

PERANCANGAN *TOTAL DISSOLVED SOLID* (TDS) MONITORING PADA AIR *BOILER* BERBASIS MIKROKONTROLER DI PABRIK KELAPA SAWIT NAGA SAKTI

Rudiyanto^{1,1*}, Hanifadinna¹, Lia Laila²

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

²Program Studi Teknologi Pengolahan Sawit, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

Abstrak. *Boiler* adalah mesin yang berfungsi untuk mengkonversi air menjadi uap dengan cara dipanaskan. Salah satu faktor yang mempengaruhi *lifetime boiler* adalah air umpannya. Air umpan *boiler* dijaga nilai TDS (*Total Dissolved Solid*)nya dalam *range* 2100 – 2500 ppm (*Standard Operational Procedure* PT. SMART TBK 2015). TDS adalah padatan yang terlarut di dalam air. Pemeriksaan air umpan dilakukan untuk memeriksa keefektifan pengolahan air umpan. Demikian juga pemeriksaan alkalinitas, pengendalian zat terlarut untuk menjaga tidak ada zat terlarut yang terbawa dalam uap (Pardamean, M.2017). Pabrik Kelapa Sawit Naga Sakti masih menggunakan TDS meter analog untuk mengukur nilai TDS dan diukur dalam waktu 1 jam sekali. Rentang waktu 1 jam terlalu lama untuk melakukan pengukuran nilai TDS dikarenakan nilai TDS dapat meningkat maupun menurun drastis setiap waktu. Berdasarkan hal tersebut dibuat sistem *monitoring* TDS digital. Sistem dibuat menggunakan sensor TDS dan sensor suhu yang digunakan untuk mengukur TDS dan suhu dari air boiler. Informasi dari sensor tersebut menjadi masukan dari Arduino Uno R3. Arduino Uno R3 diprogram untuk mengetahui perubahan nilai TDS dan menampilkan hasil pembacaan pada LCD *Display*. Hasil pengukuran yang didapatkan dari penelitian ini sudah pada *range* 2100 ppm – 2500 ppm dengan rata-rata pengukuran 2136,5 ppm dan *error* maksimal 2,86 % dengan rata-rata *error* 1,15 %. Perancangan dan pembuatan sistem *monitoring* TDS pada air *Boiler* ini berhasil digunakan untuk *monitoring* nilai TDS pada air *Boiler* yang berada di Pabrik Kelapa Sawit Naga Sakti.

Keywords: *Boiler*, *Total Dissolved Solid*, Arduino Uno R3, Sensor *Total Dissolved Solid*

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Boiler merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan *steam* untuk berbagai keperluan (Djokosetyardji M.J 1990). Salah satu hal yang perlu diperhatikan pada boiler adalah *Total Dissolved Solids* (TDS) pada air boiler pada *range* 2100 – 2500 ppm (*Standard Operational Procedure* PT. SMART TBK 2015). TDS adalah padatan yang terlarut di dalam air. Pemeriksaan air umpan dilakukan untuk memeriksa keefektifan pengolahan air umpan. Demikian juga pemeriksaan alkalinitas, pengendalian zat terlarut untuk menjaga tidak ada zat terlarut yang terbawa dalam uap (Pardamean, M.2017). Pengukuran nilai TDS pada air boiler dilakukan oleh karyawan laboratorium setiap 1 jam menggunakan TDS meter analog. Ketika nilai TDS terlalu tinggi maka operator boiler melakukan *blowdown* untuk mengurangi nilai TDS pada air boiler. Rentang waktu 1 jam terlalu lama untuk melakukan pengukuran nilai TDS dikarenakan nilai TDS dapat meningkat maupun menurun drastis setiap waktu. Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, melalui Tugas Akhir ini akan dilakukan perancangan alat untuk mengukur nilai TDS pada air boiler secara digital untuk menjaga nilai TDS berada pada *range* 2100 ppm – 2500 ppm.

^{1*} Corresponding author: rudiyanto036@gmail.com

1.2. Tujuan Penelitian

1. Membuat alat *monitoring* TDS berbasis mikrokontroler pada air *boiler*.
2. Menentukan performa dari alat *monitoring* TDS berbasis mikrokontroler pada air *boiler*.
3. Membandingkan nilai TDS yang diukur dengan alat *monitoring* TDS yang sudah dibuat dengan alat ukur TDS yang ada di laboratorium.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Industri Kelapa Sawit

Industri kelapa sawit merupakan salah satu industri strategis sektor pertanian yang banyak berkembang di negara-negara tropis seperti Indonesia, Malaysia dan Thailand. Menurut data dari GAPKI, Uncomtrade Larissa Huda (2020), Indonesia merupakan produsen terbesar minyak kelapa sawit di dunia dengan hasil produksi 37,3 juta metrik ton (MT) pada periode 2020. Hal ini memberikan manfaat bagi pertumbuhan ekonomi Indonesia dan menciptakan lapangan kerja bagi masyarakat Indonesia. Berikut data produksi minyak sawit pada beberapa negara tropis lainnya.

Tabel 1. Produksi Minyak Kelapa Sawit Dunia

Produsen	Produksi (Juta MT)
Indonesia	37,3
Malaysia	19,3
Thailand	3,1
Kolombia	1,7
Nigeria	1,1

2.2 Boiler

Boiler merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan uap/*steam* untuk berbagai keperluan. Jenis air dan uap air sangat dipengaruhi oleh tingkat efisiensi *boiler* itu sendiri. Pada mesin *boiler*, jenis air yang digunakan harus dilakukan *treatment* terlebih dahulu untuk mensterilkan air yang digunakan, sehingga pengaplikasian untuk dijadikan uap air dapat dimaksimalkan dengan baik (Djokosetyardj M.J 1990)

2.3 Total Dissolved Solid (TDS)

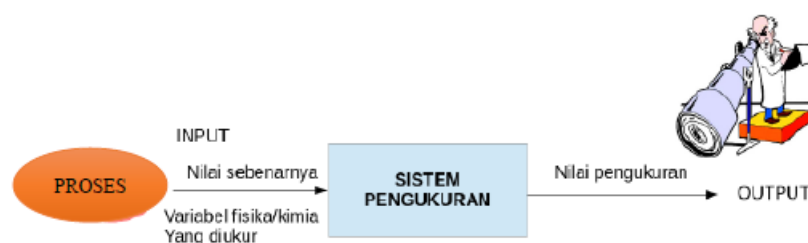
Total Dissolved Solid (TDS) adalah ukuran kandungan zat terlarut dari semua zat anorganik dan organik yang ada dalam cairan dalam bentuk tersuspensi molekuler, terionisasi, atau mikrogranular. Konsentrasi TDS sering dilaporkan dalam satuan ppm.

2.4 Monitoring

Monitoring adalah suatu proses mengukur, mencatat, mengumpulkan, memproses dan mengkomunikasikan informasi untuk membantu pengambilan keputusan manajemen program/proyek (Calyton dan Petry 1983).

2.5 Pengukuran

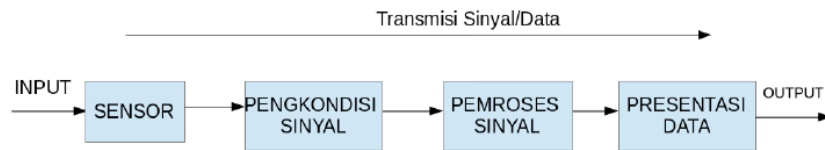
Pada sebuah sistem pengukuran yang ideal, nilai terukur akan sama dengan nilai sebenarnya dari besaran yang diukur. *Input* didapat dari proses yang diamati. Contohnya pada kendaraan yang sedang melaju didapatkan informasi jarak tempuh dan kecepatan. Pada reaktor *boiler* di dapatkan informasi mengenai tekanan, suhu, aliran. Diagram blok sistem pengukuran dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Pengukuran

2.6 Struktur dan Elemen Sistem Pengukuran

Sistem pengukuran merupakan satu kesatuan dari elemen-elemen yang saling berkaitan satu sama lainnya. Terdapat 4 elemen utama yang bekerja pada suatu sistem pengukuran yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Elemen Utama Sistem Pengukuran

2.6.1 Sensor

Sensor merupakan elemen yang berfungsi untuk mengubah besaran fisika menjadi sinyal elektronik. Pada sensor besaran-besaran fisika dirubah menjadi suatu sinyal listrik sehingga dapat menjadi informasi yang dapat diolah oleh elemen selanjutnya.

1. TDS Sensor

TDS sensor adalah sensor yang kompatibel dengan Arduino untuk mengukur nilai TDS air, untuk mencerminkan kebersihan air. Ini dapat diterapkan pada air rumah tangga, hidroponik dan air boiler. TDS Sensor dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. TDS Sensor

2. Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 berfungsi untuk merubah besaran panas yang di tangkap menjadi besaran tegangan. Jenis sensor suhu yang digunakan dalam sistem ini adalah IC DS18B20, sensor ini memiliki presisi tinggi. Sensor ini sangat sederhana dengan hanya memiliki buah 3 kaki. Kaki pertama IC DS18B20 dihubungkan ke sumber daya, kaki kedua sebagai *output* dan kaki ketiga ketika di hubungkan ke *ground*. Sensor Suhu DS18b20 dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Sensor Suhu DS18b20

2.6.2 Pengkondisi Sinyal

Output dari sensor diterima oleh elemen pengkondisi sinyal untuk dikonversikan ke dalam bentuk yang lebih sesuai untuk proses selanjutnya, misalnya ke dalam bentuk tegangan dc, arus dc atau sinyal frekuensi.

2.6.3 Pemroses Sinyal

Elemen pemroses sinyal bekerja dengan merubah keluaran dari elemen pengkondisi sinyal menjadi bentuk yang lebih sesuai lagi untuk kebutuhan proses selanjutnya. Contoh dari elemen ini misalnya pada *Analog to Digital Converter (ADC)*, rangkaian elektronika, rangkaian mekanik.

Contoh pengkondisi sinyal dan pemroses sinyal sudah terdapat pada Arduino Uno R3 yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Arduino Uno R3

2.6.4 Penampil Data

Elemen penampil data memberikan informasi nilai pengukuran menjadi bentuk yang dapat dipahami oleh pengamat. Contohnya skala indikator, *chart recorder*, *alphanumeric display*.

2.7 Catu Daya

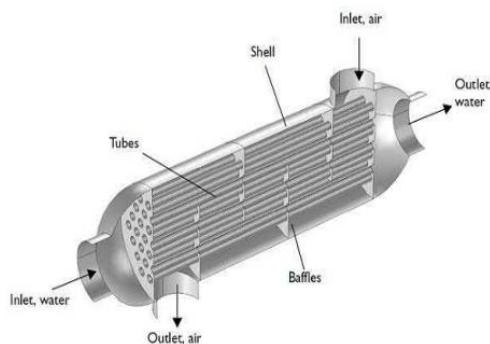
Catu Daya adalah bagian dari setiap perangkat elektronika yang berfungsi sebagai sumber tenaga. Catu daya sebagai sumber tenaga dapat berasal dari; baterai, *accu*, *solar cell* dan adaptor. Komponen ini akan mencatu tegangan sesuai dengan tegangan yang diperlukan oleh rangkaian elektronika.

2.8 Data Logging

Data logging adalah perekaman informasi (data) dalam media penyimpanan. DNA dan RNA, tulisan tangan, rekaman fonografi, pita magnetik, dan cakram optik adalah contoh dari media penyimpanan. Perekaman dicapai dengan hampir semua bentuk energi. Penyimpanan data elektronik membutuhkan daya listrik untuk menyimpan dan mengambil data.

2.9 Alat Penukar Panas

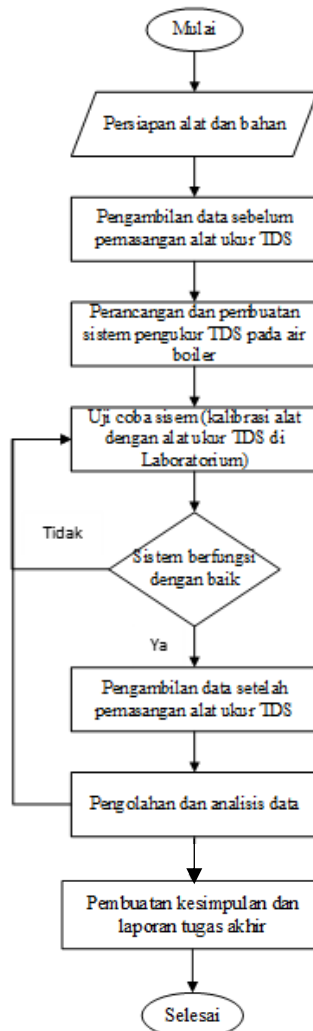
Alat penukar panas adalah alat pendukung proses yang sering digunakan untuk memindahkan panas, dapat berfungsi sebagai pemanas maupun pendingin. Alat penukar panas dirancang sedemikian rupa agar mendapatkan perpindahan panas antar fluida yang berlangsung secara efisien. Pada alat penukar panas terjadi pertukaran panas karena adanya kontak balik antara fluida terdapat dinding yang memisahkan maupun keduanya bercampur secara langsung atau *direct contact* (Syaichurrozi, Iqbal, et al., 2014). Contoh alat penukar panas dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Alat Penukar Panas

3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif dan metode kuantitatif. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 7.

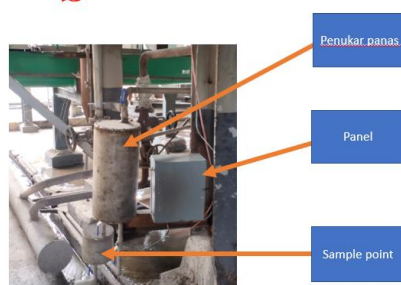


Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

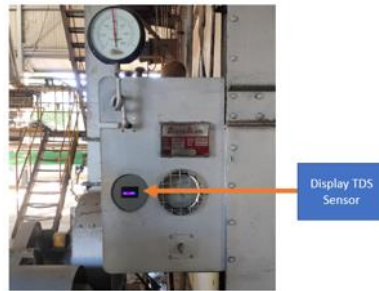
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Perancangan dan Pembuatan Sistem

Hasil perancangan sistem terdiri dari rangkaian elektronika, penukar panas dan *display*. Rangkaian elektronika tersusun dari Arduino Uno R3, *TDS Sensor*, *Temperature sensor DS18B20*, *Module SD Card* yang telah dirangkai di *box* elektronika dan dipasang di panel agar terlindungi dari debu dan air. *Display* yang digunakan adalah LCD I2c yang dirangkai ke *box* kecil yang dipasang di bawah *pressure gauge boiler*. Hasil perancangan alat dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9.



Gambar 8. Bagian Utama Hasil Perancangan Alat



Gambar 9. *Display*

4.1.1 *Sensor*

Sensor yang digunakan adalah sensor TDS dan sensor suhu untuk mengukur nilai TDS dan nilai suhu pada air *boiler*. Pemasangan sensor adalah di *sample point* agar air yang diukur dalam keadaan sudah dingin.

4.1.2 *Box Elektronik*

Box elektronik elektronik yang digunakan adalah ukuran 16*14*8 cm dan berfungsi untuk melindungi komponen dan modul agar tidak lepas dan berantakan.

4.1.3 *Stop Kontak*

Stop kontak diperlukan sebagai sumber dari adaptor agar lebih mudah dan aman dalam pemasangannya, disini saya memilih stop kontak dengan 4 slot untuk mempermudah operator ketika melakukan pembersihan menggunakan *blower* atau alat listrik lainnya, sehingga tidak perlu memanggil orang listrik untuk menyambungkan kabel ke panel.

4.1.4 *MCB*

Penggunaan MCB di dalam panel adalah sebagai pengaman agar tidak ada arus lebih yang masuk ke dalam adaptor dan alat listrik yang menggunakan stop kontak di dalam panel tersebut.

4.1.5 *Penukar Panas*

Terdapat kebocoran pada penukar panas yang di buat pada bagian dalam pipa, sehingga tidak berfungsi dengan baik. Oleh karena itu dilakukan pengukuran dalam kondisi suhu yang sama dengan cara mendinginkan sampel terlebih dahulu dengan cara didiamkan.

4.2 **Performa Sistem Monotoring TDS**

Untuk mengetahui performa dari sistem yang dibuat ini maka dilakukan perbandingan dengan alat ukur TDS yang ada pada laboratorium. Sistem ini diuji kelayakan fungsinya dari segi pengukuran.

4.3 **Ketelitian Alat Ukur**

Prinsip utama dari sistem yang dibuat adalah mengukur nilai TDS yang ada pada *sample point*. Dengan demikian, diperlukan nilai *error* untuk menunjukkan batas penyimpangan tertinggi dan terendah suatu nilai. Salah satu cara untuk mengetahui seberapa tinggi ketelitian dan juga keakuratan alat yang dibuat adalah membandingkan 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. Hasil Perhitungan *Error* dan Keakuratan Alat dari Data Pengukuran yang Diambil Secara Acak dari *Data Logger* dan Pengukuran TDS Lab pada suhu berbeda dapat dilihat pada tabel 3.

4.4 **Data Hasil Penelitian**

Berikut adalah data TDS Boiler No 1 dari Bulan Januari sampai dengan Mei 2021 ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data TDS Bulan Januari – Mei 2021

Januari		Februari		Maret		April		Mei	
Tanggal	TDS	Tanggal	TDS	Tanggal	TDS	Tanggal	TDS	Tanggal	TDS
1		1	2400	1	2250	1	2400	1	
2	2,250	2	2,350	2	2,400	2		2	1,950
3	-	3	2,300	3	2,400	3	2,400	3	2,200
4	2,200	4	2,200	4	2,450	4		4	2,100
5	2,150	5	2,150	5	2,450	5	2,350	5	2,400
6	2,250	6	2,150	6	2,250	6	2,300	6	2,200
7	2,250	7		7		7	2,350	7	2,300
8	2,250	8	2,300	8	2,400	8	2,450	8	2,350
9	2,200	9	2,150	9	2,300	9	2,250	9	
10		10	2,300	10	2,500	10	2,400	10	2,400
11	2,100	11	2,400	11		11		11	2,450
12	2,300	12		12	2,350	12	2,200	12	
13	2,250	13	2,450	13	2,200	13	2,200	13	
14	2,350	14		14		14	2,400	14	
15	2,100	15	2,350	15	2,400	15	2,400	15	
16	2,400	16	2,350	16	2,400	16	2,400	16	
17	-	17	2,350	17	2,250	17	2,400	17	2,300
18	2,250	18	2,400	18	2,300	18	2,400	18	2,250
19	2,050	19	2,400	19	2,350	19	2,450	19	2,020
20	2,300	20	2,400	20	2,350	20	2,350	20	2,400
21	2,150	21		21		21	2,400	21	2,400
22	2,250	22	2,450	22	2,250	22	2,350	22	2,400
23	2,400	23	2,550	23	2,250	23	2,250	23	
24		24	2,700	24	2,250	24	2,250	24	2,150
25	2,100	25	2,350	25	2,400	25		25	2,250
26	2,350	26	2,300	26	2,400	26	2,400	26	
27	2,200	27	2,250	27	2,250	27	2,350	27	2,400
28	2,300	28		28		28	2,300	28	2,400
29	2,100	-		29	2,450	29	2,500	29	2,450
30	2,200	-		30	2,300	30	2,200	30	
31		-		31	2,350	-		31	2,150

Tabel 3. Hasil Pengukuran pada Suhu Berbeda

NO	Tanggal	Waktu	TDS Lab	Pengukuran Alat	Selisih	Error	Keakuratan
1	16-Jun-21	13:00	2500	2572	72	2.88	97.12
2	16-Jun-21	15:00	2600	2642	42	1.62	98.38
3	17-Jun-21	13:00	2600	2640	40	1.54	98.46
4	17-Jun-21	15:00	2300	2307	7	0.30	99.70
5	18-Jun-21	11:00	2700	2781	81	3.00	97.00
6	18-Jun-21	13:00	2400	2450	50	2.08	97.92
7	18-Jun-21	15:00	2500	2554	54	2.16	97.84
8	19-Jun-21	11:00	2700	2781	81	3.00	97.00
9	19-Jun-21	13:00	2400	2450	50	2.08	97.92
10	19-Jun-21	15:00	2500	2554	54	2.16	97.84
11	21-Jun-21	13:00	2300	2319	19	0.83	99.17
12	21-Jun-21	15:00	2500	2554	54	2.16	97.84
13	21-Jun-21	17:00	2300	2343	43	1.87	98.13
14	22-Jun-21	13:00	2200	2319	119	5.41	94.59
15	22-Jun-21	15:00	2200	2378	178	8.09	91.91
16	22-Jun-21	17:00	2200	2336	136	6.18	93.82
17	23-Jun-21	13:00	2400	2510	110	4.58	95.42
18	23-Jun-21	15:00	2300	2489	189	8.22	91.78
19	23-Jun-21	17:00	2500	2592	92	3.68	96.32
20	24-Jun-21	13:00	2100	2204	104	4.95	95.05
21	24-Jun-21	15:00	2400	2554	154	6.42	93.58
22	24-Jun-21	17:00	2600	2681	81	3.12	96.88

Pada suhu 105°C hasil pembacaan alat ukur memiliki selisih yang banyak dibandingkan dengan hasil pengukuran TDS Lab. Di hari ke 4 pemasangan alat, indikasinya adalah sensor tidak dapat mengukur pada suhu tinggi karena terbuat dari bahan semi konduktor dan alat yang digunakan masih dalam skala Lab. Penulis sudah mencari sensor skala industri dan belum menemukan, serta sudah bertanya pada vendor untuk sensor tersebut dan tidak tersedia. Oleh karena itu penulis menggunakan sensor tersebut.

Hasil perhitungan *error* dan keakuratan alat dari data pengukuran yang diambil secara acak dari data logger dan pengukuran tds lab pada suhu sama dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran pada Suhu Sama

Tanggal	Jam	TDS Meter LAB	Pengukuran alat	Selisih	% Error
25 Juni 2021	19:12	2150	2120	30	1.40
	19:45	2450	2421	29	1.18
	9:48	2200	2188	12	0.55
26 Juni 2021	10:08	2000	1992	8	0.40
	10:32	1850	1877	27	1.46
	10:56	1800	1792	8	0.44
	11:39	1750	1737	13	0.74
	15:23	1900	1933	33	1.74
	16:30	2180	2168	12	0.55
27 Juni 2021	10:12	2500	2466	34	1.36
	11:15	2000	2025	25	1.25
	11:50	2100	2106	6	0.29
	14:10	2300	2342	42	1.83
	15:15	2400	2439	39	1.63
	16:13	2300	2315	15	0.65
	17:20	2200	2263	63	2.86

Data sebelum pemasangan alat dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Data Sebelum Pemasangan Alat

Juni	
Tanggal	TDS (ppm)
16	2350 ppm
17	2250 ppm
18	2150 ppm
19	2350 ppm
20	
21	2400 ppm
22	2250 ppm
23	2300 ppm
24	2400 ppm
25	2500 ppm
26	2400 ppm
27	
28	2400 ppm
29	2400 ppm
30	2450 ppm

Data setelah pemasangan alat dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Data Setelah Pemasangan Alat

Juni	
Tanggal	TDS (ppm)
16	2350 ppm
17	2250 ppm
18	2150 ppm
19	2350 ppm
20	
21	2400 ppm
22	2250 ppm
23	2300 ppm
24	2400 ppm
25	2500 ppm
26	2400 ppm
27	
28	2400 ppm
29	2400 ppm
30	2450 ppm

Setelah pemasangan alat, Nilai TDS yang terukur juga sudah dalam kondisi baik yaitu diantara 2100 – 2500 ppm. Alat yang terpasang membantu operator *Boiler* dalam melakukan *blowdown* sebelum *sample boy* mengambil *sample*.

4.5 Hasil Kuesioner

Kuesioner diberikan kepada *operator boiler* dan *sample boy* yang berisi 7 pernyataan yang berkaitan dengan alat monitoring TDS pada air *boiler*. Berikut grafik hasil poin penilaian kuesioner yang dibagikan kepada *operator boiler* dan *sample boy*. Untuk kriteria nilai jawaban kuesioner dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Kriteria Nilai Jawaban Kuesioner

Kategori	Nilai
SS	4
S	3
TS	2
STS	1

Keterangan:

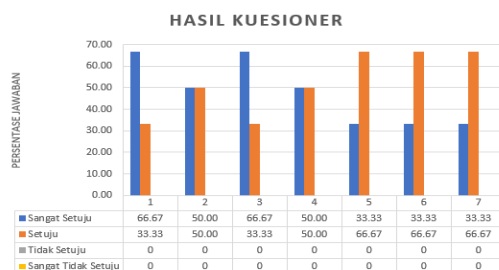
SS = Sangat Setuju
 S = Setuju
 TS = Tidak Setuju
 STS = Sangat Tidak Setuju

Jawaban dari 7 responden memiliki nilai yang akan dibuat rata-rata setiap jawaban tersebut. Hasil dari rata-rata tersebut akan dikategorikan sesuai interval nilai jawaban yang ditentukan.

Berdasarkan nilai rata-rata jawaban dari kuesioner dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pertanyaan 1 (Inovasi yang bagus)
 Pada poin ini responden memberikan rata-rata jawaban dengan nilai 3,67. Nilai tersebut menunjukkan kategori sangat setuju mengenai alat yang dirancang merupakan inovasi yang bagus
- Pertanyaan 2 (memudahkan pekerjaan operator dalam monitoring)
 Pada poin ini responden memberikan rata-rata jawaban dengan nilai 3,50. Nilai tersebut menunjukkan kategori sangat setuju mengenai alat yang dirancang dapat memudahkan pekerjaan operator pada saat memonitor nilai TDS
- Pertanyaan 3 (Dilakukan pengembangan lebih lanjut)
 Pada poin ini responden memberikan rata-rata jawaban dengan nilai 3,33. Nilai tersebut menunjukkan kategori sangat setuju mengenai pengembangan alat yang dirancang dengan bukaan *valve* otomatis
- Pertanyaan 4 (Tidak mengganggu proses produksi)
 Pada poin ini responden memberikan rata-rata jawaban dengan nilai 3,50. Nilai tersebut menunjukkan kategori sangat setuju mengenai alat yang dirancang tidak mengganggu proses produksi
- Pertanyaan 5 (Berfungsi dengan baik)
 Pada poin ini responden memberikan rata-rata jawaban dengan nilai 3,50. Nilai tersebut menunjukkan kategori sangat setuju mengenai alat yang dirancang berfungsi dengan baik.
- Pertanyaan 6 (Sesuai dengan alat ukur yang ada di lab)
 Pada poin ini responden memberikan rata-rata jawaban dengan nilai 3,50. Nilai tersebut menunjukkan kategori setuju mengenai alat yang dirancang sesuai dengan alat ukur yang ada di laboratorium.
- Pertanyaan 7 (Bermanfaat jika diterapkan di Pabrik Kelapa Sawit)
 Pada poin ini responden memberikan rata-rata jawaban dengan nilai 3,33. Nilai tersebut menunjukkan kategori sangat setuju mengenai alat yang dirancang bermanfaat jika diterapkan di pabrik kelapa sawit.

Pada hasil kuisioner rata rata responden memilih setuju dan sangat setuju dari masing masing jawaban pertanyaan yang diberikan dengan presentase yang dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil Kuesioner

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- 1) Sistem *monitoring* dibuat menggunakan sensor TDS dan sensor suhu yang digunakan untuk mengukur TDS dan suhu dari air boiler. Informasi dari sensor tersebut menjadi masukan dari Arduino Uno R3. Arduino Uno R3 diprogram untuk mengetahui perubahan nilai TDS dan menampilkan hasil pembacaan pada LCD *Display*.
- 2) Perancangan dan pembuatan sistem *monitoring* TDS pada air *boiler* berhasil dilakukan dengan rata-rata pengukuran 2136,5 ppm
- 3) Alat yang dibuat mempunyai *error* pembacaan paling tinggi 2,86 % dengan rata-rata error 1,15% pada saat dibandingkan dengan hasil pengukuran TDS meter analog di laboratorium.

5.2 Saran

- 1) Sebaiknya menggunakan sensor dengan skala industri agar dapat tahan lama.
- 2) Konsep alat ini dapat diterapkan untuk mengukur TDS pada *Softener Tank* tanpa menggunakan penukar panas.
- 3) Dapat dikembangkan menggunakan aktuator secara otomatis.
- 4) Sebaiknya dilakukan pengecekan pada alat penukar panas sebelum dipasang.

Daftar Pustaka

- [1] Alan, S.M., 2001, *Measurement and Instrumentation Principles, Third edition*, Butterworth-Heinemann, Oxford GB, pp 259 - 267.
- [2] Barus, Thomas, 2010 *Materi Training Processing Kelapa Sawit (Basic)*, Jakarta.
- [3] Hanifadina S.T., M.T. ., *Materi Kuliah Teknologi Pengolahan Sawit, Institut Teknologi dan Sains Bandung, Bekasi, 2019*
- [4] Rudiyanto, *Laporan Pelaksanaan Kerja Praktik Industri 1, Institut Teknologi dan Sains Bandung, Bekasi, 2021*
- [5] Gajah, Casa Novantri, *Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Nutrisi Pada Sistem Pengairan Tanaman Hidroponik Dengan Monitoring Android*, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2020
- [6] Pratama, Aditya Nanda, *Implementasi Sensor TDS (Total Dissolved Solid) Untuk Kontrol Air Secara Otomatis Pada Tanaman Hidroponik*, Institut Bisnis Dan Informatika, Surabaya 2017
- [7] Lim, Andrian Budiawan, *Sistem Kendali Hidroponik Dalam Ruangan Berbasis Raspberry Pi*, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2020
- [8] DF Robot, 2018 "dfrobot tds meter sensor with Arduino and lcd measure" https://create.arduino.cc/projecthub/GAURAVK5/dfrobot-tds-meter-sensor-with-arduino-and-lcd-measure-92853d?ref=user&ref_id=808487&offset=0 Diakses pada 9 Mei 2021
- [9] Indobot, 2019, " Monitoring kualitas air kolam ikan dengan sensor tds berbasis iot" <https://indobot.co.id/blog/monitoring-kualitas-air-kolam-ikan-dengan-sensor-tds-berbasis-iot/> Diakses pada 13 Mei 2021
- [10] Anonim, 2018, " Cara mengakses module micro sd menggunakan Arduino" <https://www.nyebarilmu.com/cara-mengakses-module-micro-sd-menggunakan-arduino/> Diakses pada 15 Mei 2021
- [11] Anonim, 2017, "rangkaiian program Arduino sensor suhu ds18b20" <https://kelasrobot.com/rangkaian-program-arduino-sensor-suhu-ds18b20/> Diakses pada 17 Mei 2021
- [12] BELL K.J, "Heat Exchanger Design Hand-Book (HEDH)", Bab 3, 4 dan 5, Hemisphere Publish Corp, Washington DC, 1983.
- [13] Maulana, Putra, Perancangan Heat Exchanger Tipe Shell And Tube Pada Perancangan Pabrik Propilen Glikol Kapasitas 50000 Ton/Tahun, Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2019