

Pembuatan Sistem *Real Time Monitoring* Pengukur *Oil Layer* pada *Vertical Continuous Tank* di Pabrik Kelapa Sawit Pekawai Kalimantan Barat

Dholi Paris Oktami^{1,1*}, Hanifadinna¹, Lia Laila¹

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Sawit, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

Abstrak. *Vertical Continuous Tank (VCT)* merupakan sebuah tangki yang difungsikan untuk proses pemisahan minyak, emulsi, air, dan *sludge* menggunakan prinsip pengendapan berdasarkan perbedaan massa jenis. Salah satu fluida yang sangat penting untuk dikontrol adalah *oil layer*. *Oil layer* dalam tangki *VCT* dapat dilihat dengan menggunakan *sight glass*. Kondisi *sight glass* pada pabrik sangat mudah kotor. Hal ini menyebabkan operator kesulitan dalam melakukan pembacaan dan melakukan *monitoring*. Kondisi ini akan mempengaruhi kenaikan kandungan minyak pada *sludge underflow* diatas 8%, karena pengutipan minyak melalui *oil skimmer* tidak sesuai dengan *set point* yang diinginkan. Dilatar belakangi oleh kondisi tersebut, maka dirancang suatu sistem kontrol yang dapat menjalankan fungsi indikasi dan *real time monitoring*. Sistem dibuat menggunakan sensor ultrasonik yang teintegrasi dengan bandul yang bergerak naik turun didalam sebuah *chamber*. Nilai pengukuran didapatkan dari selisih jarak pembacaan sensor terhadap bandul yang diletakkan pada permukaan minyak dan pada titik perbatasan antara air dan minyak. Informasi jarak dari sensor tersebut akan menjadi masukan dan diolah oleh *Mikrokontroler Arduino*. *Arduino* diprogram untuk merespon perubahan *oil layer* dan menentukan *set point*. Saat *set point* tertentu tercapai maka lampu indikator dan sirine akan menyala sesuai dengan kode program. Perubahan jarak dari sensor akan dibaca oleh *arduino* dan tersimpan secara *real time* pada *data logger*. Data ditampilkan secara *real time* melalui *LCD display*. Keakuratan alat, diketahui dengan membandingkan 30 sampel nilai hasil pengukuran yang diambil secara acak dari *data logger* terhadap pengukuran yang dilakukan secara manual. Sedangkan pengaruh pemasangan alat, diketahui dari data kandungan minyak pada *sludge underflow* sebelum dan setelah pemasangan alat. Berdasarkan data kandungan minyak pada *sludge underflow* dan perbandingan yang dilakukan, didapatkan selisih rata-rata pengukuran sebesar 2,66 cm dengan persentase keakuratan mencapai 90,94%, serta sistem yang dibuat mampu menurunkan kandungan minyak pada *sludge underflow* sebesar 1,586%.

Keywords: *Data logger, oil layer, realtime monitoring, ultrasonik HC-SR04, vertical continuous tank*

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pada era saat ini Indonesia masih menjadi salah satu komoditas ekspor minyak kelapa sawit terbesar di dunia, untuk terus mempertahankannya maka Indonesia dituntut agar selalu menjaga kualitas minyak sawitnya. Dalam menghasilkan minyak kelapa sawit yang berkualitas, Tandam Buah Segar (TBS) diolah di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) secara bertahap pada stasiun-stasiun yang ada hingga menjadi *Crude Palm Oil (CPO)*. Untuk mendapatkan hasil ekstraksi berupa CPO, serangkaian proses dilakukan pada Stasiun Klarifikasi. Tujuan utama proses klarifikasi ini adalah untuk

menghasilkan CPO dengan kualitas yang sesuai standar dan mendapatkan *Oil Extraction Rate (OER)* yang maksimum, dengan melakukan kontrol yang optimal untuk memperkecil *Oil Losses* dengan pemakaian biaya serendah mungkin. Salah satu standar yang harus dipenuhi pada proses di stasiun ini adalah kandungan minyak pada *sludge underflow* yang dijaga dibawah 8%. Salah satu upaya untuk menurunkan kandungan minyak pada *sludge underflow* adalah dengan mengontrol proses yang terjadi di *Vertical Continuous Tank (VCT)*. *VCT* merupakan sebuah tanki tempat terjadinya proses pemisahan antara *Sludge* dan minyak serta komponen *crude oil* lainnya dengan prinsip pengendapan. Prinsip pengendapan ini bertujuan

^{1*} Corresponding author: parisdholi@gmail.com

untuk mendapatkan minyak semaksimal mungkin, dengan pencapaian kualitas minyak (*Dirt*) yang baik. Untuk mencapai tujuan tersebut maka lapisan minyak (*Oil Layer*) yang ada di dalamnya harus dikontrol dengan baik sehingga dapat dijadikan acuan untuk pengutipan minyak melalui *Oil Skimmer*. Untuk mempermudah mengontrol *Oil Layer*, tangki VCT dilengkapi dengan gelas penduga yang berfungsi untuk melihat ketebalan *Oil Layer*. Akan tetapi, gelas penduga yang ada kerap atau sering kali dalam keadaan yang tidak sesuai, baik dari kondisi gelas penduga yang mudah kotor dan susah dibaca karena terdapat lapisan kotoran yang menempel di sepanjang kaca maupun posisinya yang sangat sulit untuk dijangkau. Berdasarkan kondisi diatas, dikhawatirkan dalam mengendalikan *oil layer* yang ada di dalam tangki kinerja operator menjadi tidak optimal sehingga pengutipan minyak tidak sesuai dengan *oil layer* yang diinginkan yaitu 40 – 60 cm, yang berakibat pada *Dirt ex VCT* dan minyak pada *sludge underflow* tinggi. Untuk meminimalisir hal tersebut pada penelitian ini dibuat sebuah alat yang dapat mengetahui ketebalan *oil layer* pada VCT secara akurat dan sebagai indikator pengutipan minyak, serta memanfaatkan *data logger* untuk menyimpan seluruh hasil pengukuran ketebalan minyak VCT setiap harinya di dalam *microSD* yang disajikan dalam bentuk excel.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh pemasangan alat terhadap kandungan minyak pada *sludge underflow*.
2. Menentukan performa alat yang dibuat.
3. Menentukan kelayakan alat yang dibuat jika ditinjau dari aspek ergonomi.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Vertical Continuous Tank

Vertical Continuous Tank adalah alat yang berfungsi sebagai tempat pemisahan minyak, emulsi, air, dan *sludge* serta benda lain yang terikut ke dalam *crude oil*. Prinsip pemisahan tersebut berdasarkan perbedaan massa jenis dari masing-masing komponen crude oil. Pengutipan minyak dilakukan pada tangki VCT apabila minyak mencapai ketebalan 40-60 cm dengan pembacaan menggunakan gelas penduga (*sight glass*). Pengutipan minyak pada tangki ini harus dilakukan secara tepat. Hal ini karena, jika minyak telah melebihi 60 cm belum dilakukan pengutipan maka kandungan minyak pada *sludge underflow* akan tinggi yang berdampak pada

ketidakmampuan *decanter* untuk mengolah *sludge* sehingga akan menjadi *losses* yang akan merugikan perusahaan. Sedangkan jika ketebalan dibawah 40 cm belum dilakukan stop pengutipan, maka akan berdampak pada meningkatnya kadar kotoran (*dirt*) pada pada proses berikutnya sehingga kualitas minyak produksi menjadi menurun

2.2. Massa Jenis

Massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (misalnya air) ^[7]. Secara matematis massa jenis dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

dimana :

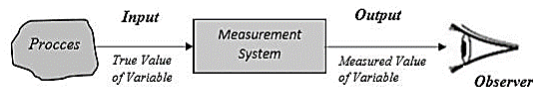
ρ = Massa Jenis (Kg/m³),
 m = Massa (Kg),
 V = Volume (m³)

Massa jenis atau kerapatan suatu fluida dapat bergantung pada banyak faktor seperti temperatur fluida dan tekanan yang mempengaruhi fluida. Akan tetapi pengaruhnya tidak signifikan sehingga massa jenis suatu fluida dinyatakan konstanta atau bilangan tetap. Massa jenis merupakan ciri khas setiap zat. Oleh karena itu zat yang berbeda jenisnya pasti memiliki massa jenis yang berbeda pula.

2.3. Pengukuran dan Instrumentasi

Pengukuran (*Measurement*) adalah suatu kegiatan membandingkan nilai besaran yang diukur (belum diketahui nilainya) dengan besaran yang telah diketahui nilainya yang dianggap sebagai standar. Sedangkan, Instrumentasi didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari dan mengaplikasikan pengukuran dan pengendalian variabel proses (level, tekanan, temperatur, *flow rate*, humiditas, pH, komposisi, dan lainnya) untuk mencapai tujuan sesuai dengan kebutuhan dalam cakupan dan bidangnya (produksi, manufaktur, dsb) ^[2]. Salah satu tujuan dari sistem pengukuran adalah untuk menghubungkan antara pengamat dengan proses melalui rangkaian input (nilai sebenarnya dari variabel), proses, dan output (nilai yang diukur dari variabel) dimana pengamat akan melihat hasil pengukuran yang merupakan nilai saat ini

dari variabel informasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 ^[1].



Gambar 1. Tujuan Sistem Pengukuran ^[1].

2.3.1. Struktur Sistem Pengukuran

Sistem pengukuran terdiri dari beberapa elemen atau blok yang terkait satu sama lain, pengukuran dimulai dari adanya input, kemudian komponen deteksi (*sensing element*), pengkondisi sinyal (*signal conditioning element*), pemroses data (*signal presentation element*), penampil data (*data presentation element*) sehingga akan menampilkan hasil pengukuran ^[1]. Untuk memperjelas struktur sistem pengukuran dapat



dilihat pada diagram blok pada Gambar 2.

Gambar 2. Diagram Blok Struktur Sistem Pengukuran ^[1].

1. **Komponen Deteksi (*Sensing Element*)**
Elemen deteksi ini merupakan bagian yang berhubungan dengan proses dan memberikan output yang tergantung pada variabel yang akan diukur. Berikut contoh sensor dalam sistem pengukuran ^[1].

- Ultrasonik HC-SR04, adalah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Bentuk dari sensor ultrasonic HC-SR04 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sensor Ultrasonik HC-SR04.

2. **Elemen Pemrosesan Sinyal (*Signal Presentation Element*)**

Sinyal yang telah disesuaikan oleh pengkondisi sinyal akan diproses agar dapat ditampilkan pada komponen penampil data menjadi bentuk yang

lebih cocok untuk presentasi. Contoh pemroses sinyal antara lain ^[1] :

- *Arduino Uno*, merupakan mikrokontroler yang berfungsi menerima input dari sensor untuk menggerakkan aktuator. Berikut merupakan mikrokontroler yang digunakan seperti pada Gambar 4.

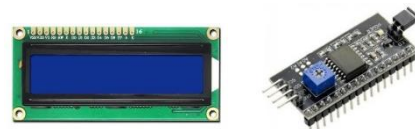


Gambar 4. *Arduino Uno*

3. **Elemen Penampil Data (*Data Presentation Element*)**

Data digital yang telah dikalkulasikan oleh pemroses sinyal akan ditampilkan pada suatu alat penampil data dalam bentuk yang dapat dengan mudah dikenali oleh pengamat (manusia). Contoh penampil data antara lain ^[1] :

- *Liquid Crystal Display*, Untuk menampilkan hasil pengukuran ketebalan minyak di *vertical continuous tank* maka dibutuhkan sebuah LCD. *Liquid Crystal Display* (LCD) adalah salah satu media yang digunakan sebagai penampil pada sistem berbasis mikrokontroler. LCD yang digunakan pada tugas akhir ini mempunyai lebar *display* 2 baris dan 16 kolom atau biasa disebut sebagai LCD 16x2. Untuk mengurangi penggunaan pin pada *board arduino* digunakan modul I2C jenis I2C LCD 1602 2004 LCD 16x2, hanya menggunakan 2 pin analog A4 dan A5 yang dihubungkan dengan SDA dan SCL untuk menghubungkan LCD dengan *board arduino*. Berikut merupakan alat penampil data yang digunakan seperti pada Gambar 5



(a) (b)

Gambar 5. (a) LCD (b) I2C

2.4. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah computer yang berukuran kecil (miko) dengan chip *IC* (*integrated circuit*) yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program didalamnya. *Arduino* memiliki konfigurasi input dan output yang sederhana dan dapat dikembangkan melalui berbagai macam kode program dan dihubungkan

dengan perangkat keras seperti sensor digital atau analog, display, lampu indikator, relay, dan lain-lain^[4]. Untuk memprogram *board Arduino* dibutuhkan aplikasi *IDE (Integrated Development Environment)*. Aplikasi ini merupakan aplikasi bawaan *Arduino* yang berguna untuk membuat, membuka, dan mengedit *sketch*. *Sketch* merupakan *source code* yang berisi logika dan algoritma yang akan diupload ke dalam *IC* mikrokontroler (*Arduino*)^[3]. *Arduino IDE* dibuat dari bahasa pemrograman *JAVA* dan dilengkapi dengan *library* berbahasa *C*. Terdapat dua fungsi yang harus didefinisikan untuk melakukan pemrograman yang dapat dijalankan (*uploading*) ke *board Arduino Uno*, fungsi tersebut yaitu .

1. *Void Setup ()*, fungsi yang berjalan hanya satu kali pada awal program dijalankan. Tujuan dari *void setup* adalah untuk mendeklarasikan perintah masing-masing variabel, dan menentukan pin mode (digital atau analog) pada *board Arduino Uno*. salah satu program yang biasa diposisikan pada bagian ini adalah “*Serial.begin (9600) ;*”^[4].
2. *Void loop ()*, fungsi yang akan dieksekusi secara berulang dan terus menerus pada *board Arduino Uno*, dimana program yang telah diunggah bisa berjalan baik ketika *Arduino IDE* aktif ataupun tidak^[4].

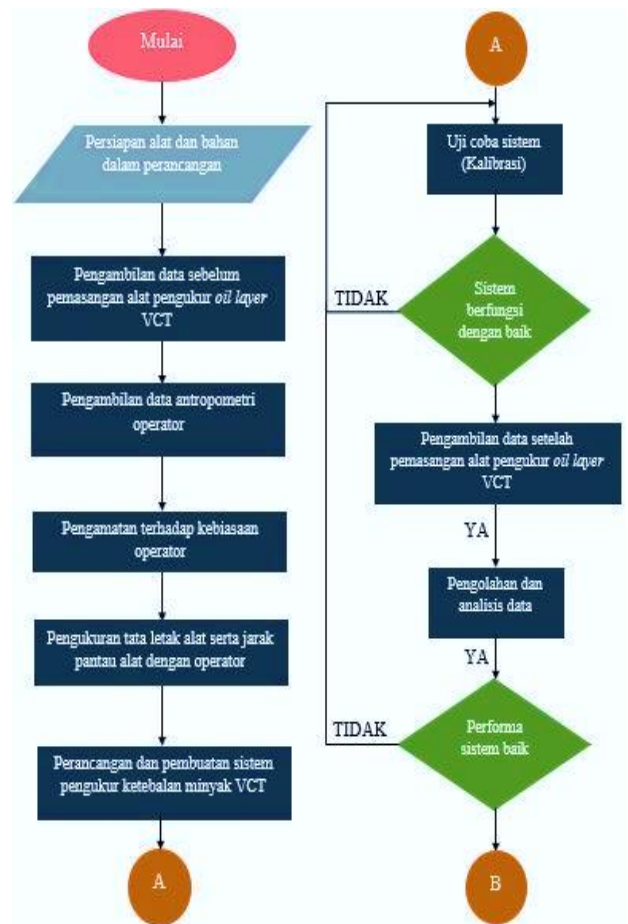
2.5. Ergonomi

Ergonomi digunakan untuk merancang suatu sistem kerja yang baik agar tujuan dapat dicapai dengan efektif, aman dan nyaman^[6]. Oleh karena itu, dibutuhkan data antropometri operator stasiun terkait karena dengan mengetahui ukuran antropometrinya akan dapat dibuat suatu desain alat-alat kerja yang sepadan bagi penggunaannya, dengan harapan dapat menciptakan kenyamanan, kesehatan, keselamatan dan estetika kerja. Pada saat menempatkan perangkat memerlukan beberapa pertimbangan, diantaranya saat operator melakukan pemantauan terhadap perangkat, tidak menimbulkan kelelahan mata yang diakibatkan oleh sudut pandang yang melebihi ambang batas yaitu dibawah 30°^[5]. Selain itu juga desain yang dibuat harus disusun secara proporsional agar dalam penggunaannya menjadi lebih mudah dan terkontrol.

3. Metode Penelitian

3.1. Diagram Alir

Diagram alir penelitian ditunjukkan sesuai Gambar 6 :



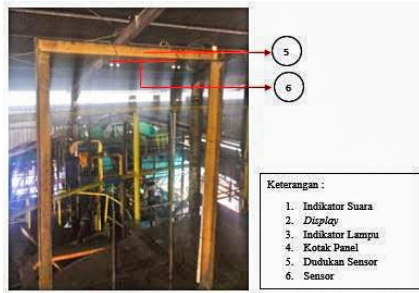
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian



4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Perancangan dan Pembuatan Sistem





Gambar 7. Bagian Utama Hasil Perancangan Alat Kontrol

4.1.1. Sensor

Sensor yang digunakan untuk mengukur ketebalan *oil layer* diletakkan tepat berada diatas stik bandul yang bergerak naik turun dan dilengkapi dengan dudukan sensor agar posisi sensor tidak berubah. Dalam pengaplikasiannya sensor mampu memberikan hasil pengukuran yang sesuai, hal ini dapat dilihat dari hasil pembacaan alat yang sama dengan pengukuran secara konvensional.

4.1.2. Mikrokontroler

Sinyal listrik dari sensor diolah oleh kontroler mikro dan ditampilkan dalam sebuah *display* serta tersimpan pada *MicroSD* yang bertujuan untuk melakukan *realtime monitoring oil layer* di VCT. Dalam perancangan alat tersebut digunakan mikrokontroler *Arduino Uno R3* yang berfungsi untuk menjalankan sistem indikasi dan *realtime monitoring*. Kontroler tersebut dihubungkan dengan komponen penyusun sistem kontrol lainnya yang sudah dalam bentuk modul-modul menggunakan *jumper wire*.

4.1.3. Display dan Indikator

Untuk menampilkan data hasil pengukuran digunakan *Liquid Crystal Display (LCD) Inter Integrated Circuit (I2C)*. Pemilihan LCD I2C ini juga didasarkan pada kemampuan *display* tersebut yang tidak hanya bisa menampilkan informasi berupa angka namun dapat menampilkan informasi berupa kata-kata sehingga dapat lebih mudah dipahami. Pembacaan hasil pengukuran *oil layer* tidak hanya ditampilkan pada *display* melainkan secara bersamaan akan tersimpan pada *MicroSD* yang kemudian menjadi *Data Logger*. Selain melakukan monitoring hasil pembacaan *oil layer* pada *display*, sistem yang dibuat juga mampu melakukan indikasi yang dibantu dengan pemasangan lampu indikator. Lampu indikator yang digunakan terdiri dari 3 (tiga) warna dan semua lampu tersebut berjenis *pilot lamp 220 VAC*. Adapun maksud penggunaan 3 (tiga) macam warna adalah sebagai berikut : (1) Merah adalah indikator yang menunjukkan bahwasanya *oil layer* diatas batas aman atau tinggi dan perlu

dilakukan pengutipan minyak (*Oil Layer* > 65 cm) (2) Hijau adalah indikator yang menunjukkan bahwasanya *oil layer* dalam batas aman (*Oil Layer* pada range 15 - 65 cm) . (3) Kuning adalah indikator yang menunjukkan bahwasanya *oil layer* dibawah batas aman atau tipis dan perlu dilakukan stop pengutipan (*Oil Layer* < 15 cm).

4.1.4. Indikator Suara

Alat yang dirancang dilengkapi dengan sebuah indikator suara sebagai peringatan dini (*early warning*) disamping lampu indikator. Indikator suara yang digunakan jenis *Baby Sirine MS-190*. Penggunaan indikator suara ini dimaksudkan untuk memberitahukan kepada operator mengenai ketebalan *oil layer* yang ada pada tanki VCT sesuai dengan *set point* yang ada. Dalam perancangan yang dilakukan, suara yang dikeluarkan terdiri dari 3 tahap yaitu : (1) Tahap pertama sirine akan berbunyi selama 2 detik, kemudian akan berhenti bersuara selama 1 detik. (2) Tahap kedua, sirine akan berbunyi selama 2 detik dan berhenti berbunyi selama 1 detik. (3) Tahap akhir adalah sirine akan berbunyi selama 2 detik dan mengakhiri indikator suara setelah durasi tersebut terpenuhi.

4.2. Perhitungan Penentuan Posisi Bandul

Dalam membuat sebuah instalasi pengukuran suatu lapisan fluida yang berfungsi untuk mendeteksi dengan tepat awal lapisan dan akhir lapisan dari fluida tersebut, maka posisi bandul yang berada didalam fluida tersebut harus dapat berada pada lapisan-lapisan yang diinginkan. Untuk membuat sensor pelampung tersebut tepat berada pada lapisan yang diinginkan, maka harus memperhitungkan massa jenis masing-masing fluida yang nantinya akan dibaca oleh sensor ultrasonik HC-SR04. Adapun massa jenis masing-masing fluida yang diinginkan adalah sebagai berikut :

4.2.1. Menghitung Volume Bandul



Gambar 8. Bandul

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } \frac{1}{2} \text{ Bola} &= 0,00007421 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume } \frac{1}{2} \text{ Bola} \times 2 &= 0,00014841 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume Silinder} &= 0,00019 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Bandul} &= (\text{Volume } \frac{1}{2} \text{ Bola} \times 2) + (\text{Volume Silinder}) \\ &= 0,00033841 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4.2.2. Menghitung Volume Stick dan Hambatan



Gambar 9. Hambatan



Gambar 10. Stick

$$\begin{aligned} \text{Volume Stick} &= 0,00000502 \text{ m}^3 \\ \text{Volume Hambatan} &= 0,00000064 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

4.2.3. Menghitung volume air yang akan dimasukkan kedalam bandul

ρ Bandul + Air = 950 kg/m³ (Agar bandul berisi air dapat melayang diantara minyak dan air)

$$\begin{aligned} \text{Massa Hambatan} &= 0,0084557 \text{ Kg} \\ \text{Massa Stick} &= 0,12 \text{ Kg} \\ \text{Massa Bandul Kosong} &= 0,134958 \text{ Kg} \\ \text{Massa Air} &= X \text{ Kg} \\ \text{Volume Bandul} &= 0,00033841 \text{ m}^3 \\ \text{Volume stick} &= 0,00000502 \text{ m}^3 \\ \text{Volume Hambatan} &= 0,00000064 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ Bandul + Air} =$$

$$\frac{\text{Massa bandul kosong} + \text{Massa stick} + \text{Massa hambatan} + \text{Massa Air}}{\text{Volume bandul kosong} + \text{Volume stick} + \text{Volume Hambatan}}$$

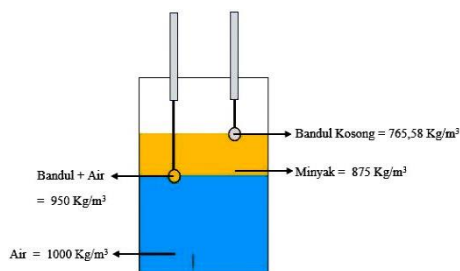
$$X = 0,06345 \text{ Kg} = 0,06345 \text{ L} = 63,45 \text{ mL}$$

4.2.4. Menghitung Massa Jenis Bandul Kosong + Stick + Hambatan

$$\rho \text{ Bandul Kosong} =$$

$$= \frac{\text{Massa bandul kosong} + \text{Massa stick} + \text{Massa hambatan}}{\text{Volume bandul kosong} + \text{Volume stick} + \text{Volume Hambatan}}$$

$$= 765,58 \text{ Kg/m}^3$$



Gambar 11. Perbandingan Massa Jenis Fluida

4.3. Data dan Pembahasan Hasil Penelitian

Untuk mempermudah melihat pengaruh dari pemasangan sistem indikasi dan monitoring *oil layer*, grafik kandungan kandungan minyak pada *sludge underflow* pada tangki VCT nomor 1 sebelum dan setelah pemasangan alat dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Kandungan Minyak pada *Sludge Underflow* Sebelum Pemasangan Alat

BULAN	TANGGAL	%	BULAN	TANGGAL	%		
APRIL	1	7,507	JUNI	4	12,248		
	2	8,444		5	6,634		
	3	8,557		6	6,712		
	4	8,259		8	5,831		
	6	6,883		9	5,694		
	7	8,883		10	8,140		
	8	9,307		11	7,191		
	9	7,480		12	9,041		
	11	10,092		13	10,576		
	13	9,439		14	10,265		
	14	9,231		15	9,062		
	15	8,990		16	7,926		
	16	7,931		18	8,083		
	17	7,242		19	7,554		
	18	8,475		20	9,643		
	20	7,371		22	9,625		
	21	6,384		26	11,431		
	22	7,294		27	7,278		
	23	8,077		28	7,772		
	24	8,284		29	8,889		
	25	8,013		30	8,711		
	27	11,892		2	6,989		
	28	11,067		3	8,283		
	29	9,397		4	5,822		
	30	8,479		5	6,357		
	MEI	2		8,958	6	8,549	
		4		12,248	8	12,563	
		5		6,634			
	Rata-Rata					8,750	

Tabel 2. Data Kandungan Minyak pada *Sludge Underflow* Setelah Pemasangan Alat

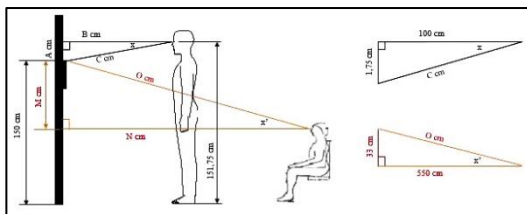
BULAN	TANGGAL	TOTAL %
	9	8,044
	10	7,944
	11	6,976
	12	7,682
	13	3,420
	15	7,438
	16	9,704
	17	6,542
	18	5,712
	19	7,829
	20	7,508
	22	7,951
	23	6,390
	24	6,473
25	5,728	
26	6,879	
27	7,708	
29	7,96	
30	8,365	
Rata-Rata		7,171

Berdasarkan Tabel 1 dan 2, rata-rata kandungan minyak pada *sludge underflow* sebelum pemasangan alat adalah 8,750%. Sedangkan, rata-rata kandungan minyak pada *sludge underflow* setelah pemasangan alat adalah 7,171%. Untuk mengetahui berapa persen

penurunan kandungan minyak pada *sludge underflow* tangki VCT nomor 1 dilakukan dengan melakukan pengurangan rata-rata kandungan minyak pada *sludge underflow* sebelum dan setelah pemasangan alat yakni $8,750\% - 7,171\% = 1,579\%$. Dengan demikian, persentase penurunan Kandungan Minyak pada *Sludge Underflow* tangki VCT nomor 1 setelah pemasangan sistem indikasi dan monitoring *oil layer* pada VCT nomor 1 adalah 1,579%.

4.4. Aspek Ergonomi

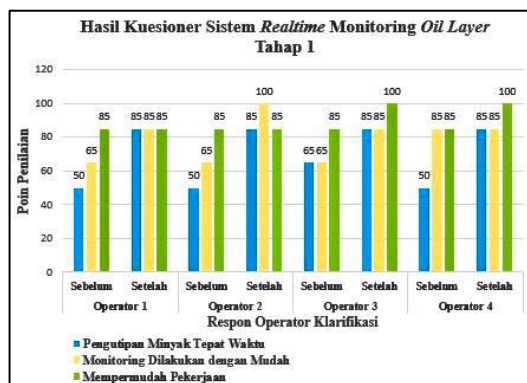
Secara kuantitatif, berdasarkan hasil pengukuran antropometri dan kemudian melakukan perhitungan sudut pandang mata menggunakan persamaan Pythagoras dan Aturan Sinus, didapatkan besar sudut pandang mata operator antara garis horizontal ke panel pada posisi berdiri dan duduk berturut-turut sebesar $1,003^0$; dan $3,43^0$. Berdasarkan hasil besar sudut pandang mata yang terbentuk, alat yang dibuat dari segi posisi telah memenuhi aspek ergonomi yaitu mempunyai sudut pandang mata dibawah 30^0 .



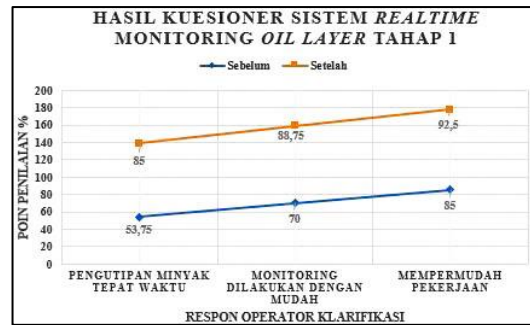
Gambar 12. Perhitungan Sudut Pandang Mata ke Alat

4.5. Kuesioner

Kuesioner pertama diperuntukkan kepada seluruh karyawan stasiun klarifikasi yang bertujuan untuk mengetahui kinerja mereka sebelum dan setelah pemasangan alat. Berikut grafik hasil poin penilaian kuesioner pertama yang dibagikan kepada operator klarifikasi sebelum dan setelah pemasangan alat seperti ditunjukkan pada Gambar 13 dan poin penilaian yang telah dikalkulasikan dalam bentuk persentase seperti pada Gambar 14.

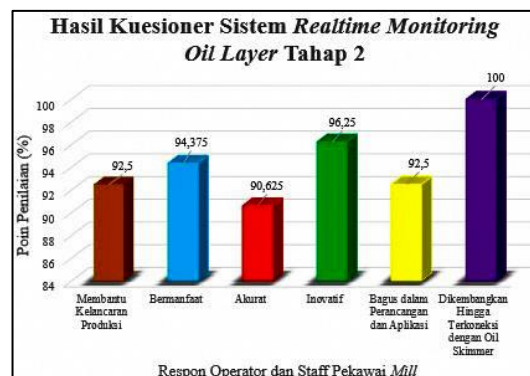


Gambar 13. Grafik Hasil Kuesioner 1 (Satu) Terhadap Alat yang dibuat



Gambar 14. Persentase Kinerja Operator Terhadap Alat yang dibuat

Kuesioner kedua diperuntukkan kepada seluruh karyawan stasiun klarifikasi, asisten proses, aspek, dan manajer yang bertujuan untuk mengetahui respon mereka terhadap hasil perancangan secara keseluruhan. Berikut grafik hasil kuesioner kedua seperti ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Hasil Kuesioner 2 (Dua) Terhadap Alat yang dibuat

4.6. Ketelitian Alat Ukur

Salah satu cara untuk mengetahui seberapa tinggi ketelitian dan juga keakuratan alat yang dibuat adalah membandingkannya dengan pengukuran secara manual atau konvensional. Sehingga selisih (batas penyimpangan) dari dua pengukuran tersebut dapat digunakan sebagai pedoman untuk menyatakan tingkat kesalahan suatu sistem pengukuran atau alat ukur. Berikut ini data pengukuran *oil layer* pada tangki VCT nomor 1 (satu) yang diambil secara acak dari data logger dan menyesuaikan waktunya dengan pengukuran yang dilakukan secara manual seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Error dan Keakuratan Alat dari Data Pengukuran yang Diambil Secara Acak dari Data Logger dan Pengukuran Manual.

No	Manual (cm)	Data Logger (cm)	Error (%)	Keakuratan (%)
1	54,2	51,447	5,08	94,92
2	28,5	25,608	10,15	89,85
3	22,4	19,524	12,84	87,16

4	70	67,157	4,06	95,94
5	14,7	12,33	16,12	83,88
6	63,4	60,8	4,10	95,90
7	48,9	46,353	5,21	94,79
8	20,8	17,823	14,31	85,69
9	25,3	23,002	9,08	90,92
10	13	9,923	23,67	76,33
11	24,7	22,421	9,23	90,77
12	69,3	66,343	4,27	95,73
13	21,8	18,865	13,46	86,54
14	59,2	56,361	4,80	95,20
15	49,6	47,295	4,65	95,35
16	24,7	21,79	11,78	88,22
17	23,9	21,505	10,02	89,98
18	71,6	68,851	3,84	96,16
19	18,2	15,616	14,20	85,80
20	41,4	38,506	6,99	93,01
21	43,5	40,794	6,22	93,78
22	70,6	68,945	2,34	97,66
23	18	15,036	16,47	83,53
24	54	50,914	5,71	94,29
25	60,3	59,18	1,86	98,14
26	28,5	25,563	10,31	89,69
27	56	52,988	5,38	94,62
28	35,9	33,222	7,46	92,54
29	15,2	12,56	17,37	82,63
30	27,3	24,32	10,92	89,08
Rata - Rata			9,06	90,94

Berdasarkan data hasil pengukuran pada tabel diatas menggunakan sistem pengukur *oil layer* berbasis mikrokontroler dan pengukuran secara manual, rata-rata nilai kesalahan (*error*) hasil pengukuran menggunakan sistem yang telah dibuat adalah sebesar 9,06%. Dengan demikian, rata-rata keakuratan alat adalah sebesar 90,94%

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat dibuat kesimpulan yaitu sebagai berikut :

- (1) Pemasangan sistem *realtime monitoring oil layer* berbasis mikrokontroler dapat menurunkan kandungan minyak pada *sludge underflow* hingga 1,57%.
- (2) Sistem *realtime monitoring oil layer* yang dibuat dapat berfungsi dengan baik dan mampu menghasilkan pengukuran yang sesuai dengan keadaan aktual dan akurat. sistem yang dibuat tidak hanya berfungsi untuk pengukuran, tetapi dapat berfungsi untuk mengukur, *realtime monitoring*, menyimpan data pengukuran (*data logger*).
- (3) Pembuatan sistem pengukur *oil layer* pada *vertical continuous tank* dari segi posisi dan desain telah memiliki nilai ergonomi, karena secara kuantitatif dan kualitatif telah memenuhi aspek ergonomi.

5.2. Saran

Saran-saran yang diajukan demi pengembangan Sistem Pengukur *Oil Layer* Berbasis Mikrokontroler selanjutnya adalah sebagai berikut:

- (1) Sebaiknya pemasangan instalasi bandul serta ukuran bandul yang digunakan lebih disesuaikan dengan kondisi *vertical continuous tank* agar pergerakan naik turun bandul menjadi lebih fleksibel.
- (2) Pengembangan dapat dilakukan dengan menambahkan aktuator yang terintegrasi dengan *oil skimmer* sehingga pengutipan dan stop pengutipan minyak dapat dilakukan secara otomatis.
- (3) Untuk mendukung era revolusi industri 4.0, sistem pengukur *oil layer* berbasis mikrokontroler ini dapat dikembangkan menggunakan sistem Internet of Thing (IoT), sehingga pengontrolannya dapat dilakukan dari jarak jauh oleh siapapun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bentley, John P.. 2005. *Principles of Measurement Systems, Fourt Edition*. Pearson Prentice Hall. England. -
- [2] Nugraha, Andy dan Ramadhan, Muhammad Nizar. 2018. *Buku Ajar Pengukuran Teknik dan Instrumentasi HMKK314*. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat 2018.
- [3] Santoso, Hari. 2016. *Panduan Praktis Arduino untuk Pemula*. <https://www.elangsakti.com/2015/07/ebook-gratis-belajar-arduino-pemula.html>. Diakses pada 8 Februari 2020 pukul 16.30 WIB.
- [4] Borneo, Azka Gilang. 2018. *Perancangan Realtime Monitoring Temperatur Berbasis Mikrokontroler untuk Sistem Trip Otomatis Motor Listrik 3 (Tiga) Fasa di Pabrik Kelapa Sawit Sungai Bengkal Jambi*. Tugas Akhir, Program Studi Teknologi Pengolahan Sawit, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung, 2018.-
- [5] Adnyani, I. A. Sri. 2015. *Layout Proyektor LCD Yang Ergonomi Pada Ruang Kuliah Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram*. Dielektrika, ISSN 2086-9487. Vol. 2, No 1:1 – 5.
- [6] Tarwaka, dkk. 2004. *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Uniba Press. Surakarta. -
- [7] ----, ----. ----. *Pengertian Massa Jenis*. E-jurnal. <https://www.e-jurnal.com/2013/12/pengertian-massa-jenis.html> Diakses pada 9 Februari pukul 14.16 WIB.
- [8] SMART Tbk, Standar Operasional Prosedur, Jakarta: PT. SMART Tbk, 2013.

