dengan cara menghambat efek histamin pada pembuluh darah, bronkus, dan bermacam-macam otot polos. Selain itu, dapat mengobati reaksi hipersensitivitas atau keadaan lain yang disertai pelepasan histamin endogen yang berlebihan.

Pemberian *intermectin*<sup>®</sup> dan *Vetadryl*<sup>®</sup> dilakukan 3 kali yaitu pada tanggal 30 Juli, 10 dan 17 Agustus 2020. Interval pemberian 7-14 hari. *Ivermectin* tidak dapat membunuh telur, sehingga harus dilakukan pengulangan sesuai dengan interval dan dosis. Interval terapi yang dianjurkan adalah antara 7-14 sampai hewan dinyatakan sembuh dari ektoparasit (Karakurum *et al.*, 2007). Pengulangan tersebut dimaksudkan agar telur yang sudah menjadi larva dapat dibunuh oleh *ivermectin*.

Pemberian *intermectin* pada burung kakatua putih di Taman Konservasi Madiun Umbul *Square* memberikan perkembangan baik. Pengamatan perkembangan dilakukan selama pasca injeksi obat anti ektoparasit dan antihistamin. Burung yang *terinfestasi* ektoparasit sebelum pemberian obat terlihat diam, menggaruk-garuk badan, pakan sering tidak habis, tidak memiliki nafsu makan karena hewan merasa gatal pada bagian kepala. Pasca penyuntikan obat *intermectin* dan *Vetadryl*<sup>®</sup> setelah 3 hari didapatkan hasil pengamatan bahwa terjadi perubahan perilaku dari kakatua tersebut dimana kakatua sudah mulai menghabiskan pakan dan mulai berperilaku aktif seperti berjalan, menari. Perilaku terjadi karena obat *vetadryl* bekerja meredakan rasa gatal dan *intermectin* bekerja membunuh tungau yang ada di tubuh burung tersebut. Adanya kerontokan kerak yang terlihat pada wadah feses burung kakatua putih tersebut, yang disebabkan oleh tungau yang berada di jaringan kulit pada kakatua sudah mati dan kulit tersebut berganti dengan jaringan baru. Tanda hewan sembuh antara lain dengan peningkatan nafsu makan, peningkatan aktivitas kakatua putih (berjalan, menari), kerontokan kerak (Gambar 2).



**Gambar 2. (a) Burung kakatua sebelum pengobatan, (b), (c) pasca diinjeksi, (d), (e) kerak berkurang, (f) mulai tumbuh bulu-bulu halus**

Burung yang terinfeksi *Knemidocoptes pilae* akan mengalami gatal-gatal pada pangkal paruh atas, timbul sisik, benjolan yang menyebabkan burung yang terinfeksi mengalami kesulitan untuk makan. Hiperkeratosis merupakan respons kulit dengan memproduksi lapisan keratin ekstra untuk melindungi area kulit yang rusak, hal tersebut disebabkan karena iritasi dan peradangan yang disebabkan oleh kakatua yang menggaruk-garuk bagian tubuh yang gatal terlihat pada gambar 2a dan 2b *hyperkeratosis* di daerah pangkal paruh, dan di daerah bawah mata. Gambar 2a dan b memperlihatkan kondisi kakatua sebelum diberikan pengobatan. Gambar 2c merupakan kondisi kakatua pasca injeksi, perilaku dari kakatua mulai normal dan daerah wajah tidak ada penambahan kerak. *Ivermectin* bekerja pada sistem saraf dan fungsi otot sehingga mengakibatkan kelumpuhan dan kematian parasit. Antihistamin yang bekerja dengan cara menghambat efek histamin pada pembuluh darah, bronkus, dan bermacam-macam otot polos, selain itu obat ini dapat mengobati reaksi hipersensitivitas (Greaves, 2001). Gambar 2d dan 2e menunjukkan *hyperkeratosis* mulai lepas dan berkurang akibat pengaruh dari injeksi obat *intermectin*®. Pengamatan dilakukan kembali pada tanggal 20 Agustus 2020 terlihat pada gambar 2e dimana daerah wajah kakatua terjadi regenerasi kulit dan mulai terlihat pertumbuhan bulu pada burung kakatua putih. Kakatua mulai aktif kembali, nafsu makan kembali normal.

## KESIMPULAN

Penanganan kasus *scaly face* pada kakatua putih (*Cacatua alba*) di Taman Konservasi Madiun Umbul *Square* diawali dengan penempatan burung di kandang isolasi. Pemeriksaan kerokan kulit secara natif ditemukan tungau *Knemidocoptes pilae*. Pengobatan dilakukan dengan pemberian injeksi secara *subcutan* 0,02 ml *Intermectin*<sup>®</sup> (kandungan *Ivermectin* 1%) dan 0,1 ml *Vetadryl*<sup>®</sup> sebanyak 3 kali yaitu pada tanggal 30 Juli, 10 dan 17 Agustus 2020. Kakatua putih sembuh pasca injeksi terlihat dari peningkatan nafsu makan, aktivitas, kerontokan jaringan yang mengalami hiperkeratosis, serta pertumbuhan bulu-bulu halus pada daerah bekas reruntuhan kerak di sekitar mata burung.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Taman Konservasi Madiun Umbul *Square*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aranzazu, G.C., M. Ana, P.M. Sahagu'n, J.D. Liebana, L.Z. Martinez, M.S. Vega, JJuan and G. Vieitez. 2007. *The Pharmacokinetics and Metabolism of Ivermectin in Domestic Animal Species*. Department of Biomedical Sciences. Veterinary Faculty, University of Leon Spain.
- Bird Life International. 2001. *Threatened Birds of Asia: The Bird Life International Red Data Book*. Cambridge (UK): Birdlife international
- Buhman, M., Grant, D. & Griffin, D. (2007). *Biosecurity Basics for Cattle Operations and Good Management Practices (GMP) for Controlling Infectious Diseases*. The University of Nebraska-Lincoln Extension
- Dabert, J., Mihalca, A. D., and Sandor, A. D. 2011. The first report of *Knemidocoptes intermedius* Fain et Macfarlane, 1967 (Acari: Astigmata) in naturally infected European birds. *Parasitology Research* 1, 237.
- Gary D. Butcher DVM, Curtis B. Research biologist. College of Veterinary Medicine. UF/IFAS Extension. Gainesville. 3(2):6-11.
- Georgi JR, Georgi ME. 1991. *Parasitology for veterinarians*. Saunders. 4(2): 23-30.
- Greaves MW. 2001. Antihistamines. Dalam: Wolverthon SE, penyunting. *Comprehensive dermatologic drug therapy*. Edisi ke-1. New York: W.B.Saunders Company;h.360-74
- Hossain MDK, Sanderson D, Nahar K, Gestier A, Khan MS, Hamid K. 2012. Dose titration, efficacy and safety of 'drop on' ivermectin for the management of *knemidocoptes* species infestation in budgerigars. *Journal of Applied Pharmacology*. 3(4): 670-675.

- Karakurum MC, Ural K, Cingi CC, Guzel M, Haydardedeoglu AE, Borku MK. 2007. Evaluation of ivermectin tablets in the treatment of generalized canine demodicosis. *Revue Méd. Vét.* 158(7): 380-383
- Ludmerer, S.W., V.A. Warren, B.S. Williams, Y.Zheng, D.C. Hunt, M.B. Ayer, M.A. Wallace, A.G. Chaudhary, M.A. Egan, P.T.Meinke, D.C. Dean, M.L. Garcia, D.F. Cully and M.M Smith. 2002. Ivermectin and nodulisporic acid receptors in *Drosophila melanogaster* contain both gamma-aminobutyric acid-gated Rdl and glutamate-gated GluCl alpha chloride channel subunits *Biochemistry.* 41 (20):6548-6560
- Simons FE, Simons KJ. 2011. Histamin and H1 antihistamines: Celebrating a century of progress. *Journal allergi clin immunol.* 128:1139-1150